



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM GESTÃO E
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

WÊNIL ALVES DO NASCIMENTO

**PROPOSTA E DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA PUBLICAÇÃO DE
DADOS METEOROLÓGICOS, ALERTAS DE EVENTOS EXTREMOS E DADOS
DE NÍVEL DE RIOS E MARÉ**

Recife

2022

WÊNIL ALVES DO NASCIMENTO

**PROPOSTA E DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA PUBLICAÇÃO DE
DADOS METEOROLÓGICOS, ALERTAS DE EVENTOS EXTREMOS E DADOS
DE NÍVEL DE RIOS E MARÉ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Orientadora: Profa. Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro.

Coorientador: Prof. Dr. Diogo Francisco Borba Rodrigues.

Recife

2022

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

N244p

Nascimento, Wênil Alves do.

Proposta e desenvolvimento de aplicativo para publicação de dados meteorológicos, alertas de eventos extremos e dados de nível de rios e maré / Wênil Alves do Nascimento. – 2022.

108 f.: il., fig., tab., abrev. e siglas.

Orientadora: Profa. Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro.

Coorientador: Prof. Dr. Diogo Francisco Borba Rodrigues.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Recife, 2022.

Inclui referências.

1. Gestão e regulação de recursos hídricos. 2. Meteorologia. 3. Eventos extremos. 4. Alerta. 5. Ciência cidadã. I. Montenegro, Suzana Maria Gico Lima (Orientadora). II. Rodrigues, Diogo Francisco Borba (Coorientador). III. Título.

UFPE

333.91 CDD (22. ed.)

BCTG/2022-56

WÊNIL ALVES DO NASCIMENTO

**PROPOSTA E DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA PUBLICAÇÃO DE
DADOS METEOROLÓGICOS, ALERTAS DE EVENTOS EXTREMOS E DADOS
DE NÍVEL DE RIOS E MARÉ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Área de Concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Aprovada em: 12/12/2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Renata Maria C. Mendes de Oliveira Carvalho (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Dr. Gabriel Araújo de Oliveira (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Dr. Roni Valter de Sousa Guedes (Examinador Externo)
Agência Pernambucana de Águas e Climas

A todos que continuaram acreditando.

AGRADECIMENTOS

Primeiro, agradeço ao tempo, que me ensinou, me cobrou, tornou tudo possível, impossível e depois apenas palpável – mediante o claro esforço necessário. Tudo é suor. E isso me faz agradecer a todos que cruzaram e estão trilhando esse caminho dentro da minha vida. Pesquisar, antes de ser o processo de entendimento do um objeto-foco, é um processo de autoconhecimento, de escolhas, caminhos errados e, principalmente, entender que a pergunta principal não é a de se você é capaz, mas, sim, a de como você é capaz.

Aqui fica minha gratidão à minha orientadora, ao meu Coorientador Diogo – que tornou tudo possível, à professora Renata – que me trouxe esperança, a Roni, Kennedy, Gabriel, Nilson, que me ajudaram e foram de uma atenção única e boa vontade cuja minha gratidão será eterna.

Agradeço a todos que acreditaram nesse processo de desenvolvimento de ferramentas como forma de inovação através do uso do conhecimento e da pesquisa científica, aproximando o cotidiano e as ferramentas do dia a dia com a pesquisa científica.

Agradeço à minha família, meus amigos, meus filhos de quatro patas, e, mais veementemente àquela mão que deu o tapa indesejado do despertar e, logo em seguida, fez dela um ponto de apoio que me permitiu me reerguer e, em boa parte das vezes, sequer cair nessa estrada tortuosa. Sim, à mão do meu companheiro devo boa parte desse projeto que vem para ajudar e, quem sabe, salvar vidas.

“A sociedade que respeita as dinâmicas ambientais está sujeita a catástrofes;
a sociedade que não respeita está fadada a elas” (BALTA, 2022).

RESUMO

Dentre os efeitos das mudanças climáticas, há o aumento da frequência de ocorrência de eventos extremos. O Estado de Pernambuco possui diversas bacias hidrográficas caracterizadas pelo histórico de cheias, alagamentos, com enormes prejuízos materiais e vidas perdidas. No combate aos efeitos desses eventos, a agência pernambucana de águas e clima (APAC) foi criada para, dentre outras funções, gerir a informação e dados meteorológicos na região, assim como a emitir alertas de cheia, produzindo informações regionalizadas de previsão do tempo, fruto de equipamentos de primeira linha e estrutura e equipe técnica de qualidade reconhecida. Apesar disso, as previsões meteorológicas emitidas pela agência são colocadas em segundo plano no uso cotidiano de boa parte da população pernambucana, que utiliza aplicativos em seus smartphones de mais diversas instituições, devido à dificuldade de acessar tais dados da APAC. Dada a importância de tornar o acesso a essa informação mais abrangente e tempestivo, e observado o alcance de ferramentas como a internet, os Smartphones e os aplicativos mobile, além da integração que o conceito de ciência cidadã permite alcançar; a proposta neste trabalho consistiu no desenvolvimento de modelo um aplicativo mobile para smartphones que permitisse aos usuários o acesso aos mais diversos dados gerados pela APAC, sejam eles de previsão do tempo, nível dos rios ou de maré, além da possibilidade de alerta imediato por parte da agência no smartphone do usuário. O modelo desenvolvido passou por pesquisas com o público-alvo, através do enquadramento com outros estudos de ferramentas de ciência cidadã, e foi desenvolvido em consonância com aspectos apontados pela APAC, tendo como resultado uma ferramenta estruturada para a plataforma Android e que poderá ser utilizada no combate aos efeitos dos eventos extremos em Pernambuco.

Palavras-chave: meteorologia; eventos extremos; alerta; ciência cidadã.

ABSTRACT

Among the effects of climate change, there is an increase in the frequency of occurrence of extreme events. The State of Pernambuco has several hydrographic basins characterized by the history of floods, flooding, with enormous material damage and lost lives. In order to combat the effects of these events, the Pernambuco Water and Climate Agency (APAC) was created to, among other functions, manage meteorological information and data in the region, as well as issue flood alerts, producing regionalized weather forecast information, the result of top-of-the-line equipment and a structure and technical team of recognized quality. Despite this, the weather forecasts issued by the agency are placed in the background in the daily use of a large part of the population of Pernambuco, which uses applications on their smartphones from various institutions, due to the difficulty of accessing such APAC data. Given the importance of making access to this information more comprehensive and timely, and observing the reach of tools such as the internet, Smartphones and mobile applications, in addition to the integration that the concept of citizen science allows to achieve; The proposal in this work consisted of developing a model for a mobile application for smartphones that would allow users to access the most diverse data generated by APAC, whether they be weather forecasts, river levels or tides, in addition to the possibility of immediate alert on the part of the agency on the user's smartphone. The developed model underwent research with the target audience, through framing with other studies of citizen science tools, and was developed in line with aspects pointed out by APAC, resulting in a structured tool for the Android platform that can be used in combating the effects of extreme events in Pernambuco.

Keywords: meteorology; extreme events; alert; citizen science.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	A bacia do rio Una	25
Figura 2 –	Climas da bacia do Una	26
Figura 3 –	Localização da bacia do Una em Pernambuco	27
Figura 4 –	Diagrama Unifilar do rio Una	27
Figura 5 –	Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Una	28
Figura 6 –	Mapa de vulnerabilidade à inundação na bacia hidrográfica do rio Una	30
Figura 7 –	Imagem aérea da cidade de Palmares durante a cheia de 2010	31
Figura 8 –	Barragem de Serro Azul, inaugurada em 2017	31
Figura 9 –	Estação Fluviométrica tradicional	33
Figura 10 –	Plataforma de coleta de dados com pluviômetro digital	34
Figura 11 –	Estações de monitoramento na RMR	35
Figura 12 –	Mapa da Rede Hidrometeorológica Nacional na RMR	36
Figura 13 –	RMR no mundo	40
Figura 14 –	A Região metropolitana do Recife	40
Figura 15 –	Desenho esquemático dos conceitos de enchentes e inundações	42
Figura 16 –	Relação entre Sub-bacias e rede de drenagem	43
Figura 17 –	Mapa de uso e ocupação do solo na RMR	44
Figura 18 –	Mapa das áreas suscetíveis a eventos hidrológicos extremos, na Região Metropolitana do Recife – Pernambuco	45
Figura 19 –	Alagamento em Recife	46
Figura 20 –	Alagamento em Jaboatão	47
Figura 21 –	Devastação causada pelo transbordamento do Rio Capibaribe, nos dias 17 e 18 de julho de 1975	47
Figura 22 –	Altitudes na RMR	49
Figura 23 –	Gráfico de marés de Recife em 15 de fevereiro de 2016	50
Figura 24 –	Correlação entre altura da maré, a precipitação e o risco de inundação	50
Figura 25 –	Aplicativo Boletim ao mar	51
Figura 26 –	Previsão do tempo na RMR	54

Figura 27 –	Previsão do tempo na Mata Norte	55
Figura 28 –	Previsão do tempo na Mata Sul	56
Figura 29 –	Previsão do tempo no Agreste	56
Figura 30 –	Previsão do tempo no Sertão de Pernambuco	57
Figura 31 –	Previsão do tempo no Sertão de São Francisco	57
Figura 32 –	Previsão do tempo em Fernando de Noronha	58
Figura 33 –	Radar meteorológico	58
Figura 34 –	Avaliação dos aplicativos de empresas de outros estados	59
Figura 35 –	Tendência de Precipitação	59
Figura 36 –	Fluxograma de inter-relações da Sala de Situação	64
Figura 37 –	Níveis de avisos meteorológicos	68
Figura 38 –	Ciclo de desenvolvimento tradicional de software	72
Figura 39 –	Fluxograma de etapas de desenvolvimento do projeto	73
Figura 40 –	Stakeholders analisadas	75
Figura 41 –	Fluxograma de etapas de desenvolvimento da ferramenta	77
Figura 42 –	Principais plataformas de aplicativos móveis	78
Figura 43 –	Principais linguagens de construção de aplicativos	79
Figura 44 –	Fluxograma de resultados para cada etapa de desenvolvimento	90
Figura 45 –	Ambiente de desenvolvimento integrado Android Studio	91
Figura 46 –	Fluxograma de resultados para cada etapa de desenvolvimento	93
Figura 47 –	Tela de previsão do tempo	94
Figura 48 –	Tela de Avisos meteorológicos	95
Figura 49 –	Tela de monitoramento de nível dos rios	96
Figura 50 –	Tela de acompanhamento do nível da maré	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Conceito de inundações, enxurradas e alagamentos	41
Tabela 2 –	Ações para cada espécie de evento com previsão de 72 horas	66
Tabela 3 –	Ações para cada espécie de evento com previsão de 48 horas	66
Tabela 4 –	Ações para cada espécie de evento com previsão de 24 horas	67
Tabela 5 –	Operacionalização em conjunto para a bacia do Una	67
Tabela 6 –	Matriz resumida de critérios para Aviso Meteorológico	69
Tabela 7 –	Relação de impactos e probabilidades de eventos críticos	69

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANATEL	Agencia Nacional de Telecomunicações
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
API	Interface de Programação de Aplicação
AGEITEC	Agência Embrapa de Informação Tecnológica
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
AHPS	Advanced Hydrologic Prediction System
CEMADEN	Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
CODECIPE	Coordenadoria de Defesa Civil do Estado de Pernambuco
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
EFAS	European Flood Alert System
FCTH	Fundação centro tecnológico de hidráulica
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
G1	Globo Notícias
GMMC	Gerências de Meteorologia e Mudanças Climáticas
GPSI	Gerência de segurança de barragens
GRMF	Gerências de Monitoramento e fiscalização, da APAC
IBGE	Instituto brasileiro de Geografia e Estatística
INEA	Instituto Estadual do Meio Ambiente
ITEP	Instituto de Tecnologia de Pernambuco
MCT	Ministério de Ciência e Tecnologia
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMM	Organização Meteorológica Mundial

PCD	Plataforma de Coleta de Dados
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PROFÁGUA	Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos
RHN	Rede Hidrometeorológica Nacional
RHNR	Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência
RMR	Região Metropolitana do Recife
SAD	Sistema de Ajuda a Decisão
SAISP	Sistema de Alerta de Inundações de São Paulo
SGB	Serviço Geológico do Brasil
SIGRH	Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
SNRH	Sistema Nacional de Recursos Hídricos
SSD	Sistema de Suporte a Decisão
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
ZAPE	Zoneamento agropecuário de Pernambuco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS	20
2.1	GERAL	20
2.2	ESPECÍFICOS	20
3	REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1	A BACIA DO RIO UNA E SEUS CONFLITOS	25
3.2	EVENTOS EXTREMOS NA BACIA DO UNA	28
3.3	O MONITORAMENTO DOS NÍVEIS DOS RIOS EM PERNAMBUCO	32
3.4	O CONCEITO DE CIÊNCIA CIDADÃ	37
3.5	A REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE	39
3.6	OS ALAGAMENTOS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE	41
3.7	A ALTURA DA MARÉ E SUA INFLUÊNCIA NOS ALAGAMENTOS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE ...	48
3.8	A PREVISÃO DO TEMPO GERADA PELA APAC	52
3.9	A APAC E O SISTEMA DE ALERTAS ATUAL.....	60
3.10	O USO DOS SMARTPHONES COMO CANAL DE PUBLICITAÇÃO	70
4	METODOLOGIA	71
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
6	CONCLUSÕES	100
	REFERÊNCIAS	101

1 INTRODUÇÃO

Uma das regiões que mais passou por situações eventos extremos em Pernambuco foi a bacia do Una, e ela serviu de exemplo nesse estudo para validar a necessidade de um aplicativo como o proposto. A região adjacente à bacia do rio Una, em Pernambuco, vem passando historicamente por diversos efeitos e problemas relacionados com as constantes cheias, onde em 2010 ocorreu um evento até hoje lembrado devido às dimensões, prejuízos, mortes e impacto à comunidade local.

Diversas pesquisas apontam para a mitigação desses efeitos com a existência de um sistema de alerta mais eficiente, de maior alcance, disponibilidade e celeridade no aviso, principalmente às populações ribeirinhas. À época, o sistema de alerta funcionava com a coleta dos dados hidrometeorológicos alimentando um sistema de modelagem que trazia as previsões de eventos de chuva na região, onde, verificada a previsão de chuvas que pudessem provocar cheias, a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) – operadora do sistema – emite um alerta em forma de comunicado em seu site e em ofícios enviados aos mais diversos órgãos interessados, como a defesa civil do estado de Pernambuco e as prefeituras das cidades atingidas. Para Rossi, os pilares fundamentais sobre os quais se assenta esta gestão são a integração, a descentralização e a participação (ROSSI, 2018).

Munidos dos alertas, a defesa civil e as prefeituras iniciam o processo de dar conhecimento à população através dos meios de comunicação, como rádio e televisão aberta. A informação não demoraria dias para chegar à população e, dentro do planejado para uma população em contato constante entre si e com os meios de comunicação de massa, a informação seria comum a todos em questão de horas. Mas o perfil da população atingida de forma mais latente é de moradores de zona rural, tipicamente isolados e externos à sua residência, sem contato com os meios de comunicação em massa, como TV e Rádio, de forma que a existência de um alerta por meio de seu smartphone através da internet, o permitirá receber ter essas informações de forma mais ágil.

Visto isso, se acrescenta do fato de que os eventos de cheia muitas vezes acontecem dentro de uma janela temporal mais estreita e atingem mais rápido essa

população ribeirinha, atingindo-os antes da informação chegar, deixando-os isolados e inertes à própria sorte, mesmo cientes dos prognósticos da cheia.

O combate aos efeitos dos eventos extremos é fundamental no desenvolvimento social sem saúde, cada cidadão e, conseqüentemente a sociedade, não conseguem obter a felicidade e uma boa qualidade da vida. A ação de reduzir os desastres naturais e a ação de melhorar a saúde na sociedade devem ser encaradas como dois lados da mesma moeda (KOBAYAMA, 2018).

Dar luz as informações geradas pela APAC e permitir que a mesma se conecte diretamente, junto com a Defesa civil do estado de Pernambuco, com a população afetada pelas cheias nas mais diversas bacias do Estado, permitindo que uma melhor reação a tais eventos e, conseqüentemente, permitindo que salvem a si e seu patrimônio (já escasso) é uma das plataformas deste trabalho, que se junta à intenção de reunir em um único canal as mais diversas informações para que o público em geral possa acessar dados hidrológicos relevantes para o seu dia a dia, de forma simplificada e intuitiva.

Ferramenta e Produto são dois dos principais objetivos de desenvolvimento dentro do campo do conhecimento do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua), programa de mestrado profissional de âmbito nacional que foca seus estudos nesses dois aspectos, visando uma maior integração entre a produção científica e seus impactos no dia a dia da população, de forma que tornou-se o Norte deste trabalho atender a isso e entregar à sociedade uma ferramenta que possa ser utilizada pelos cidadãos e pela administração pública no intuito de mitigar alguma problemática verificada.

A possibilidade de melhoria no diálogo entre os entes que tomam as decisões e o público em geral, não por falta de vontade de ambos, mas pela lacuna de ferramentas para tal, sempre foi evidente dentro do sistema de gerenciamento de informações hidrológicas. Dentro desse contexto que o conceito de ciência cidadã torna-se extremamente importante no trato dessa problemática.

Além disso, há uma espécie de subvalorização de entidades extremamente esforçadas e valorosas como a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), no que se refere ao reconhecimento por parte da população na escolha dos dados os quais utilizará, tendo seus dados preteridos por outros de entidades mais publicitárias e, por muitas vezes, passando por descrédito na publicação de suas

previsões do tempo também é um fenômeno reconhecido dentro do estado de Pernambuco.

Tem-se no Brasil hoje cerca de 242 milhões de smartphones em uso (FGV, 2021) e uma cobertura de internet de cerca de 92% do território (ANATEL, 2021), de forma que uma aplicação para tal plataforma mostra-se como a mais propícia a adentrar em todas as localidades.

A pesquisa científica, deve sempre visar a entrega de algo à sociedade e, sempre que possível, permitir que ela dê à academia algo em troca. A palavra é essa: troca. Assim se constrói uma sociedade mais avançada, com o intercâmbio entre os múltiplos usuários com a administração. O baixo grau de estudos de desenvolvimento de projetos do tipo dificulta bastante o avanço do projeto, que necessitou da construção de diversas outras plataformas de apoio para que o mesmo se tornasse possível.

A união dos mais diversos interessados, do conhecimento amplo e extremamente diversificado que tangencia a proposta e da qualidade buscada para a ferramenta foi o que alimentou o projeto em boa parte do tempo e o que tornou o desenvolvimento do mesmo possível.

Contudo, estudos empíricos sobre a descentralização (que constam na literatura) mostram que nem sempre esse modelo é o mais eficiente e democrático. A eficiência pode ser prejudicada em duas circunstâncias: (I) quando instituições locais não têm capacidade técnica ou administrativa de deliberar ou executar efetivamente; ou (II) quando os interesses políticos locais são caracterizados por clientelismo, corrupção ou outros padrões que fazem com que as decisões políticas não sigam as prioridades técnicas (MESQUITA, 2018).

Em se tratando da população urbana em todo o estado de Pernambuco, outro aspecto chama atenção no relacionamento com a APAC – operadora de um sistema de modelagem de previsão do tempo extremamente avançado, profissionais muito qualificados, além de dados regionalizados – que é a dificuldade de acesso aos dados de previsão do tempo gerados por ela.

Os dados de previsão do tempo gerados pela APAC são disponibilizados no site da entidade a todos que se dispusessem a acessá-los, tarefa realizada pelos meios de comunicação em massa que os disponibilizavam à população em mais uma comunicação indireta da entidade com o público final. Tal cenário estimulava a população a utilização de aplicativos – algo mais prático e instantâneo - em seus

celulares que dispunham os dados de previsão do tempo dos mais diversos órgãos, sendo o mais utilizado pela população um aplicativo que disponibilizava os dados de previsão de tempo do The Weather Channel, entidade internacional extremamente respeitada, mas dona de dados não regionalizados e modelagem generalizada.

Aos moradores das Zonas rurais, mesmo munidos dos dados de chuva imediatos no aplicativo do The Weather Channel, lhes caberia inferir a possibilidade de tal evento acarretar um suficiente aumento do nível dos rios a ponto de provocar uma cheia que viesse a lhes atingir. Tal fato também se aplica à população urbana.

Comparado esse cenário no ano de 2010 com o de hoje, grandes avanços foram verificados, como a instalação de um moderno radar meteorológico em Pernambuco para operação da APAC, disposição de sala de operação em tempo integral para a emissão de alertas 24 horas por dia, todos os dias, publicação dos alertas também através das redes sociais da APAC. No que tangencia os dados de previsão do tempo apenas, a melhoria dos algoritmos de modelagem, a melhor regionalização da mesma, maior investimento na equipe e capacitação ainda melhor dos profissionais, além de campanha que visava melhorar a confiabilidade por parte da população nos dados apresentados pela agência.

É evidente que todos esses avanços foram extremamente significativos e trouxeram pontos fundamentais no avanço ao processo de alerta à população e conhecimento dos dados gerados pela APAC, mas esses dados continuam chegando de forma indireta aos maiores interessados, pois os moradores rurais da bacia do Rio Una continuam recebendo os alertas pelos meios de comunicação em massa e os moradores das regiões urbanas da bacia do rio Una e das cidades de todo o estado de Pernambuco continuam dependendo de buscar acessar o site da agência para obter os dados de previsão do tempo por ela emitidos.

Visto isso tudo, em contato constante com a APAC no intuito de identificar melhor toda a problemática e verificar a situação de forma mais específica, além de trabalhar em parceria com a ela para um produto que viesse a atender a grandes necessidades dela, verificou-se a possibilidade de criação de uma ferramenta que quebrasse as barreiras da informação e desse à APAC a possibilidade de ela transpor o processo atual de comunicação indireta e passar a comunicar-se diretamente com os interessados nas informações geradas.

Integrar todo esse processo permite aprofundar essa ideia de contribuição mútua e busca do interesse coletivo sem isolar os aspectos sociais da dimensão

“ecológica”, buscando examinar a interface recursos hídricos/sociedade nas suas manifestações socioespaciais e ambientais, especialmente referidas ao meio urbano (VARGAS, 1999).

A ferramenta idealizada é a de um aplicativo que, disponível nas lojas de aplicativos para celulares, permitisse ao usuário dispor das informações de previsão do tempo gerados pela agência, trazendo facilidade e instantaneidade e, com isso, aumento significativo da visibilidade desses dados. Somado a isso e com resultados ainda mais impactantes, a possibilidade de emissão de alertas de eventos extremos, como cheias, diretamente em forma de aviso nos celulares de todos os habitantes das zonas urbanas e rurais – ribeirinhas, principalmente.

2 OBJETIVOS

Conforme os mais diversos conceitos presentes na pesquisa, os mais diversos cenários projetados e as hipóteses encaradas para cada um dos impactos relacionados ao estudo dos objetos em questão, define-se um objetivo característico ao trabalho e que se ramificará em diversas funções mais específicas.

2.1 GERAL

O objetivo da pesquisa é o de desenvolver um protótipo de aplicativo mobile que otimize o processo de previsão e alerta hidrológico e municie de forma simplificada o usuário de informações hidrológicas relevantes.

2.2 ESPECÍFICOS

- Propor uma ferramenta de facilitação de acesso aos dados de previsão do tempo gerados pela APAC;
- Desenvolver diretrizes para que uma ferramenta permita à APAC alertar ao usuário de forma mais tempestiva acerca de eventos extremos;
- Utilização do conceito de ciência cidadã na validação e coleta de dados entre APAC e usuários;
- Unificar informações relacionadas ao monitoramento dentro da ferramenta que permita aos usuários a concentração e disponibilização facilitada de dados que interfiram na hidrologia local, como altura da maré, nível do rio na localidade, entre outras.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A problemática visualizada aqui parte das questões referentes às consequências das mudanças climáticas, com eventos devastadores nas mais diversas localidades. Cenários como o da bacia do Rio Una trazem um histórico de devastação e efeitos como exemplo de uma problemática que merece ser estudada para a criação de medidas mitigadoras. Outro exemplo, o da Região Metropolitana do Recife, afetada pelo seu nível topográfico e incidência cada vez mais frequente de eventos extremos também carece de melhores soluções no enfrentamento desses problemas, os quais passam pela melhora do sistema de comunicação de alertas dos eventos por parte da APAC e disponibilização facilitada de dados que auxiliem a população a lidar com esses fenômenos.

É fundamental conhecer a bacia do rio Una, que serviu de elemento para a verificação das necessidades e lacunas a serem preenchidas no projeto e até mesmo validar sua importância, a população que ali vive, conhecer o histórico de eventos de cheia na região, os aspectos de algumas delas, entender o sistema de alertas atual, identificar suas vacâncias, conhecer e entender os objetivos adjacentes à APAC e, por fim, adentrarmos no conceito de ciência cidadã e nos aprofundarmos nos aspectos que fazem dele uma ferramenta extremamente adequada à problemática desse trabalho, para que além de nos permitir fomentar os pontos positivos de se trabalhar com esse conceito e as dificuldades inerentes ao trabalho com a ferramenta da ciência cidadã.

O Brasil se caracteriza pela alta disponibilidade hídrica. Considerando a descarga média dos rios (km^3/ano), destaca-se como o país mais rico do mundo e tem 12% do total mundial da água doce existente. Mais de 90% do território nacional recebe chuvas entre 1.000 e 3.000 mm/ano (CARVALHO, 2008). No processo de tomada de decisões acerca dos recursos hídricos, o conceito de água como recurso finito e vulnerável, essencial para a manutenção da vida, do desenvolvimento e do meio ambiente e da água com valor econômico para todos os seus usos e devendo ser considerada como um bem econômico, modelaram as tomadas de decisões subsequentes em gestão de recursos hídricos, estimulando o uso parcimonioso da água e atribuindo a ela a conotação de “commodity”.

A resposta veio pela promulgação de uma ampla legislação, entre as quais a Lei n.9.433 (1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e definiu a

estrutura jurídico administrativa do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, a Lei n.9.984 (2000) que criou a Agência Nacional de Águas, e a Resolução Conama n.16 (2001) que estabeleceu critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos (HESPANHOL, 2008).

O Brasil adotou na última reforma de seu sistema de gerenciamento de recursos hídricos o modelo francês, com múltiplos entes, como a população, a iniciativa privada e o poder público, em um processo participativo de um sistema que em seu pleno funcionamento traria uma formatação bem adequada à realidade das grandes diversidades do país. Isso tudo através de uma legislação mais forte e pioneira no mundo, a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/1997, foi ao encontro da política ambiental e previu, em seu artigo 3º, como uma das diretrizes gerais de ação, a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental (DENNY, 2020).

Depois da aprovação dessa lei, onze estados elaboraram suas políticas de recursos hídricos. Roraima é o único estado que ainda não aprovou sua lei de águas (ABERS, 2005). Para Rossi, A literatura sobre o conceito de conflito é vasta, e muitas de suas vertentes guardam um forte vínculo com a tradição positivista, sobretudo com a percepção de que o conflito é um elemento anímico e disfuncional, a ser extirpado ou domado (ROSSI, 2018).

Boa parte da dificuldade da implementação de sistemas de gestão e planejamento no Brasil vem da falta de capilaridade, confiabilidade e celeridade na coleta dos dados, dependendo muitas vezes de programas específicos de coleta dos mesmos (SOUZA, 2018). O modelo de gestão do Brasil é apontado como importante exemplo de descentralização e articulação, mas que ainda enfrenta desafios como o reconhecimento de suas particularidades e o direcionamento mais efetivo de suas políticas para regiões que ainda estão à margem de uma gestão hídrica mais integrada (SILVA, 2015).

As questões de governança, no âmbito da administração pública, têm estado associadas principalmente à esfera macro, incluindo a gestão das políticas governamentais, o exercício de poder e o controle na sua aplicação. Seu significado, contudo, vem ultrapassando a dimensão operacional para incorporar aspectos da articulação dos mais diversos atores sociais e arranjos institucionais (FONTES FILHO, 2003).

No sistema de gerenciamento de recursos hídricos, não é diferente, aliado também à necessidade de participação da população na tomada de decisões e apontamento de problemáticas locais, essa rede hidrometeorológica nacional possui diversos agentes que a alimentam de dados diários seja de chuva, seja de nível. Desta forma, o desafio é como adicionar mais entes ao sistema, ampliar a cobertura do mesmo, capilarizar esses dados e trazer o cidadão para o processo de tomada de decisões. A solução para esse desafio entra na esfera de uma tendência que vem sendo muito estudada e aplicada em todo o mundo: A Ciência Cidadã.

Para uma gestão adequada integrada dos recursos hídricos, prevista em lei, faz-se necessário dispor de informações de boa qualidade, seja no tempo quanto no espaço, contemplando diversos setores envolvidos. Tendo em vista esta premissa, a otimização da rede hidrometeorológica de monitoramento hidrométrico existente se torna importante, necessária e urgente sempre que as demandas, tal como os conflitos, aumentam (ELESBON, 2014).

Tornar o usuário um alimentador de informações para o sistema através de um aplicativo mobile que municiará um banco de dados central ou descentralizado de acordo com cada bacia resolverá diversos aspectos da gestão e permitirá grandes ganhos como: Coleta de dados em tempo real, apontamento de problemas de forma mais específica e possível cruzamento dos mesmos na identificação de problemas macro, capilarização, contribuição em denúncias e em fiscalizações, combate a eventos extremos de forma mais rápida e precisa, a inclusão do cidadão na gestão participativa, o sentimento do mesmo como parte disso e a possibilidade de conscientização através do aplicativo, além do enquadramento no processo de cerca de 16 itens dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), de banco de dados extremamente bem alimentado, dentre outros.

Desafios são claros, diagnosticada essa falta de articulação e falta de ações consistentes na governabilidade de recursos hídricos e na sustentabilidade ambiental (TUNDISI, 2008), como o de engajar o usuário ou formatar algo que possa atingir a todos, porém o Brasil possui cerca de 234 milhões de Smartphones ativos e cerca de 134 milhões de pessoas com acesso contínuo à internet. Esse “algo” que pode melhorar a comunicação entre usuário e o sistema participativo provavelmente passa por um smartphone e estará conectado à internet.

O conceito inicial a ser buscado foi o da importância desses dados hidrológicos, onde quanto maior o histórico, melhor a distribuição espacial dos

postos e melhor a qualidade dos dados, melhor será o conhecimento da bacia hidrográfica estudada (OLIVEIRA, 1998), para, entendido isso, o intuito passar a ser o entendimento de como o funciona o sistema.

O entendimento de Ciência Cidadã passa pela definição da relação de envolvimento dos voluntários, onde só era visualizado o desejo de contribuir por parte desde quando eram claros e reais para o voluntário a ciência realizada (POCOCK, 2014), onde já se chegou a conclusões como a de que a participação de cidadãos na busca pelo conhecimento tornou-se algo tanto necessário quanto irrefreável. Isso porque a complexidade dos desafios enfrentados na atualidade, como o aquecimento global e o esgotamento dos recursos naturais, por exemplo, não pode prescindir da intervenção da sociedade na definição de alternativas (GUSMÃO, 2019), algumas dificuldades são esperadas como pessoas participarem em projetos de ciência cidadã em maioria apenas após certa gratificação (VON KROGH et al., 2012).

Sobre essas motivações, são assunto de muitos estudos nos mais diversos países, visto o imenso potencial da ciência cidadã, sendo já fato consolidado a necessidade de transparecer ao voluntário a importância do projeto no âmbito coletivo (HOLOHAN AND GARG, 2005). Para ter sucesso, as campanhas muitas vezes precisam ser organizadas, facilitadas e estimuladas (FISCHER, 2000) e algumas especificidades serão encontradas, visto que se está diante de um fenômeno heterogêneo, dinâmico e com efeitos ainda pouco conhecidos (PARRA, 2017).

Por fim, exemplo do programa FWW, onde voluntários fazem o monitoramento de nitrato e fosfato em um corpo hídrico com um teste simples e com isso carregam os dados no site da organização, apresentando fotos do local de análise (WERENECK, 2018), pode-se comparar e atribuir as necessidades do nosso caso específico, assim validando ainda mais a proposta realizada. Já o exemplo do programa de coleta de fotos para monitoramento geográfico desenvolvido para a Wikimápia obteve cerca de 2,8 milhões de fotografias (GOODCHILD, 2007).

3.1 A BACIA DO RIO UNA E SEUS CONFLITOS

A bacia do rio Una, que aqui teve papel de exemplo de caso a fundamentar a aplicabilidade do aplicativo na situação referida, tem área de 6.295,77 km² (OLIVEIRA, 2016) e está localizada na região do Agreste e Mata Sul do Estado de Pernambuco/Brasil, compreendendo 29 municípios. O Una nasce no município de Capoeiras (região Agreste) e desenvolve-se no sentido oeste-leste com um comprimento total de seu curso principal de aproximadamente 255 km. A parte mais alta da bacia situa-se na Mesorregião do Agreste Pernambucano, que possui clima de característica entre a Zona da Mata e o Sertão semiárido. A Figura 1 representa a bacia do rio Una, trazendo também a localização no estado de Pernambuco e as cidades que sofrem influência da bacia.

Figura 1 – A bacia do rio Una



Fonte: ZAPE (Zoneamento agropecuário de Pernambuco – EMBRAPA)

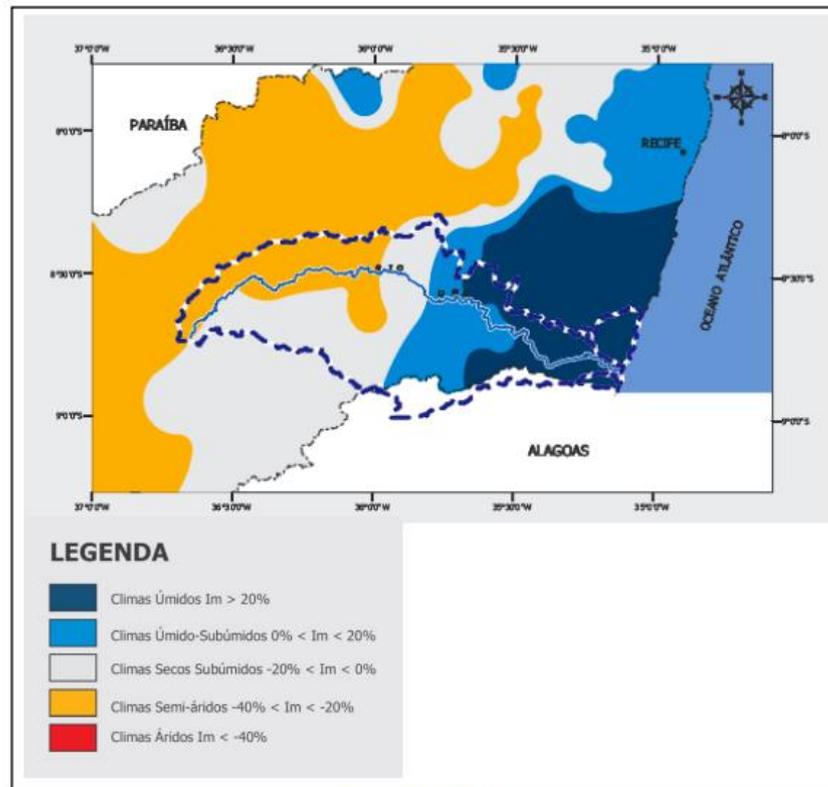
Dentre as características hidrológicas da bacia, temos o curso superior, com cerca de 2.900 km² de área e precipitação média anual entre 600 e 800 mm, é caracterizado por escoamentos intermitentes anuais e grandes picos de enchentes de média recorrência. Março apresenta-se como o mês mais chuvoso (RIBEIRO, 2014).

No curso médio, de cerca de 2100 km² de área, com precipitação média anual de 1.500mm, encontrando-se com os afluentes do Pirangi e Panelas, ocorrendo os

maiores eventos de chuva nos meses de maio e agosto. No curso inferior tem cerca de 1.700km² de área e precipitação média anual de cerca de 2.000mm, encontrando-se com os afluentes de Santo Antônio e Jacuípe (RIBEIRO, 2014).

É possível verificar na Figura 2 os climas presentes na região da bacia do rio Una, onde claramente se verifica a existência de 4 tipologias de clima bem definidas.

Figura 2 – Climas da bacia do rio Una

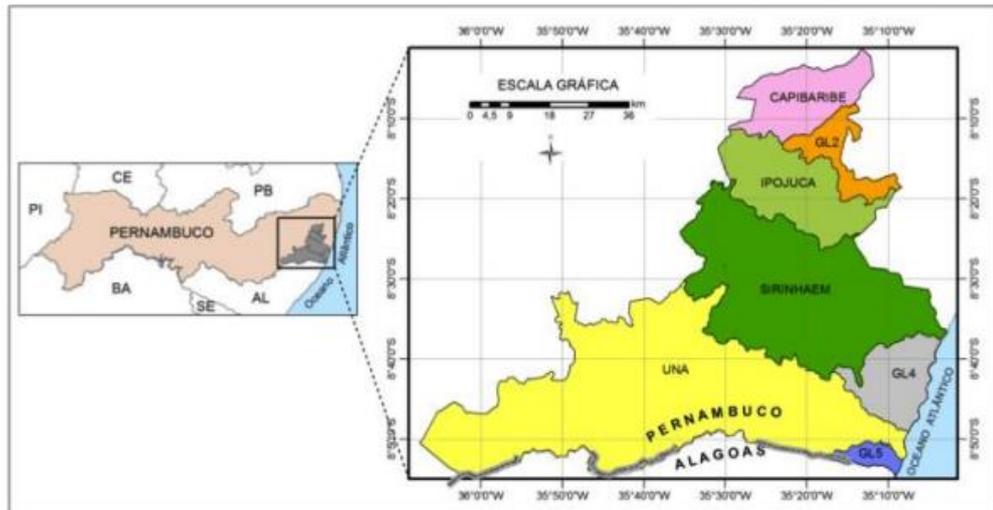


Fonte: APAC (2014)

Tais características já evidenciam a alta pluviosidade na bacia e o perfil de ocupação facilita a ocorrência de afetação à população local. A bacia do rio Una abrange cerca de 15% da população total de Pernambuco, levando em consideração a população dos municípios que fazem parte da área de influência dessa Bacia (APAC, 2016).

Para verificar o que se fala acima, basta observar a localização da bacia do rio Una dentro do estado de Pernambuco, representada na Figura 3.

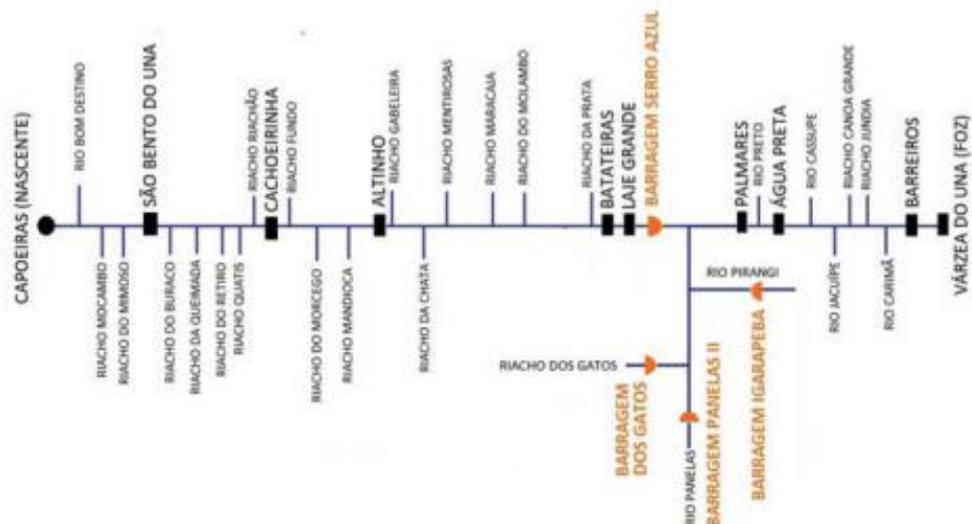
Figura 3 – Localização da bacia do Una em Pernambuco



Fonte: AGEITEC (2017)

Devido ao histórico e perfil da bacia, diversas obras foram realizadas na região, evidenciadas pela Figura 4, que mostra as localidades que sofrem influência do rio Una através de diagrama unifilar.

Figura 4 – Diagrama Unifilar do rio Una



Fonte: Ellesbon (2014)

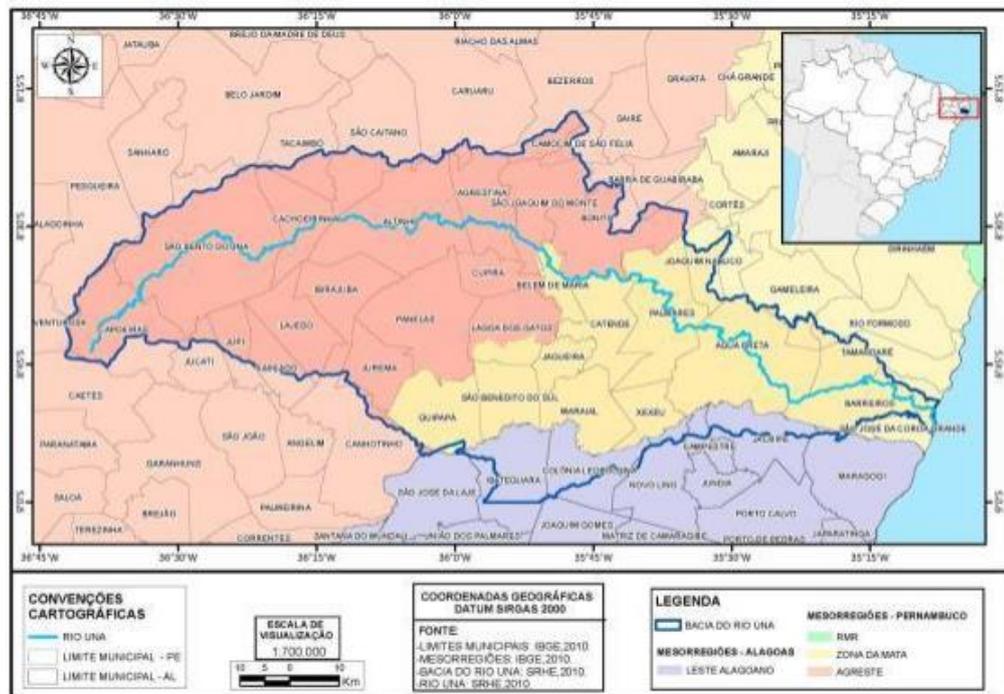
A ocupação da região da bacia do Una se dá de forma predominante pela formatação rural, com pequenos agricultores ribeirinhos de cultura familiar e, nos

centros das cidades por forte povoamento centralizado nessas regiões, com alto índice demográfico, comércio de rua e centralização dos serviços e produtos.

De acordo com Andrade, a bacia hidrográfica do rio Una se destaca no âmbito estadual, com sua economia baseada principalmente no comércio, agricultura e pecuária. Localizada na parte sul do estado de Pernambuco e norte de Alagoas, abrange as regiões fisiográficas do Litoral, Zona da Mata e Agreste (ANDRADE, 2017).

A relação entre as regiões do estado de Pernambuco e a bacia do rio Una, pode ser observada na Figura 5, que traz a divisão municipal, além das mesorregiões citadas.

Figura 5 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Una



Fonte: ITEP (2014)

3.2 EVENTOS EXTREMOS NA BACIA DO UNA

Dentro do histórico de cheias na bacia hidrológica do rio Una a mais destacada é de longe a cheia ocorrida no ano de 2010, que afetou boa parte da população da região, trouxe grandes estragos e levou muitas vidas. A cheia de 2010 tomou conta dos noticiários e configurou-se como uma enorme tragédia no estado

de Pernambuco, com diversas cidades completamente alagadas e um cenário desolador.

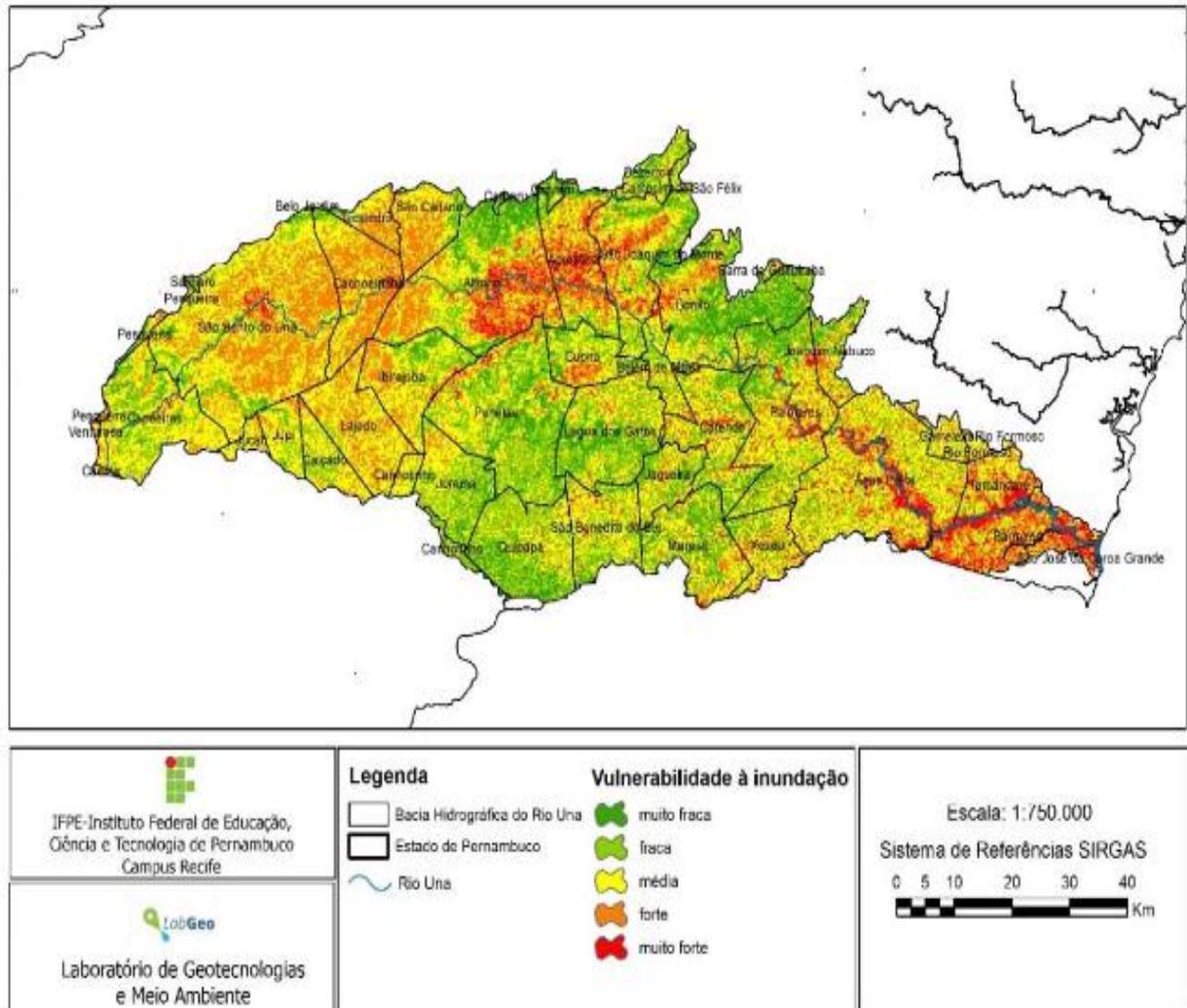
Entre os dias 17, 18 e 19 de junho de 2010, atingiu 67 cidades pernambucanas, principalmente da Zona da Mata e Agreste do Estado, deixando um rastro de destruição. 21 pessoas morreram, enquanto 26.966 ficaram desabrigadas e 55.643 pessoas ficaram desalojadas; 14.136 casas foram destruídas; 142 pontes ficaram danificadas, sendo que muitas delas foram totalmente levadas pela água; 5.000 km de estradas foram danificados; 12 municípios decretaram estado de calamidade pública 27 ficaram em situação de emergência (OLIVEIRA, 2016).

Em 24 horas choveu na região afetada 170 milímetros, o equivalente à metade da média histórica para todo o mês de junho. Nos municípios mais afetados quase nada escapou: as águas atingiram até mesmo as ruas centrais da cidade, pondo abaixo prédios de hospitais e órgãos públicos (DIÁRIO DE PERNAMBUCO).

A explicação do evento extremo passou pelo fato de que no dia 17 de junho de 2010 o Estado de Pernambuco vivenciou um fenômeno climático chamado “Onda de Leste”, que foi intensificado pelo aquecimento da temperatura do Oceano Atlântico juntamente com a intensificação dos ventos alísios. Essa conjugação de eventos provocou, em curto espaço de tempo, uma grande quantidade de chuva concentrada nas proximidades das cabeceiras de vários rios, gerando ondas de cheia que atingiram diversas cidades ribeirinhas de Pernambuco e do estado vizinho de Alagoas (CIRILO, 2014).

É possível verificar na Figura 6 a altíssima vulnerabilidade à inundações a qual está sujeita a região da bacia do rio Una, não sendo exclusivo às regiões costeiras os maiores índices de risco, visto que há mais diversas regiões da bacia de alta vulnerabilidade.

Figura 6 – Mapa de vulnerabilidade à inundação na bacia hidrográfica do rio Una



Fonte: Leal (2020)

Além da cheia de 2010, ocorreram eventos de cheias nos anos de 1973, 1975, 1988 e 200, dentre outras, como, por exemplo a imagem aérea trazida na Figura 7, que retrata a cidade de Palmares durante a cheia de 2010.

Figura 7 – Imagem aérea da cidade de Palmares durante a cheia de 2010



Fonte: G1 (2010)

Diversas obras foram realizadas na região no intuito de mitigar tais efeitos de eventos extremos, além de medidas administrativas e criação de mecanismos de controle e prevenção, com salas de situação e processos padronizados de atuação para cada cenário apresentado. Um dos exemplos de obras de controle é a Barragem de Serro Azul, retratada na Figura 8.

Figura 8 – Barragem de Serro Azul, inaugurada em 2017



Fonte: G1 (2018)

Dentro do processo de readequação e prevenção, foi levantada a topografia da região, permitindo a geração de modelos de retorno com erros baixos e possibilidade de criação de simuladores de cota para os mais diversos cenários de chuvas. Além disso, realizou-se a revitalização das margens do rio no perímetro urbano, realocação de imóveis destruídos, previsão de 4 barragens em toda a bacia, remanejamento de parte da população ribeirinha com a construção de conjuntos habitacionais em local adequado, dentre outros.

3.3 O MONITORAMENTO DOS NÍVEIS DOS RIOS EM PERNAMBUCO

O monitoramento de rios no Brasil é executado com os mais diversos objetivos, como controle da qualidade da água, outorga para os mais diversos usos, conflitos entre estados, geração de energia, como também controle de cheias. Vale salientar que boa parte dos rios são monitorados com mais de um desses objetivos, geralmente havendo um objetivo mais crítico.

Localidades com histórico de problemas relacionados a cheias, demandam esse monitoramento dos rios que contribuem para esses eventos e pontos estratégicos são escolhidos para que se instalem Estações Fluviométricas, que determinam uma cota absoluta para o nível da água e mensura a variação desse nível através de réguas graduadas de 1 metro de comprimento e graduação de 1 centímetro fixadas em estacas de madeira instaladas na margem do rio. Conforme o nível da água varia, atinge uma graduação diferente na régua ou uma régua instalada em estaca superior ou inferior. Diariamente o observador hidrológico visita a estação e anota em um caderno os valores das cotas observadas às 07:00 e 17:00. No final de cada mês esse observador, que recebe gratificação para desempenhar a atividade, envia a folha com os dados do mês pelos correios – processo em modificação, o envio vem sendo migrado para fotos via aplicativo. A Figura 9 ilustra o conceito de estação Fluviométrica.

Figura 9 – Estação Fluviométrica tradicional



Fonte: O Autor (2022)

É evidente que a informação pode passar vários dias para chegar na operadora da estação e o monitoramento dos rios com a função do controle de cheias exige uma tempestividade maior nessa coleta de dados, de forma que surgiram as PCDs, aparelhos que, ligados a sensores que ficam dentro do rio, envia esses dados de cota em tempo real através de satélite para a operadora, com um intervalo de 15 minutos para cada envio. A existência do aparelho não elimina a estação Fluviométrica tradicional, de forma que as duas coexistem e tem a mesma localização.

Além das estações Fluviométricas, são instaladas as estações Pluviométricas, que consistem em um equipamento denominado pluviômetro e tem como função captar a água da chuva através de um orifício de área conhecida e, através de equações pré-estabelecidas, o volume de água coletado de dentro do aparelho (uma vez por dia, às 07:00) representa o volume de chuva que caiu na região. O processo de coleta desse volume de água é similar à observação da estação Fluviométrica, onde um observador diariamente no horário citado visita o local, colhe a água em um recipiente denominado proveta e anota em um caderno o valor do volume presente nessa proveta. Ao final de cada mês, esse observador envia a folha com os valores de cada dia.

O observador hidrológico realiza a atividade de forma não remunerada, recebendo uma restituição dos valores gastos durante o mês para a realização das

leituras, ou seja, um trabalho voluntário para a coleta de dados que serão tratados e posteriormente subsidiarão a operadora da estação na realização de estudos e trabalhos científicos. Apesar das primeiras estações com operação nesse formato datarem da década de 1960, o conceito para esse tipo de trabalho associativo entre a população e o pesquisador veio ganhar mais aplicabilidade e nome posteriormente: Ciência cidadã.

O mesmo gargalo de tempestividade é observado para as estações com pluviômetro tradicional, de forma que a PCD que envia os dados do nível do rio praticamente em tempo real também foi adaptada a receber um aparelho tipo pluviômetro automático, que é instalado próximo à PCD, conectado a ela e passa a enviar os dados de chuva para que sejam transmitidos pela PCD via satélite. Na Figura 10 observa-se uma PCD em operação, assim como um pluviômetro automático. Nesse caso, os dados de nível do rio o qual essa PCD transmite são coletados por um sensor que está dentro do rio e transportados por cabo subterrâneo do sensor até a PCD para que a mesma os transmita.

Figura 10 – Plataforma de coleta de dados com pluviômetro digital

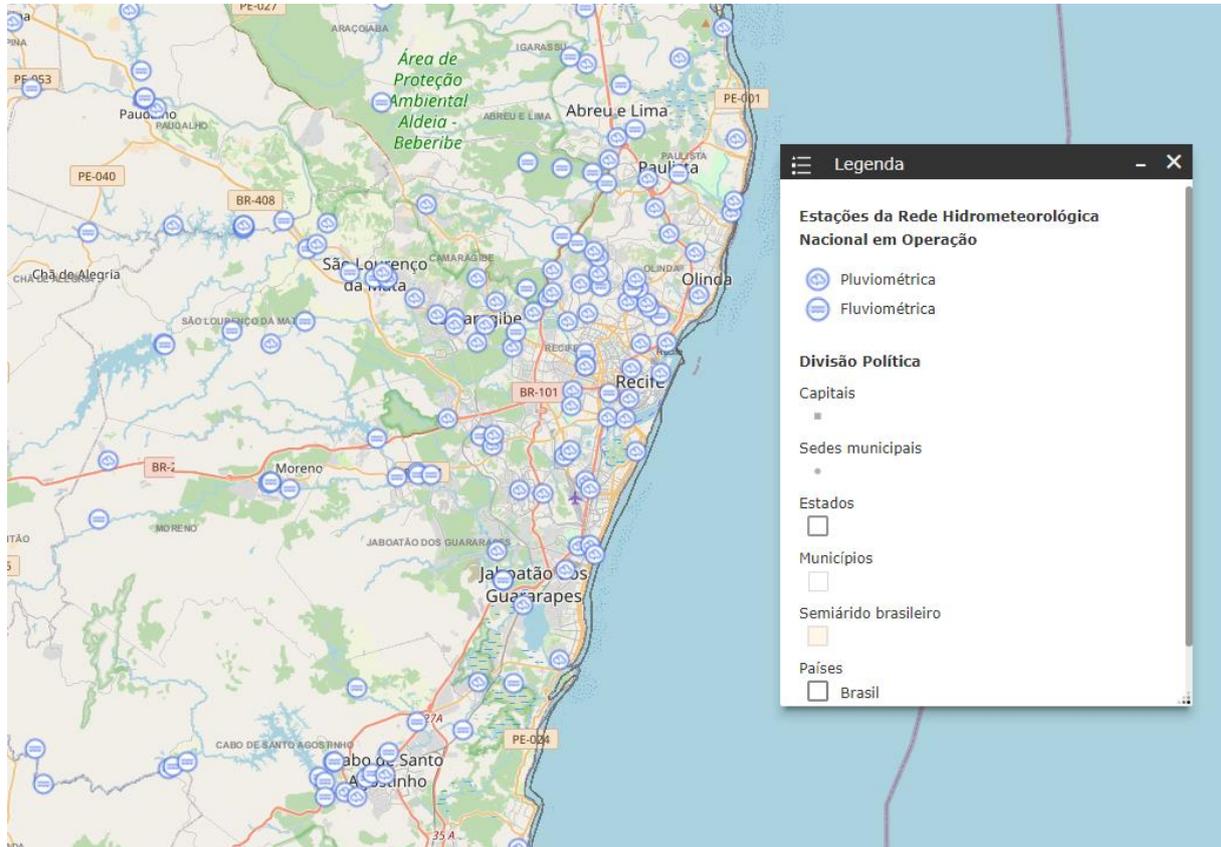


Fonte: O Autor (2022)

Assim, várias estações desse tipo estão espalhadas por todo o Brasil. A Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) é o maior conjunto dessas estações, sejam

Hidrometeorológica Nacional e que estão em operação pelas mais diversas empresas, sejam da esfera federal, estadual ou sob contrato. Nele observa-se um nível de detalhamento maior, visto a densidade de estações.

Figura 12 – Mapa da Rede Hidrometeorológica Nacional na RMR



Fonte: Hidroweb (2022)

Dentro do funcionamento da rede de monitoramento dos rios e chuva, vista a função do observador hidrológico, uma das chaves para o funcionamento até aqui da forma de coleta dos dados, com a possibilidade de grande capilaridade e da superação das mais diversas dificuldades tecnológicas e culturais desde a década de 1960, tem sido a aliança do observador hidrológico voluntário e o pesquisador, em um ótimo exemplo de aplicação da ciência cidadã.

3.4 O CONCEITO DE CIÊNCIA CIDADÃ

A ciência cidadã, como um conceito novo e uma área de pesquisa nova e de muito frutos previstos dentro da aplicabilidade das pesquisas na sociedade através de produtos, possui cada vez mais referências e tem tomado o destaque na busca de soluções para os mais diversos problemas encontrados em quase todos os âmbitos das ciências sociais.

O termo, conhecido em inglês como Citizen Science, refere-se às parcerias entre cientistas e voluntários leigos, que atuam de forma efetiva em coletas e/ou análises de dados científicos relacionados às pesquisas aplicadas a temas de interesse público. Também é empregado para descrever, de forma geral, projetos com finalidades científicas em que não cientistas cooperam como voluntários (MARTINS, 2021).

A temporalidade bem recente dos estudos acerca do assunto e as mais diversas tentativas de aplicação do conceito nos mais diversos âmbitos e localidades, principalmente fora do Brasil foi verificada durante a pesquisa. Aqui, esse ainda é um campo pouco explorado e cujos desafios ainda são difíceis de diagnosticar, mas, com o estudo dos exemplos de aplicação em outras localidades e aplicação para o nosso cenário, há grandes possibilidades de avanço.

A Ciência Cidadã engloba voluntários que participam como assistentes de campo em estudos científicos, ajudando no monitoramento de animais e plantas e/ou outros marcadores ambientais, mas não são remunerados e nem, necessariamente, cientistas. Na maioria, são amadores que se voluntariam para ajudar em pesquisas ecológicas, motivados por se sentirem bem ao ar livre, ou se preocuparem com os problemas ambientais, portanto, dispostos a contribuir para sanar essas problemáticas.

A grande disponibilidade de tecnologia da informação e comunicação, em especial o crescente número do telefone móveis e smartphones, em todos os segmentos da sociedade, permite uma maior facilidade na coleta de dados, assim como o acesso a informações ambientalmente relevantes (RIBEIRO, 2020).

Silvertown alerta que os softwares têm suas limitações, mas suas presenças no formato da ciência cidadão, mesmo como mero instrumento de informação e interação com a gestão já os torna ímpar (SILVERTOWN, 2019). Cidadãos

envolvidos no processo não precisam ser estimulados necessariamente com benefícios individuais (CAPPA, 2016).

Esses espaços de experimentação têm o potencial de subverter a lógica corrente de que a pesquisa é campo restrito aos experts, com títulos e carreira acadêmica consolidada, que podem chancelar o conhecimento como tal, e apontam para um sistema produção de conhecimento aberto à participação e influência da sociedade, já que podem interferir não só na coleta de dados ou realização de estudos, mas na própria definição das investigações a serem desenvolvidas (MARTINS, 2017).

Para Dorfman, A motivação do cidadão seria o conjunto de causas que condicionam o planejamento e a gestão estatais. Em outras palavras, seria a prática político-social, o grau de democratização e rateio de poder no Estado (DORFMAN, 1993). Uma das formas de motivação da participação popular no conceito de ciência cidadã vem da gamificação, com a premiação dentro dos próprios aplicativos, com criação de status para os usuários de acordo com suas contribuições, a gamificação busca mobilizar a subjetividade e a criatividade das pessoas, com a intenção de obter um maior engajamento, contribuição e colaboração em atividades específicas (BRAZIL, 2020).

Nesse contexto, a qualidade dos dados resultantes da interação da população com a pesquisa pode ser garantida pelo pós-processamento dos mesmos (WIGGINS, 2011). Em pesquisa de trabalho para entendimento do engajamento da população em projeto de coleta de dados hidrológicos na Alemanha, constatou-se que 84,5% dos entrevistados teriam interesse em enviar seus dados que viessem a coletar no período proposto pelo estudo (LAND-ZANDSTRA, 2016). Isso permite que os dados de várias fontes globais possam ser registrados de forma centralizada e rápida através da internet (MORESI, 2017).

Os projetos de ciência cidadã podem ser ramificados em três grupos: Contribuição (onde o cidadão apenas coleta dados), colaboração (onde o cidadão coleta e discute os dados) e có-criação (onde há cooperação no processo de criação da ferramenta) (TWEDDLE, 2012). Não há, no entanto, consenso e amplo entendimento quanto à extensão, ao significado e ao modus operandi do que venha a ser a ciência aberta, nem sobre suas implicações. Alguns consideram ser esta uma retomada do verdadeiro espírito da ciência (ALBAGLI, 2015). Em pesquisa realizada no Colorado, cerca de 59% dos participantes de rede de coleta de dados,

admitiu participar apenas pelo engajamento de estar presente no processo de tomada de decisões (BARUCH, 2016).

3.5 A REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

A Região Metropolitana do Recife é a unidade organizacional, geoeconômica, social e cultural constituída pelo agrupamento dos municípios de Abreu e Lima; Cabo de Santo Agostinho; Camaragibe; Igarassu; Ipojuca; Ilha de Itamaracá; Itapissuma; Jaboatão dos Guararapes; Moreno; Olinda; Paulista; Recife; e São Lourenço da Mata, para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum (Pernambuco, 1994).

A Região metropolitana do Recife (RMR) encontra-se em um setor de cerca de 80km de comprimento ao longo da costa do Estado de Pernambuco (no Nordeste brasileiro), com uma área de cerca de 2768km², ou 2,82% da área do Estado (PFALTSGRAFF, 2007).

A RMR abrange cerca de 14 municípios divididos em 06 Regiões Político-Administrativo – RPAs, com uma população de cerca de 4.047.088 habitantes (estimativa IBGE, 2021) e uma densidade demográfica de 1.460 habitantes/ km². A altitude média da região é de 4 metros acima do nível do mar e possui uma composição territorial de cerca de 67,43% de morros; 23,26% de planícies; 9,31% de aquáticas; e 5,58% de Zonas Especiais de Preservação Ambiental – ZEPA. (IBGE, 2021).

A Figura 13 traz a localização da região metropolitana no Recife numa escala global, representado também o Brasil e o estado de Pernambuco.

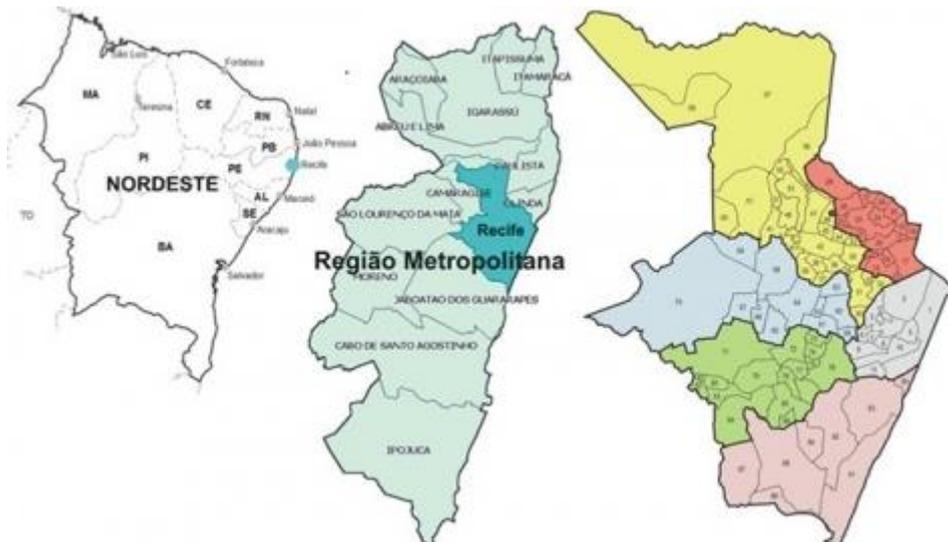
Figura 13 – Região metropolitana do Recife no mundo



Fonte: Recife (2022)

Na Figura 14, pode-se observar a região metropolitana do Recife destacada da região Nordeste do Brasil, além da divisão dos municípios da região e as bacias hidrográficas presentes na região.

Figura 14 – A Região metropolitana do Recife



Fonte: Recife (2022)

3.6 OS ALAGAMENTOS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

As definições dos eventos que podem ocorrer em decorrência de fortes chuvas trazem diferenças conceituais, sendo definida inundação como o evento em que ocorre o transbordamento em um determinado curso d'água, e que atinge a planície de inundação ou área de várzea. Já as enchentes, também conhecidas como cheias, podem ser descritas como um aumento no nível de água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, alcançando o limite do nível do canal, porém, sem extravasar. E alagamento é a formação de regiões de acúmulo de águas em áreas que sofrem com algum nível de deficiência no sistema de drenagem. Observa-se que os conceitos têm similaridade, mas representam fenômenos distintos. (LICCO AND DOWELL, 2015).

É fundamental a correta diferenciação dos conceitos de inundações, enxurradas e Alagamentos para que se consiga definir as causas de cada fenômeno desses, na Tabela 1 verifica-se um resumo desses conceitos.

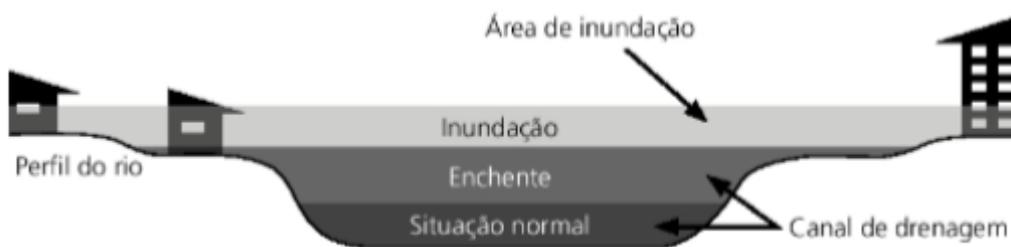
Tabela 1 - Conceito de inundações, enxurradas e alagamentos

Subgrupo	Definição
Inundações	Água acumulada no leito das ruas, depressões e áreas planas no perímetro urbano decorrente de fortes precipitações pluviométricas em cidades.
Enxurradas	Volume de água resultante de fortes chuvas. A água escorre na superfície do terreno com grande velocidade.
Alagamentos	Transbordamento de água da calha normal de rios, lagos e açudes ou acumulação de água em áreas não habitualmente submersas. Provocada por chuvas intensas e concentradas. Entre as causas estão chuvas intensas e concentradas, saturação do lençol freático, assoreamento do leito dos rios e compactação e impermeabilização do solo, precipitações intensas com marés elevadas, rompimento de barragens e drenagem deficiente de áreas a montante (acima) de aterros.

Fonte: MDR (2012)

Na Figura 15, o esquema representa a diferenciação dos conceitos apresentados acima, de inundação, enchente e a situação normal. É bem interessante verificar graficamente o quanto a inundação atinge níveis mais elevados que a enchente, assim como a representação do canal de drenagem e seu comportamento frente a cada um desses fenômenos.

Figura 15 - Desenho esquemático dos conceitos de enchentes e inundações



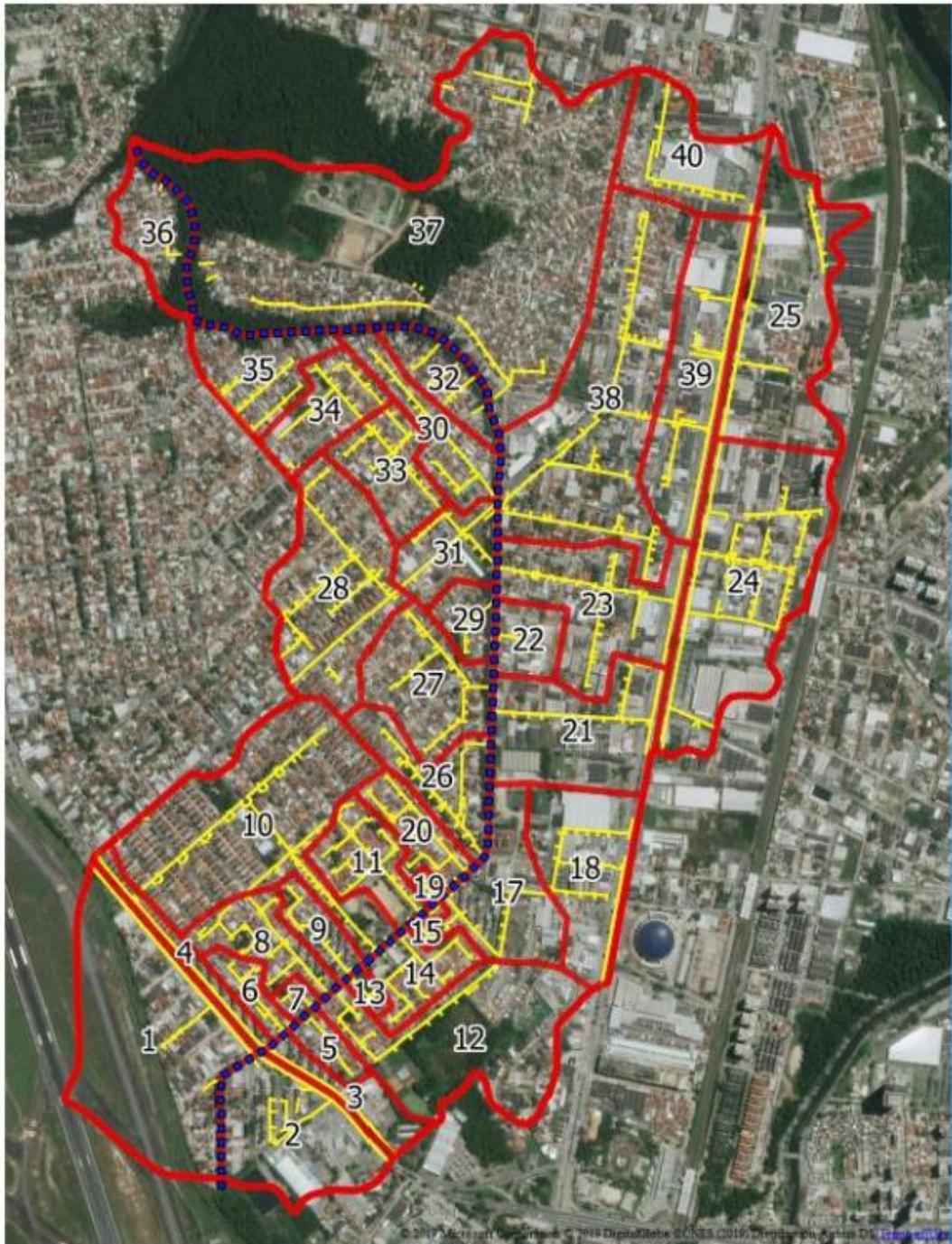
Fonte: Mazzaroto e Silva (2017)

O avanço da urbanização, com o aumento das áreas impermeáveis, vem mudando a fisiografia das bacias e provocando alterações significativas nos processos hidrológicos e os resultados dessas mudanças são a diminuição no volume de escoamento superficial, o aumento das vazões de pico, a diminuição do tempo de concentração e a redução na recarga dos aquíferos e na vazão de base. (WRIGHT & HEANEY, 2001).

A Região Metropolitana do Recife, localizada no litoral do estado de Pernambuco, apresenta grande parte de seu território em uma planície onde se localizam as bacias de três rios urbanos, o rio Capibaribe, o rio Tejipió e o rio Beberibe. Não diferente de outros grandes centros urbanos, o Recife enfrenta problemas de alagamento, principalmente devido à urbanização acelerada que resultou em um alto grau de impermeabilização do solo. Uma vez que a água proveniente das chuvas não tem como infiltrar, ela passa a escoar nas ruas provocando problemas para o trânsito, para a população e para o comércio local, além de ser um facilitador na transmissão de doenças.

Boa parte do sucesso ou falha dos sistemas urbanos de drenagem e escoamento, deve-se a um correto planejamento e dimensionamento das redes de drenagem, com o correto estudo das características topográficas e de composição do solo da localidade, como pode-se observar na Figura 16, o exemplo do sistema do Canal da malária no Recife, conhecido pelos mais diversos problemas.

Figura 16 - Relação entre Sub-bacias e rede de drenagem



Legenda

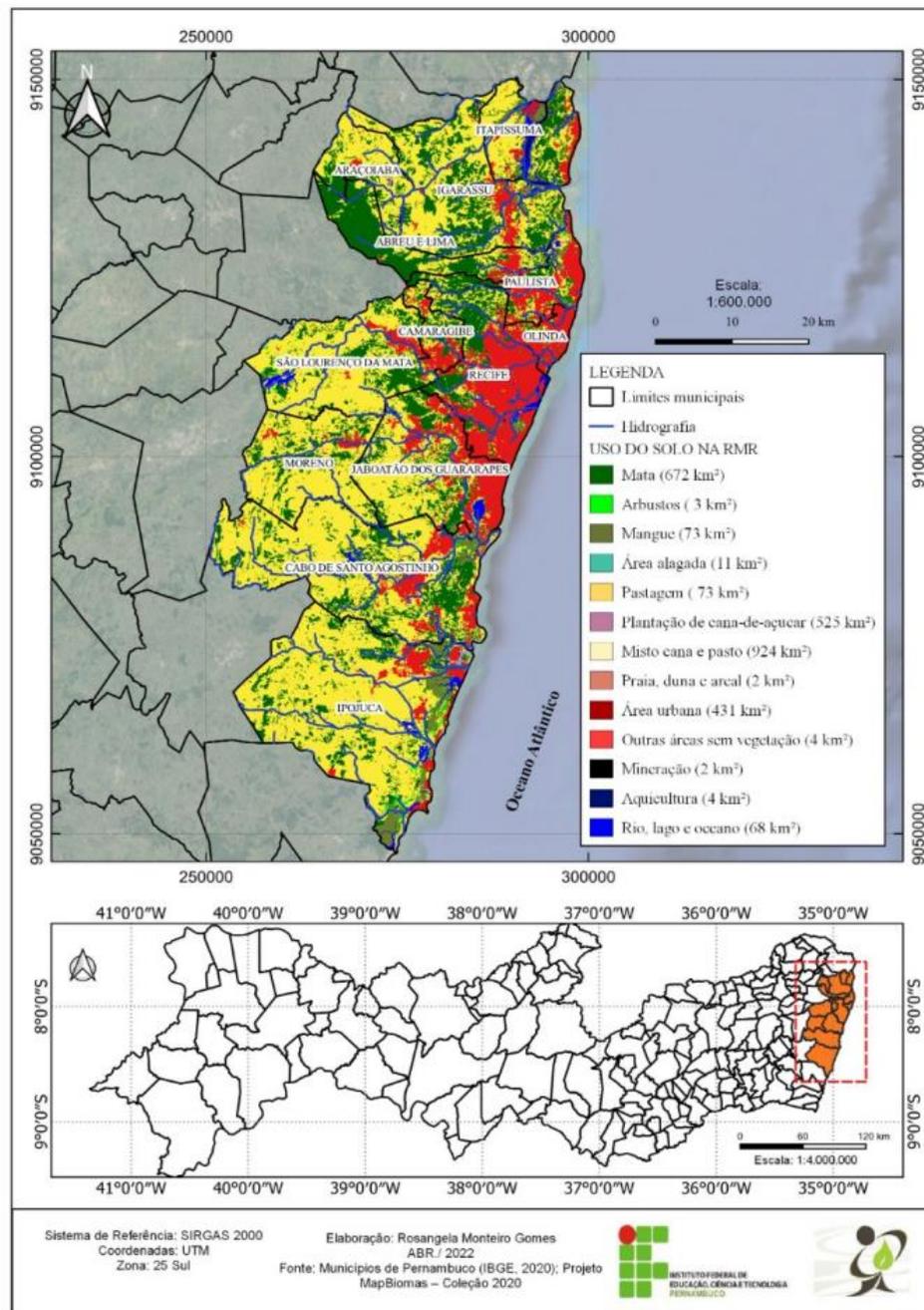
- Canal da Malária
- Rede de drenagem Canal da Malária
- Setorização Canal da Malária

Fonte: Silva (2019)

Além dessas características topográficas e de composição do solo, o uso do mesmo, com o tipo de cobertura, é um fator chave para a determinação dessa rede

de drenagem e escoamento e ao poder público cabe a necessidade de um rigoroso controle no processo de utilização desse solo, com a definição de parâmetros máximos de impermeabilização e mínimos de área permeável a ser respeitada nas mais diversas áreas, observadas as características da localidade e os interesses dos usuários. A Figura 17 traz o mapa com as características de uso e ocupação do solo na região metropolitana do Recife.

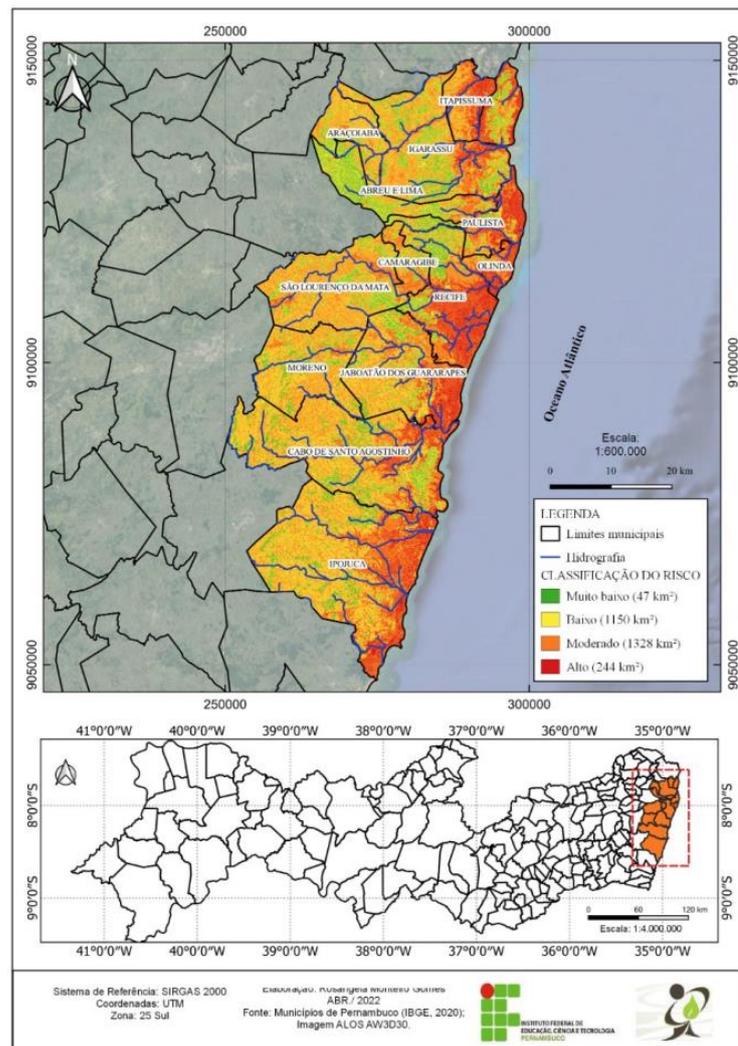
Figura 17 - Mapa de uso e ocupação do solo na Região Metropolitana do Recife - Pernambuco



Fonte: Monteiro Gomes (2022)

De acordo com os dados obtidos através das estações pluviométricas instaladas dentro da poligonal que delimita a Região Metropolitana do Recife, percebe-se que os meses mais chuvosos, entre os anos de 2000 a 2019, foram maio, junho e julho, com destaque para junho devido ter registrado precipitação média de 399,47. E, nos dois últimos anos, ou seja, 2020 e 2021 o mês de junho registrou precipitação média de 344,83 mm, diferenciando de julho no total de 122,4 mm. Já o mês de outubro foi o que registrou a menor quantidade de chuva. A pluviosidade, evidentemente, é um dos fatores causadores de eventos extremos, mas a suscetibilidade de uma região a esses eventos é fruto de mais diversos fatores. Esse índice de suscetibilidade pode ser visualizado na Figura 18, que traz o mapa de distribuição do índice para a região metropolitana do Recife.

Figura 18 - Mapa das áreas suscetíveis a eventos hidrológicos extremos, na Região Metropolitana do Recife – Pernambuco



Fonte: Monteiro Gomes (2022)

O quantitativo de afetados por desastres na Região Metropolitana do Recife, em Pernambuco foi de 35.800 unid. /100.000 habitantes. Sendo assim, percebe-se que dentre o período de tempo analisado, o ano com maior número de registro de desastre no Si2D foi 2022, o fato ocorreu devido as chuvas intensas que caíram do mês de abril a junho, do referido ano, causando múltiplos desastres. Neste contexto, observou-se que o município do Jaboatão dos Guararapes, foi o mais castigado com o registro de 64 mortes e 101.065 pessoas afetadas. O município de Paulista vem em segundo lugar, com o registro de 19.132 pessoas afetadas, porém quando a comparação é feita apenas com o registro de mortes, o município do Recife ocupa a segunda colocação com 43 mortes (SI2D, 2022).

Conforme já citado, os alagamentos são históricos e graves na região metropolitana do Recife, podendo ser observadas em períodos atuais e em períodos mais antigos, desde que se tornaram possíveis os registros, assim como mostram a Figura 19, a Figura 20 e a Figura 21.

Figura 19 - Alagamento em Recife



Fonte: G1 (2022)

Figura 20 - Alagamento em Jaboatão



Fonte: G1 (2022)

Figura 21 - Devastação causada pelo transbordamento do Rio Capibaribe, nos dias 17 e 18 de julho de 1975



Fonte: JcNet (2022)

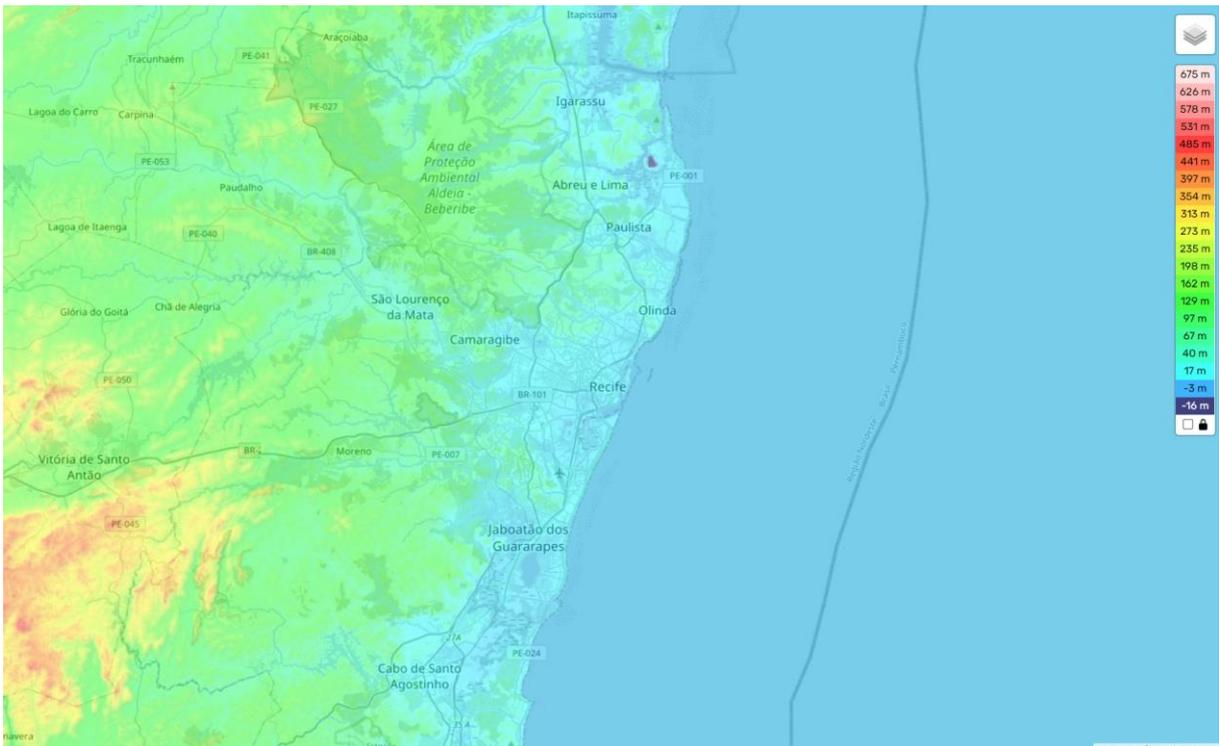
3.7 A TÁBUA DE MARÉS E SUA INFLUÊNCIA NOS ALAGAMENTOS DA RMR

O Recife possui diversos riachos espalhados pela sua planície, dentre eles encontram-se os riachos Cavouco e Parnamirim, ambos tributários do rio Capibaribe. Dada a proximidade com o mar, em geral, esses riachos estão sujeitos à variabilidade diária do nível das marés. Em consequência, quando a maré se encontra influenciada pelo alinhamento da Lua e do Sol, denominada maré de sizígia, alguns pontos da cidade têm ruas alagadas, devido ao retorno do mar através dos canais e galerias de drenagem. (NETO, 2016)

Recife possui um longo histórico de cheias do Rio Capibaribe que foram, com o tempo, amenizadas pela construção de barragens à montante e retificação de trechos do rio. A rede de drenagem superficial é complementada por mais de noventa canais, formado por pequenos córregos canalizados que drenam bairros no interior da área e bairros circunvizinhos contribuindo para o sistema estuarino. Essa configuração torna a planície do Recife uma zona de captura de drenagem superficial e as áreas mais baixas sujeitas a inundações. Seus corpos d'água sofrem oscilações ao longo do dia devido às marés de preamar e baixa-mar e podem cada vez mais representar perigo diante de fenômenos meteorológicos habituais, já que hoje a combinação de chuvas intensas e maré alta significam enchentes nas ruas da cidade, principalmente quando as chuvas mais intensas coincidem com as marés mais altas (marés de sizígia).

A Figura 22 traz um mapa com escala de cores para observação das altitudes na região metropolitana do Recife, verificando-se claramente a direção do escoamento da água.

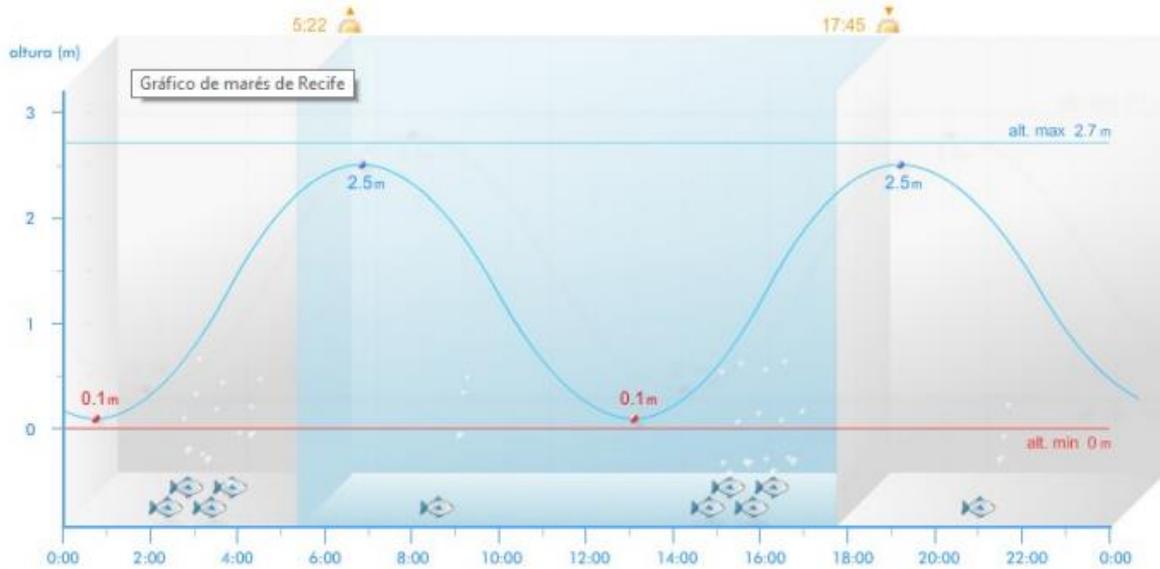
Figura 22 – Altitudes na RMR



Fonte: TESSADEM (2022)

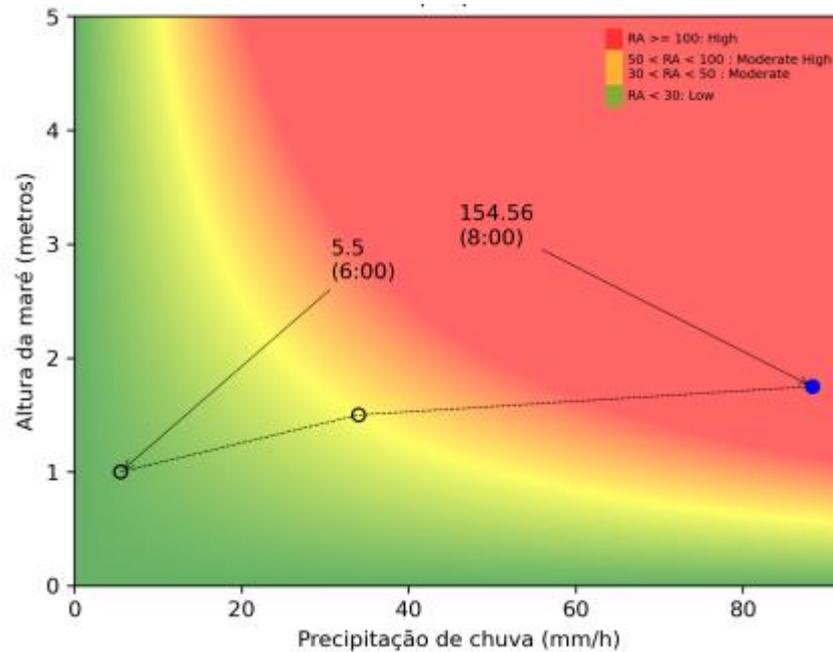
Em sequência, na Figura 23 pode-se observar o exemplo gráfico da variabilidade da altura da maré na cidade do Recife e, por consequência, em toda a região metropolitana da cidade. Para uma cidade com altitude média tão reduzida, essa variação da altura da maré verificada no gráfico representa um fator significativo no processo de escoamento das águas e controle de cheias e alagamentos. Esse fator pode ser também observado na Figura 24, onde são representados parâmetros de pluviosidade e de altura da maré e, correlacionados, é obtido estatisticamente um índice que mensura os riscos de inundação na região.

Figura 23 - Gráfico de marés de Recife em 15 de fevereiro de 2016 (DHN)



Fonte: Neto (2016)

Figura 24 – Correlação entre altura da maré, a precipitação e o risco de inundação



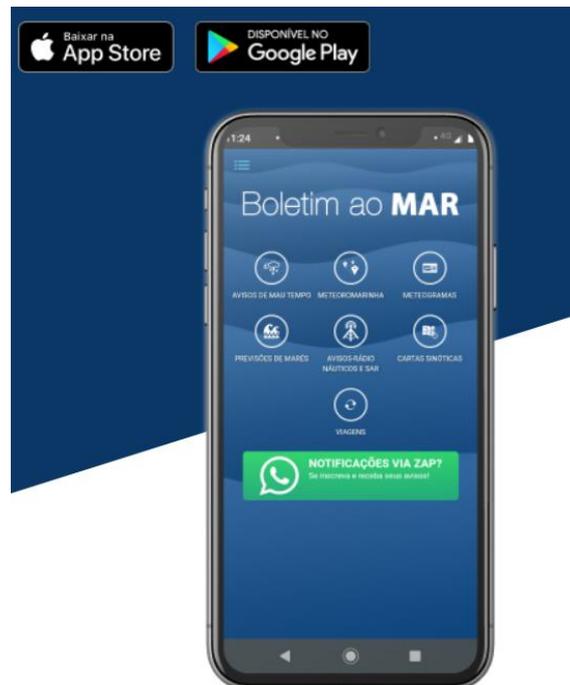
Fonte: Gomes (2022)

Essa situação se agrava principalmente nas planícies costeiras, como é o caso da região metropolitana do Recife, que teve seu processo de ocupação urbana de forma desordenada e possui um sistema de drenagem altamente vulnerável às

oscilações de maré, podendo provocar sérios problemas de alagamentos em períodos de chuvas intensas combinados com maré alta (SILVA JÚNIOR, 2015). Verificada a correlação da altura da maré no risco de alagamentos na RMR, consultar a previsão das alturas para cada horário é bem simples e as informações estão disponíveis na internet. Além desse canal, há a disponibilização do aplicativo Boletim ao mar, desenvolvido pela empresa RUMAR em parceria com a marinha brasileira e disponível gratuitamente nas lojas de aplicativos.

O aplicativo está disponível nas lojas de aplicativos mobile e possui milhares de downloads, demonstrando o interesse de determinado nicho de usuários, a Figura 25 traz uma representação desse aplicativo.

Figura 25 – Aplicativo Boletim ao mar



Fonte: RUMAR (2022)

A grande desvantagem na utilização do aplicativo é a falta de integração dos dados do mesmo de forma unificada com dados de previsão de chuva, dificultando que o usuário realize o cruzamento desses dados e verifique a existência, por exemplo, de uma previsão de chuva intensa em horário de maré alta na localidade, onde a possibilidade do cruzamento e identificação da situação pode fazer com que o usuário se antecipe aos possíveis efeitos desse fenômeno e os mitigue.

3.8 A PREVISÃO DO TEMPO GERADA PELA APAC

A Ainda em 2010 a APAC, com apoio do Governo Federal, através da ANA, instalou a sua sala de situação para monitoramento hidrometeorológico e alerta precoce de desastres naturais. Para o efetivo funcionamento da Sala de Situação, foi instituído o regime de plantão e foram estruturadas as redes de monitoramento de alerta de enchentes, com instalação de equipamentos automáticos que monitoram em tempo real os principais rios formadores de enchentes nas bacias litorâneas e a rede de monitoramento de reservatórios, com o monitoramento de 90% da capacidade de acumulação de água nas barragens do estado. A rede de monitoramento meteorológico foi ampliada e fortalecida com a aquisição de estações automáticas para monitoramento das variáveis climatológicas, bem como estações agrometeorologias que, além das variáveis climatológicas, monitoram a umidade do solo em diferentes profundidades.

A capacidade de previsão também foi ampliada com a instalação de antenas para captura de imagens de satélites meteorológicos, a cada 15 minutos, que permitem observar o comportamento da atmosfera e a evolução dos sistemas que provocam chuvas.

Para dar conhecimento à sociedade dos dados e informações intensivamente coletados, a APAC além de disponibilizar em seu site o acesso a todos os dados observados, desenvolveu produtos que apresentam os dados e informações contextualizadas conforme o público-alvo. São produtos disponibilizados pela APAC: Previsão do tempo (atualizada duas vezes ao dia), previsão climatológica (mensal), boletim diário de monitoramento das chuvas (chuvas de 24 horas), boletim diário de acompanhamento das chuvas (evolução do acumulado das chuvas em relação à média climatológica); boletim de monitoramento dos rios (situação dos rios em zonas sujeitas a enchentes), boletim de monitoramento dos reservatórios (volume acumulado nos reservatórios do estado). Além destes, a APAC também emite avisos de chuva intensa e baixa umidade do ar para que a defesa civil atue na prevenção e mitigação dos efeitos destes eventos. Com os sistemas “Previsão no seu site” e “Monitore no seu site” os usuários podem ter acesso às informações da APAC diretamente em suas páginas na internet (MEDEIROS, 2014).

Ambientes computacionais que possam tratar de forma integrada, e em diferentes escalas, os dados espaciais de uma bacia hidrográfica, são instrumentos

essenciais no estabelecimento das políticas de água em diferentes escalas (ROSIM, 2003).

A APAC tem se esforçado no caminho dessa integração dos mais diversos ambientes computacionais, interligação das informações das gerências, com a possibilidade de melhor aproveitamento dos dados gerados, um exemplo de trabalho nesse sentido é a Interface de Programação de Aplicação (API) que servirá de banco de dados para o funcionamento do aplicativo aqui desenvolvido.

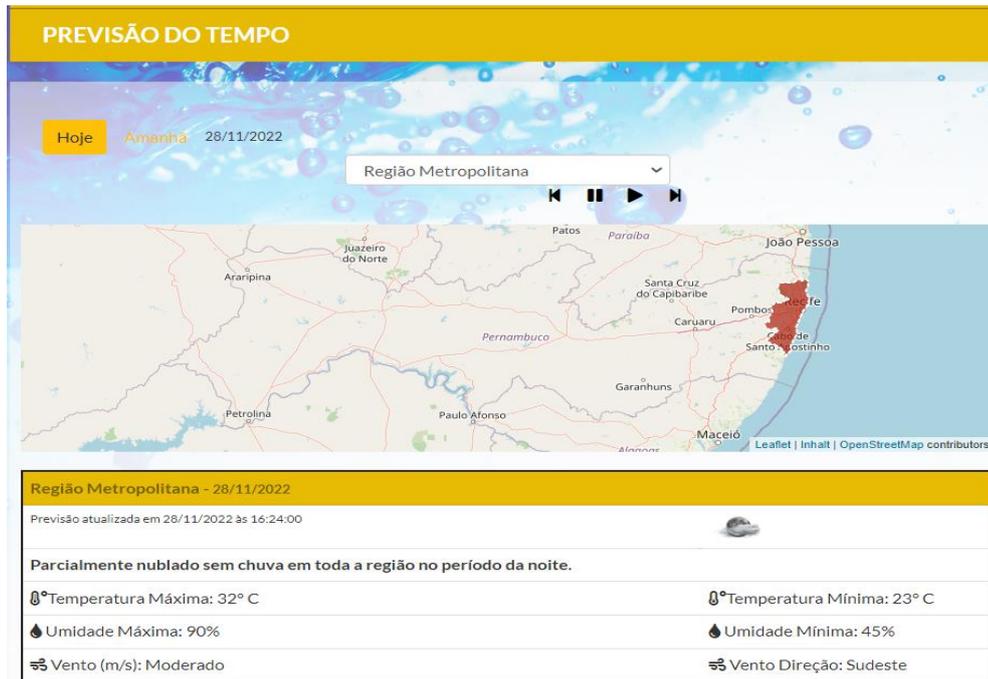
O grande gargalo nos processos relacionados à previsão do tempo gerada pela APAC consiste na divulgação e acesso a esses dados, pois estes, gerados com ferramentas de última geração, trabalhado por profissionais extremamente qualificados, partes de processos bem consolidados e equações extremamente bem regionalizadas e adaptadas ao estado de Pernambuco, ficam presos a um site, cuja navegação é desconfortável ao usuário comum através de celulares (maior meio de acesso para a população atualmente) e exige a seleção de determinados caminhos no site que deixam a desejar no aspecto da intuitividade.

Somado a isso, os dados gerados pela APAC não passam por um processo significativo de engajamento de novos usuários e, principalmente, as ações da agência no sentido de tratar da sua imagem com metodologias mais relevantes no que se refere aos meios de propagação podem ser melhoradas, levando em consideração os meios digitais mais utilizados hoje, algo extremamente delicado na sociedade atual, visto que as instituições – até mesmo públicas – precisam manter uma boa imagem para com seus clientes no intuito de justificar suas ações e, até mesmo, sua existência.

O mapa da empatia proporcionou enxergar o que a sociedade fala sobre a APAC e a Defesa Civil. Uma dessas informações que foi utilizada para solucionar o problema, foi “meio de alerta que atinge a minoria da população” e a “falta de uma plataforma que mande alerta em tempo real para a população” (RIBEIRO, 2018).

Para se obter a previsão para a região metropolitana do recife, basta a seleção da região no campo que solicita ao usuário a escolha da localidade. A Figura 26 traz a exibição da previsão do tempo gerada no dia 28/11/2022 para o mesmo dia na RMR.

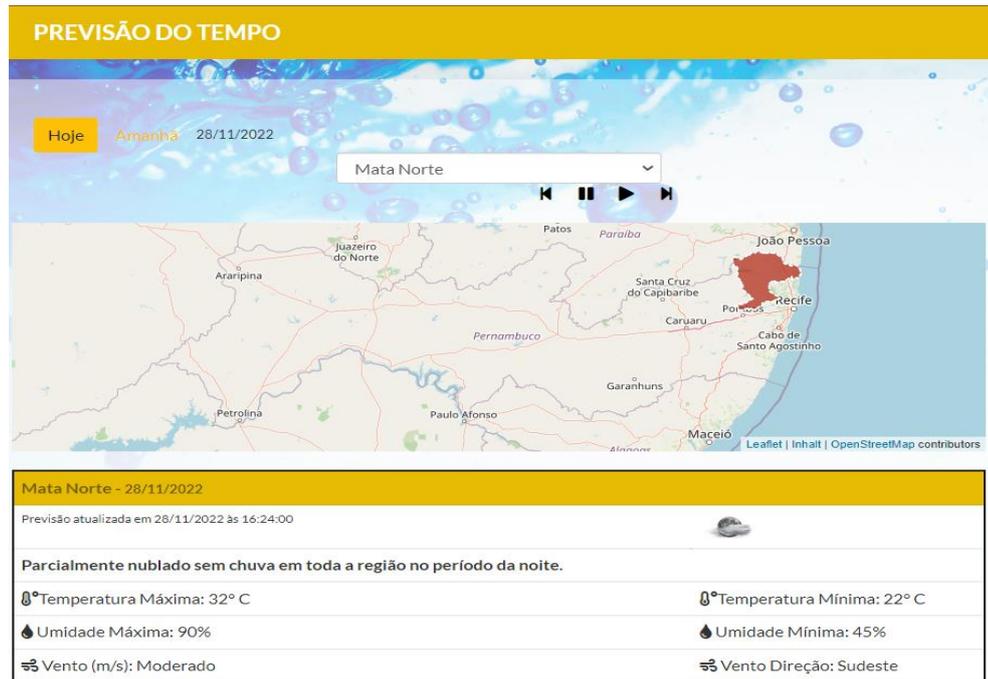
Figura 26 – Previsão do tempo na RMR



Fonte: APAC (2022)

A Figura 27 traz a previsão gerada para a Mata Norte e é possível observar através dela que há uma representação gráfica no mapa que destaca a região selecionada, mas não define de forma precisa e simples para o usuário a identificação de qual região pertence a localidade que o mesmo deseja obter os dados. Dessa forma, dificilmente o usuário que não souber a qual região a localidade a qual deseja a informação pertence conseguirá fazê-lo com ajuda do site.

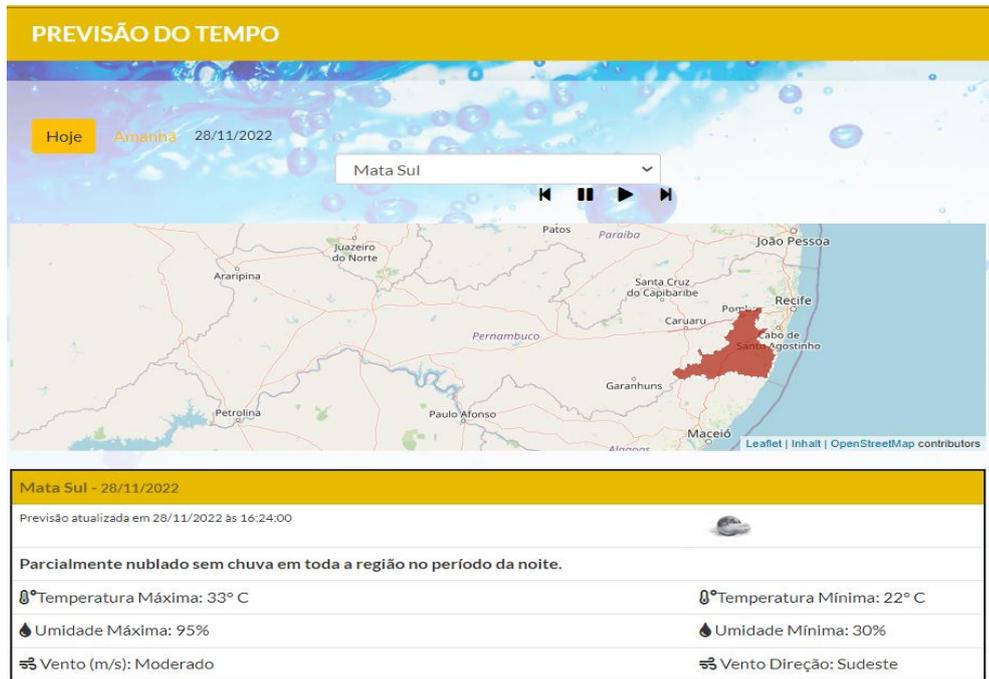
Figura 27 - Previsão do tempo na Mata Norte



Fonte: APAC (2022)

No caso da Figura 28, a representação é da região da Mata Sul e traz os mesmos campos de dados para as outras regiões. Abaixo estão também a Figura 29 trazendo a previsão gerada para a região Agreste; a Figura 30, que traz a previsão da região do Sertão Pernambucano; Figura 31, com a previsão da região do Sertão de São Francisco e Figura 32, com a previsão da região de Fernando de Noronha.

Figura 28 - Previsão do tempo na Mata Sul



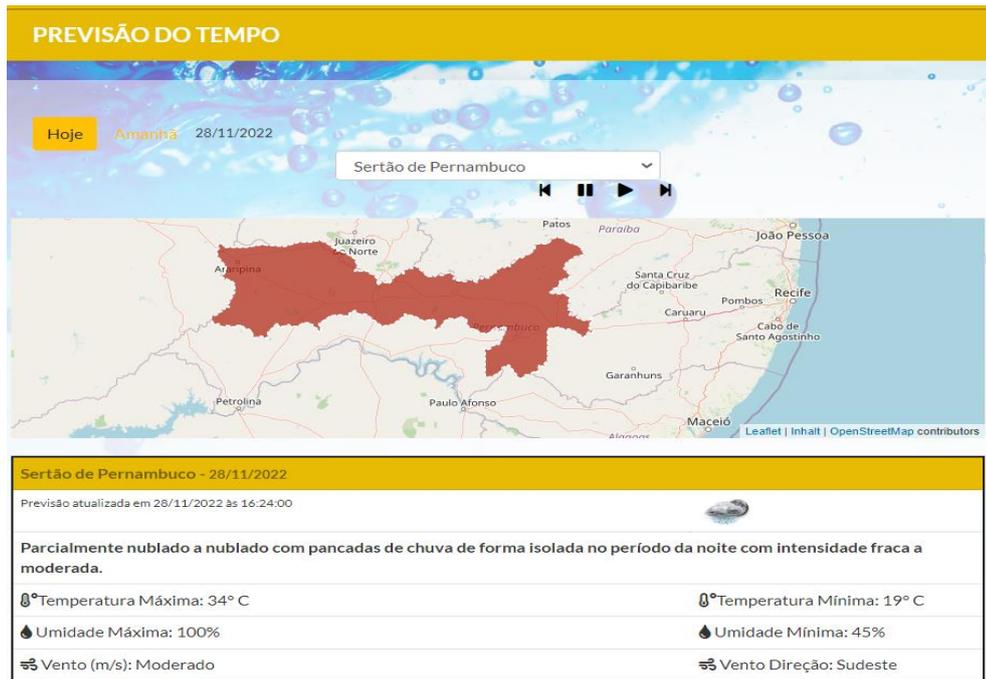
Fonte: APAC (2022)

Figura 29 - Previsão do tempo no Agreste



Fonte: APAC (2022)

Figura 30 - Previsão do tempo no Sertão de Pernambuco



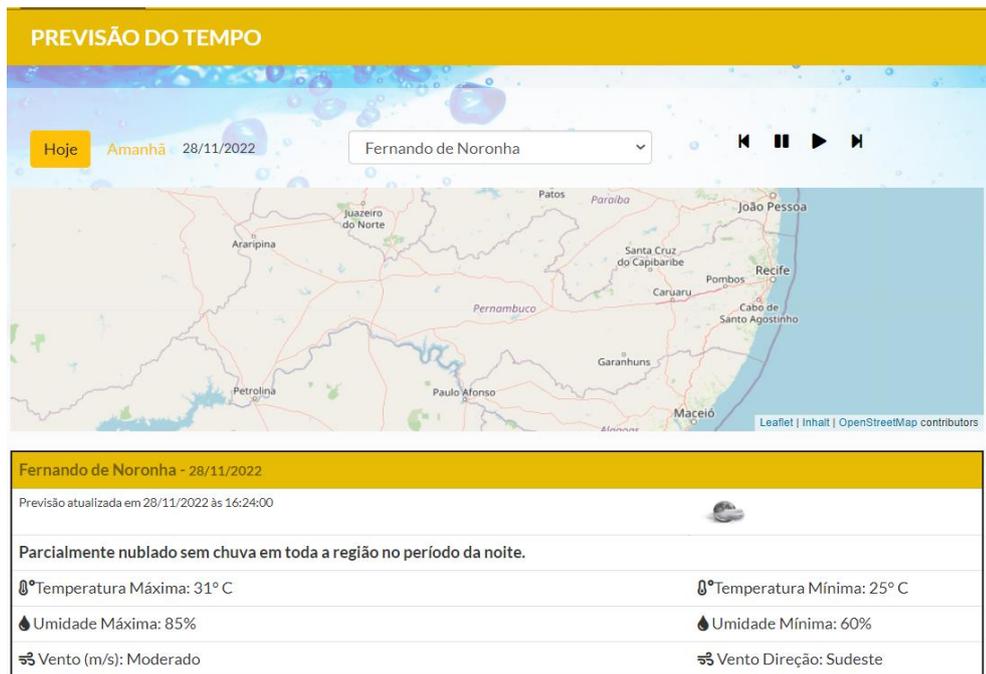
Fonte: APAC (2022)

Figura 31 - Previsão do tempo no Sertão de São Francisco



Fonte: APAC (2022)

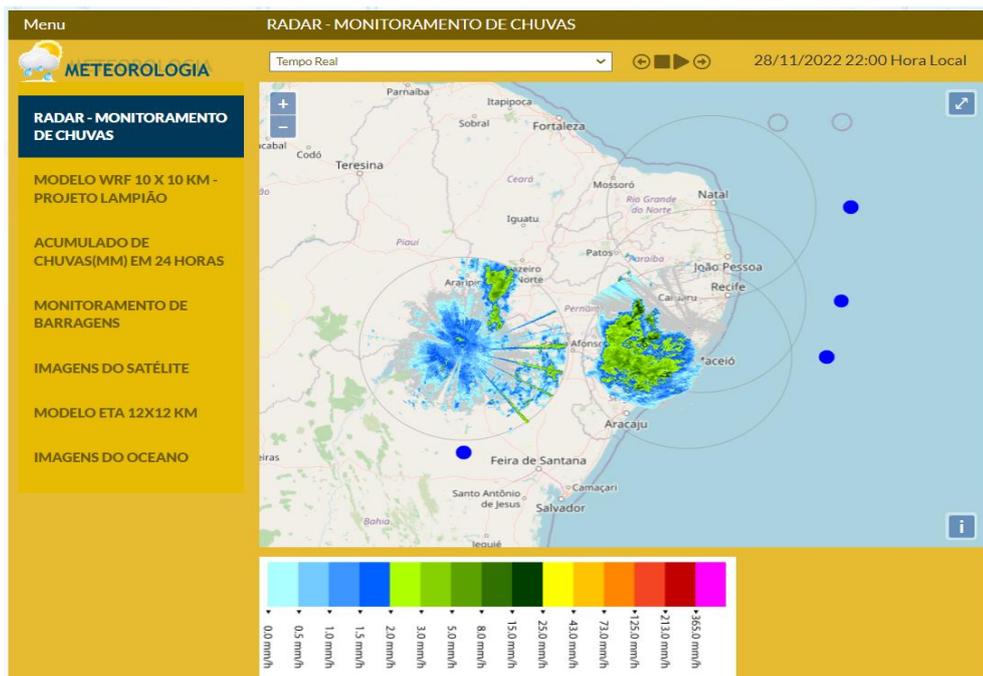
Figura 32 - Previsão do tempo em Fernando de Noronha



Fonte: APAC (2022)

A ferramenta de grande valor e que traz mais confiabilidade às previsões geradas pela APAC, o radar meteorológico traz no site na instituição o acesso ao monitoramento em tempo real da possibilidade de chuva, podendo ser observado na Figura 33.

Figura 33 – Radar meteorológico



Fonte: APAC (2022)

Dos estudos realizados para verificação da questão da imagem das empresas que trabalham com dados meteorológicos, a Figura 34 traz um gráfico com uma pesquisa de medição de valor através de entrevistas com a população, que visava mensurar a qualidade dessa imagem das empresas.

Figura 34 - Avaliação dos aplicativos de empresas de outros estados



Fonte: Ribeiro (2018)

Assim como as ferramentas anteriormente citadas, a Figura 35 exibe uma ferramenta que vem sendo implementada e traz valores de tendência de precipitação em um intervalo de tempo maior do que a previsão normal gerada pela APAC.

Figura 35 – Tendência de Precipitação

TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO - APAC

Tendência da Precipitação - APAC : Estimativas médias do modelo

REGIÕES	seg., 28/11	ter., 29/11	qua., 30/11	qui., 01/12	sex., 02/12	CATEGORIAS	Valores médios (2)
Mata Norte	Fraca	Fraca a moderada	Fraca	Sem chuva	Sem chuva	Sem chuva	<2 mm
Metropolitana	Fraca	Fraca a moderada	Fraca	Sem chuva	Sem chuva	Fraca	2 a 10
Mata Sul	Fraca	Fraca a moderada	Fraca	Sem chuva	Sem chuva	Fraca a moderada	10 a 30
Agreste	Fraca a moderada	Fraca a moderada	Fraca a moderada	Fraca	Fraca	Moderada	30 a 50
Sertão de Pernambuco	Moderada	Moderada	Fraca a moderada	Fraca a moderada	Fraca a moderada	Moderada a forte	50 a 100
Sertão São Francisco	Moderada	Moderada	Fraca a moderada	Fraca a moderada	Fraca a moderada	Forte	>100 mm

Observação 1: Atualizada diariamente de acordo com alterações nas rodadas do modelo.
 Observação 2: Tendência baseada na probabilidade de modelos, importante acompanhar a previsão da APAC.

[Acessar Radar](#) [Acessar Chuvas tempo real](#) [Acessar produtos da Meteorologia](#)




Fonte: APAC (2022)

3.9 A APAC E O SISTEMA DE ALERTAS ATUAL

A APAC é a Agência pernambucana de águas e clima e foi criada em 2010 com o objetivo de fortalecer o processo de tomada de decisões e diagnóstico dos mais diversos aspectos da gestão de recursos hídricos no estado de Pernambuco, trabalhando de forma alinhada com a Política Estadual de Recursos Hídricos e dentro do Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SIGRH), tendo como missão executar a Política Estadual de Recursos Hídricos, além de Planejar e disciplinar o uso da água no Estado (APAC, 2021).

O sistema de alertas na região foi bastante aprimorado em relação ao existente na época da cheia de 2010, onde verificou-se, de acordo com Silva, no âmbito do gerenciamento dos eventos de enchentes, ocorridos durante as cheias de 2010 e 2011 na região da Mata Sul do estado de Pernambuco, pôde-se observar a carência grande de informações em termos de dados em tempo real, para lidar com os eventos extremos ocorridos (SILVA, 2015).

O sistema à época necessitaria fornecer dados de forma mais rápida e a possibilidade de realização de previsões que pudessem munir a gestão de informações para uma tomada de decisão mais célere. Dessa forma, o cenário atual contempla a operação de uma sala de crises e um ambiente de monitoramento em tempo integral da situação e da previsão dos eventos meteorológicos, com Sistema de Suporte a Decisão (SSDs) estatístico para a rápida tomada de decisões.

Dentre os mais diversos sistemas de alerta, como o Sistema de alerta da Bacia do rio doce, Sistema de Alerta de Cheias da bacia do rio Itajai, sistema de alerta de cheias do Rio de Janeiro - criado pelo instituto estadual do meio ambiente (INEA) e Sistema de Alerta de Inundações de São Paulo (SAISP) - criado pela Fundação centro tecnológico de hidráulica (FCTH), o sistema de alerta da bacia do Una, contemplado pela APAC no monitoramento estadual em Pernambuco, tem grandes virtudes e apresenta ótimos resultados na previsão dos eventos meteorológicos geradores de eventos extremos e monitoramento dos níveis ao longo de toda a bacia.

Dessa forma, a gestão tem uma vasta gama de informações que possibilitam agir com assertividade na tomada de decisões, mas a grande carência do sistema segue sendo o tempo entre esse processo de tomada de decisões e geração de informação e a chegada da informação à população afetada pelo evento.

Sistemas maiores, como o European Flood Alert System (EFAS) e o Advanced Hydrologic Prediction System (AHPS) tem uma rede de coleta de dados mais capilarizada e modelos matemáticos mais avançados, mas, para bacias como a do rio Una, tanto os equipamentos, como a equipe técnica e os modelos utilizados, vem trazendo informações e resultados satisfatórios no que tange o processo de previsão dos eventos, ficando como aspecto a ser melhorado, conforme citado acima, o processo de comunicação com a população.

Um sistema de monitoramento eficiente deve ser configurável para se adaptar a um conjunto razoável de situações de alerta. Esses alertas devem ser escalonáveis por tipos de usuários e criticidade da informação. Além disso, eles devem ser dados pelos meios cabíveis, quer sejam: e-mail, Short Message System (SMS), ou redes sociais (SILVA, 2015).

A Sala de Situação da APAC funciona hoje com a previsão de operação para períodos secos, chuvosos e funcionamento extraordinário, com diretrizes e procedimentos adequados a cada uma dessas situações, onde O Plano de Operação da Sala de Situação foi definido e é executado pela APAC sob a coordenação da Diretoria de Regulação e Monitoramento, com o apoio das gerências de Meteorologia e Mudanças Climáticas (GMMC) e das Gerências de Monitoramento e Fiscalização (GRMF), através da Sala de Situação, com a participação de outras gerências da APAC, Secretarias envolvidas e outras instituições do estado (APAC, 2014).

A sala é Interrelacionada às secretarias de estado, à Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), à Coordenadoria de Defesa Civil do Estado de Pernambuco (CODECIPE), ao Departamento de Estradas de Rodagem (DER), sendo operado pelas Gerências de Meteorologia e Mudanças Climáticas (GMMC, da APAC) e pelas Gerências de Monitoramento e Fiscalização (GRMF, da APAC).

O objetivo principal da Sala de Situação será dispor de um ambiente onde seja possível, em tempo real, acompanhar as tendências hidrometeorológicas em todo o estado de Pernambuco, e, a partir disso, tomar as decisões necessárias em tempo hábil. Coordenada com a sala de situação, há o setor de comunicação da APAC, que vem integrando e disponibilizando informações e alertas à população através do perfil do Instagram da instituição.

A Sala de Situação é ao mesmo tempo um espaço físico e virtual, pois permite que colaboradores contribuam remotamente, de forma que se possa planejar e promover ações destinadas a prevenir e minimizar os efeitos de enchentes e secas no estado de Pernambuco.

Através da Sala de Situação são emitidos os avisos hidrometeorológicos para as instituições parceiras. As principais atribuições são:

- Monitorar, de forma contínua, as condições hidrometeorológicas do Estado de Pernambuco, incluindo nível de rios e de reservatórios;
- Efetuar articulação permanente com os organismos de defesa civil da União, do Estado e dos Municípios; com os centros de meteorologia da União e dos Estados; com o Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais – CEMADEN, do Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT; com as Salas de Situação da Agência Nacional das Águas e dos Estados; e outras instituições correlatas;
- Elaborar e emitir avisos meteorológicos e hidrológicos para ações de proteção e de defesa civil no Estado;
- Elaborar e emitir boletins informativos das condições meteorológicas e dos corpos d'água no Estado;

A sala de situação funciona diariamente com um corpo técnico de dois Analistas de Recursos Hídricos e Climáticos durante o horário comercial, sendo dois meteorologistas e um Hidrólogo. Nos horários não comerciais (17:30 às 08:00 do dia seguinte) e finais de semana e feriados a Sala de Situação funciona com a presença de 1 meteorologista plantonista, assim a sala de situação funciona 24 horas por dia durante todo o ano com a presença de pelo menos 1 (um) meteorologista (APAC, 2014). A sala conta com uma coordenação própria permanente, a presença de plantonistas 24 horas, sendo reforçada durante o período chuvoso com a parte hidrológica permanente e com outros membros da GMMC para atendimentos. E assim ficam ao menos 3 servidores no monitoramento.

A sala é operacional 24 horas por dia todos os dias do ano em regime de plantão para que o monitoramento meteorológico se dê de forma contínua durante o período chuvoso, que é o período mais crítico, e para que exista todo um apoio da estrutura para o funcionamento durante o período de seca, pois ocorrem alguns eventos atípicos nesse período. Em alguns momentos, por exemplo, no início de 2022, fora do período chuvoso, houve a ocorrência de chuvas atípicas e intensas, de

forma que a sala em formato permanente foi fundamental na mitigação dos efeitos do evento. O objetivo principal da sala de situação é disponibilizar um ambiente que permita um acompanhamento em tempo real de todas as condições de eventos extremos de nível natural.

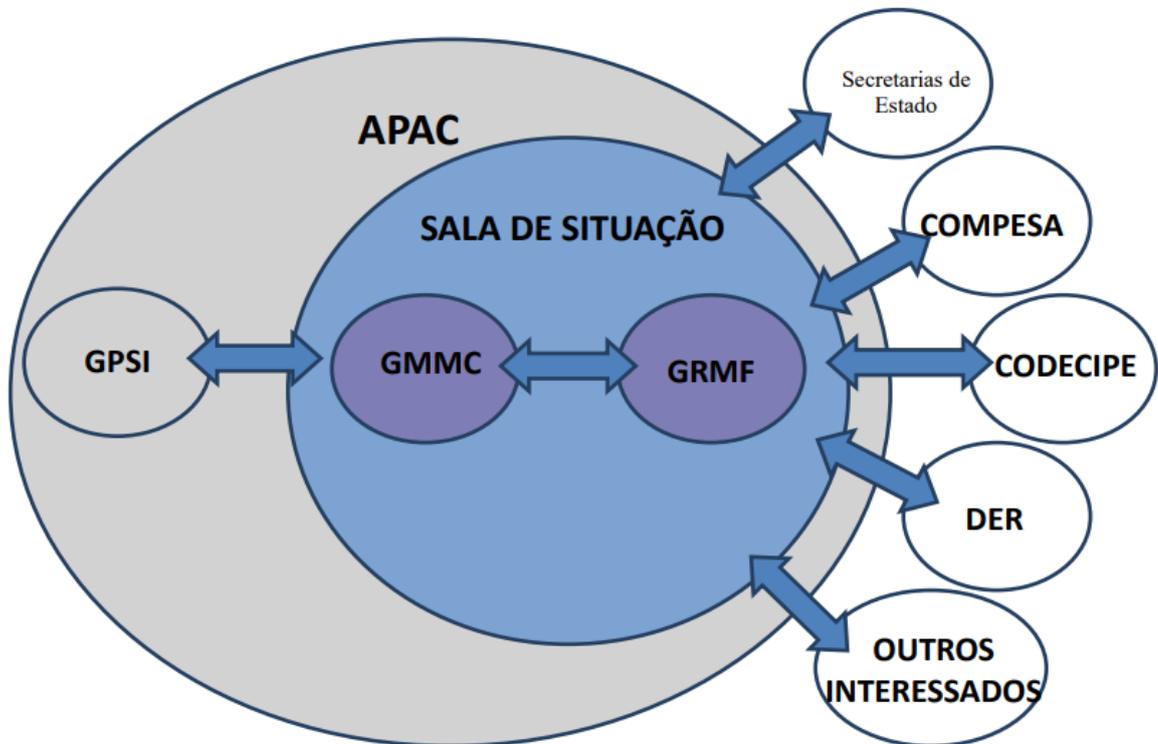
Com isso, fornecer informações para que sejam tomadas decisões em tempo hábil, não apenas do que do ponto de vista metodológico ou hidrológico ou até mesmo de outros eventos climáticos diferentes, mas a sala de situação existe para fornecer e apoiar na colaboração de qualquer tipo de evento que seja interligado entre a atmosfera ou a hidrosfera, ou seja, quaisquer eventos que basicamente estejam envolvidos no ciclo hidrológico.

Outra atividade importante da sala de situação é a emissão de avisos meteorológicos e hidrológicos e previsão do tempo para instituições parceiras da APAC e para a sociedade, além da colaboração com uma série de produtos, atividades, informações seja do ponto de vista de enchentes ou até mesmo no processo de estudos prévios de todo o estado de Pernambuco, para que se faça um planejamento e plano de ações contra os desastres naturais.

Além de promover a operacionalização de modelos e sistemas computacionais relacionados aos processos e de formatação dos desastres naturais, elaboração de alertas, a sala de situação é um espaço físico e virtual para que todos os colaboradores internos e externos possam contribuir até de forma remota para promover essa série de ações, prevenindo e mitigando esses efeitos sobre o estado de Pernambuco, atuando com uma série de instituições parceiras, de manuais, de colaboração, todas a serem feitas e desenvolvidas ao longo do ano todo, sendo a principal atividade funcionar 24 horas de forma contínua, atualizando todas as secretarias e órgãos do governo das condições meteorológicas, hidrológicas e a constituição de um canal de comunicação permanente em todas as esferas, civil estadual e municipal.

Na Figura 36, observa-se o fluxograma da operação e das relações entre os mais diversos entes presentes na sala de situação da APAC.

Figura 36 – Fluxograma de inter-relações da Sala de Situação



Fonte: APAC (2022)

Com relação aos avisos meteorológicos, que vem sendo modernizados e aprimorados continuamente, seguem uma matriz de decisão que é determinada pela organização meteorológica Mundial (OMM) e segue cinco critérios de riscos, relacionados a impactos sobre a sociedade com cinco critérios de probabilidade de ocorrência do evento. Na matriz de critérios de impactos e riscos, valores mais esverdeados inferem basicamente que você não há uma previsão de chuva que possa alterar o dia a dia da sociedade, são chuvas normais.

Por conseguinte, vem os impactos moderados que já podem causar alguns alagamentos, atrapalhar a mobilidade e, por fim, as duas condições mais severas, que aqui são os impactos mais significativos, já podendo promover deslizamentos de massa, alagamentos generalizados e ocorrência de eventos extremos. São situações de alto risco para a população e que podem gerar desastres e até problemas de infraestrutura dos equipamentos urbanos.

Basicamente há uma matriz de cores onde quanto mais significativa e severo for, mais tende para a coloração vermelha. A questão dessa probabilidade é definida através do conjunto de modelos meteorológicos, dos quais fazem parte alguns modelos globais, como o americano, o europeu e o canadense, de forma que se obtêm uma tendência mais longa do sistema teológico. Além disso, a APAC desenvolveu dois modelos regionais próprios, que são parametrizados e configurados para as condições de Pernambuco. Então, tendo a APAC esses dois modelos próprios e realizando um procedimento de comparação de valores e índices entre eles, variações muito significativas dos cálculos são bem raras, logo, erros na previsão do sistema são menos prováveis, visto que a atmosfera é muito caótica na região dos trópicos, sempre podendo ocorrer variação na curva prevista, embora o índice de acerto tenha melhorado bastante nos últimos anos, passando dos 90%.

Durante o período seco, são emitidos boletins diários com os níveis dos reservatórios, previsão do tempo para o dia atual e para o dia seguinte e tendência de precipitação para os próximos 7 dias, dentre outras informações. Nos períodos chuvosos são somadas a essas informações as informações das réguas linimétricas. Os avisos são emitidos de forma mais direcionada à CODECIPE e tem valores de previsão de chuva maiores que 30mm/dia destacados como “observação”, valores maiores que 50mm/dia destacados como “atenção” e maiores que 100 mm, “alerta”.

Para os riscos de inundação e alertas de níveis dos rios, há uma operacionalização pré-definida.

Na Tabela 2, há o detalhamento dos mais diversos níveis de alerta em função das mais diversas condições dos níveis rios em confronto com a pluviosidade prevista para eventos com previsão de 72 horas.

Tabela 2 – Ações para cada espécie de evento com previsão de 72 horas

Previsão 72 h	Condição dos rios	Nível de Alerta	Ações CODECIPE
Chuva Forte	BAIXO DESCENDO	1	Remeter aviso às coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, remetendo relatório de situação a cada 24 horas.
	BAIXO ESTÁVEL	1	Remeter aviso às coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, remetendo relatório de situação a cada 24 horas.
	BAIXO SUBINDO	1	Remeter aviso às coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, remetendo relatório de situação a cada 24 horas.
	COTA DE ALERTA DESCENDO	2	Remeter aviso às coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, remetendo relatório de situação a cada 24 horas.
	COTA DE ALERTA ESTÁVEL	2	Remeter alerta as coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, remetendo relatório de situação a cada 24 horas.
	COTA DE ALERTA SUBINDO	3	Remeter alerta as coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, remetendo relatório de situação a cada 12 horas.
	COTA DE INUNDAÇÃO DESCENDO	4	Remeter alerta as coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, remetendo relatório de situação a cada 12 horas.
	COTA DE INUNDAÇÃO ESTÁVEL	4	Remeter alerta as coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, remetendo relatório de situação a cada 12 horas.
	COTA DE INUNDAÇÃO SUBINDO	4	Remeter alerta as coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, remetendo relatório de situação a cada 12 horas.

Fonte: APAC (2022)

Assim como a Tabela 2, a Tabela 3, em sequência, detalha os mais diversos procedimentos e define níveis de alerta para eventos com previsão de 48 horas.

Tabela 3 – Ações para cada espécie de evento com previsão de 48 horas

Previsão para 48 h	Condição dos rios	Nível de Alerta	Ações CODECIPE
Chuva Forte	BAIXO DESCENDO	1	Remeter aviso às coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 24 horas;
	BAIXO ESTÁVEL	1	Remeter aviso às coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 24 horas.
	BAIXO SUBINDO	1	Remeter aviso às coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 24 horas.
	COTA DE ALERTA DESCENDO	2	Remeter aviso às coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 12 horas.
	COTA DE ALERTA ESTÁVEL	2	Remeter aviso às coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 12 horas.
	COTA DE ALERTA SUBINDO	3	Remeter alerta as coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 12 horas.
	COTA DE INUNDAÇÃO DESCENDO	4	Remeter alerta as coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 06 horas.
	COTA DE INUNDAÇÃO ESTÁVEL	4	Remeter alerta as coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 06 horas.
	COTA DE INUNDAÇÃO SUBINDO	4	Remeter alerta as coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 06 horas.

Fonte: APAC (2022)

A Tabela 4 detalha os níveis de alerta para eventos com previsão de 24 horas.

Tabela 4 – Ações para cada espécie de evento com previsão de 24 horas

Previsão para 24 h	Condição dos rios	Nível de Alerta	Ações CODECIPE
Chuva Forte	BAIXO DESCENDO	1	Remeter aviso às coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 12 horas; Encaminhar aviso aos órgãos de apoio com objetivo de garantia dos meios de atendimento da população
	BAIXO ESTÁVEL	1	Remeter aviso às coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 12 horas.
	BAIXO SUBINDO	2	Remeter aviso às coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 12 horas.
	COTA DE ALERTA DESCENDO	3	Remeter aviso às coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 06 horas.
	COTA DE ALERTA ESTÁVEL	3	Remeter aviso às coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 06 horas.
	COTA DE ALERTA SUBINDO	4	Remeter alerta as coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 06 horas; Realizar o acompanhamento das áreas de vulnerabilidade de alagamento realizando o trabalho de conscientização e orientação da população; Articulação junto aos órgãos de apoio para levantamento de mapa de força para ações de resposta em eventos extremos; Realizar articulação com os órgãos de resposta para prontidão e preparação de materiais; Realizar contato junto a Secretaria estadual de Saúde para apoio nas ações de atendimento; Realizar contato junto a Secretaria Estadual de Educação para apoio nas ações de abrigo dos desalojados e desabrigados.
	COTA DE INUNDAÇÃO DESCENDO	5	Remeter alarme as coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 02 horas ; Realizar o acompanhamento das áreas inundáveis para garantia de estruturação para desalojados ; Realizar junto as COMDEC levantamento de desabrigados e desalojados ;
COTA DE	5	Remeter alarme as coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com	

Previsão para 24 h	Condição dos rios	Nível de Alerta	Ações CODECIPE
	INUNDAÇÃO ESTÁVEL		relatório de situação a cada 02 horas; Realizar junto as COMDEC levantamento de desabrigados e desalojados;
	COTA DE INUNDAÇÃO SUBINDO	6	Remeter alerta as coordenadorias municipais solicitando o monitoramento das chuvas e nível das bacias, com relatório de situação a cada 01 hora; Operacionalizar o emprego dos meios disponíveis de acordo com as prioridades apresentadas pelos municípios; Solicitar a COMDEC levantamento e cadastro dos desalojados e desabrigados para remessa de materiais de pronto consumo.

Fonte: APAC (2022)

Além do exposto acima, para a bacia do Una, dentro das medidas a serem tomadas em conjunto com os demais órgãos, a operacionalização é definida conforme Tabela 5:

Tabela 5 – Operacionalização em conjunto para a bacia do Una

Causas	Ações	Contato	Bacia
Prata próximo ao vertimento	Avisar, com a maior antecedência possível, a CODECIPE	CODECIPE/GETOP (81) 3181 2484	UNA

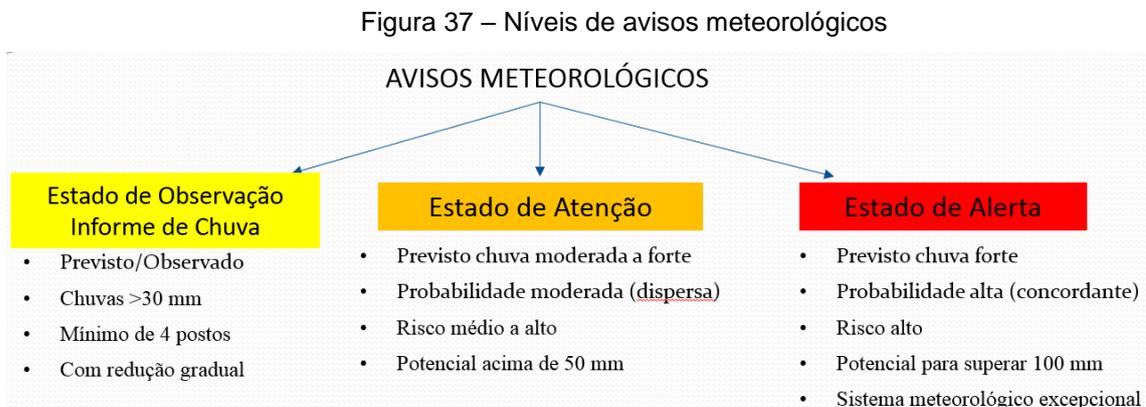
Fonte: APAC (2022)

Por sua vez, o mapeamento de áreas de riscos hidrológicos envolve a coleta e análise de variados tipos de informações espaciais, as quais nem sempre estão disponíveis. E assim, devido à indisponibilidade de dados cartográficos ou de recursos técnicos e financeiros necessários para a sua elaboração, muitos municípios brasileiros, sobretudo aqueles de pequeno porte, não têm realizado os seus mapeamentos de áreas de riscos (OLIVEIRA, 2018).

Essas informações se relacionam com os avisos meteorológicos, os quais são subdivididos em níveis:

- Estado de Observação – Chuva prevista ou observada com intensidade moderada, com menor probabilidade de causar impactos;
- Estado de Atenção – Previsão de condição significativa dos fenômenos meteorológicos com risco moderado a alto e com potencial severo;
- Estado de Alerta - Previsão de condição extrema dos fenômenos meteorológicos com risco muito alto e intensidade excepcional.

Esses níveis de aviso são esquematizados na Figura 37.



Fonte: APAC (2022)

Os criterios citados para os tipos de aviso meteorológico podem ser observados na Tabela 6, que correlciona a intensidade da chuva (subdividida em três níveis), com a possibilidde de ocorrência da mesma para diferir o Alerta meteorológico, do Estado de Atenção do Estado de Observação. O alerta soma uma alta possibilidade do evento com uma pluviosidade alta (próximo ou acima de 100mm). O Estado de atenção atribui valores médios a ambos (pluviosidade maior que 50mm) e o Estado de observação, valores mais baixos (com pluviosidade maior que 30mm em um intervalo de tempo de 3 horas).

Tabela 6 – Matriz resumida de critérios para Aviso Meteorológico

Tipo de Aviso	Possibilidade de Ocorrência	Intensidade da chuva
Alerta Meteorológico	Alta	Forte (Próximo ou acima de 100 mm)
Estado de Atenção	Moderada	Moderada a Forte (maior que 50 mm)
Estado de Observação-Informe de Chuvas	Observada	Chuva > 30 mm (em 3 horas) (mínimo 4 postos)

Fonte: APAC (2022)

A APAC também desenvolveu uma correlação entre as probabilidades e os impactos dos eventos críticos, representada na Tabela 7, onde a probabilidade é subdividida em cinco níveis que variam de muito improvável a muito provável. Os impactos são subdivididos em cinco níveis também, mas variam de negligíveis a severos. O cruzamento das duas colunas traz o nível do caráter de urgência e imperatividade no tratamento do fenômeno.

Tabela 7 – Relação de impactos e probabilidades de eventos críticos

		Impactos →				
		Negligível	Baixo	Moderado	Significante	Severo
↑ Probabilidades	Muito Provável	Moderado Baixo	Moderado	Moderado Alto	Alto	Alto
	Provável	Baixo	Moderado Baixo	Moderado	Moderado Alto	Alto
	Possível	Baixo	Moderado Baixo	Moderado	Moderado Alto	Moderado Alto
	Improvável	Baixo	Moderado Baixo	Moderado Baixo	Moderado	Moderado Alto
	Muito improvável	Baixo	Baixo	Moderado Baixo	Moderado	Moderado

Fonte: APAC (2022)

3.10 O USO DOS SMARTPHONES COMO CANAL DE PUBLICITAÇÃO

Em estudo realizado em 2019, foi verificado que, em termos populacionais, 2,4 milhões de pessoas, ou 29% da população, não usaram a rede de internet de smartphones. Em 2016, 43% dos lares não tinham acesso à internet, contra 36,3% em 2017 e 28,6% em 2018. Onde há domicílios com acesso à internet, o principal meio adotado é o smartphone, sendo utilizado por 99,4% dos lares pernambucanos em 2019 (IBGE).

Analisado o cenário disposto acima, verifica-se que o canal mais disseminado de acesso à informação para a sociedade brasileira atualmente é o smartphone. No caso do estado de Pernambuco, a situação é ainda mais consolidada, de forma que a busca de um canal para disseminação de informações para o público geral no estado de Pernambuco dificilmente não passará pela escolha do smartphone como meio. Um aplicativo pode ser considerado o meio mais acessível para a sociedade se manter informada (MELO, 2020).

O sentimento de pertencimento à cidadania eletrônica não se restringe ao acesso aos dispositivos tecnológicos em si, mas também ao domínio das habilidades para utilizar as tecnologias correlatas. Tecnologias complexas ou que não apresentem utilidade aos usuários, tendem a serem rejeitadas (LIMA, 2017).

Soluções que utilizem o meio do smartphone e tenham como alvo o usuário geral, não técnico, deverão abusar de soluções que tornem o produto o mais intuitivo e simplificado possível. Além da facilidade de uso e da utilidade percebida, outras variáveis podem interferir no processo de adoção tecnológica: influências sociais e o risco percebido (SOUZA, 2019).

As tecnologias focadas ao usuário simples e de fácil acesso, não precisam de suporte e períodos de capacitação de equipe multiprofissionais evitando prejuízo para os sistemas, pois declara o uso de todas as tecnologias para todas as pessoas (SILVA, 2019).

O celular pode ser adquirido e mantido a custos acessíveis por uma parcela expressiva da população, dada, principalmente, pelas duas formas de apresentação no Brasil: planos pré-pagos e pós-pago; sendo que a primeira, devido à sua característica, permite cada vez mais, que um grupo maior de pessoas faça uso desse bem (RODRIGUES, 2017).

4 METODOLOGIA

Não há um manual descrevendo como deve-se incorporar o processo de trabalho com ciência cidadã nas pesquisas, sendo necessário o estudo dos exemplos atuais (MARTIN, 2006) e o aprofundamento no conceito para que se consiga particularizar a ferramenta para cada caso particular. Figurando enquanto direito humano fundamental, a água gera o direito à informação e o dever de participar na gestão (OLIVEIRA, 2019), sendo esperado que a mera existência de ferramenta que o permita seja essencial nesse processo de tomada de decisão.

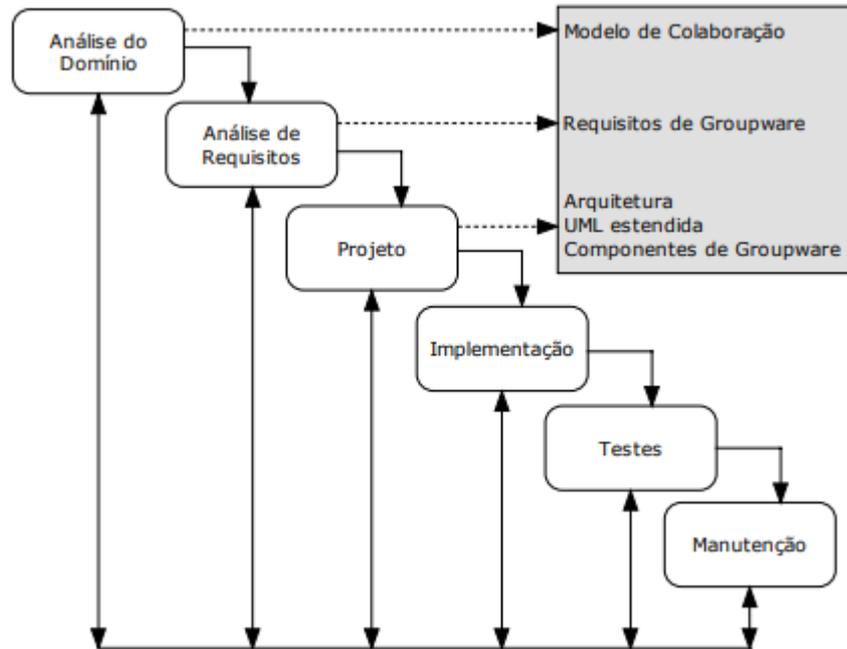
Este cenário caracterizado pelas redes sociais constitui-se em um conjunto de indivíduos e organizações em conexão que reconfiguram a estrutura social, criando um vasto campo de oportunidades para as chamadas tecnologias da informação e comunicação (TIC), principalmente nas questões ligadas à participação/decisão nos processos políticos, seja direta ou indiretamente por uma quantidade cada vez maior de atores sociais (ABREU, 2015).

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho consistiu em dois grupos de etapas com suas subdivisões, executados de forma cronológica padrão, com poucos processos simultâneos e obedecendo a um modelo que pudesse absorver de forma equilibrada às peculiaridades da forma de desenvolvimento de aplicações, da pesquisa científica e da criação de ferramentas atrativas ao público.

Deve-se pensar no design, avaliando o público e as suas necessidades, a infraestrutura necessária para manter o aplicativo, e a tecnologia a ser utilizada, definir a plataforma, a linguagem de programação, frameworks e ferramentas. É importante ainda realizar uma métrica para avaliar a qualidade de seu aplicativo, analisar sua usabilidade, para então realizar a publicação do mesmo, disponibilizando-o em uma ou mais lojas virtuais (COUTINHO, 2019).

A Figura 38 traz a esquematização do processo de desenvolvimento de aplicações tradicionais.

Figura 38 – Ciclo de desenvolvimento tradicional de software

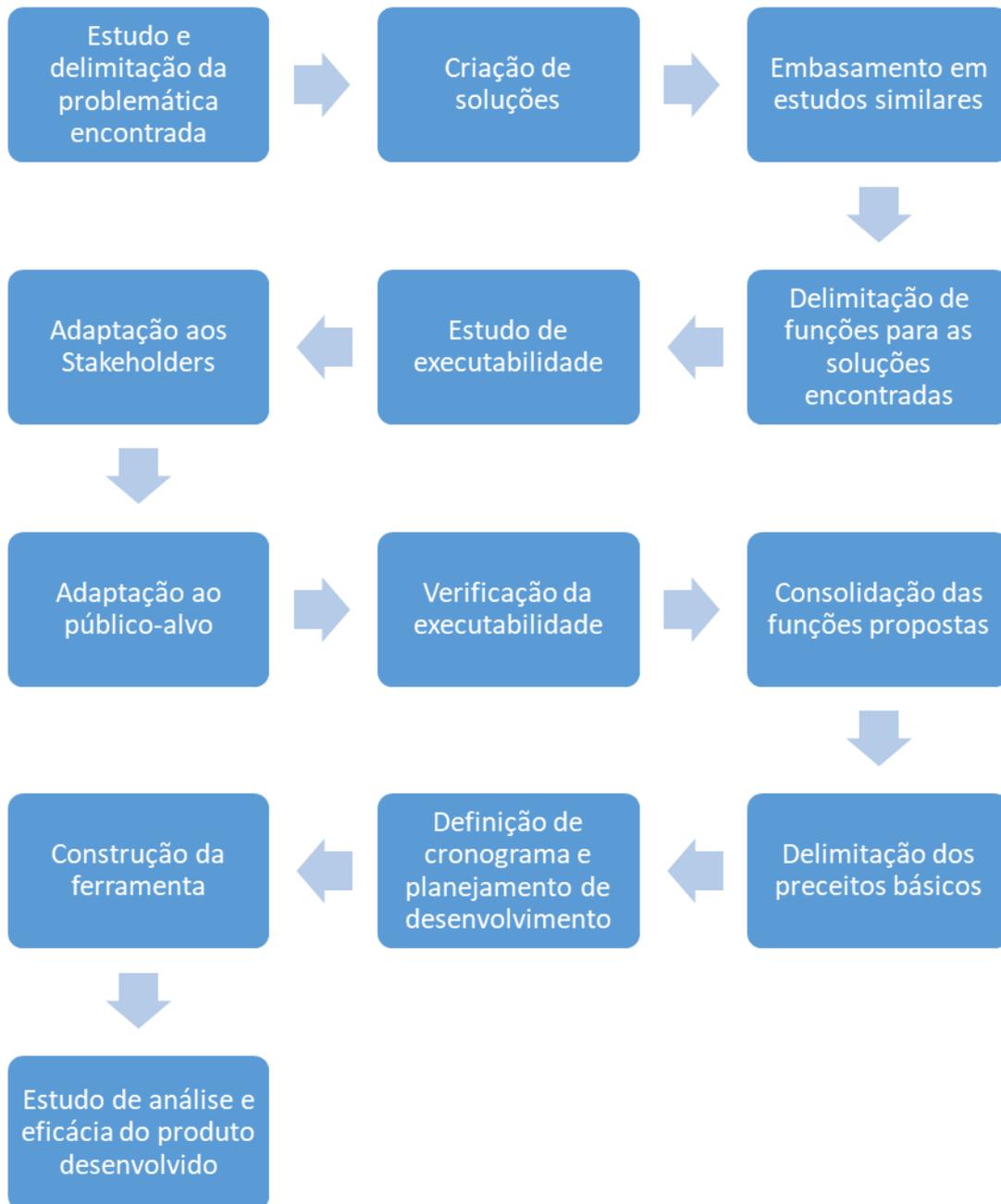


Fonte: Fucks (2002)

A etapa de desenvolvimento do projeto consistirá na prospecção das necessidades, dos problemas a serem resolvidos, com a verificação da capacidade e possibilidade de fazê-lo com os recursos e tempo disponível, além da compatibilidade dessas soluções entre si. A etapa de desenvolvimento da aplicação funcionará concorrentemente à etapa inicial, como uma expansão de um dos processos dessa. Vale salientar que todas as etapas se retroalimentam e a ordem entre elas tem uma sequência lógica, mas não linear e rígida.

O fluxograma presente na Figura 39 representa as etapas de desenvolvimento do projeto e as interações entre estas tem o entendimento facilitado através de caixas e setas sequenciais, mas também representariam bem o processo caso expusessem a ideia de um ciclo, onde as etapas se retroalimentam.

Figura 39 – Fluxograma de etapas de desenvolvimento do projeto



Fonte: O Autor (2022)

O estudo e a delimitação da problemática encontrada configura-se como a etapa inicial da pesquisa, onde será realizada a análise dos seguintes fatores:

- Estudo dos efeitos dos eventos extremos para a população de bacias historicamente afetadas;
- Escolha de uma bacia para estudo de caso dos efeitos dos eventos extremos;

- Identificação dos entes participantes do processo de mitigação desses efeitos na população;
- Estudo do processo de mitigação dos efeitos dos eventos extremos na população por parte desses entes;
- Observação das características hidromorfológicas e efeitos negativos referentes aos alagamentos na Região Metropolitana do Recife;

Em sequência à delimitação da problemática, a etapa seguinte consiste na busca de soluções para os problemas identificados, em um processo de retroalimentação da etapa anterior, visto que essas soluções serão buscadas levando em consideração as perspectivas das entidades identificadas como parte do cenário, ou seja, Stakeholders.

As soluções encontradas deverão levar em consideração a executabilidade, a aplicabilidade e o interesse de manutenção a ferramenta por parte dos Stakeholders. Além disso, deverá ser executado o cruzamento das soluções entre si, para que não interfiram negativamente na implementação umas das outras.

Técnicas e abordagens existentes no desenvolvimento de aplicativos para aparelhos celulares já foram discutidas, sendo destacadas abordagens de desenvolvimento multiplataforma. Esses aspectos trazem a compreensão que as etapas para produzir um aplicativo passa inicialmente pela ideia com os seguintes questionamentos: Para que você está desenvolvendo esse aplicativo seja web, desktop ou android? Para qual público? Qual a utilidade? Quais as suas motivações? (COUTINHO, 2019)

Para o embasamento do estudo, é extremamente importante a validação das soluções encontradas, da problemática e do formato do estudo em si, através da busca e análise de estudos similares, sejam referentes ao acontecimento dos eventos extremos, ao combate dos efeitos dos mesmos ou melhoria da qualidade das ferramentas disponíveis.

Em seguida, serão delimitadas as funções cruzadas para cada solução encontrada para cada problemática, no intuito de se criar um conjunto de funções que, em sintonia, consiga responder a cada necessidade funcional encontrada, sanando a respectiva problemática a qual deverá ser implementada.

Parte posterior a delimitação das funções, será verificada a executabilidade dessas funções propostas, seja individualmente ou funcionando em conjunto.

Criar um aplicativo para dispositivos móveis requerer diversos desafios e complicações como: lidar com recursos físicos limitados tais como CPU, memória, tela, dispositivos de entrada, bateria, entre outros; além disso, ambientes e contextos diversos com excesso de barulho, muita claridade, situações em que se usa apenas uma mão dependendo do momento, pessoa ou lugar são mais algumas das complicações que precisam ser gerenciadas quando se constroem aplicativos voltados para dispositivos móveis (COUTINHO, 2019).

Para que essas funções venham a efetivamente ter prospecção no cenário estudado, é fundamental a execução da etapa posterior, de levantamento de todas as entidades interessadas na problemática (principalmente quando em situações de ferramentas para a população em geral, relativo ao poder público).

Sendo assim, deve-se entender o cenário e as Organizações que fazem parte do mesmo e, posteriormente, criar uma linha de diálogo com as mesmas para colaboração e adaptação das ferramenta desenvolvida tanto às suas necessidades quanto às suas capacidades operacionais, de formas a permitir que a pesquisa tenha repercussão posterior na sociedade através desses Stakeholders. A Figura 40 traz a representação dos possíveis grupos de influência na pesquisa.

Figura 40 – Stakeholders



Fonte: Silva (2019)

Apesar de fazerem parte das Stakeholders, conforme verificado, a sociedade civil e a parcela referente ao público-alvo do trabalho deve ter suas demandas e particularidades analisadas de forma separada, em etapa própria, visto o caráter da pesquisa através da disseminação de ferramenta, o interesse do público é a chave para a sustentabilidade e posterior eficácia do projeto. Sendo assim, será realizada uma validação, através de pesquisa com o público definido acerca da prospecção da ferramenta proposta, do interesse na mesma e da repercussão das funções propostas e delimitadas até então.

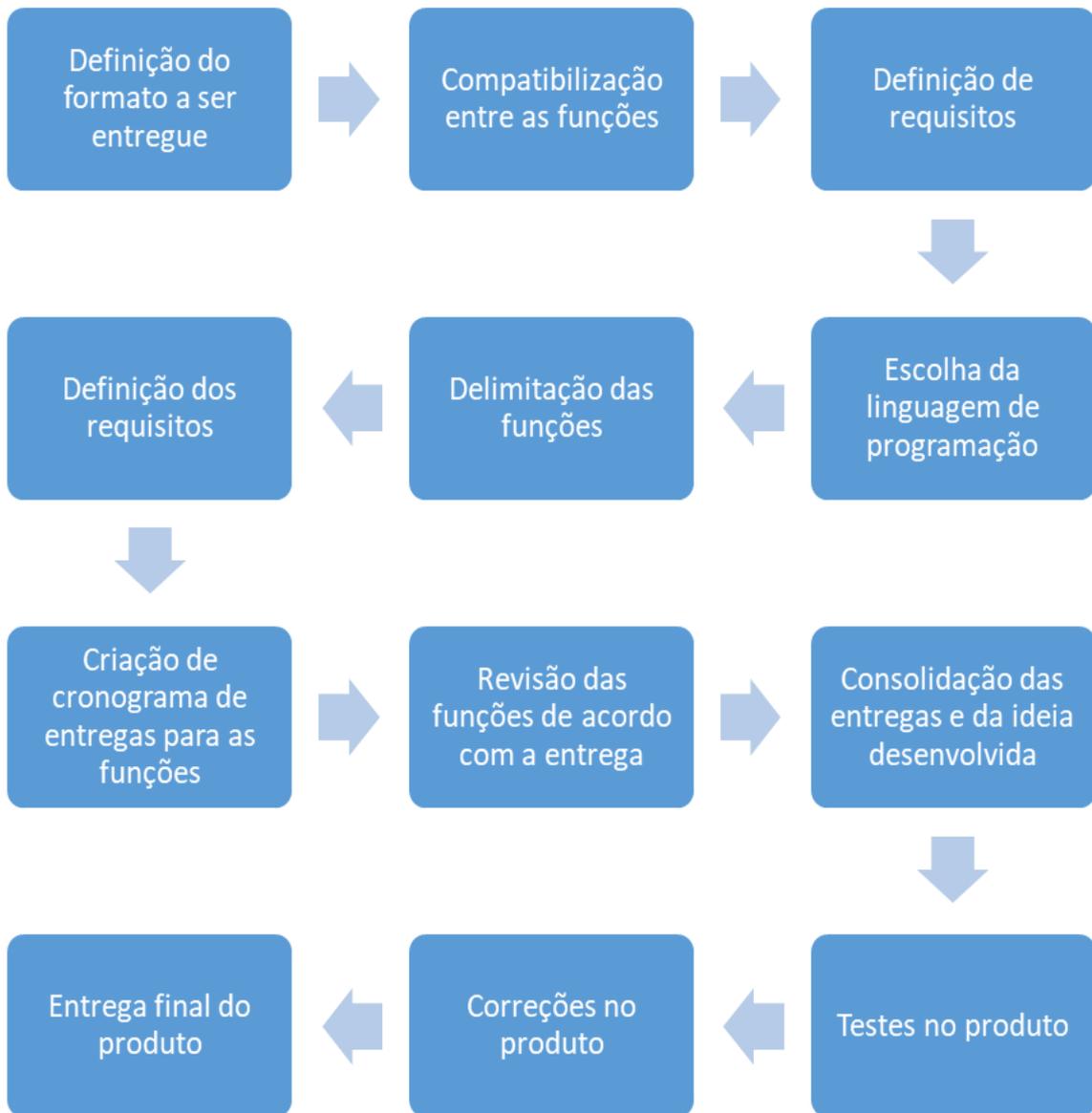
Realizadas as análises com Stakeholders e o público-alvo, serão reavaliadas as funções delimitadas e modificadas, caso necessário e, assim realizado, passando por nova validação, em um processo cíclico, que se encerra no momento em que não forem necessários mais incrementos ou subtrações das funções propostas, passando para a próxima etapa, uma nova verificação da executabilidade do projeto, de mesmo caráter da etapa similar realizada alguns momentos antes.

Assim que verificadas frente aos mais diversos atores e interessados e consolidada sua executabilidade, as funções propostas serão consolidadas e o projeto estará apto ao início de sua construção, onde será importante escolher o mais conveniente para os problemas levantados. Tomando como base o conhecimento dos desenvolvedores envolvidos no projeto, os pacotes e ferramentas disponíveis no mercado, e os materiais acessíveis sobre a linguagem (COUTINHO, 2019).

Já dentro do processo de construção da ferramenta, mas cujo estudo deve preceder tal etapa, será construído fluxograma temporal, ou cronograma que preveja as entregas subdivididas por cada uma das funcionalidades, levando em consideração as mais diversas ferramentas externas, mas necessárias à construção.

Dentre as 13 etapas de desenvolvimento da pesquisa descritas no fluxograma da Figura 39, o processo de construção da ferramenta se subdivide em várias outras etapas, contando com Fluxograma próprio para suas subdivisões. A próxima etapa será a de efetiva construção da ferramenta, de acordo com o fluxograma presente na Figura 41.

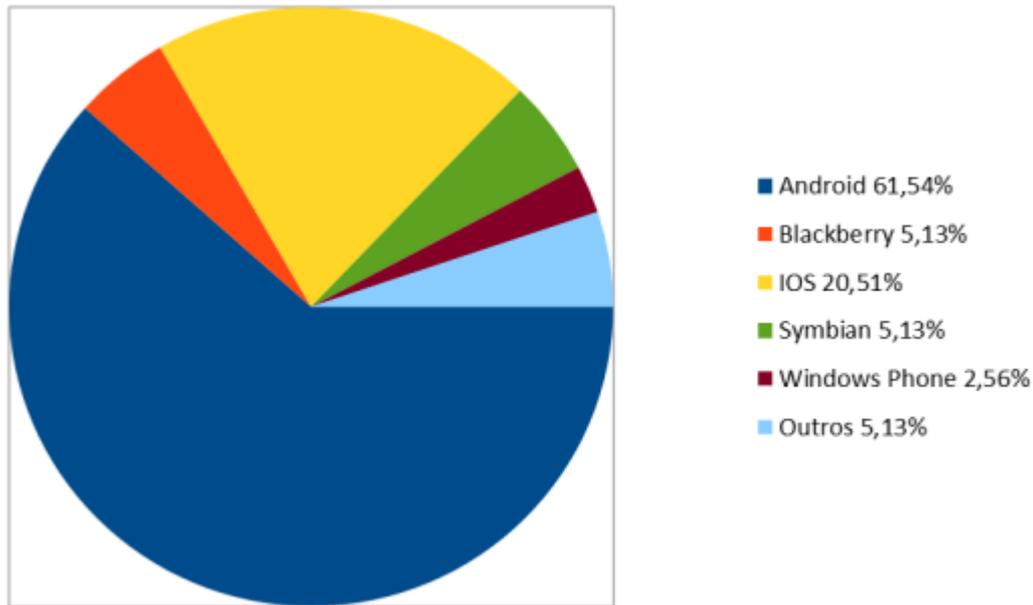
Figura 41 – Fluxograma de etapas de desenvolvimento da ferramenta



Fonte: O Autor (2022)

O processo de construção do aplicativo terá como etapa inicial a delimitação do formato a ser entregue, com a análise das tecnologias disponíveis para o público-alvo e, assim, escolha do formato no qual o aplicativo será disponibilizado, podendo ser entregue em múltiplos formatos. Além dessa análise, também será executada a verificação da compatibilidade entre as funcionalidades pretendidas e os formatos. A Figura 42 traz as principais plataformas de aplicativos móveis disponíveis no mercado.

Figura 42 – Principais plataformas de aplicativos móveis



Fonte: Silva (2016)

Com a definição da plataforma do aplicativo, será necessária a avaliação integrada das funções pretendidas e estudo de executabilidade para o formato escolhido, onde serão analisadas as funcionalidades frente às demais, consolidando o aplicativo como um todo em sua operacionalização.

Um aplicativo não funciona por si só, sem integração com outras plataformas, sendo essa a etapa após a verificação da compatibilidade entre as funções. Nessa etapa serão verificadas todas as possíveis integrações do aplicativo com as mais diversas ferramentas, e assim, serão definidos os chamados requisitos do mesmo. Requisitos são, de forma geral, podem ser definidos como uma avaliação de quais são as funcionalidades necessárias pelo aplicativo para que ele cumpra as metas estabelecidas no projeto. Isto porque o sistema deve obedecer às suas necessidades. Assim, requisitos definem a estrutura e o comportamento que o sistema deverá ter, sendo um dos principais a análise da existência de Interfaces de Programação de Aplicação (Application Programming Interface, ou apenas APIs) dentro das funções a serem construídas.

Através das APIs disponíveis para cada linguagem utilizada em cada plataforma, um aplicativo nativo pode acessar funcionalidades oferecidas por recursos nativos do sistema operacional, tais como GPS, banco de dados, SMS, e-mail, gerenciador de arquivos, entre outros. Aplicativos nativos são desenvolvidos de

acordo com um conjunto de especificações fornecidas através das APIs, que podem ser utilizadas pelos desenvolvedores, garantindo o nível de consistência (SILVA, 2014).

Com esses requisitos definidos, a etapa seguinte será a de definição da plataforma sob a qual será programada a aplicação, conforme exemplifica a Figura 43.

Figura 43 – Principais linguagens de construção de aplicativos

PLATAFORMA	CONHECIMENTOS NECESSÁRIOS
Apple iOS	C, Objective C
Google Android	Java (Harmony flavored, Dalvik VM)
RIM BlackBerry	Java (J2ME flavored)
Symbian	C, C++, Python, HTML/CSS/JS
Windows Mobile	.NET
Windows 7 Phone	.NET
HP Palm webOS	HTML/CSS/JS
MeeGo	C, C++, HTML/CSS/JS
Samsung bada	C++

Fonte: Coutinho (2019)

A definição da linguagem de programação, permitirá a próxima etapa, de delimitação das funções e dos requisitos dentro do aplicativo, ou seja, o estudo de como cada funcionalidade pretendida se comportará dentro do aplicativo, a forma como o usuário transitará entre elas e a integração entre as possíveis telas, cujas funcionalidades também serão definidas aqui.

Com a delimitação de todas essas propriedades da ferramenta e do modo como será construída, será disposto um cronograma de entregas de acordo com cada funcionalidade, prevendo as etapas mais comuns no desenvolvimento de aplicativos mobile, como as entregas por função, as revisões, a integração com as APIs possíveis, testes, correções e outras etapas a serem estudadas e incluídas no cronograma.

A etapa posterior consolidará cada função de acordo com a sua respectiva entrega, com a avaliação de sua funcionalidade e enquadramento nos preceitos básicos propostos para o aplicativo, visto que para a consolidação da entrega final do produto e da ideia desenvolvida aos desenvolvedores de aplicativo é necessário

ter em mente o protótipo do seu projeto, ou seja, o esqueleto de todas as funções que vai exercer no momento em que estiver disponível, para o usuário e instalar no seu celular (COUTINHO, 2019).

Com as respectivas entregas de cada funcionalidade e a respectiva consolidação de todas as entregas em uma entrega final, a próxima etapa consistirá na realização dos testes de conjunto. Esses testes são realizados apenas nas fases finais, pois são caracterizados pelo controle da execução da aplicação como um todo, necessitando da existência das funções já criadas, ou seja, que tudo esteja pronto para ser testado em conjunto.

Vale lembrar que os testes de cada funcionalidade de forma individual são executados na etapa de consolidação das mesmas quando entregues, de forma que o produto nunca deve ser visto como funções separadas, mas em conjunto, valendo essa divisão apenas para possíveis testes funcionais, conforme descrito.

Com os testes, serão realizadas as correções dos possíveis erros, que nunca extinguem o conjunto dos erros que o aplicativo apresentaria, visto que durante o uso do público é que se manifestam uma parte significativa, porém busca-se mitigar isso e direcionar a apresentação desses erros com os usuários a erros mais simples e não desgastantes para a experiência do usuário com o aplicativo.

Colocar em prática o design, dependendo da complexidade do aplicativo, o desenvolver pode escolher códigos prontos, procurando fornecedores que possuam menos custo de investimento e deixando assim mais barato para o processo de criação. E por fim, ao chegar à fase de lançamento, buscar uma empresa de marketing para aumentar a divulgação, trazendo novos usuários e clientes, para usar o aplicativo na fase inicial como teste, e conseqüentemente, vê-lo se aprimorando a cada dia são premissas do desenvolvimento de aplicativos (COUTINHO, 2019).

Visto isso, será executada a etapa de entrega e disponibilização do aplicativo, a etapa final de construção da ferramenta, de forma que o esquema criado para essa construção terá sua última etapa realizada e será possível retornar para o esquema do processo de desenvolvimento da ideia, a qual trará a etapa de estudo e análise do produto entregue, ou seja, eficácia.

O resultado esperado no processo de fundamentação e desenvolvimento proposto é o de um produto em forma de aplicação com diversas funcionalidades e que atinja os requisitos definidos. A forma ideal de verificar sua eficácia é a

publicação em loja virtual e disponibilização ao público, com o monitoramento de alguns fatores, como:

- Alcance: Medido através do número de downloads na loja em função do tempo de disponibilidade;
- Funcionalidade: Monitoramento de erros e disfunções durante o uso;
- Feedback: Utilização das ferramentas de avaliação e comentários de usuários nativas das lojas de aplicativos móveis;
- Desempenho: Estudo comparativo entre os cenários dos eventos estudados antes e após uso da aplicação, de forma a avaliar seus impactos;
- Operacionalidade: Levantamento do custo operacional da manutenção do aplicativo com os impactos positivos verificados.

Antes de sua publicação, é essencial que uma aplicação passe pela maior quantidade de testes possível, de forma a mitigar os erros durante o uso, pois isso prejudica a experiência do usuário e torna o aplicativo desagradável ao uso comum, fazendo com que a ferramenta tenha insucesso na sua disseminação (SANTANA, 2020).

Conforme exposto, o processo de desenvolvimento do aplicativo ainda não permitiu sua publicação, ainda devendo passar por etapas como:

- Compatibilização com a API fornecida pela APAC;
- Testes e correção de erros;
- Revisão gráfica;
- Publicação.

Sendo assim, a análise mais efetiva relativa à eficácia do aplicativo será obtida apenas após as etapas descritas, mas isso não impede a discussão acerca da ferramenta, em outra metodologia, mais teórica, porém habitualmente utilizada nessa fase do desenvolvimento de aplicativos.

A medição da efetividade de um aplicativo, antes da publicação em loja, pode ser medida através da comparação das funcionalidades propostas com as funcionalidades entregues, desde que essas tenham passado por prévia análise de aplicabilidade e impactos ao usuário pretendido (TRINDADE, 2021).

A análise das funções propostas em comparação às funções entregues deve ser parte essencial no desenvolvimento de aplicativos e deverá ser executada na

fase disposta entre o desenvolvimento de sua programação principal e o início do processo de testes e correção de erros (FEIJÓ, 2019).

A análise através das telas possíveis as quais os usuários podem visualizar na navegação por um aplicativo é a forma mais funcional de comparar os requisitos que uma aplicação propõe com as funções que efetivamente ele disponibiliza (DINIZ, 2020).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme exposto, o processo de desenvolvimento inicia-se com o estudo dos eventos extremos para a população de bacias historicamente afetadas. Durante a pesquisa foi verificada a existência de diversas bacias no estado de Pernambuco afetadas por cheias e eventos extremos, da qual optou-se pela escolha da bacia do rio Una como exemplo das problemas e soluções possíveis.

No estudo da bacia do rio Una, verificou-se a maioria da população afetada como rural, ribeirinha e de baixa renda, assim como, no histórico da localidade, o acontecimento de vários eventos extremos, alguns de dimensões alarmantes, com enormes prejuízos materiais e humanos. Foi verificado também que os alertas de cheias na região chegam aos cidadãos através de meios como rádio e televisão, com determinado hiato entre a emissão por parte dos órgãos responsáveis (Defesa Civil, prefeitura, APAC) e também que a grande maioria dos moradores possuem smartphone com acesso à internet.

Além da população exemplificada através da bacia do Una, também foi verificada a existência de eventos extremos na Região Metropolitana do Recife, que sofre com alagamentos em grande parte do território, com grande histórico desses eventos nos últimos anos. Os eventos são caracterizados pela influência da urbanização da região, mas, antes de tudo, características da localidade, como topografia, alta pluviosidade, altitude média próxima ao nível do mar, ocupações e região de mangue, dentre outros.

A urbanização, com o tipo de ocupação do solo e alta taxa de impermeabilização acentuam essa predisposição para esses eventos. Somado a isso tudo, há grande efeito da altura da maré, que, quando alta, dificulta todo o processo de escoamento da água pluvial e provoca alagamentos na região. Sendo assim, é bem comum que a população da cidade, em períodos de chuva, busque constantemente informações acerca da altura da maré.

Acerca da população da RMR, foi caracterizada como heterogênea em termos de ocupação (casas ou apartamentos), nível escolar e de classe, tendo em comum que são afetados por esses eventos, além de altíssima taxa de uso de smartphones e acesso à internet.

O processo de mitigação desses eventos para a população da RMR também é de cuidado da Defesa civil, da APAC e das prefeituras, principalmente. Esse

processo se dá através da emissão de alertas e previsões, disponibilizadas em meios como rádio, TV e redes sociais.

Visualizada a problemática, foi possível diagnosticar que o canal mais efetivo para a emissão de forma agilizada de alertas são os smartphones e a internet, onde a existência de um aplicativo que permitisse que esses alertas fossem dados diretamente nos celulares dos cidadãos traria agilidade e otimizaria o processo, ajudando a mitigar os efeitos dos eventos extremos tanto nas regiões ribeirinhas, quanto na RMR.

Além disso, foi verificado que esse meio também deveria disponibilizar os dados de altura e evolução da altura dos rios para que o usuário pudesse consultar e antever, mesmo que de forma grosseira, possíveis riscos e se prevenir. Além disso, a disponibilização dos dados de previsão do tempo gerados pela APAC permitiria que estes saíssem do ambiente do site da entidade, onde é pouco acessado pela grande maioria da população, e ganhasse maior visibilidade.

Além disso, a disponibilização dos dados de altura de maré permitiria à população da RMR, analogamente à disponibilização da altura do nível dos rios teria como efeito na população ribeirinha, se antever e prevenir a possíveis eventos extremos na localidade ao comparar a tendência da altura da maré a esses dados de previsão do tempo da APAC também disponibilizados nesse meio.

Na busca de soluções que pudessem levar à definição de qual meio seria mais interessante para se realizar essa comunicação, vários estudos similares foram consultados, a grande maioria dentro da esfera da rede de atendimento médico, que tem dificuldade em capilarizar informações, e foi verificado que o uso da ciência cidadã através de aplicativos intuitivos para smartphones com conexão à internet saciaria as soluções encontradas.

Sendo assim, foram definidas funções base para a aplicação, de forma a nortear o desenvolvimento:

- Possibilidade de emissão de alertas diretamente no celular do usuário;
- Disponibilização de dados de nível de rios;
- Dados de altura de maré;
- Disponibilização de dados de previsão do tempo gerados pela APAC;

A verificação da executabilidade do projeto deu-se com a consulta a desenvolvedores e estudo do processo de construção de ferramentas do tipo, onde entendeu-se que os pontos chave de análise seriam:

- Tempo: Requisito de cerca de seis meses de desenvolvimento para posterior lançamento na biblioteca pública de aplicativos, prazo este disponível no momento do estudo;
- Recursos: Necessário estudo da linguagem para construção da aplicação, além de computador e taxa de publicação nas lojas de aplicativos. Requisitos superados com a orientação de professor especialista na construção de ferramentas do tipo;
- Interesse dos Stakeholders: Necessidade de administração do aplicativo após o lançamento por alguma das entidades responsáveis pelo gerenciamento de recursos hídricos na região, além de necessária verificação de interesse por parte do público-alvo no produto.

No que tangencia a verificação do alinhamento da proposta com os interesses das entidades que gerenciam os recursos hídricos em Pernambuco, foram realizadas entrevistas com o corpo técnico e gerencial, além de visitas à APAC, para diagnóstico da situação e entendimento das possibilidades de atuação, onde a gerência de fiscalização apresentou necessidades de melhorias na disponibilização de ferramentas para realização de denúncias e a gerência de meteorologia apresentou necessidades de melhorias no processo de divulgação dos produtos.

Os processos iniciais de trabalho que abrangeram os dois outros grupos de processos de desenvolvimento, consistiram no estudo da bacia do rio Una e verificação dos impactos positivos da existência do aplicativo, entre os quais destacam-se como outros processos de desenvolvimento do trabalho.

Tratando-se de projeto inclusivo e de necessidade de dados e contribuição da APAC, o período final de desenvolvimento concentrou-se na compatibilização da API desenvolvida pela APAC com a ferramenta. Inicialmente, foram estudados o cenário e as condições dentro da agência sobre essas características de publicação de dados meteorológicos e alertas, onde foram realizadas diversas entrevistas com profissionais da agência, dentre os quais, técnicos, gerentes e os respectivos responsáveis pelos setores que tangenciam a proposta. Feito isso, a proposta foi moldada às condições e necessidades verificadas. Dentre as mais diversas problemáticas verificadas junto ao corpo técnico da APAC, verificou-se, dentre outros:

- Verificou-se que a solução para as necessidades na funcionalidade de denúncias por parte da população envolveria um volume significativo de

informações a serem tratadas pela APAC, cujo corpo técnico não seria suficiente, impossibilitando o trabalho nessa lacuna.

- Foram estudados os produtos gerados pela APAC e analisada a compatibilidade com uma ferramenta como a pretendida. Já de partida, produtos como a previsão do tempo e a emissão de avisos meteorológicos foram identificados como extremamente interessantes à população, carência da APAC e acessíveis ao estudo, de forma que se deu sequência a essa linha de estudo.
- Observadas as necessidades internas da APAC, iniciou-se a observação do cenário e das ferramentas que poderiam tornar o produto ainda mais atrativo e essencial ao cliente. Nessa análise, chegou-se à conclusão que dar ao usuário algumas informações básicas que pudessem municiar o mesmo de ferramentas para uma tomada de decisão mais ágil, mesmo que de baixo impacto, seria extremamente válido.
- Nesse contexto, observados os dois casos que inspiraram esse trabalho, entendeu-se, conforme fundamentado no referencial, que dados de nível de maré e dados de nível dos rios trariam um grande acréscimo à ferramenta e seriam de grande atratividade ao usuário, de forma que buscou-se consolidar a proposta através de estudos mais aprofundados em determinados aspectos.

Boa parte da proposta aqui desenvolvida passou por um processo de consulta, de interação e troca continua com o corpo técnico da APAC, de forma que o desenvolvimento do aplicativo teve como um de seus objetivos tornar-se útil à própria agência no intuito de ser melhorado e utilizado pela mesma.

Além de consultar a APAC e buscar evoluir as ideias do projeto em consonância com as necessidades da agência, buscou-se também sondar de forma bem simples o possível interesse da população no uso da ferramenta, como uma espécie de validação prévia das ideias acerca do que se tomou como atrativo ao usuário na formulação das funções da aplicação.

Para isso, foi realizada uma rápida pesquisa com os cidadãos locais com o intuito de verificar esse interesse na ferramenta a ser desenvolvida. A pesquisa foi realizada levando em consideração os dois perfis de público diferentes que seriam atingidos, o público da Região Metropolitana do Recife e o público das regiões rurais ribeirinhas.

Para consulta à população da RMR, as redes sociais foram utilizadas como canal e, sem critério de escolha dos participantes, foi lançado o questionamento: “Se houvesse um aplicativo que fornecesse os dados de previsão do tempo da APAC, notificasse com os Avisos Meteorológicos da APAC, fornecesse os valores de altura da maré e permitisse conferir a variação do nível dos rios próximos à sua localização, você utilizaria? ”

Assim, foram obtidas 468 respostas, distribuídas da seguinte forma:

- 85% “Sim” (398 respostas);
- 15% “Não” (70 respostas).

Como estratégia de avaliar o interesse do usuário ribeirinho, cuja funcionalidade julgada mais interessante na idealização do projeto é relacionada aos eventos críticos causadores de enchentes nos rios, foram realizadas visitas a localidades afetadas por cheias no período de junho de 2022, algumas da bacia do rio Mundaú e outras da bacia do rio Una, nos municípios de Barreiros/PE, Garanhuns/PE, Água preta/PE, Palmares/PE e Ribeirão/PE e realizada de forma verbal a seguinte pergunta a alguns dos moradores ribeirinhos, selecionados de forma aleatória:

“Se houvesse um aplicativo que fornecesse os dados de previsão do tempo da APAC, notificasse com os Avisos Meteorológicos da APAC, fornecesse os valores de altura da maré e permitisse conferir a variação do nível dos rios próximos à sua localização, você utilizaria? ”

Assim, foram realizadas 73 entrevistas, cujas respostas foram distribuídas da seguinte forma:

- 85% “Sim” (62 respostas);
- 11% “Não” (8 respostas);
- 4% “Não possui smartphone” (3 respostas).

A mera intenção, mesmo que descompromissada, por parte dos entrevistados de utilizar o aplicativo quando disponibilizado, permitiu entender as funções selecionadas como alinhadas às demandas do usuário. Partindo disso, buscou-se agora adequar a ferramenta ao perfil do público-alvo através da consolidação das funcionalidades e a criação de preceitos básicos a serem obedecidos em todo o processo de desenvolvimento.

Diante da problemática demonstrada no estudo, desenvolvidos os objetivos específicos a partir disso, o processo de delimitação das funções do aplicativo buscou trazer soluções dentro do próprio aplicativo para cada necessidade identificada.

Função 1 - Previsão do tempo: Conforme desenhado no referencial teórico, há uma série de produtos disponibilizados pela APAC circundando a previsão do tempo, tal como imagens de radar, vento, temperatura, umidade e outros. O processo de escolha – delimitação – das funcionalidades levou em consideração o objetivo principal da existência da função, sendo a previsão do tempo em si a grande informação que se pretende fornecer e a presença de outros dados poderia tornar a ferramenta mais lenta, carregada de informações que não seriam úteis (poluição visual), de forma a exibir na funcionalidade os dados de previsão do tempo e temperatura para o dia e para o dia seguinte.

Função 2 - Aviso meteorológico: Das funcionalidades, aquela que deve ser mais modificada futuramente, mas, no momento, delimitada pela possibilidade de emissão dos avisos meteorológicos pela APAC, os quais, ao serem exibidos e, tendo o usuário conexão com a internet, uma notificação deverá aparecer na tela, desde que o usuário autorize a aplicação (nas configurações do aparelho) a emitir alertas. Caso não autorize, o alerta será exibido quando o usuário iniciar o aplicativo normalmente.

Função 3 - Altura de maré: A funcionalidade exibe diretamente ao usuário os horários de preamar e baixa-mar, além dos valores das respectivas alturas, sem necessidade de seleção ou inserção de quaisquer dados ou parâmetros.

Função 4 - Nível dos rios: Das funções, exigiu um nível de refinamento um pouco maior, visto que alguns dos dados fornecidos pela API não foram considerados necessários ou até mesmo confortáveis aos usuários comuns, tais quais tipo de estação, série histórica, curva-chave, dentre outros, dos quais foram selecionadas informações como o gráfico da variação do nível, onde a visualização e entendimento da informação foram facilitados através da diminuição do intervalo de tempo da amostra do gráfico, definido em 24 horas. Além disso, o nome do rio, para que o usuário se situe, o nome da estação, para que o usuário não confunda informações de estações diferentes localizadas ao longo do mesmo rio, além da vazão estimada para que o usuário tenha uma noção da ordem de grandeza do fluxo de água no local.

Os requisitos do aplicativo foram definidos a fim de guiar o processo de desenvolvimento, como balizas, necessidades básicas a serem atingidas e obedecidas, como critérios mínimos necessários ao atingimento dos objetivos desejados.

Dentre essas características norteadoras e rígidas do projeto, destacam-se:

- Intuitividade: A ferramenta precisa ser intuitiva, abdicar de dados mais sofisticados e detalhados (cujo interesse seria de um público mais técnico) para que o usuário alvo seja atingido, sem confundir-se com muitas informações ou caminhos complexos na busca do dado. A visão nesse sentido é a de fornecer o dado logo de cara ao usuário, sem que o mesmo necessite procurar dentro do aplicativo, criando 4 grupos de informações onde tudo está lá, à mão e à vista;
- Simplicidade: A observação e navegação necessita ser simples, com temas, figuras que ajudem a interpretar a informação ali exibida, além do auxílio para o entendimento de informações um pouco menos convencionais no dia a dia do usuário, como o gráfico de histórico do nível dos rios;
- Disponibilidade: Com uso consultivo, a ferramenta dispensa cadastros – ao menos nessa etapa inicial – e funciona de forma simplificada, sem propagandas, e sem custos ao usuário;
- Fluidez: troca de informações com a internet apenas dos dados os quais precisam ser atualizados na API da APAC, mantendo dados cujo ciclo de atualização é menos frequente.

Na fase de definição de cronograma, foi definido o prazo de construção da aplicação em seis meses com fase posterior de dois meses para análise e escrita das considerações. Na Figura 44 está disposto fluxograma com os resultados resumidos de cada fase proposta para o desenvolvimento.

Figura 44 – Fluxograma de resultados para cada etapa de desenvolvimento



Fonte: O Autor (2022)

As etapas posteriores à definição do cronograma são as de construção da ferramenta e análise desta, iniciando pela escolha do formato a ser entregue como a

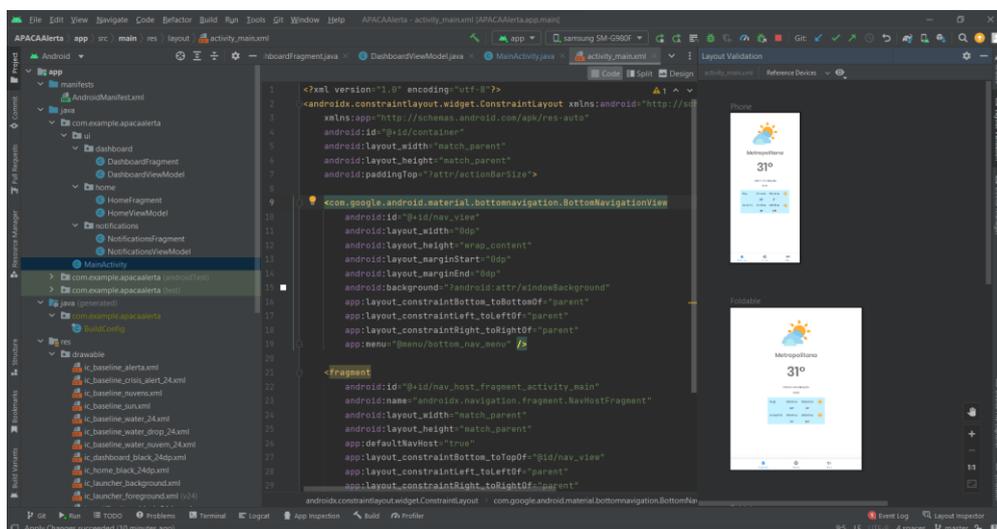
de um aplicativo Mobile para sistema Android, sendo esta escolha embasada, conforme disposto, na parcela do público atingida por esse sistema em comparação aos demais.

Posteriormente foram realizadas as compatibilizações entre as funcionalidades pretendidas, onde foi definido que a melhor forma de concatenar os recursos em uma ferramenta seria de telas os quais o usuário pudesse deslizar para o lado para escolher qual dos quatro principais grupos de funções gostaria de acessar.

Na fase de definição de requisitos, foi verificada a necessidade de banco de dados (API) que suprisse a aplicação com os dados a serem exibidos e foi realizada consulta à APAC, onde se verificou que tal API já estava em processo de desenvolvimento e seria disponibilizada dentro de prazo útil a ser utilizada para a aplicação na fase de implementação e testes da mesma.

A fase posterior, de escolha da linguagem na qual seria construída a aplicação, que teve seu código programado pelo professor Diogo Rodrigues, foi escolhido o sistema operacional Android, utilizando o Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) oficial da Google, o Android Studio, versão 2021.3.1, juntamente com o SDK Android, composto de um kit de desenvolvimento de aplicativos e emuladores de smartphones para teste. A linguagem utilizada foi JAVA para parte lógica da aplicação e XML para gerar os layouts, conforme pode ser visualizado na Figura 45.

Figura 45 - Ambiente de desenvolvimento integrado Android Studio.



Fonte: O Autor (2022)

A delimitação das funções e dos requisitos deu-se conforme analisado no cenário das necessidades da população do estado de Pernambuco (usuários pretendidos), são 4 as funcionalidades principais em tela a serem disponibilizadas no aplicativo.

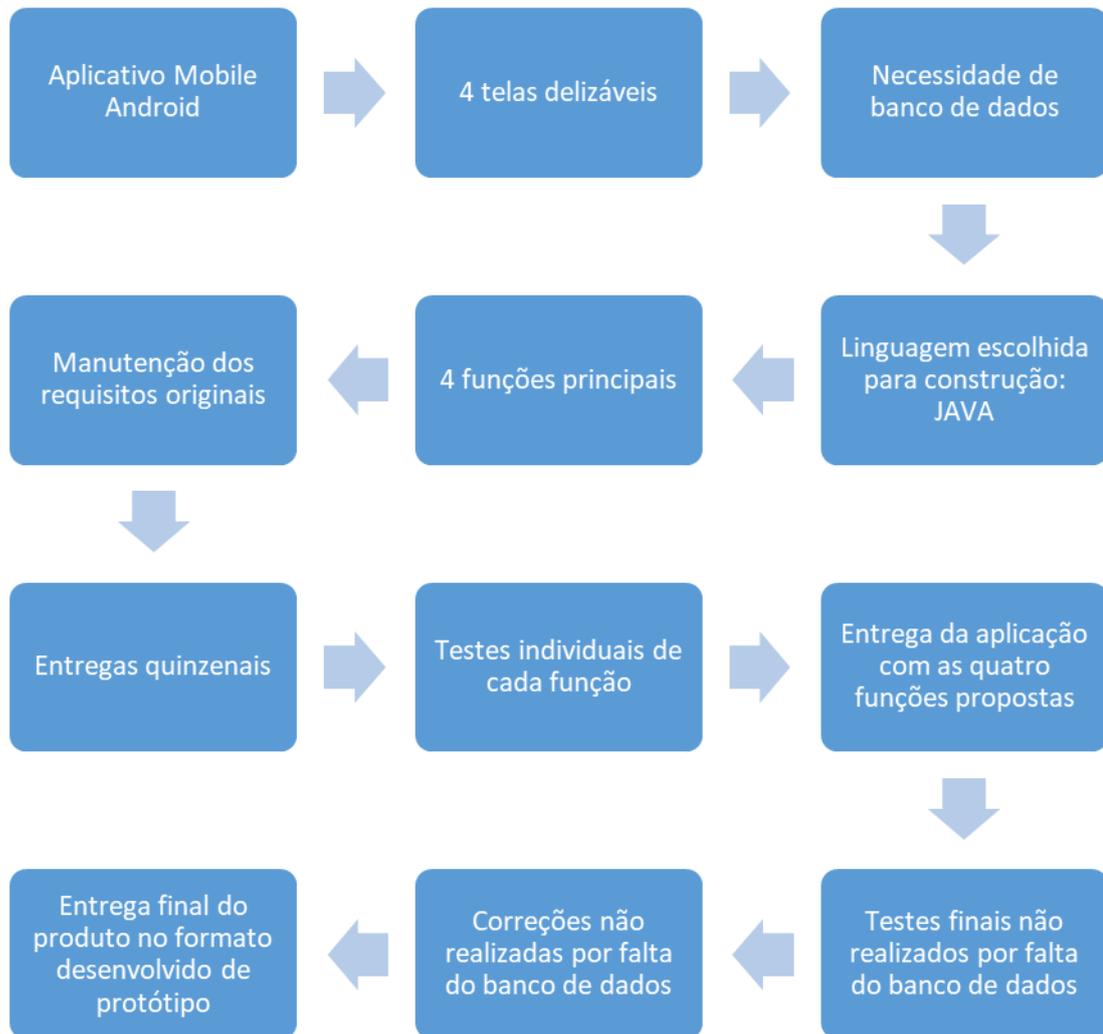
O aplicativo proposto, conforme descrito na metodologia de desenvolvimento, apresenta esses quatro grupos principais de conjunto de informações simplificadas, os quais permitem a navegação por parte do usuário de acordo com o dado o qual ele planeja obter. A tela de previsão do tempo é exibida como tela inicial e, com navegação lateral, é possível acessar as telas referentes a nível dos rios, tábua de marés e avisos emitidos.

Definidos os escopos das funcionalidades e os preceitos básicos da ferramenta, o processo de construção foi precedido pela disposição de cronograma com entregas a cada 15 dias, com período máximo proposto de 4 meses, precedendo a entrega final e início das fases de testes e correções.

Na etapa de consolidação das entregas, foram realizadas as alterações e ajustes necessários durante o processo de construção da ferramenta, além de testes iniciais de forma isolada em cada funcionalidade entregue, até a entrega final das funções consolidadas na aplicação, etapa posterior.

A Figura 46 demonstra o fluxograma de resultados de forma resumida para cada etapa do processo de construção da ferramenta.

Figura 46 - Fluxograma de resultados para cada etapa de desenvolvimento



Fonte: O Autor (2022)

A Figura 47 exibe a tela com a funcionalidade de previsão do tempo, onde é possível obter os dados de previsão do tempo para o dia atual e para o dia seguinte, além da faixa de temperatura esperada. A navegação na tela é bem simplificada e, como a APAC subdivide a geração dos dados de previsão do tempo em regiões, ao abrir o aplicativo, a localidade do usuário é obtida através de GPS automaticamente e a região corresponde à localização encontrada para o mesmo é exibida, mas há a possibilidade de, caso deseje, o usuário pressionar o botão “selecione outra região” e optar por exibir a região que selecionar no campo.

Figura 47 – Tela de previsão do tempo



Fonte: O Autor (2022)

A Figura 48 é a tela referente ao alerta meteorológico, que pode ser acessada de duas formas: na barra inferior da aplicação há quatro ícones (um para cada função do mesmo), podendo o usuário selecionar o ícone referente a avisos meteorológicos, que exibirá a página com todos os avisos emitidos e não expirados ou, caso ser emitido pela APAC, o usuário receberá uma notificação no aparelho e, ao abri-la será direcionado à aba dos avisos.

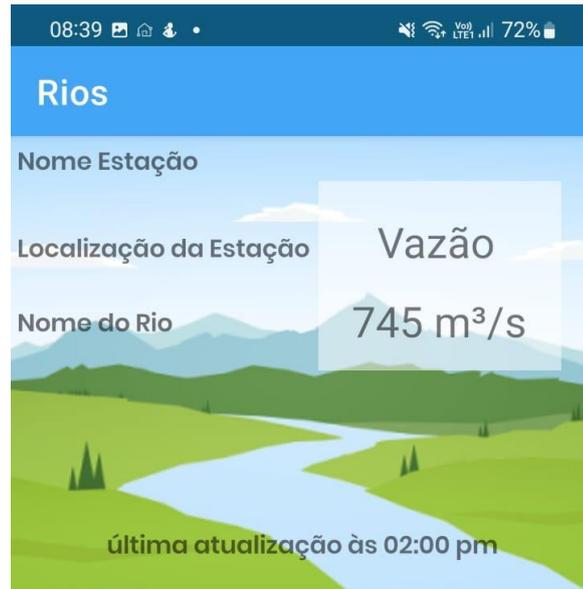
Figura 48 – Tela de Avisos meteorológicos



Fonte: O Autor (2022)

A Figura 49 traz a tela de monitoramento dos níveis dos rios, que exibe os dados com o nome da estação de referência para aquela informação, o nome do rio, a localização da estação, a vazão estimada para o trecho do rio e a informação considerada mais essencial aos objetivos do aplicativo, que é a variação do nível do rio nas últimas 24 horas.

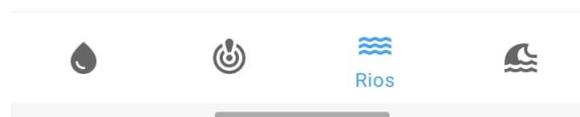
Figura 49 – Tela de monitoramento de nível dos rios



Histórico



Últimas 24 horas



Fonte: O Autor (2022)

A Figura 50 exibe os dados referentes à altura da maré na localidade, com os horários de baixa-mar e preamar e permite ao usuário consultar outras localidades de seu interesse através do botão “selecionar uma estação”.

Figura 50 – Tela de acompanhamento do nível da maré



Fonte: O Autor (2022)

Com a entrega consolidada das funções na aplicação, o processo posterior de testes e correções para liberação ao público carecia da disponibilização da API por parte da APAC, que não foi efetivada, fazendo com que o processo de

desenvolvimento fosse completado, mas sem a disponibilização da ferramenta ao público, algo que exigirá que, caso do interesse das Stakeholders, as etapas sejam concluídas posteriormente, que é bastante viável, visto que trata-se da fase final de lançamento de dispositivos móveis.

Na etapa de análise do projeto desenvolvido, viu-se que os recursos criados e disponibilizados no aplicativo se encaixam plenamente com as funções pretendidas e definidas inicialmente, onde, em comparação aos objetivos propostos no estudo, podemos obter não só uma análise de eficácia no processo de desenvolvimento, mas também uma análise objetiva de sua aplicabilidade após desenvolvimento.

Para um estudo qualificado dos impactos e resultados de um aplicativo nas funções pretendidas, pode-se realizar pesquisas de campo para medir a intenção dos usuários frente às funções propostas e, antes da fase de testes, realizar-se uma nova análise comparativa entre as funcionalidades propostas e as funções entregues (BARRA, 2017).

Conforme as pesquisas realizadas descritas, as funções propostas para o aplicativo encontram efeito e interesse no público-alvo, podendo ser realizada de forma qualificada essa análise das funções que o aplicativo traz.

No que se refere ao objetivo inicial de valorização dos dados da APAC, apenas o fato da existência do aplicativo e disponibilidade desses dados através do mesmo já é suficiente para o atingimento desse objetivo, que permitirá à população acesso facilitado a esses dados, provendo mais disseminação a ele e, com isso, popularização da imagem da APAC. Somado a isso, satisfeito o objetivo citado, por consequência, o objetivo de se abrir um canal com a população também se satisfaz. Conforme já exposto, a efetiva análise desse aspecto só será possível com o monitoramento dos impactos do aplicativo após a publicação do mesmo.

Os objetivos que circundam o conceito de ciência cidadã e feedback do usuário dificilmente serão atendidos nessa etapa do projeto, dependendo do aperfeiçoamento da ferramenta e inclusão de outras funções que atendam a essas, pois suas funções não foram inseridas nessa etapa do projeto, cabendo a desenvolvimento posterior sua inclusão na ferramenta.

A possibilidade da transmissão dos avisos meteorológicos, conforme tela, atende ao objetivo de facilitar essa transmissão e cumpre os requisitos propostos a essa necessidade verificada nas localidades mais sujeitas a esses eventos, sendo a

eficácia dessa agilização da informação a ser verificada com sua publicação e uso durante um período de ocorrência de um evento desse tipo.

Ao usuário localizado na região metropolitana do Recife, mais específico para a função o nível da maré, a funcionalidade permitirá ao mesmo, conforme o objetivo descrito, realizar o cruzamento desses dados com os dados de previsão do tempo e pluviosidade.

Acerca da análise da simplicidade e Intuitividade do aplicativo, entende-se que o mesmo conseguiu atender a esses requisitos, de forma a permitir ao usuário a leitura e interpretação facilitada dos dados que foram verificados como necessários aos mesmos e ao cenário onde os mesmos se encontram.

Dentro dessa análise dos recursos efetivamente implantados, diversas melhorias são necessárias à aplicação, como pequenos ajustes na arte das telas, assim como um período maior de testes das funcionalidades e, principalmente, integração com a API fornecida pela APAC, cujo desenvolvimento sofreu diversos atrasos, sem a liberação para testes de usuários externos, impossibilitou a realização do processo de implantação das funcionalidades de forma bem ajustada, assim como uma compatibilização minuciosa.

Esse gargalo temporal prejudicou a formatação e funcionalidade da aplicação, mas, por tratar-se de ajuste, pode ser realizado a posteriori, com os devidos testes, implantação de outras funções requisitadas e disponibilização ao público. Trazer uma ferramenta com uma função social tão acentuada dentro de um trabalho acadêmico deve ser levado dessa forma, como um processo contínuo, uma busca por enxergar necessidades, conceber soluções e vencer os desafios para trazer à luz um produto que ajude a sociedade.

De forma simplificada, as funções pretendidas e essenciais para que o aplicativo se torne usual e traga informações atrativas ao público foram implementadas através de todos os recursos considerados necessários, o que não exime a ferramenta de uma análise crítica que nos permite verificar sua eficácia frente aos objetivos desejados após sua publicação.

É esperado que a aplicação, quando disponível nas lojas de aplicativos, despertará o interesse da população, desde que divulgado, e poderá desempenhar o papel esperado do mesmo o que se refere a utilidade pública, coma funcionalidade dos avisos e alertas definitivamente implantados.

6 CONCLUSÕES

Diante dos problemas evidenciados com a análise dos cenários, as necessidades dos usuários e as possibilidades de recursos a serem implementados no intuito de mitigar essas problemáticas, foram definidos objetivos para o aplicativo e funcionalidades que o permitissem atingi-los, validados pela análise de público-alvo e possibilidades de execução.

Feito isso, o aplicativo aqui proposto traz essas funções desenvolvidas, se enquadrando na proposta de ser uma ferramenta útil à população, devendo passar pelos demais estágios de desenvolvimento antes de sua disponibilização. Desta forma, as funcionalidades definidas passaram pela validação do público alvo e se adequam bem às necessidades estudadas.

Por outro lado, o processo de desenvolvimento não foi completado, carecendo de complemento na programação da aplicação e fases posteriores de desenvolvimento para lançamento ao público, algo essencial para avaliação da eficácia da ferramenta. Além disso, durante o processo foram verificadas outras funcionalidades cuja inserção no aplicativo seriam de grande interesse à população e às entidades que o utilizem, ficando, assim, como sugestão para desenvolvimento de estudos posteriores de melhoria do aplicativo.

Dos interessados na ferramenta, entende-se que atinge a população de regiões ribeirinhas afetadas por eventos extremos em Pernambuco, assim como atinge a população da Região Metropolitana do Recife atingida pelos eventos de inundação. Vistos esses usuários mais evidentes, a ferramenta também atinge a população pernambucana interessada em dados simplificados e confiáveis de previsão do tempo.

Na ótica das organizações, o aplicativo se coloca como uma ferramenta bem interessante para entidades governamentais, como a APAC, que poderá gerir o aplicativo no intuito de facilitar o acesso a seus dados e otimizar a emissão de alertas, além disso, na ótica das organizações particulares, há a possibilidade de uso da ferramenta como produto de interesse popular e retorno comercial.

Pode-se concluir, assim, que os objetivos propostos foram em sua maioria atingidos e a possibilidade de cumprimento dos demais objetivos é real frente a continuidade do desenvolvimento da ferramenta, cuja aplicabilidade e efetivo uso cotidiano pelo público-alvo é esperado.

REFERÊNCIAS

- ABAGLI, Sarita; MACIEL, Maria Lucia; ABDO, Alexandre Hannud. **Ciência Aberta, questões abertas**. Unirio. Rio de Janeiro, 2015.
- ABERS, Rebecca; JORGE, Karina Dino. **Descentralização da gestão da água: Por que os comitês de bacia estão sendo criados?** Ambiente & Sociedade – Vol. VIII nº. 2. Brasília, 2005.
- ABREU, Júlio Cesar Andrade de; MORAIS, Dayana Rosa Duarte; OLEGÁRIO, Leonardo da Silva. **Reflexões sobre tecnologia da informação. Uma abordagem a partir da participação cidadã**. Revista Ibero-americana de ciência, tecnologia Y sociedade, volume 10, número 30. 2015.
- ALVES, Fellipe Henrique Borba. **Sistema de previsão de enchentes: integração de modelos de previsão de chuva, simulação hidrológica e hidrodinâmica**. Recife, 2017.
- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2016. **Bacias hidrográficas: Rio Una**. Disponível:
http://www.APAC.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=23. Acesso: 3 mai. 2016.
- APAC. **Manual de operação da sala de situação**. Recife, 2014.
- APAC. **Sala de situação**. Disponível em: www.APAC.pe.gov.br. Consulta em 20/11/2022.
- ANDRADE, Rubia Nogueira de; CUNHA, Maristela Casé Costa. **Ocupação da bacia do Una, Pernambuco/Alagoas, Brasil: Uma perspectiva arqueológica**. Revista Noctua, 2,3: 78-101, 2017.
- BALTA, Aline. **Inteligência Institucional**. Campo Grande, 2022.
- BARRA, Daniela Couto Carvalho. **Methods for developing mobile apps in health: na integrative review of the literature**. Alabama, 2017.
- BRAZIL, André Luiz; ALBAGLI, Sarita. **Os usos da gamificação na mobilização cognitiva da ciência cidadã online**. Encontros Bibli - UFSC, v. 25, p. 01- 21. Florianópolis, 2020.
- BARUCH, Avinoam; MAY, Andrew; YU, Dapeng. **The motivations, enablers and barriers for voluntary participation in an online crowdsourcing platform**. Computers in Human Behavior 64 (2016) 923e931. United Kingdom, 2016.
- CABRAL, Jaime Joaquim da Silva Pereira; SANTOS, Sylvana; ANTONIMO, Antonio Celso Dantas; PAIVA, Anderson Luis Ribeiro de. **Desenvolvimento de uma ferramenta multimídia e interativa para o ensino de hidrologia e recursos hídricos**. Recife, 2016.

CAPPA, Francesco; LAUT, Jeffrey; NOV, Oded; GIUSTINIANO, Luca; PORFIRI, Maurizio. **Activating social strategies: Face-to-face interaction in technology mediated citizen Science**. Journal of Environmental Management 182, 374-384. New York, 2016.

CARVALHO, Yara Maria C.; MORAES, Jener Fernando L.; MENEZES, Luciana B.; MARTINS, Sonia S. **A legislação brasileira de recursos hídricos como instrumentalização à gestão compartilhada**. Revista Tecnologia & inovação agropecuária. São Paulo, junho de 2008.

CIRILO, José Almir; MONTENEGRO, Suzana Maria Gico Lima; ASFORA, Marcelo Cauás; FILHO, Clênio de Oliveira Torres. **Controle e previsão de cheias no estado de Pernambuco, Brasil: Aspectos hidrológicos e ações de reconstrução**. Recife, 2014.

COUTINHO, Hélio Pereira; ABREU, Pollyana Vieira de; LIMA, Luís Alberto Libânio; SILVA, Paulo Hernandes Gonçalves da. **Os aplicativos para dispositivos móveis: breves considerações conceituais do processo de desenvolvimento**. Instituto Federal do Tocantins, 2019.

DENNY, Danielle Mendes Thame; GRANZIERA, Maria Luiza Machado; GONÇALVES, Alcindo Fernandes. **Comitês de bacia HIDROGRÁFICA: Governança e efetividade na gestão de recursos hídricos**. Florianópolis, 2020.

DINIZ, Cinthia Martins Menino. **Desenvolvimento e avaliação de aplicativo móvel de apoio ao aleitamento materno**. Recife, 2020.

DORFMAN, Raul. **O papel do Estado na gestão dos recursos hídricos**. Revista Administração pública, 19-27. Rio de Janeiro, abr/jun 1993.

DUARTE, Stênio Cezar. **Ambiente regulatório do setor de saneamento no Brasil: Limites e possibilidades de atuação da agência nacional de águas junto aos entes federados subnacionais**. Brasília, 2019.

ELESBON, Abrahão A. A.; SILVA, Demetrius D. da; SEDIYAMA, Gilberto C.; MONTENEGRO, Abelardo A. A.; RIBEIRO, Carlos A. A. S.; GUEDES, Hugo A. S. **Proposta metodológica para projeto de redes hidrométricas: Parte I – Espacialização não tendenciosa dos dados hidrológicos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.9, p.980–985, 2014.

FEIJÓ, Lorena Pinho. **Desenvolvimento e Avaliação de um Aplicativo para Apoio ao Ensino de Psicopatologia**. RENOTE, V. 17 N° 3, dezembro, 2019.

FERNÁNDEZ-ARDEVOL, Mireia. **Práticas digitais móveis das pessoas idosas no Brasil: dados e reflexões**. Programa setorial da internet, número 01, Ano 11. Março de 2019.

FISCHER, F. **Citizens, experts and the environment: The politics of local knowledge**. Durham, NC: Duke University Press. Londres, 2000.

FONTES FILHO, Joaquim Rubens. **Governança organizacional aplicada ao setor público**. VIII Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública. Panamá, 28-31 Oct. 2003.

FUCKS, Hugo; RAPOSO, Alberto B.; GEROSA, Marco A. **Engenharia de Groupware: Desenvolvimento de Aplicações Colaborativas**, XXI Jornada de Atualização em Informática, Anais do XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, V2, Cap. 3, ISBN 85-88442-24-8, pp. 89-128

GOMES, Igor de Melo Laurentino. **Alagamentos e Inundações - Uso de visualização geométrica para análise de risco associados ao volume de chuva e altura das marés na cidade do Recife**. Recife, 2022.

GOODCHILD, Michael F. **Citizens as sensors: the world of volunteered geography**. *GeoJournal* 69:211–221. California, 2007.

GYATSO, Thubten. **14° Dalai Lama - pensamentos**. Nova Délhi, 1935.

GUSMÃO, Paulo Pereira; PAVÃO, Bianca Borges Medeiros. **Gestão das águas, comitês de bacias hidrográficas e resolução de conflitos ambientais**. Rio de Janeiro, 2019.

HESPANHOL, Ivanildo. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos**. *Estudos avançados* 22 (63), 2008.

HOLOHAN, A.; GARG, A. **Collaboration online: the example of distributed computing**. *J. Comp.-Mediat. Commun.* *Journal of Computer-Mediated Communication*, Volume 10, Issue 4, 1 July 2005.

JCNET. **Um a cada quatro domicílios de Pernambuco não tinha acesso à internet antes da pandemia, mostra IBGE**. Disponível em <https://jc.ne10.uol.com.br/blogs/jamildo/2021/04/14/um-a-cada-quatro-domicilios-de-pernambuco-nao-tinha-acesso-a-internet-antes-da-pandemia-mostra-ibge/index.html>. Consulta em 22/11/2022.

KOBIYAMA, Masato; GOERL, Roberto Fabris; MONTEIRO Leonardo Romero. **Integração das ciências e das tecnologias para redução de desastres naturais: Sócio-Hidrologia e Sócio-Tecnologia**. *R. gest. sust. ambient.*, v. 7, n. esp p. 206-231. Florianópolis, jun. 2018.

KROGH, Georg Von; HAELFLIGER, Stefan; APAETH, Sebastian; WALLIN, Martin W. **Carrots and Rainbows: Motivation and Social Practice in Open Source Software Development**. ETH Zurich, 2012.

LAND-ZANDSTRA, Anne M.; DEVILEE, Jeroen L. A.; SNIK, Frans; BUURMEIJER, Franka. **Citizen science on a smartphone: Participants' motivations and learning**. *Public Understanding of Science*, Vol. 25(1) 45– 60. United Kingdom, 2016.

LEAL, Fernanda Cláudia Barboza da Silva; BARBOSA, Ioná Maria Beltrão Rameh; AQUINO, JoásTomaz de. **Mapeamento de áreas vulneráveis à inundação com**

uso do SIG e análise multicritério: O caso da bacia hidrográfica do rio Una em Pernambuco. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 9, n. esp, p. 20-40, ago. 2020.

LICCO, E. A. and DOWELL, S. F. M. (2015). **Alagamentos, enchentes enxurradas e inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança.** Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística, 5(3):163.

LIMA, Andressa S. A. de; SCHMIDT, Ana Elisa F.; NOGUEIRA, Rodrigo R.; OLIVEIRA, Paulo Cesar F. **Aplicativo colaborativo para alerta de vulnerabilidade a alagamentos e enchentes no Vale do Itajaí.** Camboriú, 2016.

LIMA, Cíntia C. B. **Aplicativos móveis de interesse público: limites e possibilidades para a cidadania no Brasil.** 2017. 239f. Dissertação (Mestrado em Comunicação) – Programa de Pós-Graduação em Comunicação, Faculdade de Comunicação, Universidade de Brasília, 2017.

MARTINS, Diny Gabrielly de Miranda Martins; CABRAL, Eloisa Helena de Souza. **Panorama dos principais estudos sobre ciência cidadã.** For Science, 2021.

MARTIN, Brian. Strategies for alternativescience. Scott Frickel and Kelly Moore (eds.), **The NewPolitical Sociology of Science: Institutions, Networks, andPower,** pp. 272-298. Madison, WI: University of Wisconsin Press, 2006.

MARTINS, Beatriz Cintra. **Hackerspaces, ciência cidadã e ciência comum: apontamentos para uma articulação.** Liinc em Revista, v.13, n.1, p. 59-71. Rio de Janeiro, maio 2017.

MAZZAROTTO, A. A. V. S.; SILVA, R. C. **Gestão da sustentabilidade urbana: leis, princípios e reflexões.**1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2017.

MEDEIROS, Carolina Beltrão de; ASFORA, Marcelo Cauás. **Gestão de desastres em Pernambuco: A contribuição da Agência pernambucana de águas e clima à sustentabilidade das cidades.** XVI ENGEMA, 2014.

MELO, Nildo A. de; FREITAS, Andrei Leite de; ARCHER, Lucas Rudolf Battisti. **Alerta Brusque: aprimorando o aplicativo sobre as cheias do rio Itajaí-Mirim.** XI MICTI, 2020.

MESQUITA, Luis Fábio Gonçalves. **Os comitês de bacias hidrográficas e o gerenciamento integrado na Política Nacional de Recursos Hídricos.** Desenvolvimento e Meio ambiente, v. 45, p. 56-80. Brasília, abril 2018.

MONTEIRO GOMES, Rosangela. **Análise das ocorrências de eventos hidrológicos extremos e ações de adaptação nos municípios da Região Metropolitana do Recife - Pernambuco.** Recife, 2022.

MORAIS, José Luciano Mendonça; FADUL, Élvia; CERQUEIRA, Lucas Santos. **Limites e desafios na gestão de recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas: Um estudo nos estados do Nordeste do Brasil.** REAd, Vol. 24 – Nº 1, p. 238-264. Porto Alegre, janeiro/abril 2018.

MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Secretaria Nacional de Proteção e Defesa civil, 2012.** Disponível em: MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). Secretaria Nacional de Proteção e Defesa civil, 2022.

MORESI, Eduardo Amadeu Dutra; BARBOSA, Jair Alves; BRAGA FILHO, Mario de Oliveira; ALVES, Pedro Neiva; SANTOS, Júlio Cezar Alves dos. **O emprego do aplicativo SciHub em projetos de ciência cidadã.** Sistemas Cibernética e Informática, Volume 14, número 02. Brasília, 2017.

NETO, Gastão Cerquinha da Fonseca. **Estimativa de níveis de cheia em dois canais na planície de Recife por ocasião de chuvas torrenciais levando em conta elevação do nível do mar devido às mudanças climáticas.** Recife, 2016.

OLIVEIRA, Gabriel Araújo de; BRITO, P.L.; SANTOS, Saulo Medrado dos. **Mapeamento de Riscos Hidrológicos Utilizando Informações Geográficas Voluntárias: Estudo de caso no município de Riachão do Jacuípe-Bahia.** Salvador, 2018.

OLIVEIRA, Luiza Cristina Krau de; CANELLAS, Alba Valéria Brandão. **Importância de dados hidrometeorológicos confiáveis no gerenciamento de recursos hídricos,** Gramado, RS, 1998.

OLIVEIRA, Luísa Helena Silva Romão de. **Gestão pública dos recursos hídricos e dos serviços de saneamento básico.** Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2019.

OLIVEIRA, Regina; SILVA, S.R. **Estudos de Eventos Extremos de Chuva na Bacia Hidrográfica do Rio Una.** Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, Volume 2, Número 1, 2016.

PARRA, Henrique Zoqui Martins; FRESSOLI, Mariano; LAFUENTE, Antonio. **Ciência Cidadã e Laboratórios Cidadãos.** Rio De Janeiro, 2017.

POCOCK, M.J.O.; CHAPMAN, D.S.; SHEPPARD, L.J; ROY, H.E. **Choosing and Using Citizen Science: a guide to when and how to use citizen science to monitor biodiversity and the environment.** Wallingford, Oxfordshire, 2014.

PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos. **Mapa de suscetibilidade a deslizamentos da região metropolitana de Recife.** Recife, 2007.

RIBEIRO, Rafaela Vieira; MOURA, Micaella Raissa Falcão de; SILVA José Francisco Da; MARTINS, Maria do Carmo Martins; MONTENEGRO, Suzana Maria Gico Lima. **Monitoramento hidrológico e ciência cidadã: A experiência de Pernambuco no projeto GDH – (ANA/APAC).** II Encontro nacional de desastre, 2020.

RIBEIRO, Alfredo; CIRILO, José Almir; DANTAS, Carlos Eduardo de Oliveira; SILVA, Edilson Raimundo. **Caracterização da formação de cheias na bacia do rio Una em Pernambuco: simulação hidrológica-hidrodinâmica.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Recife, PE, 2014.

RIBEIRO, Gabriela Carvalho; OLIVEIRA, Raphael Franklin Fontes de; ALENCAR, Gersica Agripino; SOUZA, Ricardo André Cavalcante de. **Desenvolvimento de um aplicativo de alerta de alagamento utilizando os métodos do Toolkit HCD**. Boletim do Tempo Presente, nº 12, de 2018, p. 39 – 53.

RODRIGUES, Diogo Francisco Borba. **Sensoriamento remoto e smartphones aplicados à agricultura irrigada do Estado de Pernambuco**. Recife, 2017.

ROSIM, Sergio; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira; RENNÓ, Camilo Daleles; SOUZA, Ricardo Cartaxo Modesto de; SOARES, João Vianei. **Terrahidro – Uma plataforma computacional para o desenvolvimento de aplicativos para a análise integrada de recursos hídricos**. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 2589 - 2596.

ROSSI, Renata Alvarez; SANTOS, Elisabete. **Conflito e regulação das águas no Brasil – a experiência do Salitre**. Caderno CRH, v. 31, n. 82, p. 151-167. Salvador, 2018.

RUMAR - Instituto Rumo ao mar. **Boletim ao mar**. Disponível em https://boletimaomar.com.br/?gclid=CjwKCAiA7IGcBhA8EiwAFfUDsb78cMXe_hcYwtqx01VvpL4XmUQ9nskBESHTfovYsrStW33JkHPdghoCsxUQAvD_BwE. Consulta em 25/11/2022.

SANTANA, Francielle Santos de. **Development and evaluation of a mobile application for teaching Dental Radiology**. Revista da ABENO • 20(2):102-110, 2020.

SANTANA, Vinícius Neres Ferreira; MACÊDO, Marcos Paulo Ferreira. **Sensor de alagamento em vias públicas integrado ao Telegram**. Anais da Mostra Nacional de Robótica – MNR, 2019.

SECCHI, Leonardo. **Percebendo as políticas públicas**. Livro São Paulo, 2010.

SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES (S2iD). **Arquivo digital**.

SILVA, Marcelo Moro da; SANTOS, Matilde Terezinha Prado. **Os paradigmas de desenvolvimento de aplicativos para aparelhos celulares**. São Carlos, 2014.

SILVA, Mayane Bento; HERREROS, Mário Miguel Amin Garcia; BORGES, Fabrício Quadros. **Gestão integrada dos recursos hídricos como política de gerenciamento das águas no Brasil**. Rev. Adm. UFSM, v. 10, número 1, p. 101-115. Santa Maria, março de 2017.

SILVA, Jhonata Fernandes Ferreira. **Alternativas para controle de alagamentos urbanos utilizando telhados verdes e pavimentos permeáveis em um bairro da cidade do Recife**. UFPE. Recife, 2019.

SILVA, Monique; LOURENÇO, Patrick Menezes; CASTILHO, Shirley Lopes de. **Avaliação do custo-efetividade de um aplicativo de smartphone como ferramenta auxiliar na triagem clínica de doadores de sangue**. J Manag Prim Health Care, 2019.

SILVA, Raimundo da. **Modelagem integrada para controle de cheias, previsão e alerta de inundações: estudo de caso da bacia do rio una em Pernambuco.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, 2015.

SILVA JUNIOR, Marcos Antonio Barbosa da. **Alternativas compensatórias para controle de alagamentos em localidade do Recife-PE.** Recife, 2015.

SILVA JUNIOR, Marcos Antonio Barbosa da; SILVA, Simone Rosa da; ALCOFORADO, Roberta de Melo Guedes. **Avaliação do sistema de microdrenagem visando à sustentabilidade de área urbana com problemas de alagamentos e influência das marés.** Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 04, n. 24, 2016, pp. 01-17.

SILVERTOWN, Jonathan. **A new dawn for citizen science.** Department of Life Sciences, The Open University, Walton Hall, Milton Keynes MK7 6AA. United Kingdom, 2019.

SLOMSKI, Valmor; MELLO, Gilmar Ribeiro de; TAVARES FILHO, Francisco; MACÊDO, Fabrício de Queiroz. **Aspectos gerais da governança na gestão pública.** Livro Governança corporativa e governança na gestão pública. Cap 6, 121-129. São Paulo, 2008.

SOUZA, Rafael de; RIBEIRO, Wagner Miguel Rolim; SILVA, Priscila Paula da. **O uso do aplicativo de saúde pública móvel Meu Digisus.** Rio de Janeiro, 2019.

SOUZA, Vanessa Victor da Cruz de; GALLARDO, Amarilis Lucia Casteli Figueiredo; CÔRTEZ, Pedro Luis; FLACALANZA, Ana Paula; RUIZ, Mauro Silva. **Pagamento por serviços ambientais de recursos hídricos em áreas urbanas: perspectivas potenciais a partir de um programa de recuperação da qualidade de água na cidade de São Paulo.** Cad. Metrop., v. 20, n. 42, pp. 493-512. São Paulo, maio/ago 2018.

TESSADEM. **Mapa topográfico de Pernambuco.** Disponível em: <https://pt-br.topographic-map.com/legal/>. Consulta em: 23/11/2022.

TRINDADE, Creusa Barbosa dos Santos. **Criação e validação de aplicativo para avaliação de dor infantil.** Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e529101017721, 2021.

TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções.** Estudos avançados 22 (63). São Carlos, 2008.

TWEDDLE, J.C.; ROBINSON, L.D.; POCOCK, M.J.O.; ROY, H.E. **Guide to citizen science: developing, implementing and evaluating citizen science to study biodiversity and the environment in the UK.** Natural History Museum and NERC Centre for Ecology & Hydrology for UK-EOF, 2012.

VARGAS, Marcelo Coutinho. **O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental.** Ambiente & Sociedade - Ano II - No 5. 1999.

VANELLI, Franciele Maria; KOBAYAMA, Masato. **Situação atual da Socio-hidrologia no Brasil e no mundo**. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (ISSN 2318-0358). Foz do Iguaçu, 2019.

VON KROGH, G.; HAEFLIGER, S., SPAETH, S., WALLIN, M.W. **Carrots and rainbows: motivation and social practice in open source software development**. Minnesota, 2012.

WERNECK, Rodrigo Oliveira. **Bacia de aprendizado com aplicação do monitoramento de qualidade de água por meio do enfoque ciência cidadã – estudo de caso da bacia hidrográfica do Córrego da Chapadinha/DF**. Brasília, 2018.

WIGGINS, Andrea; NEWMAN, Greg; STEVENSON, Robert D.; CROWSTON, Kevin. **Mechanisms for Data Quality and Validation in Citizen Science**. New York, 2011.

WRIGHT, L. and HEANEY, J.P. (2001). **Design of Distributed Stormwater Control and Reuse Systems**, Chap. 11 in Mays, L.W., Ed. Stormwater Collection Systems Design Handbook, McGraw-Hill, New York, p. 11.1-11.49.