

PONTÍFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA - PUC CAMPINAS

**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, AMBIENTAIS E DE
TECNOLOGIAS**

MARCO ANTONIO RUIZ CARDOSO

**ALERTA POÁ – UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO
APOIADO EM REDES DE SENSORES SEM FIO
PARA MONITORAÇÃO DO CÓRREGO ITAIM**

**CAMPINAS/SP
2016**

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas e
Informação - SBI - PUC-Campinas

t621.3851
C268a

Cardoso, Marco Antonio Ruiz.

Alerta Poá: um sistema de comunicação apoiado em redes de controle sem fio para monitoração do córrego Itaim / Marco Antonio Ruiz Cardoso. - Campinas: PUC-Campinas, 2016.
128p.

Orientador: David Bianchini.

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Inclui anexo e bibliografia.

1. Redes de sensores sem fio. 2. Controle de inundações. 3. Inundações - Poá (SP). 4. Calamidades públicas. 5. Engenharia elétrica. I. Bianchini, David. II. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias. Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

22.ed. CDD – t621.3851

MARCO ANTONIO RUIZ CARDOSO

**ALERTA POÁ – UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO
APOIADO EM REDES DE SENSORES SEM FIO
PARA MONITORAÇÃO DO CÓRREGO ITAIM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias da Pontifícia Universidade Católica de Campinas como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão de Redes de Telecomunicações.

Área de Concentração: Gerência de Redes e Serviços

Orientador: Prof. Dr. David Bianchini.

**CAMPINAS/SP
2016**

MARCO ANTONIO RUIZ CARDOSO

**ALERTA POÁ – UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO
APOIADO EM REDES DE SENSORES SEM FIO PARA
MONITORAÇÃO DO CÓRREGO ITAIM**

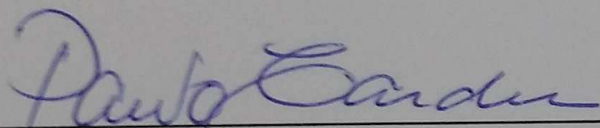
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias da Pontifícia Universidade Católica de Campinas como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão de Redes de Telecomunicações.

Área de Concentração: Sistemas de Telecomunicações e Informática - Gestão de Redes e Serviços. Orientador: Prof. Dr. David Bianchini

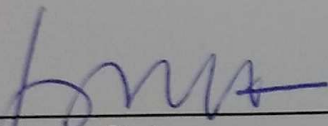
Dissertação defendida e aprovada em 25 de novembro de 2016 pela Comissão Examinadora constituída dos seguintes professores:



Prof. Dr. David Bianchini
Orientador da Dissertação e Presidente da Comissão Examinadora
Pontifícia Universidade Católica de Campinas



Prof. Dr. Paulo Cardieri
Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Frank Herman Behrens
Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Dedico este trabalho a minha família, primeiramente minha esposa Sandra que sempre esteve ao meu lado e sempre me deu forças, meu querido filho Bruno e aos meus pais, pela dedicação em minha educação e sempre que me apoiaram em todos os momentos de minha vida. Muito obrigado pela compreensão e na ajuda na tomada de decisões da minha vida e carreira.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela vida e a oportunidade de concluir mais este projeto.

Ao Prof. Dr. David Bianchini,
Orientador e incentivador nas pesquisas e trabalhos que realizei no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, e também pelo apoio, atenção, dedicação e amizade.

Aos Profs. Drs. Marcelo Luís Francisco Abbade, Eric Alberto de Mello Fagotto e Marcius Fabius Henriques de Carvalho,
Por todos os esforços e por toda dedicação oferecida aos alunos do programa, também pelo exemplo de condução objetiva, ativa e otimista na criação de valores intelectuais.

Aos Profs. Drs. Omar Carvalho Branquinho e Frank Herman Behrens,
Pelas importantes orientações no que diz respeito às questões técnicas referentes à rede de sensores sem fio e por analisar o projeto na sua fase de preparação durante o curso.

Aos Profs. Drs. da banca Frank Herman Behrens e Paulo Cardieri,
Pelas revisões, orientações e propostas durante a defesa deste trabalho.

À Pontifícia Universidade Católica de Campinas,
Pela bolsa concedida durante o período do curso de Mestrado Profissional em Gestão de Redes de Telecomunicações.

Aos amigos de Mestrado,
Que durante todos esses meses foram capazes de compreender e ajudar nas dúvidas do meu projeto.

À Prefeitura Municipal de Poá,
Por incentivar e permitir que eu fizesse a pesquisa voltada à monitoração dos córregos da cidade.

Ao amigo Ricardo Fagner Castelo Branco,
Pelo auxílio no desenvolvimento do aplicativo para celular e integração com o sistema supervisório.

A todos que direta ou indiretamente ajudaram neste projeto.

“Eu sei o preço do sucesso:
dedicação, trabalho duro, e uma
incessante devoção às coisas que
você quer ver acontecer.”

Frank Lloyd Wright

RESUMO

CARDOSO, Marco Antonio Ruiz. Alerta Poá – Um Sistema de Comunicação Apoiado em Redes de Sensores Sem Fio para Monitoração do Córrego Itaim. 2016. 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Gestão de Redes de Telecomunicações, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2016.

Os problemas das enchentes no Brasil causam diversas dificuldades na vida de vários brasileiros em todo o território nacional. Exemplos como o de São Paulo, onde durante o verão o excesso de chuvas, unido a problemas de infraestrutura, intensificam o trânsito e deixam desabrigados, ou como de Poá que sofre praticamente todos os anos com problemas sociais decorrentes de enchentes revelando que o problema é recorrente. Neste sentido, para minimizar prejuízos financeiros e, principalmente, evitar perda de vidas (mortes), este trabalho apresenta uma proposta de desenvolvimento para interconexão de redes de sensores sem fio e a *internet* utilizando sensores de baixo custo para monitoramento do nível de córregos e rios urbanos. Nesta pesquisa o principal objetivo é oferecer um sistema confiável de monitoração do nível de água de córregos, que atravessam uma cidade e que contribua com a segurança da população, construído por meio do uso de uma rede de sensores sem fio de baixo custo financeiro. Os dados coletados são transmitidos em tempo real para o Centro de Controle de Segurança da Cidade que trata estes dados brutos e os disponibiliza em informações úteis e de fácil visualização sobre o nível de água do córrego aos cidadãos residentes no Município de Poá através de uma página web da Prefeitura. Para aumentar a agilidade na tomada de decisões, as informações também estarão disponíveis aos cidadãos por meio de um aplicativo instalado em dispositivos móveis (*smartphones ou tablets*) que permite a visualização atual da porcentagem de água no córrego. Os resultados do estudo de caso apontaram para a viabilidade de implementação desta proposta, pois, demonstrou-se que é possível o monitoramento do nível de água no córrego utilizando sensores de baixo custo através de uma página *web* e aplicativo para dispositivos móveis. Com a implementação da rede de sensores sem fio os cidadãos passam a monitorar e a serem alertados sobre possíveis enchentes, possibilitando o salvamento de bens materiais e de vidas humanas.

Palavras-chave: RSSF. Redes de Sensores Sem Fio. Monitoramento. Enchentes. Córregos. Rios. Radiuino. Cidade Inteligente.

ABSTRACT

CARDOSO, Marco Antonio Ruiz. Alert Poá - A Supported Communication System Sensor Networks Wireless for Itaim River Monitoring. 2016. 123f. Dissertation (Master in Electrical Engineering) - Graduate Program in Telecommunications Network Management, University of Campinas, Campinas, 2016.

The problems of floods in Brazil cause many difficulties in the lives of many Brazilians throughout the country. Examples such as São Paulo, where during the summer the heavy rains, attached to infrastructure problems, enhance transit and leave homeless, or as Poá suffering almost every year with social problems arising from flooding revealing that the problem is recurrent. In this sense, to minimize financial losses and, above all, avoid loss of life (deaths), this work presents a development proposal to interconnect wireless sensor networks and the Internet using low-cost sensors for the level of streams monitoring and rivers urban. In this research the main objective is to provide a reliable system of monitoring streams of water level, crossing a city and contribute to the security of the population, built through the use of a network of sensors without low financial cost wire. The collected data is transmitted in real time to the City Security Control Center that treats these raw data and makes them available in useful information and easy viewing of the stream water level of the residents in the municipality of Poá through a page Web Prefecture. To increase agility in decision-making, information will also be available to citizens through an application installed on mobile devices (smartphones or tablets) that allows the current view of the percentage of water in the stream. The case study results showed the feasibility of implementing this proposal therefore be demonstrated that the water level in the stream monitoring using low cost sensors through a web page and application for mobile devices is possible. With the implementation of wireless sensor network citizens begin to monitor and be alerted to possible flooding, enabling the rescue of material goods and human lives.

Keywords: WSN. Wireless Sensor Network. Monitoring. Flooding. Streams. River. Radiumo. Smart City.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01. Disponibilização da Página <i>WEB</i> – Agora.....	60
Gráfico 02. Disponibilização da Página <i>WEB</i> – 24 horas.....	60
Gráfico 03. Média Móvel	64
Gráfico 04. Resultados da Bateria de Testes 1	72
Gráfico 05. Resultados da Bateria de Testes 2	72
Gráfico 06. Resultados da Bateria de Testes 3	73
Gráfico 07. Resultados da Bateria de Testes 4	73
Gráfico 08. Resultados da Bateria de Testes 5	74
Gráfico 09. Testes de Coleta no Córrego em Poá	76
Gráfico 10. Exemplo de Tela de NOC	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 01. Reservatórios de Contenção de Cheias da Cidade de São Paulo	23
Quadro 02. Localidades Específicas que Sofreram com Enchentes.....	25
Quadro 03. Medidas Estruturais de Controle das Enchentes	29
Quadro 04. Medidas não Estruturais	31
Quadro 05. Redes de Sensores Sem Fio Segundo a Configuração	37
Quadro 06. Redes de Sensores Sem Fio Segundo o Sensoriamento	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Escala Numérica de Saaty.....	48
Tabela 02. Prioridades Médias Locais.....	50
Tabela 03. Matriz Normalizada de Critérios.....	51
Tabela 04. Matriz das Prioridades Médias Locais e Prioridades Globais.....	52
Tabela 05. Objetos Gerenciados	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Processo de Enchente e Inundação	19
Figura 02. Municípios com Inundações Graduais e Bruscas nas Áreas Urbanas	25
Figura 03. Medidas para Controle das Cheias.....	28
Figura 04. Pluviômetro Automático.....	33
Figura 05. Arquitetura de um Nó Sensor	40
Figura 06. Interação com Outras Redes.....	41
Figura 07. Esquema de Funcionamento de Célula Solar.....	42
Figura 08. Estrutura de Hierarquias.....	48
Figura 09. Kit de Desenvolvimento Rádiuino	54
Figura 10. Camadas Rádiuino	54
Figura 11. Sensor Ultrassônico HC-SR04	55
Figura 12. Placa Fotovoltaica	56
Figura 13. <i>Script</i> em <i>Python</i> Criado para este Projeto.....	58
Figura 14. Interface do Aplicativo Alerta Poá.....	62
Figura 15. Definições do Usuário	62
Figura 16. Arquitetura Sugerida.....	63
Figura 17. Instalação do Projeto – CEATEC.....	65
Figura 18. Índice Pluvial de Poá	67
Figura 19. Área Sujeita a Enchentes	68
Figura 20. Sistema Implementado.....	70
Figura 21. Instalação do Nó Sensor	71
Figura 22. Cenário de Estudo de Caso.....	75
Figura 23. Sensor instalado em Ponto Crítico do Córrego em Poá.....	75
Figura 24. Estado Normal: de até 70% (Verde).....	78
Figura 25. Estado de Atenção: entre 71% e 80% (Amarelo).....	79
Figura 26. Estado de Alerta: entre 81% e 90% (Laranja).....	79
Figura 27. Estado de Emergência: entre 91% e 100% (Vermelho).....	80
Figura 28. Estado de Extravasamento: Acima de 100% (Preta)	80
Figura 29. Transbordamento do Córrego Itaim.....	91
Figura 30. Área Central, Local Onde foi Instalada a Ferrovia	92
Figura 31. Estação Original de Poá.....	93
Figura 32. Fonte Áurea	95
Figura 33. Córrego Itaim	96
Figura 34. Alagamento no Centro de Poá	97
Figura 35. Desenho Esquemático da Área Central de Poá.....	98

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	=	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
API	=	<i>Application Programming Interface</i>
App	=	<i>applications</i>
CLP	=	Controlador lógico programável
CMOS	=	<i>Complementary Metal-Oxide Semiconductor</i>
CSS	=	<i>Cascading Style Sheets</i>
dBm	=	<i>Decibel Milliwatt</i>
EB	=	Estação Base
GND	=	<i>Graduated Neutral Density</i>
GNU	=	<i>Gnu's Not Unix</i>
GSM	=	<i>Groupe Special Mobile</i>
HTTP	=	<i>HyperText Transfer Protocol</i>
Hz	=	<i>Hertz</i>
ID	=	Identificador
IP	=	<i>Internet Protocol</i>
ISO	=	<i>International Organization for Standardization</i>
MySQL	=	<i>My Structured Query Language</i>
NS	=	Nó Sensor
PA	=	Ponto de Acesso
PHP	=	<i>Personal Home Page</i>
RF	=	<i>Radio Frequency</i>
RSSF	=	Redes de Sensores Sem Fio
RSSI	=	<i>Received signal strength indication</i>
SCADA	=	<i>Supervisory Control and Data Aquisition</i>
SMS	=	<i>Short Message Service</i>
TCP	=	<i>Transmission Control Protocol</i>
TIC	=	Tecnologias de Informação e Comunicação
USB	=	<i>Universal Serial Bus</i>
V	=	<i>Volts</i>
VCC	=	<i>Volts Corrente Contínua</i>
wi-fi	=	<i>Wireless Fidelity</i>
WiMax	=	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>
WSN	=	<i>Wireless sensor network</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Objetivos	15
1.2. Organização do Texto	16
2. FUNDAMENTAÇÃO	17
2.1. As Enchentes no Brasil	17
2.1.1. Porque Acontecem as Enchentes	17
2.1.2. O Poder Público e sua Relevância Social nas Questões das Enchentes	20
2.2. Monitoração das Enchentes	26
2.2.1. Controle das Enchentes	27
2.2.2. Medidas Estruturais	28
2.2.3. Medidas Não Estruturais	30
2.2.4. Sistema de Previsão e Alerta	32
2.2.5. Sistema Pluviométrico	33
2.3. Redes de Sensores Sem Fio. RSSF	35
2.3.1. Conceito de Rede de Sensores Sem Fio	35
2.3.2. Elementos de RSSF	36
2.3.2.1. Sensores para Coleta de Dados	37
2.3.2.2. Microcontroladores	40
2.3.2.3. Gateway	41
2.3.2.4. Fonte de Alimentação Elétrica Fotovoltaica	41
2.3.2.5. Sistema de Transmissão	42
2.3.3. Sistemas Supervisórios	43
3. TRABALHOS RELACIONADOS AO MONITORAMENTO DE RIOS E CÓRREGOS EM CIDADES	45
3.1. Comparativo Através do Método AHP	47
4. MATERIAIS E MÉTODOS	53
4.1. Rádiuino	53
4.2. Sensor Ultrassônico HC-SR04	55
4.3. Placa Fotovoltaica	56
4.4. Software	56
4.4.1. Python	57
4.4.2. MySQL	58
4.4.3. Página WEB	59
4.4.4. Xamarin	61
4.5. Sistema de Monitoramento	63
4.6. Testes Preliminares	65
4.7. Escolha do Município	66
4.8. Estudo de Caso. Projeto de Monitoração apoiado em Redes de Sensores Sem Fio. RSSF ..	69
5. RESULTADOS	72
5.1. Resultados dos Testes Preliminares	72
5.2. Resultados do Estudo de Caso	74
6. CONCLUSÃO	82
6.1. Contribuições	84
6.2. Trabalhos Futuro	85
REFERÊNCIAS	86
APÊNDICE A – Município de Poá	91
APÊNDICE B – Pedido de Autorização – Poá	99
APÊNDICE C – Script para Coleta de Dados em Python	100
APÊNDICE D – Script para Página WEB em PHP	103
APÊNDICE E – Script para Aplicativo Alerta Poá	107
ANEXO A – Termo de Consentimento	111
ANEXO B – Datasheet HC-SR04	112
ANEXO C – Datasheet DK105	116

1. INTRODUÇÃO

Os problemas das enchentes assolam diversos países por todo o Planeta. Estudos das Nações Unidas (2015) demonstram que o aquecimento global somado ao fator humano tem contribuído muito com esse quadro.

O aquecimento global pode ser entendido como o acúmulo de calor que se dá não apenas pela atmosfera, mas também na água e solo. Os grandes centros se caracterizam pela geração de calor e a sua cobertura por construções diminui o movimento subterrâneo da água através do solo, e aumenta o fluxo ascendente de ventos, o que as torna vulneráveis para efeitos de aquecimento e enchentes.

Quanto ao fator humano, a degradação e a falta de cuidado com o meio ambiente têm contribuído sobremaneira com o processo de enchentes. Em especial, no caso brasileiro, esse problema tem se agravado a cada ano. A falta de investimento em infraestrutura nas áreas urbanas, somados ao excesso de pessoas que se encontram nas cidades e o acúmulo dos lixos despejados por boa parte da população, tornam os problemas de enchentes urbanas extremamente graves, resultando em perdas materiais, doenças, e muitas vezes, vidas.

Em muitas cidades costeiras localizadas ao redor do mundo como, por exemplo, no Golfo do México, ocorrem inundações induzidas por eventos de tempestades e furacões causando fatalidades graves e perdas de propriedades. Os problemas de gestão de inundações urbanas vão desde a capacidade de drenagem insuficiente que causa o alagamento doméstico, até as imprevisíveis e mais pesadas chuvas locais que causam transbordamento de rios e sistemas de esgoto. Uma gestão de inundações operacional requer dinâmica espacial detalhada e informação temporal antes, durante, e depois dos eventos de inundação para a previsão, monitoração, resposta de emergência, gestão de riscos, e avaliação de danos (CHANG; GUO, 2006).

Também no Brasil é possível encontrar córregos ou rios urbanos com pontos de risco de enchente conhecidos. Considerando-se, por exemplo, a cidade de São Paulo, é possível uma compreensão da gravidade do problema. Na maioria das vezes, a população conhece os riscos, porém, não são avisadas a tempo, sendo pegadas desprevenidas e o resultado é o que já é conhecido há muito tempo pelo povo da região, ruas alagadas, casas cheias de água, móveis boiando,

pessoas em total desespero por ter perdido tudo que possui dentro dos seus lares. Acrescentam-se ainda, os problemas que acontecem nas ruas, devido a rios e córregos transbordando, atrapalhando totalmente a vida do comércio local, além dos prejuízos de ordem financeira a estes, o trânsito e aos transeuntes que tem que enfrentar a enxurrada para conseguir chegar a suas casas, que em muitos casos, também podem encontrar alagadas. O problema é muito sério e pede atitudes urgentes, o que permite cogitar na hipótese de que uma dessas medidas poderia ser o fato da população ser avisada com antecedência?

Dentro do contexto de cidades digitais e do uso de tecnologias de informação e comunicação, com vistas a melhorias da qualidade de vida da população das cidades, a escolha desse estudo encontra sua justificativa em função dos benefícios que sua possível implementação possa trazer a esta população que vive atualmente o drama de habitar em áreas que sofrem com os alagamentos quando dos períodos de chuvas mais intensas.

Entende-se aqui, que por meio do uso inteligente de infraestruturas compostas pelas telecomunicações, por redes de sensores sem fio (RSSF), dentre outras tecnologias, novas soluções podem ser criadas gerando mais qualidade de vida aos cidadãos, tanto nas cidades quanto nos meios rurais.

1.1 Objetivos

Nesta pesquisa o principal objetivo é oferecer um sistema confiável de monitoração do nível de água de córregos, ou rios, que atravessam a cidade que contribua com a segurança da população, construída por meio do uso de uma rede de sensores sem fio de baixo custo financeiro.

De forma resumida, propõe-se um sistema de comunicações com base em Redes de Sensores Sem Fio, que subsidia a oferta de um serviço de informação, simples e eficiente, apoiado no monitoramento do nível de água de córregos (ou rios) que atravessem a cidade buscando mais segurança, tranquilidade, comodidade aos cidadãos, do que dispõem estes atualmente.

Espera-se que esse tipo de serviço, alerte a população quando houver risco de enchentes e lhes dê, com isto, o tempo hábil para agir, protegendo seus bens e até mesmo suas vidas. Aspira-se que as comunidades, nestes momentos críticos de chuvas intensas, possam estar conscientes da realidade e do possível

risco da inundação. Assim, a problemática que essa pesquisa pretende responder pode se configurar na seguinte questão: “é possível criar um sistema de comunicação, que apoiado em RSSF, alimente um Serviço de Informação proporcionando alertas de risco à população a fim de minimizar os problemas causados por uma enchente eminente em sua área habitacional?”.

1.2 Organização do Texto

Este documento está organizado de forma a esclarecer e apresentar todas as fases da pesquisa e desenvolvimento da solução. A dissertação é composta pelos seguintes capítulos:

Capítulo 2: Dedicado ao contexto das enchentes bem como as formas tradicionais de monitoramento e finalizando com os conceitos sobre Redes de Sensores Sem Fio.

Capítulo 3: Examina e discute simultaneamente as características de outros modelos de monitoração de enchentes.

Capítulo 4: Descreve os componentes e soluções utilizados no projeto Alerta Poá bem como a plataforma construída, além dos testes preliminares e estudo de caso.

Capítulo 5: Discute sobre os resultados obtidos da solução proposta.

Capítulo 6: Trata das considerações finais, apresentando a conclusão, contribuições e trabalhos futuros.

Referências Bibliográficas: Esta seção aborda o levantamento bibliográfico pertinente ao desenvolvimento deste trabalho.

Apêndices.

Anexos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 As Enchentes no Brasil

O problema das enchentes passou a ser algo um tanto comum na vida de muitos habitantes de varias cidades brasileiras. Infelizmente, todo verão é a mesma coisa: entre os meses de dezembro e março, normalmente os noticiários estão repletos de problemas relacionados com a elevação dos níveis de água e a inundação de casas e ruas, desencadeando uma série de tragédias que, na maioria das vezes, poderia ser evitada.

2.1.1 Porque Acontecem as Enchentes

Inicialmente tratar da questão das inundações nas cidades brasileiras, torna-se relevante na medida em que permite contribuir para que se tenha uma maior compreensão das questões ambientais e também da problemática social que ocorre nas regiões onde a população sofre com esse problema.

O Brasil em virtude da sua extensão e localização apresenta diferentes tipos de clima, sendo: equatorial (Região Amazônica), tropical (Regiões Centro-Oeste, Nordeste, Norte e Sudeste), semiárido (predomina no interior nordestino), tropical de altitude (típico das áreas mais elevadas dos estados do Sudeste: Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo), tropical atlântico (está presente na zona litorânea que se estende do Rio Grande do Norte, no Nordeste, ao Paraná, no Sul) e subtropical (Inclui os estados da Região Sul e parte de São Paulo e Mato Grosso do Sul). Além de o país possuir esse montante de diferenças climáticas, ainda é possível observar todo o processo existente que está contribuindo para mudanças expressivas no que tange ao clima (FARIA; PEDROSA, 2005).

A construção descontrolada é uma das várias consequências do crescimento demográfico verificado nas últimas décadas no país. O crescimento da população acabou gerando muitos problemas para as cidades que não foi acompanhado de forma eficiente pelas leis que amparam o meio ambiente urbano. Com o aumento do processo de urbanização observa-se o desmatamento, ocupação de áreas inadequadas para a construção de moradias sem infraestruturas, fatores esses que têm consequências graves na degradação do solo. Durante esse processo assiste-se à compactação do solo, que tem como consequência direta a diminuição da infiltração e aumento do

escoamento superficial, que pode levar à ocorrência de inundações dessas áreas (FARIA; PEDROSA, 2005. p. 09).

As atividades provenientes do homem no meio, somado ao descaso do poder público, vêm provocando alterações e impactos no ambiente há muito tempo. O problema das inundações em áreas urbanas existe em muitas cidades brasileiras e suas causas são as mais variadas, sendo: assoreamento do leito dos rios, impermeabilização das áreas de infiltração na bacia de drenagem ou fatores climáticos. O urbanismo de risco, denominação dada por Rolnik (1997) apud Pereira e Silva (2011) "são às áreas onde se instalam as pessoas cujo poder aquisitivo é menor, normalmente são as mais afetadas". Observa-se isso através das enchentes ocasionadas nessas regiões, por exemplo.

Urbanismo de risco é aquele marcado pela insegurança, quer do terreno, quer da construção ou ainda da condição jurídica da posse daquele território. As terras onde se desenvolvem estes mercados de moradia para os pobres são, normalmente, aquelas que pelas características ambientais são as mais frágeis, perigosas e difíceis de ocupar com urbanização: encostas íngremes, beiras de córregos, áreas alagadiças. O risco é, antes de tudo, do morador. Porém, o urbanismo é de risco para a cidade inteira (ROLNIK (1997) *apud* Pereira; Silva (2011, p. 15)).

Esses riscos são reflexos do impacto ambiental. Entende-se por impacto ambiental a consequência negativa provocada pelo conflito entre homem e natureza, na qual o resultado, com o passar dos anos, é o desequilíbrio em todos os sistemas do planeta que estão sendo atingidos. Alguns desses impactos podem ser observados, como por exemplo: erosão fluvial, efeito estufa, mudanças climáticas, etc. (PRINA et al, 2011).

A erosão fluvial provoca um grande desgaste nas encostas dos rios e removem porções das margens do solo e poderá causar desmoronamento de barrancos, bem como poderá ocasionar a mudança do curso do rio, assim no início da erosão, devido à grande declividade do terreno, irá acontecer com mais intensidade, na fase mais avançada acontece transporte de sedimentos, e posteriormente haverá o processo de acumulação de tais sedimentos (SANTOS et al (2003) *apud* Labadessa e Santos (2012, p. 28)).

Dentre os desastres naturais existentes, as enchentes e inundações nos centros urbanos se encontram em destaque. Estes fenômenos ocorrem normalmente associados a eventos pluviométricos intensos e prolongados, nos períodos chuvosos que correspondem ao verão na região sul e sudeste e ao inverno na região nordeste (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

Através da Figura 01 é possível observar as diferenças existentes entre uma situação normal do volume de água no canal de um curso d'água e nos eventos de enchente e inundação.

Figura 01. Processo de enchente e inundação.



Fonte: Tominaga, Santoro e Amaral (2009)

Conforme é possível observar em situação normal a água fica alojada bem abaixo do nível do solo, nos casos de enchentes ela o cobre criando um espelho d'água, e nas inundações a água fica bem acima do nível do solo.

A intensidade e frequência com que se dão as inundações ocorrem em função da intensidade e distribuição da precipitação, da taxa de infiltração de água no solo, do grau de saturação deste e das características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

O escoamento pluvial pode produzir inundações de áreas ribeirinhas e inundações devido à urbanização, os dois processos podem ocorrer isoladamente ou em conjunto. Os rios possuem dois leitos; um menor, por onde a água escoava normalmente, e outro maior, que é inundado em média a cada um ano e meio a dois anos (TUCCI, 2003. p. 64).

Acrescenta-se ainda que as inundações de áreas ribeirinhas e as inundações devido à urbanização podem ocorrer isoladamente ou de forma integrada em áreas urbanas.

As inundações ribeirinhas são processos de ocorrência natural e acontecem normalmente em bacias de grande e médio porte, áreas onde a declividade é baixa e a seção de escoamento é pequena. Quando se tem uma precipitação muito intensa a qual ultrapassa a capacidade de drenagem do rio, conseqüentemente, resultará em inundação nas áreas ribeirinhas. Os impactos acarretados por esse tipo de inundação dependem do grau de ocupação da várzea pela população e da frequência com a qual as mesmas ocorrem. Já as

inundações devido à urbanização são processos diretamente relacionados com as atividades antrópicas realizadas nas áreas urbanas. Ocorrem em bacias pequenas, com exceção para as grandes cidades. Esse tipo de inundação acontece à medida que a população impermeabiliza o solo, o que diminui sua infiltração e, portanto, acelera o escoamento, aumentando a vazão nos condutos e dificultando assim, a drenagem do local (TUCCI, 2003. p. 68):

O sistema de drenagem, na maioria das cidades brasileiras é do tipo misto, ou seja, o sistema recebe esgoto cloacal (formado pela água escoada pelos tanques de roupa, pias de cozinha, juntamente com banheiros e descargas sanitárias) e águas pluviais de forma integrada. O contato entre a água da chuva e o esgoto cloacal somado ao lixo presente nas ruas, contribui para a disseminação de patógenos, tornando-se uma questão de saúde pública (TUCCI, 2003).

No caso dos centros urbanos brasileiros o setor de drenagem está inserido nas questões relacionadas ao saneamento, porém, apesar da sua importância, ainda não foram priorizadas pelas políticas locais.

2.1.2 O Poder Público e sua Relevância Social nas Questões das Enchentes

Segundo a Lei 11.445/2007 o saneamento básico foi definido como: “o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais”.

A citada lei busca dar incentivo aos órgãos responsáveis para que todos tenham acesso ao abastecimento de água de qualidade e em quantidade suficientes às suas necessidades, à coleta e tratamento adequado do esgoto e do lixo, e ao manejo correto das águas das chuvas. Para tanto, os planos, os programas e as ações devem ser adequados com o Plano Diretor do município e com planos de manejo das bacias hidrográficas em que está inserido o Planejamento de Drenagem Urbana. Porém, na prática não é isso que acontece com as cidades brasileiras. O sistema gestor das cidades é realizado de forma isolada, não existem planejamentos integrados, resultando em elevados custos de implantação de projetos de drenagem. Tem-se que o grande volume precipitado e o grau de impermeabilização das cidades resultam em elevados volumes de água concentrados nos rios em curto espaço de tempo, ocasionando enchentes e trazendo outras consequências desagradáveis e prejuízos consideráveis, pondo

os habitantes em risco de contaminação ou até mesmo de morte. O problema de gestão reflete-se na falta de espaços para a implantação dos dispositivos necessários à redução da carga poluidora somada as cheias e se deve à falta de planejamento adequado, a médio e longo prazo, agravando os problemas e aumentando o desafio técnico e os custos a serem aplicados para sanar estas deficiências (RIBEIRO, 2014).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 71,8% dos municípios não possuía, em 2011, uma política municipal de saneamento básico. A estatística corresponde a 3.995 cidades que não respeitam a Lei Nacional de Saneamento Básico, aprovada em 2007. A maioria (60,5%) não tinha acompanhamento algum quanto às licenças de esgotamento sanitário, além da drenagem e manejo de águas pluviais urbanas e do abastecimento de água. Em quase metade das cidades do país (47,8%), não há órgão de fiscalização da qualidade da água (ANDRADE, 2012).

O gerenciamento da drenagem deve estar integrado ao gerenciamento do espaço urbano. Para implantar medidas sustentáveis na cidade faz-se necessário articular o Plano Diretor de Drenagem Urbana, e o Plano deve se basear nos princípios de: planejamento e o sistema de controle dos impactos existentes devem ser elaborados considerando a bacia como um todo; os novos desenvolvimentos não podem elevar a vazão máxima de jusante; o planejamento deve ser integrado ao Plano Diretor da cidade; o controle dos efluentes deve ser avaliado de forma integrada com o esgotamento sanitário e os resíduos sólidos. O Plano Diretor deve ser desenvolvido utilizando medidas não estruturais (principalmente a legislação) para os novos desenvolvimentos (loteamentos e lotes) e medidas estruturais por sub-bacia urbana da cidade (TUCCI, 2003. p. 69).

Importante destacar que por força do inciso I do art. 41 da Lei 10.257/01, somente os municípios com mais de 20.000 habitantes tinham obrigatoriedade de elaboração do Plano Diretor. Com a entrada em vigor da Lei 12.608/12, foi inserido o inciso IV que prevê essa obrigatoriedade também para cidades incluídas no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correspondentes, ou seja, na ausência de políticas públicas, cabe ainda ao Poder Legislativo, organizar as grandes linhas dessas políticas e ao Poder Executivo sua execução (BUCCI, 2012).

Para tanto, existe a necessidade de apoio do poder público, porém, estes sempre representaram um desafio, apesar de ser o responsável pela manutenção da cidade e segurança de seus cidadãos. A ausência deste na

questão das enchentes provocadas pelas chuvas poderia ter sido evitada com a devida limpeza de bueiros e galerias pluviais ou através de melhor conservação de seus canais e comportas ou fiscalização e alertas nas áreas de encostas de morros, etc.

O art. 30 da Constituição Federal permite ao município legislar sobre assunto de seu interesse, o que autoriza a Câmara Municipal adotar mecanismos relacionados às enchentes, enxurradas, alagamentos, etc., já que estas têm sido um dos grandes problemas locais.

O Poder Público não pode alegar a imprevisibilidade do evento natural (chuva). Não nos parece, pois está se tornando cada vez mais previsível, posto que: os aspectos históricos e geográficos dão a ciência da possibilidade da referida ocorrência; a tecnologia e os inventos realizados na construção civil e contratual (seguros) permitem a tomada de medidas preventivas; e os tributos pagos pelos contribuintes, dentre as suas finalidades, estão a de evitar os danos decorrentes desta ocorrência (chuvas) (MARSALOLI, 2010. p. 08).

Dentre as medidas existentes, Ribeiro (2014) apresenta como exemplo os Reservatórios de Contenção de Cheias, popularmente chamados de Piscinões, localizados na cidade de São Paulo. Todos são operados pelo poder público municipal, dos recursos destinados à sua manutenção e conservação no ano de 2012, cerca de 700 milhões de reais, aproximadamente 400 milhões foram realmente utilizados durante o período de chuvas, por falta de planejamento nas licitações para contratação de empresas e prestadoras destes serviços.

Através do Quadro 01 é possível observar os dezenove piscinões da cidade de São Paulo e os volumes reservados individualmente.

Quadro 01. Reservatórios de Contenção de Cheias da Cidade de São Paulo.

PISCINÃO	CONSTRUÇÃO	CURSO D'ÁGUA	CAPACIDADE
Anhanguera	DAEE - Dez/2009	Ribeirão Vermelho	160 mil m ³
Aricanduva I	Prefeitura de São Paulo	Córrego Aricanduva	200 mil m ³
Aricanduva II	Prefeitura de São Paulo	Córrego Aricanduva	150 mil m ³
Aricanduva III	Prefeitura de São Paulo	Córrego Aricanduva	320 mil m ³
Aricanduva V	Prefeitura de São Paulo	Córrego Aricanduva	167 mil m ³
Bananal	Prefeitura de São Paulo	Córrego Bananal	210 mil m ³
Caguaçu	Prefeitura de São Paulo	Córrego Caguaçu	310 mil m ³
CPTM/Jd. Maria Sampaio	DAEE – Jun/2004	Córrego Pirajuçara	120 mil m ³
Eliseu de Almeida	DAEE – Out/2004	Córrego Pirajuçara	113 mil m ³
Guaraú	Prefeitura de São Paulo	Córrego Guaraú	240 mil m ³
Inhumas	Prefeitura de São Paulo	Córrego Inhumas	100 mil m ³
Jabaquara	Prefeitura de São Paulo	Córrego Águas Espraiadas	360 mil m ³
Limoeiro	Prefeitura de São Paulo	Córrego Limoeiro	300 mil m ³
Pacaembu	Prefeitura de São Paulo	Córrego Pacaembu	74 mil m ³
Pantanal	Prefeitura de São Paulo	Córrego Três Pontes	15 mil m ³
Pedras	Prefeitura de São Paulo	Córrego Rio das Pedras	25 mil m ³
Pedreira	Prefeitura de São Paulo	Córrego Pedreiras	1,5 milhão m ³
Rincão	Prefeitura de São Paulo	Córrego Rincão	304 mil m ³
Sharp	DAEE – Jan/2010	Córrego Pirajuçara	500 mil m ³

Fonte: Ribeiro (2014)

Os reservatórios para controle de cheias (piscinões) são estruturas que funcionam para detenção ou retenção de água e têm finalidade de reduzir o efeito das enchentes em áreas urbanas. Sua atuação na bacia hidrológica de uma região, redistribuindo os escoamentos no tempo e no espaço, permite recuperar, em parte, as características de armazenagem dessa bacia. Além de auxiliar no controle de cheias, os reservatórios urbanos, em alguns casos, podem ser usados para tratar a poluição carregada pela água nas cidades. E, ainda, podem adquirir funções paisagísticas para se integrar mais harmoniosamente ao ambiente urbano (CORSINI, 2011).

A má disposição e destinação dos resíduos sólidos que durante as chuvas são transportados pelas redes coletoras de drenagem pluvial nos centros urbanos brasileiros, acabam saturando e danificando as tubulações condutoras, reduzindo assim, a eficiência da drenagem no local.

Nesse sentido, apenas recentemente tem-se desenvolvido a conscientização quanto à necessidade de se reciclar o lixo descartado. Apesar de tal iniciativa, essa questão anda a passos lentos.

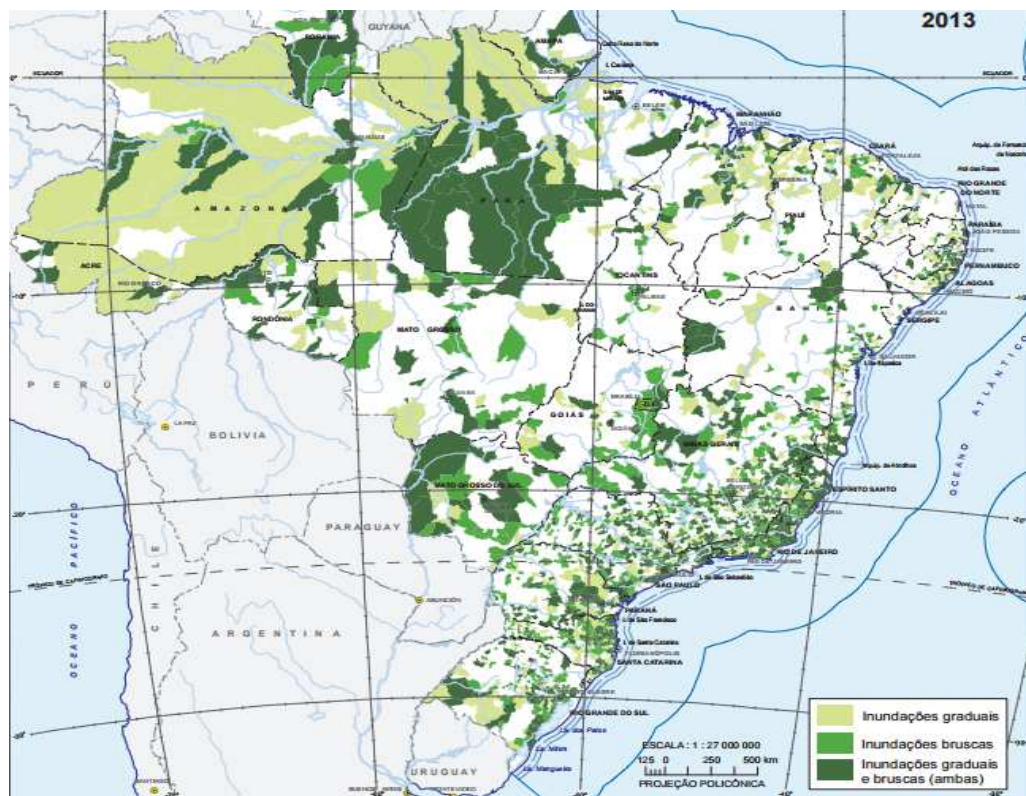
Importante destacar ainda que o controle das enchentes urbanas representa processos permanentes, que deve ser mantido pela comunidade, buscando visar à redução do custo social e econômico dos impactos gerados. Não deve ser visto como uma ação isolada, mas como uma atividade em que o poder público e a sociedade devem participar de forma contínua.

O problema de inundações urbanas no Brasil é de extrema complexidade, inclui diversos setores, articulações e diferentes dinâmicas de poder. Ocorrem como consequência de uma perspectiva política falha, que negligencia os fatores sociais e a falta de planejamento.

O quadro de desigualdade social no país é preocupante e os recursos ambientais são explorados sem o devido controle ou planejamento, desta forma é difícil discutir isoladamente problemas como o das enchentes, por exemplo, pois o planejamento não é realizado de forma antecipada, como deveria, mas após o problema ter ocorrido. Esta dinâmica necessita de mudanças urgentes, para pelo menos, tentar minimizar suas consequências.

Para que se possa compreender a dimensão do problema em questão, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), no ano de 2013, no país, foram 1543 municípios atingidos por enchentes ou inundações graduais (27,7% do total dos municípios brasileiros) e 1574 atingidos por enxurradas ou inundações bruscas (28,3%). Os valores são semelhantes também quando referentes ao tamanho populacional das cidades. Foram 948 municípios afetados por ambos os eventos. Através da Figura 02 é possível observar a distribuição do grande número de municípios que sofreram inundações graduais e/ou bruscas.

Figura 02. Municípios com Inundações Graduais e Bruscas nas Áreas Urbanas.



Fonte: IBGE (2013)

Acrescentam-se ainda através do Quadro 02 a seguir, de maneira resumida, os estados que sofreram de maneira drástica com as enchentes no período de 2010 a 2016.

Quadro 02. Localidades Específicas que Sofreram com Enchentes.

2010: Região Nordeste	19 pessoas morreram em Pernambuco e 34 em Alagoas.
2010: Minas Gerais	Mais de 70 cidades decretaram situação de emergência. Quase 20 mil pessoas ficaram desabrigadas ou desalojadas e ao menos 16 pessoas morreram.
2011: Rio de Janeiro	Região Serrana do Rio de Janeiro as chuvas provocaram muita destruição, principalmente em Nova Friburgo e Teresópolis. Segundo dados oficiais, houve 905 mortes. Foi considerada a maior tragédia da história do país.
2012: Minas Gerais	As chuvas causaram a morte de 17 pessoas e deixaram 62 mil desalojados e cinco mil desabrigados. Em vários municípios, rios transbordaram, inundando as cidades e 195 estão em emergência.
2013: Rio de Janeiro	Fortes chuvas deixaram dois mortos e 1.500 pessoas sem casa no bairro de Xerém, em Duque de Caxias (RJ).
2013: Minas Gerais	Tempestades ocorridas provocaram desmoronamentos, desabamentos de casas e enchentes em diversas cidades. Dezesete pessoas morreram e 23 municípios decretaram situação de emergência devido às chuvas. Os locais mais atingidos foram a Zona da Mata e Governador Valadares.
2013: Espírito Santo	21 mortes e mais de 50 mil pessoas desabrigadas devido às fortes chuvas que ocorreram. Quarenta e cinco municípios declararam

	situação de emergência. As chuvas foram consideradas as mais intensas da história do estado.
2014: São Paulo	O município de Itaóca, situado no Vale do Ribeira, em São Paulo, foi atingido por uma enxurrada, após forte chuva nas serras ao redor da cidade. Em consequência, houve 12 óbitos, 15 pessoas desaparecidas e 83 famílias desabrigadas. Segundo a Defesa Civil, 19 casas foram totalmente destruídas. A Ponte José Valério, que liga parte central de Itaóca a oito bairros rurais, foi derrubada. A cidade enfrentou problemas no abastecimento de água e energia. Apiaí, município vizinho de Itaóca, também foi atingida pela tempestade.
2015: São Paulo	Pelo menos três municípios de São Paulo decretaram estado de emergência por causa das chuvas dos últimos dias. Em Piracicaba, o rio Piracicaba transbordou, dez famílias ficaram desalojadas pela enchente. Em Poá, 150 pessoas desalojadas além dos prejuízos causados a comerciantes. Em Lençóis Paulista, o rio Lençóis chegou a subir 5 metros acima do leito, deixando 800 desalojados e 100 desabrigados.
2016: São Paulo	18 mortes do Estado. Na Região Metropolitana foram oito mortos, em Francisco Morato quatro, em Mairiporã dois, em Itapevi, Guarulhos e Cajamar foram 1 em cada local. No interior, houve duas mortes em Itatiba.

Fonte: Araujo (2014)

Conforme se observa no Quadro 02 é possível inferir que muitas cidades a situação se apresenta caótica, pode-se dizer que muitas das cidades referenciadas não possuem zoneamento ou planejamento de risco de enchentes no Plano Diretor, ou nas leis de zoneamento.

A necessidade de estudo de soluções de baixo custo é amparada pela escassez de recursos financeiros nas instituições públicas responsáveis pela execução das políticas de defesa civil definidas em lei (BRASIL, 2014).

No Brasil, a Federação, os Estados e Municípios têm obrigações bem definidas no planejamento das atuações que a Defesa Civil precisa executar para monitoramento e planejamento de ações em caso de incidentes (ou desastres) em regiões de risco.

2.2 Monitoração das Enchentes

Antes de adentrar no tema proposto para essa fase do estudo, importante se faz realizar uma breve explanação sobre o controle das enchentes nos centros urbanos para na sequência abordar a monitoração.

2.2.1 Controle das Enchentes

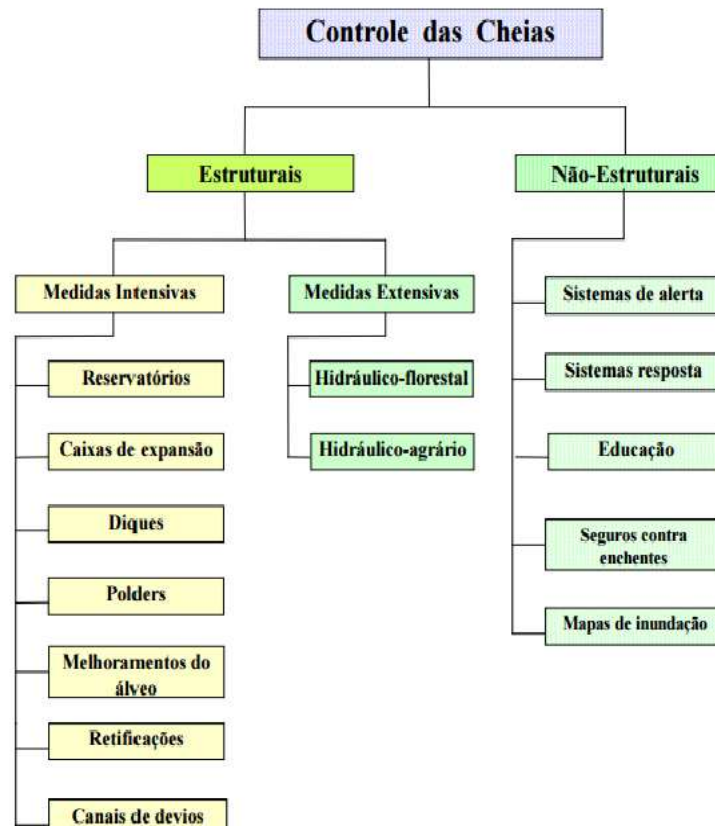
De uma forma geral, a sociedade se desenvolveu nas margens de rios, porém, com a evolução da sociedade, àqueles que possuíam maior poder aquisitivo migraram para lugares mais seguros, longe das enchentes (El-Deir, 2014).

No caso dos centros urbanos, a falta de uma maior consciência por parte da população ou mesmo pela falta de opção de moradia levaram muitas pessoas de baixa renda a habitar nas margens dos rios. Isso resulta que em meio a uma catástrofe, ou evento chuvoso crítico, esses indivíduos são os mais prejudicados.

Com fundamento nos levantamentos históricos das enchentes acrescidos de suas consequências, são criadas medidas para o controle das mesmas, com o objetivo de amenizar os danos. Este conjunto de medidas tem como foco diminuir os impactos causados pelas enchentes nas populações e desta forma, reduzir suas perdas (PREFEITURA DE POÁ, 2015).

Os princípios que norteiam a utilização de técnicas que compensem o controle de cheias e inundações são: a retenção da água por mais tempo na bacia hidrográfica com o intuito de regular as vazões; limitar a poluição dos meios naturais e favorecer a infiltração no solo das águas pluviais. Segundo Cordero, Medeiros e Teran (2009, p. 02), "um critério de classificação das medidas de controle das cheias é aquele que se subdivide em duas categorias: as soluções estruturais e as não estruturais". A figura 03 representa as medidas para controle das cheias.

Figura 03. Medidas para Controle das Cheias.



Fonte: Cordero; Medeiros; Teran (2009)

As primeiras medidas influenciam na estrutura da bacia, seja na sua extensão (medidas extensivas), mediante intervenções diretas na sua sistematização hidráulica, seja localmente (medidas intensivas) mediante obras com objetivo de controlar as águas, como por exemplo: reservatórios, caixas de expansões, diques, polders, melhoramento do álveo, retificações, canais de desvio, canais paralelos e canais extravasores. Por outro lado, as medidas não estruturais consistem na busca da melhor convivência do homem com o problema das enchentes (CORDERO; MEDEIROS; TERAN, 2009). Na sequência serão apresentadas as características das medidas estruturais e não estruturais.

2.2.2 Medidas Estruturais

As medidas estruturais são obras realizadas com objetivo de reduzir o risco de enchentes em uma determinada localidade.

As medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da

cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchente e controla a erosão da bacia (TUCCI, 2007. p. 74).

O controle extensivo das cheias é realizado mediante interferência de conservação do solo e através do reflorestamento da bacia. Este tipo de medida produz benefícios diversos que influenciam no fenômeno de formação da cheia. Segundo Cordero; Medeiros; Teran (2009, p. 12) para tanto são utilizados os seguintes mecanismos:

- aumento da capacidade de infiltração do terreno e, conseqüentemente, redução dos defluxos superficiais (que constituem a componente mais importante da cheia);
- redução da velocidade média de escoamento d'água e incremento dos volumes hídricos contidos temporariamente no solo, com conseqüente aumento dos tempos de concentração e da capacidade de laminação da bacia. A onda de cheia resulta, portanto, mais achatada e com a vazão de pico inferior com respeito ao caso da bacia não sistematizada.

O Quadro 03 irá apresentar as vantagens e desvantagens nesse tipo de controle.

Quadro 03. Medidas Estruturais de Controle das Enchentes.

Medida	Principal Vantagem	Principal Desvantagem	Aplicação
Medidas Extensivas			
Cobertura vegetal	Redução do pico de cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
Controle de perda de solo	Reduz assoreamento	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
Medidas Intensivas			
Diques e polders	Alto grau de proteção de uma área	Danos significativos caso falhe	Grandes rios
Melhoria do Canal			
Redução da rugosidade por desobstrução	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
Corte de meandro	Amplia a área protegida e acelera o escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar	Área de inundação estreita
Reservatórios			

Todos os reservatórios	Controle a jusante	Localização difícil	Bacias intermediárias
Reservatórios com comportas	Mais eficiente com o mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projetos de usos múltiplos
Reservatórios para cheias	Operação com o mínimo de perdas	Custo não partilhado	Restrito ao controle de enchentes
Mudança do Canal			
Caminho da cheia	Amortecimento de volume	Depende da topografia	Grandes bacias
Desvios	Reduz vazão do canal principal	Depende da topografia	Bacias médias e grandes

Fonte: Tucci (2007)

As medidas estruturais, geralmente, não são projetadas para fornecer uma proteção completa. Além da dificuldade em prevê-la, tem sua proteção física e economicamente muitas vezes inviável. Além disto, as medidas estruturais podem criar uma falsa sensação de segurança, permitindo o aumento da ocupação das áreas inundáveis, que no futuro podem gerar danos significativos (TUCCI, 2007). Nesse sentido surgem as medidas não estruturais que podem minimizar significativamente os danos com um menor custo, conforme será apresentado na sequência.

2.2.3 Medidas Não Estruturais

As medidas não estruturais consistem em sistema de alertas, sistemas resposta, mapas de alagamento, seguros contra danos produzidos pelas enchentes e na educação da população (TUCCI, 2007). As medidas não estruturais serão apresentadas no Quadro 04 a seguir.

Quadro 04. Medidas não Estruturais.

Sistema resposta	Este sistema compreende os procedimentos de decisões e os respectivos planos de ações de proteção, que possam ser implementados em curto prazo, como por exemplo: a retirada dos bens materiais móveis, a evacuação da população e dos animais das zonas inundáveis, elevação de diques com sacos de areia, abertura e fechamento das comportas dos reservatórios ou polders construídos para o controle de enchente, etc.
Educação	O sucesso de um plano de controle das cheias baseado nas medidas não estruturais depende muito do conhecimento do risco das enchentes por parte das pessoas que habitam as áreas inundáveis. Por isto, um trabalho de conscientização para a população dos riscos que elas estão sujeitas com as enchentes é fundamental e deve ser incrementado imediatamente após a ocorrência de cada evento de cheia.
Seguros contra enchentes	Os seguros contra enchentes são apólices de seguro, estipuladas por companhias especializadas, para aquelas habitações, indústrias ou casas comerciais localizadas nas zonas sujeitas a serem inundadas com as enchentes.
Mapas de inundação	Os mapas de inundação podem ser de dois tipos: “mapa de planejamento ou carta enchente” e “mapa de alerta ou mapa cota enchente”. O mapa de planejamento define as áreas atingidas por cheias de tempo de retorno escolhidos. O mapa de alerta informa em cada esquina ou ponto de controle, o nível da régua no qual inicia a inundação. Este mapa permite o acompanhamento da evolução da enchente, com base nas observações da régua, pelos moradores nos diferentes locais da cidade. Para a elaboração desses mapas são necessários os seguintes dados: a) nivelamento da régua a um zero absoluto b) topografia da cidade no mesmo referencial absoluto da régua linimétrica. Cota da rua no meio de cada esquina das áreas de risco; c) estudo de probabilidade de inundações de níveis para uma seção na proximidade da cidade; d) níveis de enchentes, ou marcas ao longo da cidade que permita a definição da linha de água; e) seções batimétricas ao longo do rio no perímetro urbano. Caso a localização da seção de observação se encontre fora do perímetro urbano, a batimetria deve ir até a referida seção. O espaçamento das seções depende das modificações do leito e da declividade da linha de água, mas espaçamentos entre 500 e 1.000 m são suficientes; f) cadastramento das obstruções ao escoamento ao longo do trecho urbano como pontes, edifícios e estradas, entre outros. No caso das obstruções, essas podem ser importantes se reduzirem significativamente à seção transversal. Na prática, é muito difícil a obtenção de todas as informações relacionadas, portanto, é conveniente dividir o estudo em duas fases. Na primeira fase, dita preliminar, seriam delimitadas com precisão reduzida às áreas de inundação com bases em mapas topográficos existentes e marcas de enchentes. Na segunda fase, com a delimitação aproximada das áreas de inundação, a topografia com maior detalhe seria realizada nas áreas definidas, juntamente com a batimetria do rio, e calculados com precisão os dois mapas referidos.
Mapeamento preliminar	Nas cidades de porte superior a 10.000 habitantes existem projetos de abastecimento de água. Para esses projetos é realizada uma topografia com espaçamento de 5m em 5m. Estes mapas não possuem a precisão desejadas para este tipo de estudo, mas podem ser utilizados preliminarmente. Os erros podem ser minimizados com visitas in loco, fotografias aéreas e verificação de pontos característicos do levantamento.

Mapeamento definitivo	Neste caso é necessário o levantamento detalhado da topografia das áreas de risco com o tempo de retorno menor ou igual há 100 anos. A escolha do tempo de retorno é arbitrária e depende da definição do futuro zoneamento. Caso tenha ocorrido uma enchente com tempo de retorno superior a 100 anos, deve-se escolher o maior valor ocorrido. Nesse levantamento deve constar o nível do meio da rua de cada esquina das áreas de risco. Além da topografia é necessário o levantamento das obstruções ao escoamento, como pilares e encostos de pontes, estradas com taludes, edifícios, caracterizando em planta e, em seção, o tipo de cobertura e obstrução.
------------------------------	---

Fonte: Cordero; Medeiros; Teran (2009)

Para esse estudo, importante destacar, dentre as medidas não estruturais, o "Sistema de Previsão e Alerta", que tem por objetivo informar e alertar as pessoas que habitam em zonas sujeitas a inundações sobre os riscos e a eminência de enchente.

2.2.4 Sistema de Previsão e Alerta

Os alertas são baseados nas previsões dos eventos de cheia, que são simulados por meio de modelos matemáticos hidrológicos em tempo real. Tais modelos consistem em prever a evolução do fenômeno de cheia, nível do rio, com certa antecipação. Os alertas, por sua vez, servem para acionar os dispositivos de controle das cheias pré-dispostos no sistema resposta. A obtenção de dados em tempo real, transmissão de informação para um centro de análise, previsão em tempo real com modelo matemático, e o Plano de Defesa Civil, que envolve todas as ações individuais ou de comunidade necessárias, com o objetivo de reduzir as perdas durante as enchentes (TUCCI, 2007).

Ainda na visão de Tucci (2007, p. 78), "um sistema de alerta de previsão em tempo real envolve os seguintes aspectos":

- Sistema de coleta e transmissão de informações do tempo e hidrológicas: Sistema de monitoramento por rede telemétrica, satélite ou radar e transmissão destas informações para o centro de previsão.
- Centro de Previsão: Recepção e processamento de informações, modelo de previsão, avaliação e alerta.
- Defesa Civil: programas preventivos: educação, mapa de alerta, locais críticos; alerta aos sistemas públicos: escolas, hospitais, infraestrutura; alerta a população de risco, remoção e proteção à população atingida durante a emergência ou nas enchentes.

Este autor também acrescenta que "na ocorrência de eventos chuvosos críticos, há três níveis referentes ao sistema de alerta", sendo:

- **Nível de acompanhamento:** Nível onde existe um acompanhamento por parte da equipe técnica na evolução da enchente. A partir desse momento a Defesa Civil é alertada sobre a chegada de uma enchente. É iniciada então a previsão de níveis em tempo real.
- **Nível de alerta:** A partir deste nível é previsto que um nível futuro crítico será atingido dentro de um horizonte de tempo da previsão. Tanto a Defesa Civil como os administradores municipais passam a receber regularmente as previsões para a cidade e então a população recebe o alerta e as instruções da Defesa Civil.
- **Nível de emergência:** Neste nível ocorrem os prejuízos materiais e humanos. Essas informações são o nível real e previsto com antecedência, e o intervalo provável dos erros, obtidos dos modelos.

A fase de ação consiste em medidas que devem ser executadas para diminuir o prejuízo da população quando a enchente ocorre, isolando ruas e áreas de risco, remoção da população, animais e proteção de locais onde haja interesse público.

2.2.5 Sistema Pluviométrico

O monitoramento das áreas urbanas caracteriza-se pela sua grande heterogeneidade e variabilidade temporal. O acompanhamento das variações ocorridas é essencial para conduzir estas áreas a um desenvolvimento sustentável, prevenindo os impactos futuros.

No caso de muitos municípios, estes utilizam como meio de monitoramento um equipamento denominado Pluviômetro Automático (Figura 04).

Figura 04. Pluviômetro Automático.



Fonte: G1

O aparelho utilizado por muitos municípios que tem como função monitorar o volume de chuva na cidade em tempo real. O equipamento tem como meta alertar em caso de chuvas fortes.

"O nome pluviômetro é formado pela palavra latina pluvia (chuva) mais o termo grego metro. É um instrumento extremamente simples e, também, muito antigo" (IPEM, 2011).

Também o IPEM (2011) neste mesmo documento apresenta o pluviômetro como um dispositivo que mede a quantidade de água da chuva em milímetros de altura por metro quadrado. A quantidade de chuva que cai num lugar, não escorre ou se infiltra no solo, mas permanece ali como uma lâmina de água. Se for medida a altura dessa lâmina de água em milímetros, se tem, ao mesmo tempo, uma boa noção de quanto choveu, além de ser possível calcular essa quantidade em litros. Uma lâmina d'água com um milímetro de altura, que ocupe um metro quadrado de área, terá um milhão de milímetros cúbicos. Isso equivale a um litro. Desta forma, quando se têm 10 milímetros de chuva, significa dizer que a precipitação acumulou uma lâmina d'água ideal de 10 milímetros (um centímetro) de altura, o que equivale a um volume de 10 litros em cada metro quadrado de superfície.

Importante destacar que os pluviômetros usados pelos meteorologistas possuem uma construção mais complexa, porém, o princípio é exatamente o mesmo. A meteorologia moderna utiliza o pluviômetro automático de balança ou pluviógrafo.

Os pluviômetros são cedidos depois de pedidos da Prefeitura ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI) do Governo Federal.

As cidades que têm mapeamento de risco podem fazer a inscrição pedindo os pluviômetros, contudo, o local de instalação tem de estar seguro porque é um material caro e que pode ser alvo de vandalismo. Através desses aparelhos é possível medir a quantidade de chuva em tempo real, pois os mesmos são interligados ao Cemaden e, através de satélite, os dados são registrados na hora.

Esse tipo de equipamento tem sua funcionalidade através de energia solar. São importantes porque dão uma dimensão, em tempo real, das chuvas que venham atingir a cidade.

2.3 Redes de Sensores Sem Fio - RSSF

Uma Rede de Sensores Sem Fio em termos gerais é composta por dois elementos principais: Estação Base (EB) e Nó Sensor (NS), logo este capítulo abordará estes e outros elementos de uma RSSF.

2.3.1 Conceito de Rede de Sensores Sem Fio

Quanto a Rede de Sensores Sem Fio (RSSF), os avanços que surgiram nas áreas de comunicação sem fio, de sistemas de tecnologia micro-eletromecânica e de sistemas embarcados, têm proporcionado uma nova geração de Redes de Sensores.

Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) é o termo utilizado para classificar dispositivos dotados da capacidade de processamento e comunicação que se auto-organizam em redes do tipo *ad hoc* estáticas (BERNDT, 2012).

Essas redes permitem o monitoramento de pedestres ou tráfego veicular, monitoramento de animais silvestres e habitat para conservação ambiental, detecção de incêndios florestais, monitoramento de linhas de produção em fábricas, monitoramento de enchentes, entre outras (SILVA, 2011).

Apesar dos nós normalmente serem estáticos, a topologia de rede da RSSF é dinâmica. Os nós sensores são dispositivos dotados de capacidade de sensoriamento, armazenamento, processamento, comunicação e fonte de energia própria.

A flexibilidade de instalação e configuração dessas redes faz com que sua utilização apresente resultados bem expressivos quando comparados com outras tecnologias. Este elevado nível de maleabilidade necessita de mecanismos com grande capacidade de adaptação. Essas redes permitem estabelecer uma conexão entre o mundo físico e as redes de computadores (*Internet*), funcionando como uma infraestrutura entre o mundo real e o virtual (DRUMOND, 2012).

A operação de uma RSSF possui cinco fases: configuração, manutenção, sensoriamento, processamento e comunicação. Drumond (2012, p. 09) assim especifica cada uma delas:

- Configuração: ocorre o estabelecimento da rede na região de monitoração.
- Manutenção: está ativa durante todo tempo de operação das redes, tem o objetivo de prolongar seu tempo de vida.
- Sensoriamento: tem a tarefa de observar e coletar os dados requisitados pela aplicação.
- Processamento: é responsável pela fase de análise dos dados coletados pelos nós sensores e está relacionado ao gerenciamento, comunicação e manutenção da rede.
- Comunicação: é responsável pelas operações de transmissão e recepção dos dados.

A área de cobertura de uma RSSF correlaciona à região coberta pelo dispositivo de sensoriamento dos nós e o seu cálculo está relacionado ao raio de alcance dos nós que se encontram ativos na rede. A cobertura é definida, para garantir a qualidade de serviço requerido sem necessariamente realizar a ativação de todos os nós da rede (DRUMOND, 2012).

No que tange a funcionalidade de RSSF entende-se que não se encontra relacionada somente ao tipo de sensoriamento a ser desempenhado, mas também, a comunicação, manutenção, processamento e o estabelecimento da rede. Com relação ao tipo da RSSF, esta pode ser plana ou hierárquica: nas redes planas os pontos de acesso (nós sorvedouros) coletam e processam os dados da rede. Nas redes hierárquicas os nós sensores se organizam em grupos e elegem um nó líder (BERNDT, 2012).

2.3.2 Elementos de RSSF

Fazem parte dos elementos de RSSF deste projeto: sensor para coleta de dados; microcontrolador; *gateway*, fonte de alimentação elétrica e sistema de transmissão.

2.3.2.1 Sensores para Coleta de Dados

Inicialmente cabe realizar uma breve explanação do que sejam sensores. Sensor é a denominação dada para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que podem ser luminosas, térmicas, cinéticas, mecânicas, elétricas, magnéticas, etc. Relacionam informações sobre uma grandeza física que precisa ser mensurada, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc. Um sensor nem sempre tem as características elétricas necessárias para ser utilizado em um sistema de controle. Normalmente o sinal de saída deve ser manipulado antes da sua leitura no sistema de controle. Isso geralmente é realizado com um circuito de interface para produção de um sinal que possa ser lido pelo controlador (WENDLING, 2010).

No que se refere aos sensores para coleta de dados, qualquer projeto ou solução proposta para estas redes deve levar em consideração os requisitos da aplicação a serem desenvolvidas, as características e restrições dos componentes dos nós sensores, assim como as características do ambiente onde tais redes serão aplicadas (RUIZ et al, 2015). Os Quadros 05 e 06 representam os requisitos e características da RSSF.

Quadro 05. Redes de Sensores Sem Fio Segundo a Configuração.

Composição	Homogênea	Rede composta de nós que apresentam a mesma capacidade de <i>hardware</i> . Eventualmente os nós podem executar <i>software</i> diferente.
	Heterogênea	Rede composta por nós com diferentes capacidades de <i>hardware</i> .
Organização	Hierárquica	RSSF em que os nós estão organizados em grupos (<i>clusters</i>). Cada grupo terá um líder (<i>cluster-head</i>) que poderá ser eleito pelos nós comuns. Os grupos podem organizar hierarquias entre si.
	Plana	Redes em que os nós estão organizados em grupos.
Mobilidade	Estacionária	Todos os nós sensores permanecem no local onde foram depositados durante todo o tempo de vida da rede.
	Móvel	Rede em que os nós sensores podem ser deslocados do local onde inicialmente foram depositados.
Densidade	Balanceda	Rede que apresenta uma concentração e distribuição de nós por unidade de área considerada ideal segundo a função objetivo da rede.

	Densa	Rede que apresenta uma alta concentração de nós por unidade de área.
	Esparsa	Rede que apresenta uma baixa concentração de nós por unidade de área.
Distribuição	Irregular	Rede que apresenta uma distribuição não uniforme dos nós na área monitorada.
	Regular	Rede que apresenta uma distribuição uniforme dos nós na área monitorada.

Fonte: Ruiz et al (2015)

Quadro 06. Redes de Sensores Sem Fio Segundo o Sensoriamento.

COLETA	
Periódica	Os nós sensores coletam os dados sobre os fenômenos em intervalos regulares. Um exemplo são as aplicações que monitoram o canto dos pássaros. Os sensores farão a coleta durante o dia e permanecerão desligados durante a noite.
Contínua	Os nós sensores coletam os dados continuamente. Um exemplo são as aplicações de exploração interplanetária que coletam dados continuamente para a formação de base de dados para pesquisa.
Reativa	Os nós sensores coletam os dados quando ocorrem eventos de interesse ou quando solicitado pelo observador. Um exemplo são as aplicações que detectam a presença de objetos na área monitorada.
Tempo real	Os nós sensores coletam a maior quantidade de dados possível ao menor intervalo de tempo. Um exemplo são aplicações que envolvem riscos para vidas humanas tais como aplicações em escombros ou áreas de desastres. Outro exemplo são as áreas militares onde os dados são coletados é importante na tomada de decisão e definição de estratégias.

Fonte: Ruiz et al (2015)

Destacam-se ainda, os estudos de Carvalho (2008) sobre as técnicas de medição. Segundo Carvalho (2008, p. 79), "as medições são necessárias para qualquer meio de medir vazão, o que irá variar é a forma com que são realizadas estas medições".

Sobre as formas:

Medição Indireta: consiste de uma forma manual de estimar a vazão seja em rios ou córregos. Com o uso de uma trena; corda; ou caso o canal seja muito largo, a medição pode ser feita com o uso de um GPS, depois de determinada sua largura e profundidade média. Este próximo passo pode ser feito com o uso de uma simples vara de bambu, corda com peso, ou medir a laser. Em seguida, fazem-se medições para estimar a média das profundidades. Com a média da profundidade e a distância do canal, resta as últimas variáveis, que é a velocidade média do fluxo de água.

Medição Direta: esse tipo de medição tem por base o rio que apresenta diferentes velocidades do fluxo de água, em que a velocidade nas margens é inferior que no meio do canal, assim como na superfície e no fundo também são diferentes. Devido a esta dinâmica, que o fluxo tem no canal, é necessário um conjunto de medidas no canal tanto na vertical como transversal ao rio, para que não seja feita uma estimativa errada da velocidade média do rio. Para se obter uma média da velocidade da correnteza de forma coerente, é necessário realizar medições da velocidade do fluxo em diferentes seções transversais ao canal, e em cada seção medir em diferentes verticais (profundidades diferentes). Para tanto, utiliza-se:

a) Molinete hidrométrico: possui uma hélice a qual converte o movimento de translação do fluxo de água em um movimento de rotação de uma hélice, que com o auxílio de um contador é determinado num intervalo de tempo o número de voltas que a hélice realizou, após saber o número de voltas da hélice num dado intervalo de tempo, é determinado à velocidade do fluxo com a equação do molinete que é fornecida pelo fabricante do aparelho, esta equação é calibrada para cada molinete de forma individual e somente pode ser usada para o aparelho calibrado.

b) Ecosonda: as ferramentas utilizadas para um levantamento batimétrico podem ser manuais ou automáticas. Dependendo das condições físicas acessíveis ou econômicas, os métodos podem ser desde o uso de varas ou cordas, ao uso de instrumentos a laser, acústicos ou orbitais.

c) ADCP - *Accustic Doppler Current Profile*: é um instrumento que determina a velocidade do fluxo em perfis verticais. O instrumento se baseia pelo efeito Doppler, o aparelho emite uma frequência de onda sonora (600kHz) a uma velocidade de 1400-1570 m/s, a qual ao ser refletida por partículas em suspensão na água e do leito do rio, sofre alteração em seu comprimento de onda (modificando a frequência), o sinal de retorno é usado para estimar o deslocamento relativo do alvo (partículas em suspensão e leito do rio) em relação à fonte (barco). Já que a velocidade das partículas em suspensão é a mesma do fluxo do rio, obtém-se a velocidade do fluxo (CARVALHO, 2008. p. 79-81).

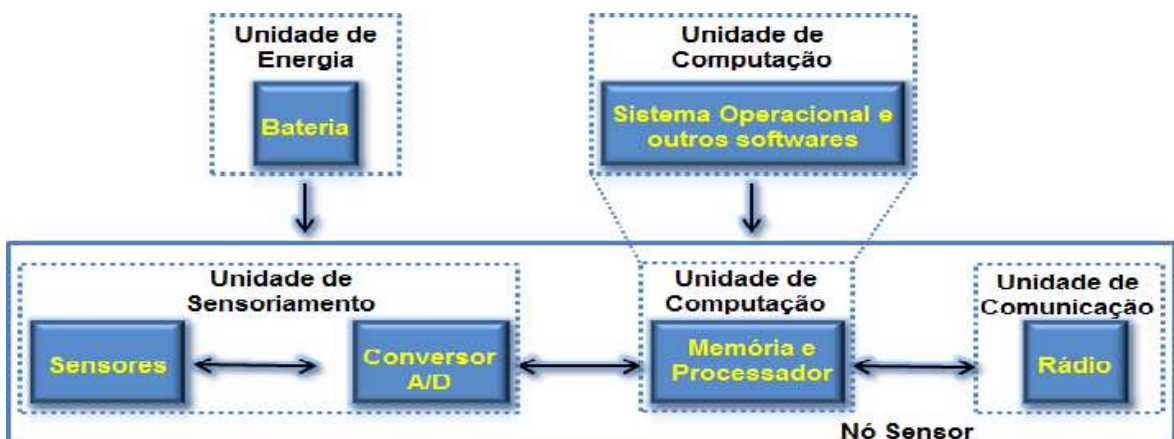
Os métodos descritos pelo autor foram considerados eficientes, porém, importante observar que para cada situação deve-se adotar uma determinada técnica, isso depende de fatores do meio físico e fatores financeiros em que é necessário adquirir equipamentos com custos elevados.

2.3.2.2 Microcontroladores

Atualmente é comum o uso de microcontroladores no controle de processos industriais. Um microcontrolador é um sistema microprocessado encapsulado em um único *chip*, com memórias, *clock* e periféricos mais limitados que um computador. O uso desses circuitos integrados não somente reduz custo da automação como também propicia mais flexibilidade. Dentre as plataformas de desenvolvimento que utilizam microcontroladores, o Arduino tem ganhado um grande destaque (GOMES; TAVARES, 2013).

O Arduino consiste em um microcontrolador de placa única e um conjunto de *software* para programá-lo. O *hardware* é composto de um processador Atmel AVR, um cristal oscilador e um regulador linear de 5 volts. A placa expõe os pinos de entrada e saída em um encaixe padrão para que se possam conectar circuitos externos que agregam novas funcionalidades. O *software* trata-se de uma linguagem de programação para desenvolvimento do *software* do microcontrolador e do gerenciador de inicialização (*bootloader*) que é executado na placa (GOMES; TAVARES, 2013). Na Figura 05, é possível observar que cada nó tem seu *hardware* composto por um conjunto de sensores, conversor analógico/digital, um microcontrolador, que realiza o processamento, memória, fonte de alimentação e um transmissor que permite a comunicação entre nós vizinhos e a um ponto de acesso (PA). Os nós não são apenas dispositivos de *hardware*, estes também abrigam *software*, como sistema operacional, protocolos de comunicação, e uma aplicação desenvolvida para uma situação específica (BERNDT, 2012).

Figura 05. Arquitetura de um Nó Sensor.

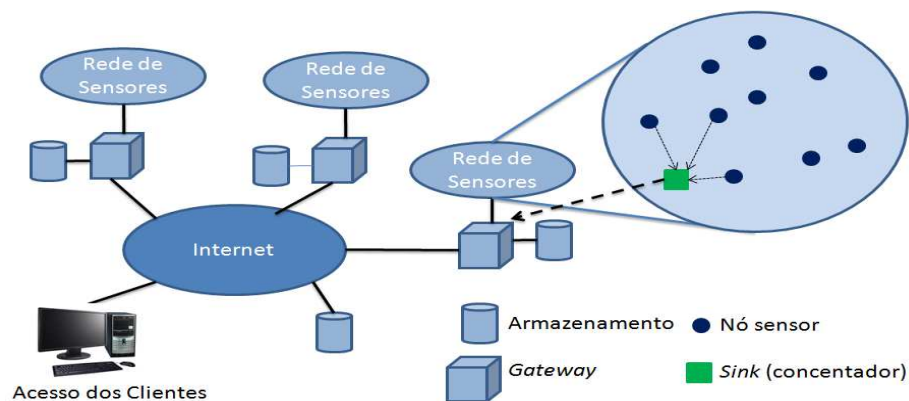


Fonte: Adaptado de Berndt (2012)

2.3.2.3 Gateway

O elemento denominado *gateway* é utilizado para enviar comandos ou requisições através da estação base para um determinado nó da rede de sensores e receber as informações adquiridas em campo, assim como também dados de estado da rede. Elementos de armazenamento, opcionalmente, podem se encontrar junto ao *gateway* com a finalidade de guardar registro das leituras e operações realizadas. Os repositórios também servem como um intermediário entre os usuários e as redes de sensores, possibilitando persistência das informações coletadas. Destaca-se ainda, que o *gateway* deve possuir duas interfaces de comunicação: uma para a rede de sensores sem fio e outra para a *Internet*. Em algumas aplicações não existe a possibilidade de utilizar a *Internet*, sendo a comunicação via satélite a alternativa mais viável (SILVA, 2011). A Figura 06 mostra a interação entre redes de sensores e a *Internet*.

Figura 06. Interação com Outras Redes.

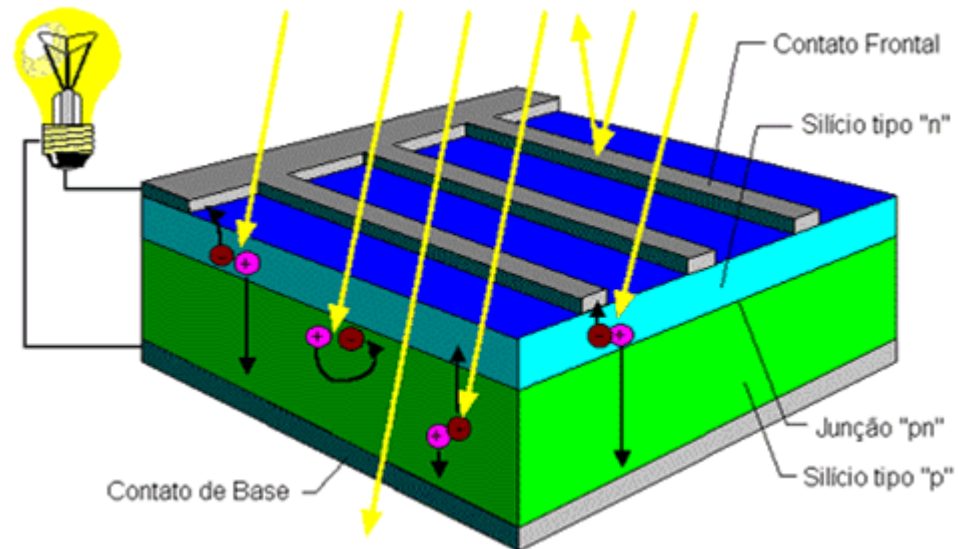


2.3.2.4 Fonte de Alimentação Elétrica Fotovoltaica

O sistema de energia solar fotovoltaica conforme Figura 07 realiza a transformação direta da radiação solar em energia elétrica através de placas constituídas de células solares, normalmente fabricados com silício monocristalino ou multicristalino. As células são associadas entre si, normalmente em série, mas em alguns casos também podendo ser conectadas em paralelo, constituindo assim o módulo fotovoltaico. Esta forma de produção de energia elétrica é uma fonte de energia renovável, pois não consome qualquer tipo de combustível e tão

pouco gera algum tipo de emissão que possa agredir o meio ambiente (FEBRAS, 2008).

Figura 07. Esquema de Funcionamento de Célula Solar.



Fonte: CRESESB (2008)

2.3.2.5 Sistema de Transmissão

Os sinais sobre diferentes meios de transmissão se portam de diferentes maneiras dependendo das propriedades físicas do meio de propagação. Todos os meios de transmissão estão susceptíveis a algum tipo de perturbação, tais como à atenuação, distorção e a diferentes tipos de ruídos, os quais podem de alguma maneira comprometer a comunicação. Porém, existem grandes diferenças entre os meios de comunicação guiados e não guiados. No meio guiado, os sinais são sempre confinados e transmitidos através de um meio sólido, por exemplo, como o par trançado ou a fibra óptica, e são em grande parte protegidos de perturbações provenientes de fatores externos no meio de transmissão.

As comunicações não guiadas, por outro lado, baseiam-se em meios não confinados, tais como a atmosfera, espaço ou água, e assim esses sinais podem estar expostos às várias fontes de interferência em sua transmissão desde a origem até o destino. Além disso, a maneira como os sinais se propagam também depende do seu espectro (KUPPER, 2005). Portanto, a utilização de comunicação sem fio, ou mesmo de rádio de curto alcance, pode ocasionar em

falhas de comunicação e, com isso, os dispositivos de origem, responsáveis por gerar o sinal, não conseguem transmitir seus dados até os dispositivos de destino.

2.3.3 Sistemas Supervisórios

Quanto aos sistemas supervisórios também são chamados de *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA), possibilitam, dentre outros, o monitoramento de informações de um processo produtivo ou instalação física. Tais informações são coletadas por meio de equipamentos de aquisição de dados e, em seguida, manipuladas, analisadas, armazenadas e posteriormente, apresentadas ao usuário (SILVA, 2014).

O sistema supervisório é composto por telas, base de dados e *drivers* de comunicação. Suas telas de operação são animadas pelas informações provenientes da base de dados que, por sua vez, é povoada pelos dados transacionados com as diversas fontes de campo (CLP's e outros dispositivos) por *drivers* específicos, que permitem comunicação através dos mais diversos protocolos existentes. São inúmeras as formas de visualização dos resultados de um sistema como esse. As informações apresentadas dependem exclusivamente do perfil de cada usuário que acessa o sistema. Possibilita a capacidade de obter conclusões sobre o processo que auxiliem o operador a controlá-lo ou, até mesmo, corrigir eventuais ineficiências de maneira automática. Tais sistemas agregam valor à solução, reduzindo os riscos de operação e maximizando a eficiência global do processo (PAIOLA, 2015).

Sobre algumas soluções para supervisão tem-se:

Cimplicity HMI: o *Cimplicity* HMI consiste em um sistema SCADA que, baseado no padrão cliente/servidor, promete um menor tempo de resposta com custo reduzido e considerável aumento de produtividade. Sua licença é vendida de acordo com o número de entradas e saídas de cada servidor, chamadas de *I/O Count* (contagem de entradas e saídas). Quanto maior for o número de E/S o produto torna-se mais oneroso.

Eclipse E3: é um sistema que tem como foco garantir uma grande conectividade, flexibilidade e principalmente confiabilidade. Indicado principalmente para sistemas críticos, onde cada parada do controle acarreta grandes prejuízos. O E3 permite também a comunicação com inúmeros protocolos e equipamentos, podendo ser utilizado tanto em sistemas locais como geograficamente distribuídos. No geral é um supervisório ideal para empresas que tem equipamentos de diversos fabricantes, e se mostrou bastante estável, o que confirmou a segurança prometida para quem o utiliza.

Lintouch: considerando os outros sistemas supervisórios citados, fica impossível fazer uma comparação, pois toda a estrutura do *Lintouch*

ainda está em fase de aperfeiçoamento, mas a importância deste projeto é clara, pois se pode fazer uma analogia com o sistema operacional *Linux*. O *Lintouch* é um sistema que ainda precisa de muito aperfeiçoamento, mas que tem tendência de se tornar um grande sistema por apresentar cada vez mais parceiros em seu desenvolvimento e também por ser gratuito.

A plataforma genérica ScadaBr: o ScadaBR pode ser acessado a partir de um navegador de *Internet*, preferencialmente o *Firefox* ou o *Chrome*. A interface principal do ScadaBR é de fácil utilização e oferece visualização das variáveis, gráficos, estatísticas, configurações dos protocolos, alarmes, construções de telas tipo IHC, tratadores de eventos, controle de usuário entre outros. Depois de configurar os protocolos de comunicação com os equipamentos e definir as variáveis (entradas e saídas) de uma aplicação automatizada, é possível montar interfaces de operador *web* utilizando o próprio navegador. Também é possível criar aplicativos personalizados, em qualquer linguagem de programação moderna, a partir do código fonte disponibilizado no site do ScadaBr via *Internet*. É um *software* livre de código aberto e sem custo, com uma aplicação multiplataforma baseada em Java (SILVA, 2014. p. 04).

Importante destacar ainda as soluções denominadas “inteligentes” que trazem ferramentas computacionais específicas para o levantamento do modelo de processo, permitindo maior conhecimento do mesmo, no intuito de possibilitar sua otimização. Beneficia através da maximização dos ganhos do processo, além da minimização do uso de recursos. Um sistema de alarmes inteligentes é aquele que utiliza o modelo do processo para interpretar as causas de determinadas variações do valor monitorado. Com isso, acompanhando a mensagem de que houve uma variação indesejada, o operador recebe a lista de variáveis que podem ter causado essa variação, com suas probabilidades estatísticas. Essa informação dá amparo à decisão do operador sobre a melhor medida corretiva, permitindo ações mais rápidas e acertadas. Entre os recursos oferecidos pelos sistemas, pode-se citar o acesso remoto via *web browser (Intranet/Internet)*. O acesso remoto inclui, muitas vezes, o uso de tecnologias móveis como aparelhos celulares, *palmtops*, *tablet* e *notebooks* que possibilitam que os responsáveis pelo gerenciamento do processo visualizem onde quer que estejam (PAIOLA, 2015).

3. TRABALHOS RELACIONADOS AO MONITORAMENTO DE RIOS E CÓRREGOS EM CIDADES

O trabalho de Haroldo Chaves (2013) descreve o projeto de uma estação fluviométrica automática para monitoramento remoto de nível de rios e lagos utilizando um sensor de pressão diferencial não submersível. O projeto em questão adota um módulo de comunicação que usa tecnologia de celulares (*GSM*) possibilitando recursos de telemetria. Este conjunto é capaz de obter e transmitir o nível do rio de forma programada para um servidor, o qual recebe esta informação e distribui para os órgãos responsáveis. Por segurança, os dados são armazenados em um cartão de memória, também instalado na estação. Nesse sistema também é possível interagir com a estação e solicitar informações de nível a qualquer momento através de mensagens de texto de telefone celular, ou até mesmo receber alertas de enchentes ou da ultrapassagem de um nível qualquer pré-configurado.

Chang e Guo (2006) oferecem uma proposta de rede de sensores baseados em *motes* utilizando três módulos principais. O primeiro módulo recebe a informação do nível de água através de sensores ultrassônicos, o segundo recebe informações de vídeo através de câmeras de rede; ambos os tipos de sinais são alimentados por energia solar e devem ser transmitidos via *WiMax* para o terceiro módulo, que é executado em um servidor/computador. Esses módulos forneceriam aos usuários finais das comunidades uma integração perfeita entre previsões meteorológicas regionais de radar, modelos hidrológicos e hidráulicos, imagens de monitoramento em situações de alagamento, e informações da *web* para construir um sistema de gestão de inundação urbana baseado na *Internet* em tempo real. Nesse processo, apenas uma única rede de sensores é necessária para lidar com a enorme quantidade de dados de campo. *Motes* são três coisas em um, um computador, um sensor, e um rádio. A componente central é um minicomputador com um processador central e uma memória. Este computador pode monitorar um ou mais sensores e comunicar digitalmente através de um aparelho com interface de rádio. Chang e Guo (2006) concluíram que este sistema fornece informações precisas de inundação e imagens visuais de câmeras de tráfego disponíveis ao público.

Pechoto, Ueyama e Albuquerque (2012) criaram um conjunto formado por dois sensores analógicos, com funções específicas. O primeiro mede a pressão do corpo d'água, para informar secas e enchentes. O segundo analisa a turbidez aquática, um indicativo de poluição, ambos utilizando como transmissão de dados o padrão de redes sem fio, *Zigbee*. Os dados sobre as oscilações do nível do curso d'água são remetidos para um computador intermediário e seguem de lá, retransmitidos em tempo real, via fibra óptica, para os servidores no centro de gerência. O sensor funciona identificando diferenças de tensão elétrica no córrego, a partir das marcações de uma régua (coluna d'água) instalada no fundo do córrego. O sistema desenvolvido tem um "histórico" hídrico, que compara a todo instante o nível atual com os já registrados em cada período.

Quando ultrapassados os limites preestabelecidos, há risco de enchentes. O passo seguinte do sistema é disparar, de modo automático, mensagem de texto (*SMS*) com o alerta de possível enchente para números de celulares cadastrados. E assim avisar em tempo hábil a prefeitura e órgãos de proteção da população (Defesa Civil, Corpo de Bombeiros e agentes de controle de trânsito) para prevenir perdas materiais e humanas.

A proposta do artigo de STUHLER (2012), descreve a implementação em laboratório de um conjunto *Arduino*, *ZigBee* e sensor ultrassônico para monitoração remoto de rios, contudo não faz menção alguma sobre a implantação de um *gateway* para disponibilizar as informações a população através da *Internet*, ferramentas de gerenciamento ou algum sistema de alerta. O protótipo descrito neste artigo teve como proposta mostrar a utilização de uma nova tecnologia *wireless* para a utilização de sensoriamento remoto, no qual, a pesquisa e os testes mostram que é possível cumprir esse papel.

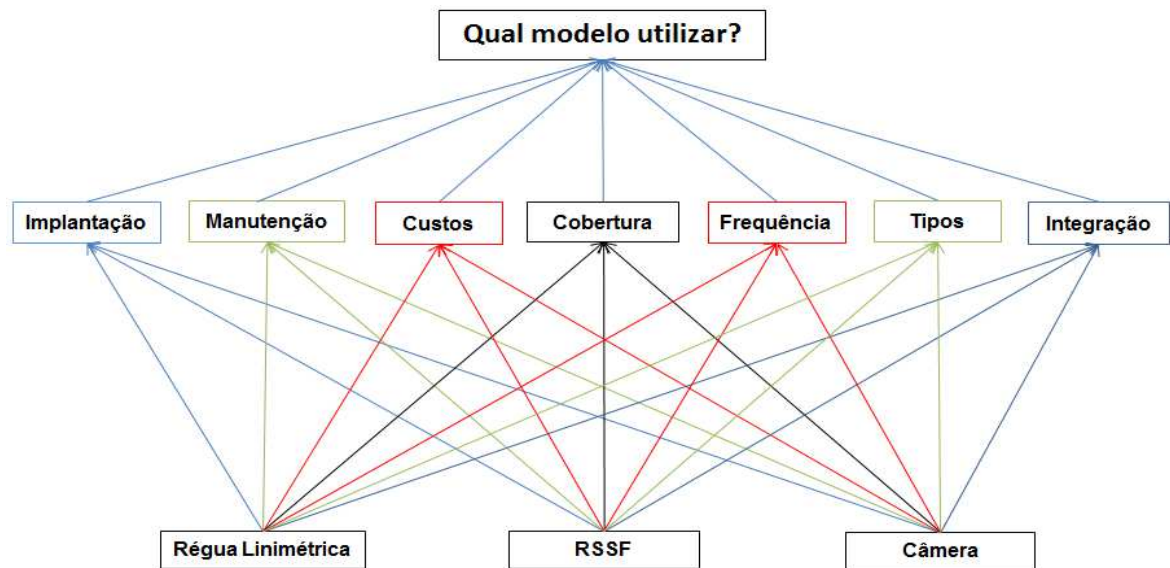
3.1 – Comparativo Através do Método AHP

Durante a realização deste trabalho foram estudados muitos artigos, dissertações e reportagens sobre o tema enchentes e monitoramento de rios e córregos, e em muitos casos as palavras Régua Linimétrica, RSSF e Câmeras foram evidenciadas nos textos, revelando estas como as formas mais comuns e conhecidas sobre monitoramento de enchentes em rios e córregos. Diante deste fato emergiu uma questão importante: Qual destes modelos seria nos dias de hoje o mais adequado para o monitoramento, levando em consideração os seguintes critérios: Implantação, Manutenção, Custos, Cobertura, Frequência, Tipos e Integração.

Para encontrar uma resposta a esta questão, mas que também permitisse observar as diferentes técnicas de monitoramento, buscou-se na literatura especializada ferramentas para tomada de decisão em cenários complexos. Desenvolvido por Tomas L. Saaty, o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), é o método de multicritério mais popular e empregado no apoio à tomada de decisão para resolução de conflitos em problemas com múltiplos critérios. Este método procura tratar a complexidade com a decomposição e divisão do problema em fatores, que ainda podem ser decompostos em outros fatores até ao nível mais baixo. Este método baseia-se em três etapas (SAATY, 2012):

Construção de hierarquias: no método AHP o problema é estruturado em planos hierárquicos, promovendo uma melhor compreensão e julgamento do mesmo. Para o emprego desta metodologia é necessário que tanto os critérios quanto as alternativas possam ser estruturadas de forma hierárquica, sendo que no primeiro nível da hierarquia corresponde ao propósito geral do problema, o segundo aos critérios e o terceiro as alternativas, possibilitando a quem deseja decidir sobre um problema ter uma visualização do sistema e seus componentes como um todo, bem como interações destes elementos e os conflitos que os mesmos desempenham sobre o sistema. A Figura 08 apresenta a estrutura hierárquica.

Figura 08. Estrutura de Hierarquias.



Fonte: Autoria própria

Definição de prioridades: baseia-se na capacidade de entender o relacionamento entre objetos e situações observadas, comparando pares, critério ou julgamentos paritários. Neste início é necessário cumprir as seguintes etapas:

- Julgamentos paritários: valorizar par a par os elementos de um nível da hierarquia de cada elemento em conexão em um nível superior, compondo as matrizes de julgamento, com o uso das escalas apresentadas na Tabela 01.

Tabela 01. Escala Numérica de Saaty.

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Ambos os elementos são de igual importância.	Ambos os elementos contribuem com a propriedade de igual forma.
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro.	A experiência e a opinião favorecem um elemento sobre o outro.
5	Forte importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é fortemente favorecido.
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro.
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é favorecido pelo menos com uma ordem de magnitude de diferença.
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes.	Usados como valores de consenso entre as opiniões.
Incremento 0.1	Valores intermediários na graduação mais fina de 0,1.	Usados para graduações mais finas das opiniões.

Fonte: Saaty (2012)

- Normalização das matrizes de julgamento: obtenção de quadros normalizados através da soma dos elementos de cada coluna das matrizes de julgamento e posterior divisão de cada elemento destas matrizes pelo somatório dos valores da respectiva coluna;
- Cálculo das prioridades médias locais (PML's): as PML's são as médias das linhas dos quadros normalizados;
- Cálculo das prioridades globais: nesta etapa deseja-se identificar um vetor de prioridades global (PG),

Consistência lógica: habilidade de estabelecer relações entre objetos ou ideias de forma que elas sejam coerentes, tal que estas se relacionem entre si e suas relações apresentem consistência (SAATY, 2012). Assim o método AHP se propõe a calcular a Razão de Consistência dos julgamentos, denotada por $RC = IC/IR$, onde IR é o Índice de Consistência Randômico obtido para uma matriz recíproca de ordem n , com elementos não negativos e gerada randomicamente. O Índice de Consistência (IC) é dado por $IC = (\lambda_{\text{máx}} - n)/(n-1)$, onde $\lambda_{\text{máx}}$ é o maior autovalor da matriz de julgamentos.

Segundo Saaty (2012) a condição de consistência dos julgamentos é $RC \leq 0,10$.

O Segundo passo foi criar a definição de prioridade comparando os critérios estabelecidos. Utilizando a escala numérica de Saaty foi possível julgar par a par os elementos do nível de hierarquia observado na Tabela 02.

Tabela 02. Prioridades Médias Locais.

Prioridades Médias Locais								
Implantação	Régua	RSSF	Câmera	Implantação				
Régua	1,00	0,50	3,00	0,30	0,27	0,43	0,33	3,0654
RSSF	2,00	1,00	3,00	0,60	0,55	0,43	0,52	0,0327
Câmera	0,33	0,33	1,00	0,10	0,18	0,14	0,14	0,056351694
Total	3,33	1,83	7,00					
Manutenção	Régua	RSSF	Câmera	Manutenção				
Régua	1,00	0,50	3,00	0,30	0,27	0,43	0,33	3,0654
RSSF	2,00	1,00	3,00	0,60	0,55	0,43	0,52	0,0327
Câmera	0,33	0,33	1,00	0,10	0,18	0,14	0,14	0,056351694
Total	3,33	1,83	7,00					
Custos	Régua	RSSF	Câmera	Custos				
Régua	1,00	2,00	5,00	0,59	0,60	0,56	0,58	3,0049
RSSF	0,50	1,00	3,00	0,29	0,30	0,33	0,31	0,0025
Câmera	0,20	0,33	1,00	0,12	0,10	0,11	0,11	0,00424461
Total	1,70	3,33	9,00					
Cobertura	Régua	RSSF	Câmera	Cobertura				
Régua	1,00	0,11	0,20	0,07	0,07	0,06	0,07	3,0018
RSSF	9,00	1,00	2,00	0,60	0,62	0,63	0,62	0,0009
Câmera	5,00	0,50	1,00	0,33	0,31	0,31	0,32	0,001541375
Total	15,00	1,61	3,20					
Frequência	Régua	RSSF	Câmera	Frequência				
Régua	1,00	0,14	3,00	0,12	0,11	0,23	0,15	3,1553
RSSF	7,00	1,00	9,00	0,84	0,80	0,69	0,78	0,0776
Câmera	0,33	0,11	1,00	0,04	0,09	0,08	0,07	0,133852858
Total	8,33	1,25	13,00					
Tipos	Régua	RSSF	Câmera	Tipos				
Régua	1,00	0,11	1,00	0,09	0,09	0,09	0,09	3,0000
RSSF	9,00	1,00	9,00	0,82	0,82	0,82	0,82	0,0000
Câmera	1,00	0,11	1,00	0,09	0,09	0,09	0,09	0
Total	11,00	1,22	11,00					
Integração	Régua	RSSF	Câmera	Integração				
Régua	1,00	0,14	1,00	0,11	0,11	0,11	0,11	3,0000
RSSF	7,00	1,00	7,00	0,78	0,78	0,78	0,78	0,0000
Câmera	1,00	0,14	1,00	0,11	0,11	0,11	0,11	0
Total	9,00	1,29	9,00					

Fonte: Autoria própria

Na fase seguinte (Tabela 03), colocou-se o valor referente de cada critério de decisão, da mesma forma foram feitas comparações binárias entre os critérios, criando a matriz normalizada de critérios e definindo o Vetor de Ponderação de Critérios.

Tabela 03. Matriz Normalizada de Critérios.

Comparação de Critérios								
Decisão	Critério 1: Implantação	Critério 2: Manutenção	Critério 3: Custos	Critério 4: Cobertura	Critério 5: Frequência	Critério 6: Tipos	Critério 7: Integração	
Critério 1: Implantação	1,00	3,00	7,00	0,14	0,14	0,20	0,20	
Critério 2: Manutenção	0,33	1,00	0,33	0,33	0,14	0,20	0,33	
Critério 3: Custos	0,14	3,00	1,00	7,00	0,20	0,33	0,33	
Critério 4: Cobertura	7,00	3,00	0,14	1,00	0,14	0,20	0,33	
Critério 5: Frequência	7,00	7,00	5,00	7,00	1,00	5,00	5,00	
Critério 6: Tipos	5,00	5,00	3,00	5,00	0,20	1,00	0,33	
Critério 7: Integração	5,00	3,00	3,00	3,00	0,20	3,00	1,00	
Total	25,48	25,00	19,48	23,48	2,03	9,93	7,53	
Matriz Normalizada de Critérios							Média	Valor Eigen Principal
Critério 1: Implantação	Critério 2: Manutenção	Critério 3: Custos	Critério 4: Cobertura	Critério 5: Frequência	Critério 6: Tipos	Critério 7: Integração	10,3241	
0,04	0,12	0,36	0,01	0,07	0,02	0,03	0,09	IC
0,01	0,04	0,02	0,01	0,07	0,02	0,04	0,03	0,554
0,01	0,12	0,05	0,30	0,10	0,03	0,04	0,09	RC =
0,27	0,12	0,01	0,04	0,07	0,02	0,04	0,08	IC / RI
0,27	0,28	0,26	0,30	0,49	0,50	0,66	0,40	0,419
0,20	0,20	0,15	0,21	0,10	0,10	0,04	0,14	
0,20	0,12	0,15	0,13	0,10	0,30	0,13	0,16	
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

Fonte: Autoria própria

Ao final (Tabela 04), com os resultados obtidos após análise dos critérios se utilizando do método AHP, o modelo de monitoramento de rios e córregos por RSSF, constituído neste projeto através do kit Rádiuino, *Gateway*, Sensor, fonte de alimentação elétrica fotovoltaica e *software* open-source atingiu o valor de 69% evidenciado como o melhor entre as opções discutidas, o que contribui para a assertividade deste trabalho.

Tabela 04. Matriz das Prioridades Médias Locais e Prioridades Globais.

Matriz de Decisão	Critério 1: Implant.	Critério 2: Manut.	Critério 3: Custos	Critério 4: Cobertura	Critério 5: Freq.	Critério 6: Tipos	Critério 7: Integ.	
Régua	0,33	0,33	0,58	0,07	0,15	0,09	0,11	0,19
RSSF	0,52	0,52	0,31	0,62	0,78	0,82	0,78	0,69
Câmera	0,14	0,14	0,11	0,32	0,07	0,09	0,11	0,11
Ponderação	0,09	0,03	0,09	0,08	0,40	0,14	0,16	

Fonte: Autoria própria

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento deste trabalho de pesquisa buscou apreender a realidade existente no país e abordou de forma objetiva as soluções praticadas para o problema em estudo.

Dentro do conjunto de soluções foram identificados critérios pertinentes à aplicação prática das mesmas e com apoio de um processo de tomada de decisão multicritério evidenciou-se a pertinência de uma solução apoiada em Rede de Sensores sem Fio.

Nesta seção serão abordados os recursos que serão utilizados como elementos de *hardware* e *software*, sistema de monitoramento composto pela página *web* para visualização do nível do córrego por parte dos órgãos competentes e cidadãos e o desenvolvimento do aplicativo Alerta Poá para interface com os usuários finais, bem como os testes preliminares, a escolha do município e o estudo de caso.

4.1. Plataforma Rádiuino

Assim como *Arduino* o Rádiuino (ANEXO C) é uma plataforma de prototipagem baseada em *Software* de código aberto utilizada em Redes de Sensores Sem Fio.

Trata-se de um conjunto de *Hardware* e *Software*, implementados sob um microcontrolador ATmega368 da Atmel e um transceptor CC1101 da *Texas Instrument*, podendo ainda incorporar outros módulos de *hardware* de acordo com a aplicação, como sensores de ultrassom, presença, umidade, luminosidade, temperatura, gases etc. (BRANQUINHO, 2014). Um *Kit* de desenvolvimento Rádiuino é dividido em dois conjuntos, são eles: um módulo BE900, operando em 915 MHz, um programador *UartSBee* formando a estação base para conexão com o *gateway*; um módulo BE900 e um módulo DK-105 constituindo o nó sensor para coleta dos dados e acionamentos, uma fonte de alimentação e um Cabo *USB*, como apresentado na Figura 09.

Figura 09. *Kit de Desenvolvimento Radiuino.*



Fonte: Branquinho (2014)

Conforme pode ser visto na Figura 10 a plataforma Radiuino é baseada no modelo *TCP/IP* de cinco camadas: Aplicação, Transporte, Rede, Enlace e Física. Estas camadas estão acessíveis para realizar alterações conforme a necessidade do projeto. A flexibilidade do Radiuino permite a implementação de protótipos de RSSF para aplicações diversas, tornando-se ideal para desenvolvimento de novas soluções.

Figura 10. Camadas Radiuino.

```

sonar | Arduino 1.0.6
File Edit Sketch Tools Help
sonar Headers.h _1_Phy$ _2_MAC _3_Net _4_Transp _5_App
{
  /***** AJUSTE DE POTENCIA *****/
  /* A potencia de transmissao pode ser escolhida entre 8 valores possiveis (0 a 7).
   * Abaixo tabela que relaciona o numero com a potencia de transmissao.
   * Em geral a potencia eh ajustada para o maximo de 7 (10 dBm).
   * | -30 | -20 | -15 | -10 | 0 | 5 | 7 | 10 | - Potencia em dBm
   * | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | - Numero que deve ser colocado na potencia
   * !!! ATENCAO !!!: Potencias maiores que 0dBm podem fazer com que as placas percam a comunicacao quando
   * estao muito proximas. Recomendamos posiciona-las com uma distancia minima de 1 metro. */
  power = 7;

  /***** CANAL DE COMUNICACAO *****/
  /* Pode ser escolhido de 0 a 65.
   * Os canais estao espaçados de 200kHz e dispostos na faixa de 915 a 928 MHz */
  channel = 35;

  /***** AJUSTE DE OFFSET *****/
  /* A diferenca de frequencia dos cristais de cada placa deve ser compensada.
   * Este valor esta escrito em cada placa do EE900. */
  freq_offset = 0x34;

  /***** Serial Baudrate *****/
  serial_baudrate = 9600;
}

/**
 * Inicializa a camada Fisica.
 */

```

Fonte: Autoria própria

O crescimento do mercado de sensores de baixo custo potencializa a criação de soluções criativas para as chamadas cidades inteligentes. Dispositivos de transmissão de sinais por rádio frequência ou *wifi* surgem como opção para conectar sensores e sistemas supervisórios.

4.2 Sensor Ultrassônico HC-SR04

O HC-SR04 (ANEXO B) é um módulo ultrassônico integrado por um transmissor e um receptor que funciona utilizando o mesmo princípio de sonar que os golfinhos e morcegos possuem para determinar a distância de um obstáculo ou objeto. Este sensor opera com uma tensão de 5V DC, seu consumo é de 15mA em operação e aproximadamente 2mA em repouso. O tempo de pulso total para disparo é de 10 μ S e seu alcance varia de 2 cm a 400 cm.

Conforme a Figura 11 é possível notar que o HC-SR04 possui 4 pinos: *VCC*, *Trig*, *Echo* e *GND*. O pino *VCC* deve ser alimentado com uma tensão de 5V e o *GND* deve ser ligado diretamente ao pino terra. O *Trig* deve receber um pulso com valor alto por 10 μ S, quando isso ocorre o mesmo gera no pino *Echo* uma sequência de ultrassons com frequência de 40 KHz e ao encontrar um obstáculo, e gerado um pulso de retorno. Assim, para determinar a distância do sensor ao obstáculo é necessário calcular a largura desse pulso e ajustar esse valor utilizando uma regra de três simples ($\text{Distância} = [\text{Tempo 'em nível alto'} * \text{Velocidade do Som } \{340 \text{ m/s}\}] / 2$), no intuito de obter a distância em sua respectiva unidade.

Figura 11. Sensor Ultrassônico HC-SR04.

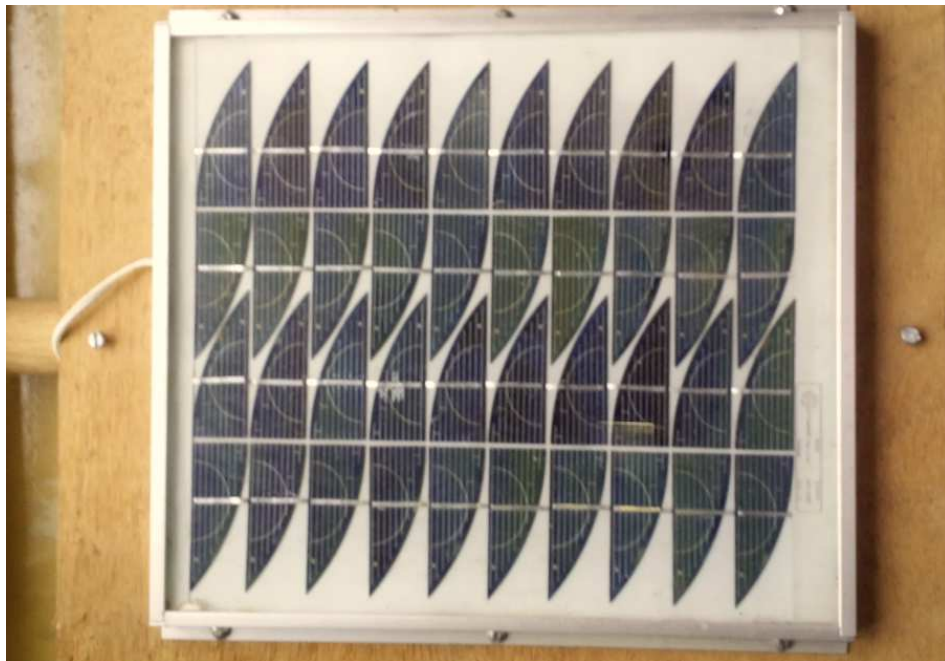


Fonte: Autoria própria

4.3 Placa Fotovoltaica

Para que o conjunto nó sensor pudesse ser instalado era fundamental uma fonte de energia elétrica, porém como o conjunto seria instalado em local de difícil acesso não foi possível contar com o fornecimento por parte de uma concessionária, fora que é extremamente comum à falta de energia em dias de chuva, também foi descartado a possibilidade de se utilizar pilhas de 1,5 Volts ou baterias de 9 Volts já que as mesmas tem seu tempo de vida útil muito limitada, como solução optou-se por utilizar placas fotovoltaicas conforme Figura 12 em conjunto com um controlador de cargas e descargas e por uma bateria estacionária de 8 *Ampere-hora*. Na ausência de luz solar o conjunto nó sensor funcionária somente com a carga da bateria que neste exemplo forneceria energia para uma autonomia de aproximadamente 7 dias.

Figura 12. Placa Fotovoltaica.



Fonte: Autoria própria

4.4 Software

Nesta seção serão abordados todos os *software* utilizados para o funcionamento deste projeto de pesquisa. O fato de este projeto ter como um dos seus objetivos o baixo custo para criação da plataforma de supervisão, se tornou um critério para se utilizar os seguintes *software*:

- *Python* - Linguagem de programação de alto nível;
- *MySQL (My Structured Query Language)* - Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados;
- *PHP (Personal Home Page)* - Linguagem de publicação *web*;
- *CSS (Cascading Style Sheets)* - Linguagem voltada para a estética, utilizada para formatar os conteúdos já estruturados;
- *JavaScript* em associação com a biblioteca *jQuery* - Permitir compatibilidade com diversos navegadores *web*;
- *Xamarin* - Para desenvolvimento de aplicações *mobile*.

4.4.1 Python

Python é uma linguagem de programação criada por Guido Van Rossum em 1991. Entre as particularidades da linguagem que se destacam estão:

- Baixo uso de caracteres especiais, o que torna a linguagem muito parecida com pseudocódigo executável;
- O uso de indentação¹ para marcar blocos;
- Pouco uso de palavras-chave voltadas para a compilação;
- Coletor de sobra para gerenciar o uso da memória automaticamente.

Além disso, *Python* suporta múltiplos padrões de programação. A programação procedimental pode ser usada para programas simples e rápidos, mas estruturas de dados complexas, como linhas, listas e dicionários, estão disponíveis para promover o desenvolvimento de algoritmos complexos.

Python possui uma biblioteca padrão imensa, que contém classes, métodos e funções para realizar essencialmente qualquer tarefa, desde acesso a bancos de dados a interfaces gráficas com o usuário.

Python é uma linguagem livre e multiplataforma. Isso significa que os programas escritos em uma plataforma serão executados sem nenhum problema na maioria das plataformas existentes sem nenhuma modificação. E, caso a plataforma objetivo não tenha uma versão de *Python*, desenvolvedores têm a

¹ Identificar o código é organizar visualmente seu código de forma que os blocos dependentes fiquem alinhados mais à direita, facilitando o entendimento do que está subordinado a que.

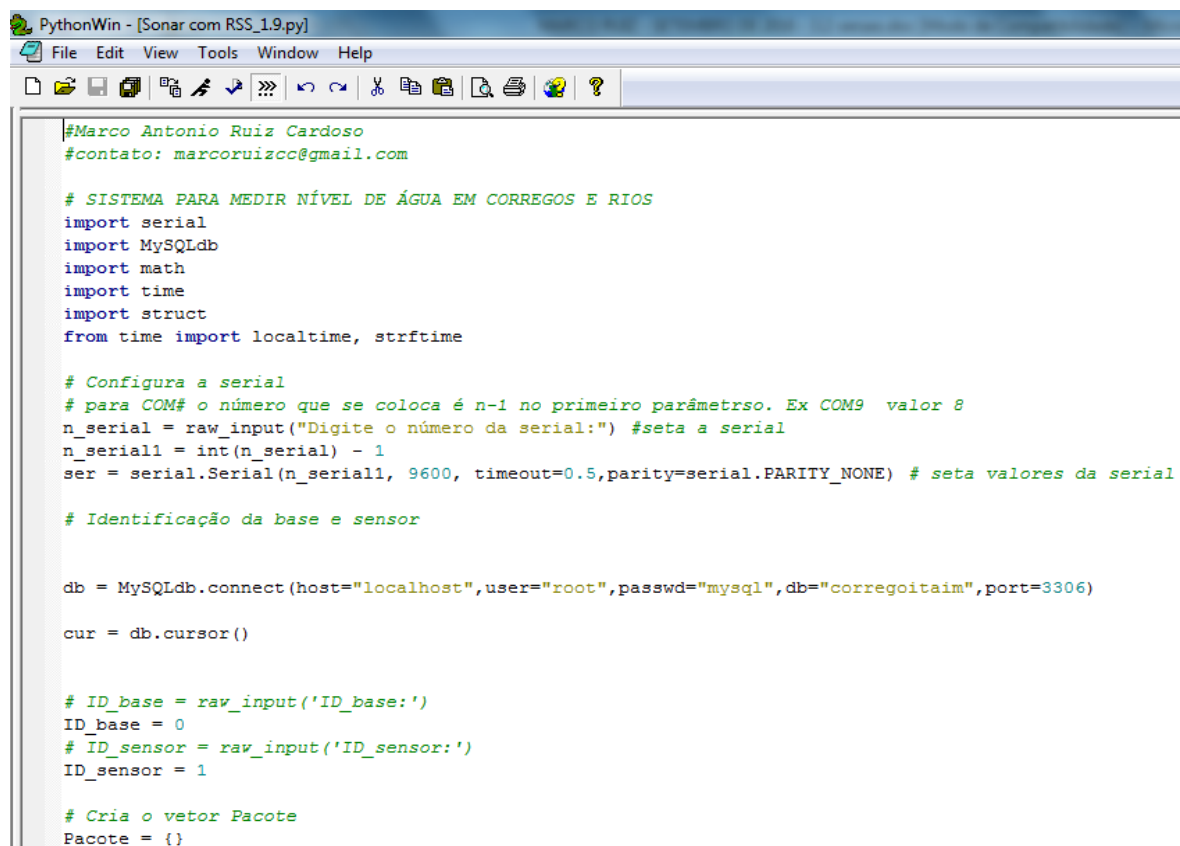
liberdade de estudar e modificar o código da linguagem para fazer com que ela execute onde quer que seja (PYTHON, 2016).

Neste projeto o *software Python* tem como função (APÊNDICE C):

- Solicitar ao nó sensor os dados brutos sobre o nível do córrego;
- Ao receber os dados, aplica-se um cálculo para se obter um valor absoluto em porcentagem (%).
- Encaminhar os resultados para o banco de dados.

Na Figura 13 é possível ver o exemplo de *Script* criado para este projeto.

Figura 13. *Script* em *Python* Criado para este Projeto.



```

PythonWin - [Sonar com RSS_1.9.py]
File Edit View Tools Window Help
#Marco Antonio Ruiz Cardoso
#contato: marcoruizcc@gmail.com

# SISTEMA PARA MEDIR NÍVEL DE ÁGUA EM CORREGOS E RIOS
import serial
import MySQLdb
import math
import time
import struct
from time import localtime, strftime

# Configura a serial
# para COM# o número que se coloca é n-1 no primeiro parâmetro. Ex COM9 valor 8
n_serial = raw_input("Digite o número da serial:") #seta a serial
n_serial1 = int(n_serial) - 1
ser = serial.Serial(n_serial1, 9600, timeout=0.5, parity=serial.PARITY_NONE) # seta valores da serial

# Identificação da base e sensor

db = MySQLdb.connect(host="localhost", user="root", passwd="mysql", db="corregoitam", port=3306)

cur = db.cursor()

# ID_base = raw_input('ID_base:')
ID_base = 0
# ID_sensor = raw_input('ID_sensor:')
ID_sensor = 1

# Cria o vetor Pacote
Pacote = {}

```

Fonte: Autoria própria

4.4.2 MySQL

O programa *MySQL* é um servidor robusto de bancos de dados *SQL*, muito rápido, multitarefa e multiusuário. O Servidor pode ser usado em sistemas

de produção com alta carga e missão crítica bem como pode ser embutido em programa de uso em massa.

Os usuários podem escolher entre usar o programa como um produto *Open Source* sob os termos da *GNU (General Public License)* ou podem comprar uma licença comercial padrão. Neste sentido optou-se pela licença *Open Source* com o intuito de manter o baixo custo do projeto.

O *MySQL* é um sistema de gerenciamento de bancos de dados relacional, ou seja, armazena dados em tabelas separadas em vez de colocar todos os dados em um só local, proporcionando velocidade e flexibilidade.

Desenvolvido utilizando as linguagens de programação *C* e *C++*, unido com o uso de *GNU Automake*, *Autoconf* e *Libtool*, torna o *MySQL* uma aplicação altamente portátil entre diferentes sistemas, plataformas e compiladores. Além disso, fornece sua *API* para várias outras linguagens, como *Java*, *Python*, *PHP*, *Perl*, *C*, *C++*, entre outras.

O *MySQL* disponibiliza vários tipos de tabelas para armazenamento de dados, tendo cada tipo suas próprias características. A vantagem dessa variedade de tabelas é a possibilidade de escolher o tipo em cada situação diferente. Enquanto um tipo prioriza velocidade, outro prioriza volume de dados, entre outras características. (MySQL, 2016).

O *MySQL* tem como função neste projeto armazenar os registros dos dados coletados e disponibiliza-los para serem utilizados em tempo real pela aplicação *web*, assim como também manter um histórico de referência.

4.4.3 Página WEB

O objetivo desta página *web* é o de facilitar a visualização das informações pelos órgãos competentes da prefeitura vinte e quatro horas por dia. Sua construção buscou atender o conceito de usabilidade, segundo princípios básicos apresentados por Nielsen, considerando, o máximo de clareza na arquitetura da informação, simplicidade, relevância do conteúdo, consistência e tempo de carga bastante curto. (ROCHA, H. V da; BARANAUSKAS, M.C.C; 2000)

A interface *web* deve atender os requisitos apontados e busca permitir que o seu usuário possa colher as seguintes informações (APÊNDICE D):

- O nível atual de água no córrego;

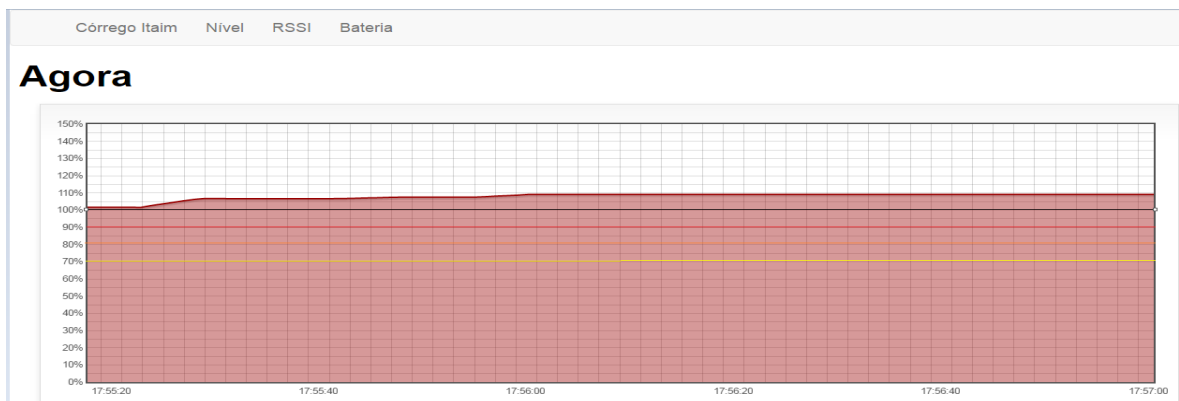
- A carga disponível da bateria;
- Os níveis de potência dos rádios para transmissão dos dados;
- O histórico das informações para comparações futuras.

Por fim a página *web* permite visualizar as informações a partir de qualquer navegador *web*, utilizando-se da linguagem *PHP* para consulta de dados no banco de dados, e a linguagem *JavaScript* para a ilustração desses através de gráficos interativos.

Os Gráficos 01 e 02 são exemplos da interação que a página *web* poderá disponibilizar para o usuário através de gráficos com informações atuais e as últimas vinte e quatro horas. Os gráficos também estarão disponíveis para consulta da última semana, mês e ano.

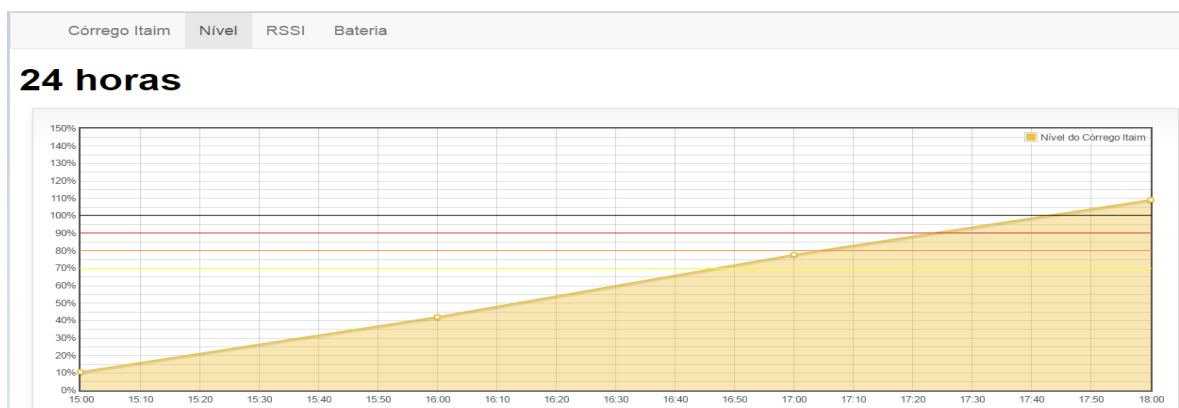
Como pode ser visto na sequência, o primeiro gráfico apresenta valores atuais de porcentagem do nível de água no córrego e o gráfico seguinte com as informações do intervalo de até vinte e quatro horas decorridas.

Gráfico 01. Disponibilização da Página *WEB* – Agora.



Fonte: Autoria própria

Gráfico 02. Disponibilização da Página *WEB* – 24 horas.



Fonte: Autoria própria

4.4.4 Xamarin

Para criação do *App*² Alerta Poá, Figura 14, foi utilizada a plataforma *Xamarin*, *software* para desenvolvimento de aplicativos móveis para os sistemas operacionais *IOS*, *Android* e *Windows*.

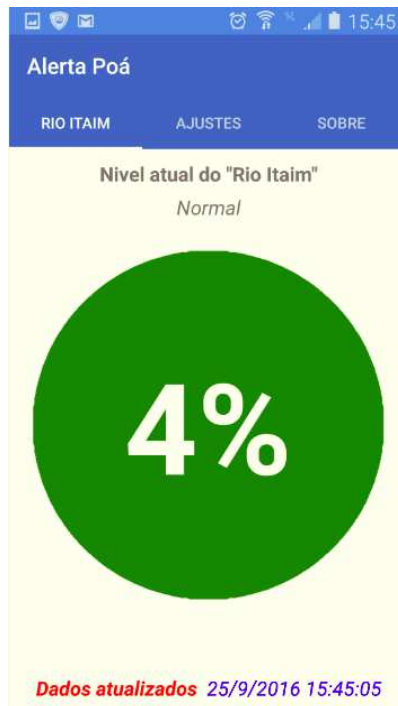
A interface do aplicativo proposto também buscou atender as questões de usabilidade, segundo princípios básicos apresentados por Nielsen, considerando, o máximo de clareza na arquitetura da informação, simplicidade, relevância do conteúdo, consistência e tempo de carga bastante curto. (ROCHA, H. V da; BARANAUSKAS, M.C.C; 2000).

O aplicativo para este projeto tem como função atender os requisitos apontados e principalmente permitir ao cidadão verificar a qualquer momento desde que tenha acesso a *Internet* as seguintes informações (APÊNDICE E):

- O nome do córrego ou rio que está sendo monitorado;
- A data e hora em que as informações foram atualizadas;
- As condições de risco com indicação de cores e porcentagem atual do nível de água no córrego ou rio, que são:
 - Estado Normal: de 0 até 70% (Verde);
 - Estado de Atenção: entre 71 e 80% (Amarelo);
 - Estado de Alerta: entre 81 e 90% (Laranja);
 - Estado de Emergência: entre 91% e 100% (Vermelho);
 - Estado de Extravasamento: Acima de 100% (Preto).

² *App* é a abreviação da palavra “*applications*”, ou aplicativos. Nesse contexto, *apps* são os programas que você pode instalar em seu *smartphone* ou *tablet*.

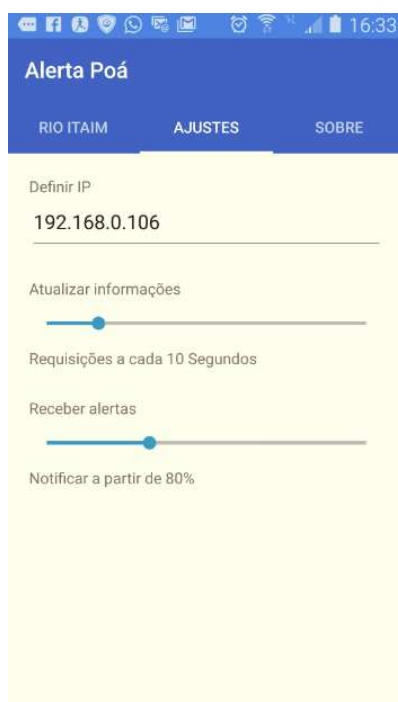
Figura 14. Interface do Aplicativo Alerta Poá.



Fonte: Autoria própria

Por fim, conforme a Figura 15, o aplicativo permite que o próprio cidadão defina o intervalo de tempo entre as atualizações e também determine a emissão de alertas de acordo com lineares pré-estabelecidos.

Figura 15. Definições do Usuário.

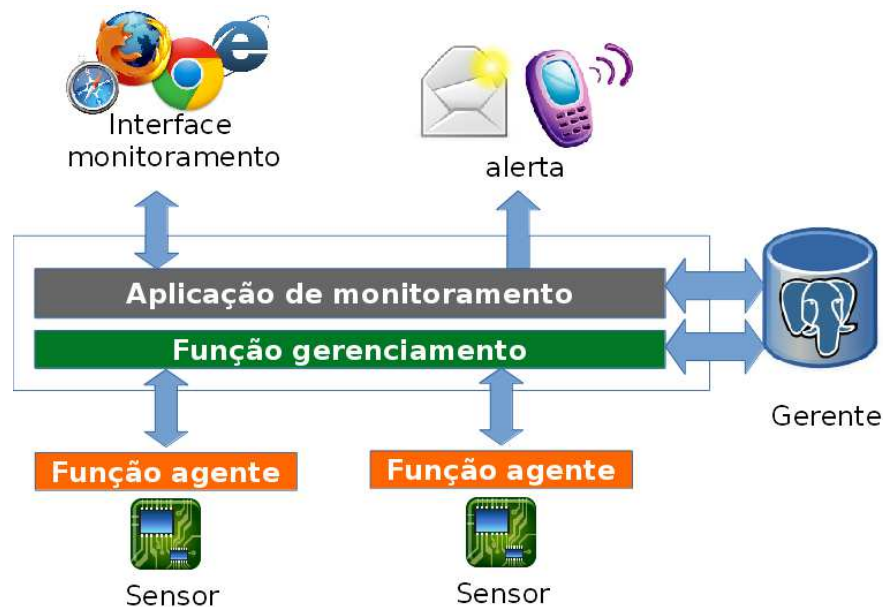


Fonte: Autoria própria

4.5 Sistema de Monitoramento

Para verificar a eficiência de uma rede, incluindo as de sensores, é necessário gerenciá-la. Os modelos de gerência de rede já estão bem definidos pela ISO 14001 conforme arquitetura sugerida na Figura 16, que foi criada para auxiliar organizações a identificar, priorizar e gerenciar seus riscos ambientais como parte de suas práticas usuais. Para organizar a arquitetura do sistema de monitoramento, foi utilizado o modelo discutido por Stallings (STALLINGS, 1998), e dividindo-se a arquitetura em Aplicação de Monitoramento, Função Gerenciamento, Função de Agente, Objetos Gerenciados (sensores).

Figura 16. Arquitetura Sugerida.



Fonte: Autoria própria

Os objetos gerenciados da arquitetura proposta são os elementos que executam a coleta dos dados e os transmitem, por meio da função agente, para a função gerenciamento do sistema de monitoramento.

O sistema de monitoramento foi estruturado e desenvolvido no âmbito deste trabalho para atender a coleta de dados de diversos tipos de sensores, apesar do foco principal do estudo ser a antecipação de enchentes. Esta abordagem foi utilizada para contemplar a necessidade de monitorar, por exemplo, além dos dados diretamente relacionados com o risco de enchente, dados a respeito do nível de sinal do rádio, dados de disponibilidade de energia elétrica ou

capacidade de baterias para sensores alimentados por painéis solares (Fotovoltaicos).

Para disponibilização dos dados coletados foi utilizado o protocolo *HTTP*. Este protocolo permite a instalação do sistema de monitoramento em máquinas locais, físicas ou virtualizadas e também disponíveis em nuvem (MELL; GRANCE, 2011), possibilitando ainda aumentar ou diminuir a capacidade de processamento de maneira automática, simplificando e reduzindo o custo de gerência da infraestrutura de servidores.

Os objetos gerenciados enviam os seguintes dados, apresentados na Tabela 05.

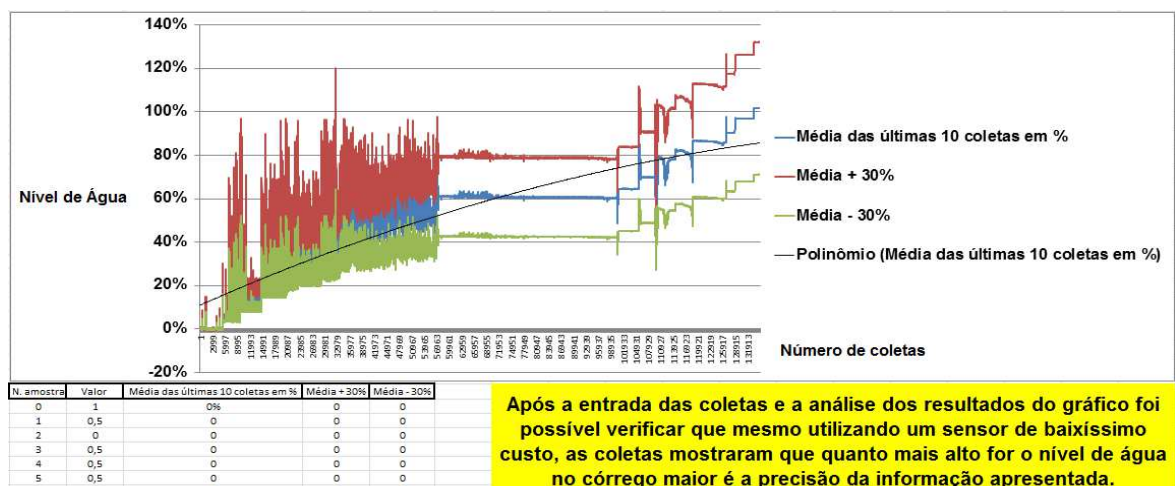
Tabela 05. Objetos Gerenciados.

ID	Identificador único que representa o sensor que coletou o dado. O identificador está configurado no sistema supervisorio.
VALOR	Valor coletado no sensor. A unidade de medida do dado está configurada no sistema supervisorio.
DATA	Dia, mês e ano da coleta do dado.
HORA	Hora, minuto e segundo da coleta do dado.

Fonte: Autoria própria

A função gerenciamento inicialmente soma e divide as últimas 10 coletas e esta rotina é utilizada para corrigir eventuais desvios de coleta causados pela sensibilidade do sensor e condições de operação. A média simples do valor das últimas 10 coletas do sensor para decisão do envio do alerta, tem também aqui a função de minimizar “falsos positivos”. O exemplo no Gráfico 03 permite observar que quanto mais alto for o nível de água no córrego maior é a precisão das coletas efetuadas pelo sensor.

Gráfico 03. Média Móvel.



Fonte: Autoria própria

Após armazenar os dados coletados, a função gerenciamento atualiza as estatísticas no sistema de monitoramento, que ficam disponíveis para a aplicação de monitoramento.

4.6 Testes Preliminares

A metodologia adotada para o projeto Alerta Poá se deu em duas fases. Na primeira, nomeada aqui como testes preliminares, os seguintes passos foram seguidos:

- Criação do *firmware* e *upload* para o conjunto Rádiumino;
- Criação do código em *Python* para coleta do Nível de Água e *RSSI*;
- Instalação física do projeto que se deu nas instalações da PUC-Campinas mais especificamente no espelho d'água do CEATEC conforme pode ser observado na Figura 17.
- Coletas, ajustes do conjunto e análise dos dados solicitados.

Figura 17. Instalação do Projeto – CEATEC.



Fonte: Autoria própria

Os resultados obtidos após 5 baterias de testes serão discutidos em detalhes no capítulo 5.1 Resultados de Testes Preliminares.

Antes de dar início a segunda fase do projeto denominada de estudo de caso, houve a necessidade de escolher um ambiente propício para implantação de um sistema de comunicação via RSSF que permitisse encontrar um córrego ou rio onde enchentes acontecessem sempre que fortes chuvas ocorressem.

4.7 Escolha do Município.

Considerando-se a problemática em estudo, muitas cidades brasileiras poderiam ser candidatas para se fazerem campo de provas para um experimento como este. Assim, estabeleceu-se como critérios para escolha de uma cidade as seguintes condições:

1. Em aderência ao problema identificado, deveria ser uma cidade que apresentasse o problema de enchente, em períodos determinados (em geral meses de janeiro a março, período de chuvas intensas no Brasil);
2. Que este problema tivesse, em princípio, como causa um córrego ou rio que ao atravessar a cidade, fosse o principal causador das enchentes;
3. Que as autoridades locais manifestassem interesse e pudessem dar apoio ao trabalho de pesquisa, permitindo, por exemplo, a instalação de dispositivos para coletas de medidas (sensores) em locais que fossem determinados pelo projeto em questão;
4. Que a Defesa Civil e demais Instituições da cidade (corpo de bombeiros, Secretarias da Prefeitura, etc.) pudessem colaborar com suas expertises na elaboração do serviço de informação.

Cidades da grande São Paulo, como: Cajamar, Francisco Morato, Guarulhos, Mairiporã, Itapevi, Poá, entre outras, sofrem com os problemas ocorridos com enchentes. Porém, em conformidade a estas condições de trabalho, a região escolhida para desenvolver o estudo foi à região central do Município de Poá na grande São Paulo que, já no primeiro contato com as autoridades locais e posteriormente com a Defesa Civil se mostraram altamente interessados no

estudo, se colocando à disposição para todo apoio que fosse necessário. Detalhes sobre as características da cidade estão no APÊNDICE A.

Diante disso, inicialmente buscou-se oficialmente uma autorização ao Sr. Carlos Setsuo Mutou, Secretário Municipal de Segurança Urbana de Poá apresentando-se a proposta para a implantação do projeto, no qual, de pronto foi autorizado. Dado o sucesso junto à Prefeitura, que se manifestaram tão solícitamente para a proposta desta pesquisa e tendo perfeita aderência aos requisitos exigidos, a cidade de Poá converteu-se no campo de pesquisa deste trabalho. A solicitação e autorização estão respectivamente disponíveis no APÊNDICE B e ANEXO A.

Nesta cidade encontra-se o córrego Itaim, de aproximadamente 15 km de extensão, que atravessa a cidade e, especialmente em Janeiro conforme indica o índice pluviométrico na Figura 18, por ocasião das chuvas, não suporta o alto volume de águas em determinados trechos da cidade, causando estragos devido ao transbordamento.

Figura 18. Índice Pluvial de Poá.

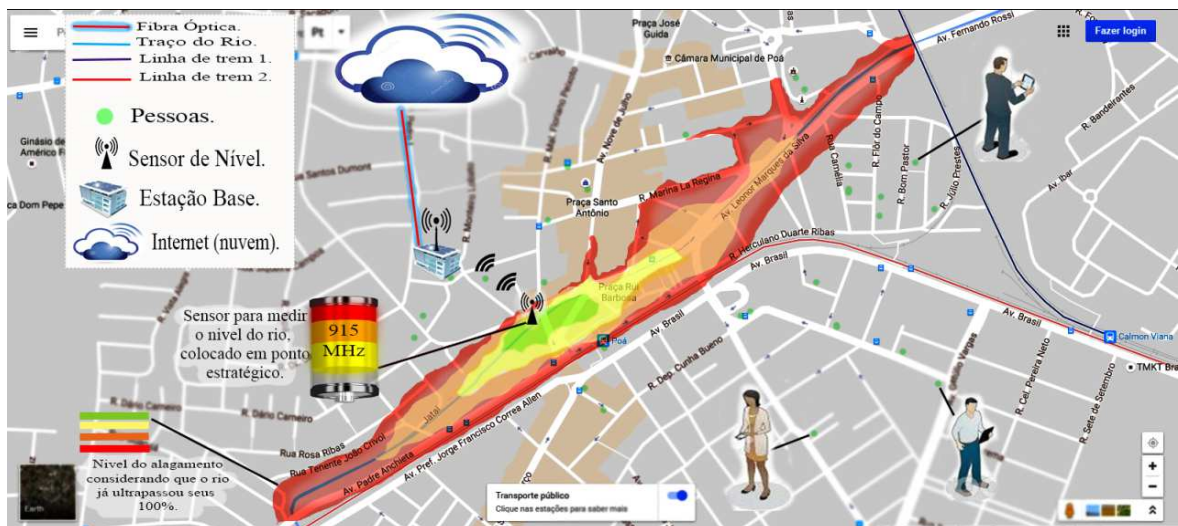
Dados climatológicos para Poá													
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Temperatura máxima média (°C)	25,4	25,5	24,8	23,1	21,3	20,3	19,6	20,8	21,6	22,4	23,4	24,3	22,7
Temperatura média (°C)	21	21,1	20,4	18,4	16,3	15	14,3	15,5	16,5	17,7	18,9	19,8	17,9
Temperatura mínima média (°C)	16,6	16,7	16	13,7	11,4	9,8	9,1	10,2	11,5	13	14,4	15,4	13,2
Precipitação (mm)	235	225	183	77	62	48	38	45	82	147	138	195	1475

Fonte: Climate-Data.org

De conhecimento comum de moradores e comerciantes da cidade é o fato de que as chuvas que caem nas cabeceiras somadas às águas que descem das áreas mais altas da cidade causam o aumento do volume de água que vem se avolumando ao longo do trajeto e depois de um dado período de tempo chegam ao centro, área mais baixa da cidade. A surpresa deste evento muitas vezes impede ações de proteção em tempo hábil, com prejuízos para o comércio e moradores do centro da cidade.

Dentro desse quadro, o presente estudo se propõe a oferecer um monitoramento deste córrego, por meio de RSSF, a partir da coleta de dados sobre o aumento do nível de água em pontos específicos sujeitos a enchentes conforme a Figura 19 e divulgação de informações úteis à Defesa Civil, autoridades e a população em geral, no intuito de minimizar riscos e prejuízos.

Figura 19. Área Sujeita a Enchentes.



Fonte: Autoria própria

A viabilidade econômica do estudo se dá pela utilização de um sensor ultrassônico, extremamente barato (que custa menos que 10 dólares) e quando comparado a outros modelos de sensores com a mesma finalidade, tem o prazo de vida útil maior em virtude de não se encontrar mergulhado na água, além da fácil manutenção. Destaca-se ainda, o investimento em monitoramento e planejamento que impacta diretamente na redução das despesas no caso de desastres, além de propiciar aos cidadãos residentes próximos às áreas de risco maior sensação de segurança.

Uma vez apresentadas à importância social para a presença de sistemas de comunicação que monitorem a vazão de rios e córregos que atravessem uma cidade e que possam alertar os moradores de áreas de risco, será apresentado à segunda fase deste estudo.

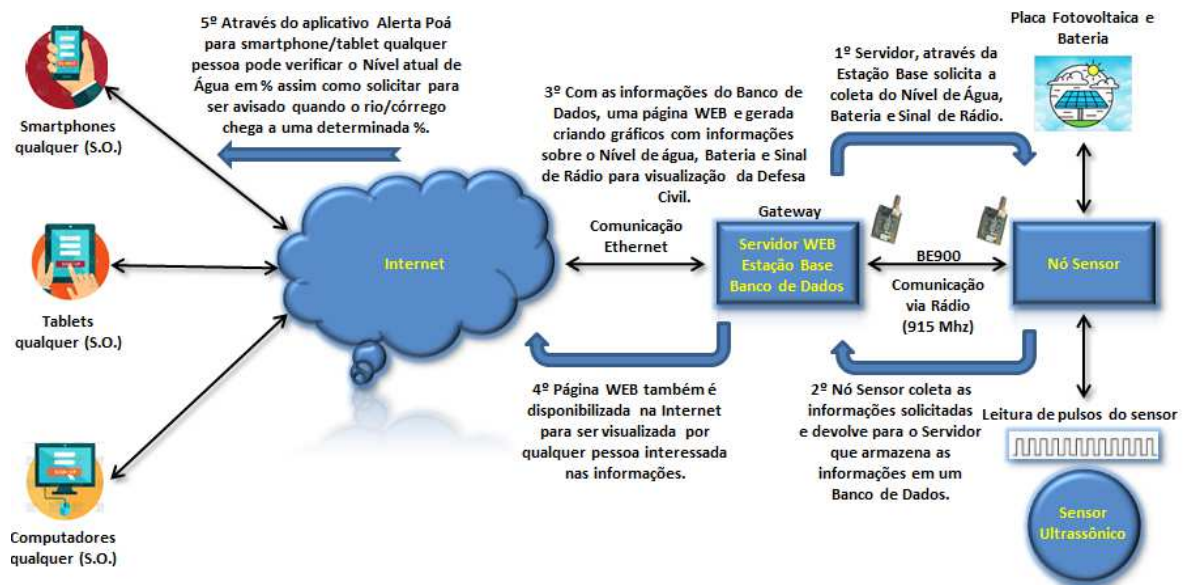
4.8 Estudo de Caso: Projeto de Monitoração Apoiado em Redes de Sensores Sem Fio - RSSF

Apesar do Itaim ser o córrego que apresenta os maiores problemas em Poá, por questões de infra estrutura o estudo de caso se deu no córrego Tucunduva, que apresenta problemas semelhantes e também é candidato a instalação de um conjunto Nó Sensor, porém, este permitiu que os materiais possam ser instalados e retirados a qualquer momento, facilitando a coleta de dados para o estudo.

Em linhas gerais, o estudo iniciou-se com a análise do traçado do córrego Tucunduva ao longo de seu percurso e considerou o ponto de maior importância para apreensão do volume de água que fosse estratégico para decisões da Defesa Civil e da População. A partir da definição deste ponto, passou-se a instalação dos sensores, para os testes de comunicação que contaram com a instalação de um sensor que coleta os dados com confiabilidade aceitável. Uma vez coletados os dados, é possível enviá-los através de redes sem fio (RF ou *community networks*), e então processá-los em servidores locais ou em nuvem. Enquanto o sistema supervisorio processa os dados coletados, ele pode identificar padrões já estabelecidos para disparar mensagens de alerta (SMS) para dispositivos móveis.

O sensor para coleta de dados foi conectado a um conjunto nó sensor Radiuino composto pelos módulos DK105 e BE900, que possui capacidade de transmitir dados coletados a estação base distante em até 120 metros com 10 dBm de potência. O conjunto foi configurado para coletar e transmitir dados a cada 1 segundo para o sistema supervisorio. A estação base, conectada ao *gateway*, transmite os dados para o sistema supervisorio através de uma conexão local. Desta forma, o sistema poderá fazer o processamento e gestão dos dados, além de disponibilizar as informações para acesso através da *Internet*. O fluxo descrito pode ser visto na Figura 20 que mostra em mais detalhes como o sistema foi implementado.

Figura 20. Sistema Implementado.



Fonte: Autoria própria

Para disponibilizar mais eficiência e velocidade na apresentação das informações processadas referentes aos sensores e, considerando que o primeiro ponto de experimentação foi em um córrego de Poá – SP, desenvolveu-se um aplicativo compatível para sistemas operacionais *Android*, *Windows Phone* e *IOS* específico para este caso, denominado Alerta Poá. O Alerta Poá conforme já foi detalhado no capítulo 4 é um aplicativo para dispositivos móveis (*smartphones* e *tablets*) que além de receber os alertas, permite a consulta da situação atual do local monitorado.

De forma resumida, a experimentação foi executada de acordo com os seguintes passos na segunda fase desta pesquisa reconhecida aqui como “estudo de caso”:

- Desenvolvimento de um banco de dados e uma página *web* para visualização do nível do córrego, tensão da bateria e sinal de rádio.
- Desenvolvimento do aplicativo para celular denominado Alerta Poá.
- Identificação da profundidade do leito e do ponto de extravasamento do córrego Tucunduva.
- Ajustes no *script Python* conforme os parâmetros obtidos no córrego Tucunduva.

- Instalação do nó sensor e ajuste da posição da antena RF conforme Figura 21.
- Configuração da estação base para realizar as solicitações de dados do nó sensor e transmiti-los para o banco de dados.
- Configuração do sistema de monitoramento para identificar os registros armazenados no banco de dados.
- Configuração do aplicativo sobre os tipos de alertas para o sensor.
- Ativação da solução e coleta de dados.
- Acompanhamento dos resultados.

Figura 21. Instalação do Nó Sensor.



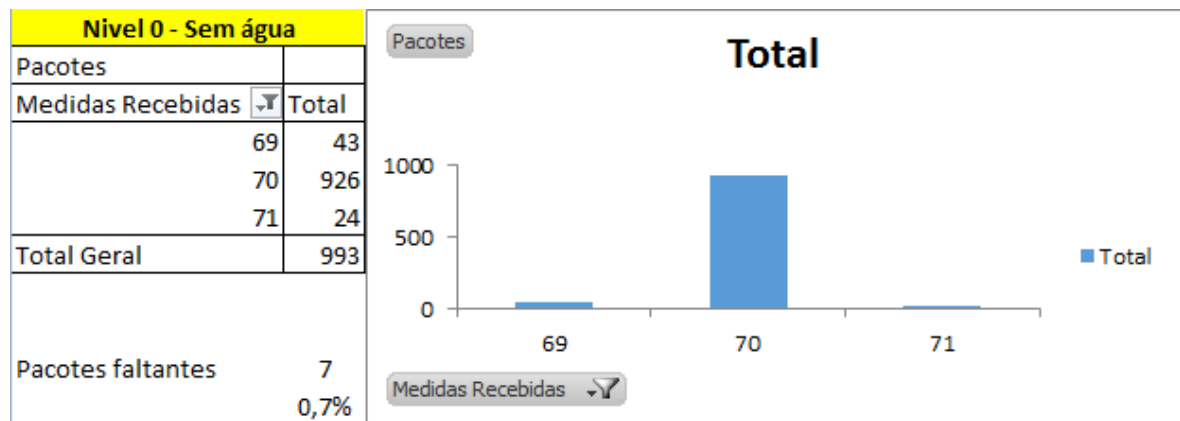
Fonte: Autoria própria

5. RESULTADOS

5.1 Resultados dos Testes Preliminares

No dia 18/06/2015 foram feitas 5 baterias de testes. Na primeira bateria, o sensor foi posicionado a 70 cm do fundo do recipiente e sem água, solicitado 1000 coletas, os resultados vistos no Gráfico 04 mostraram que foram perdidos 7 pacotes, representando cerca de 0,7% do total de coletas solicitadas, destas, algumas variaram 1 cm acima ou baixo.

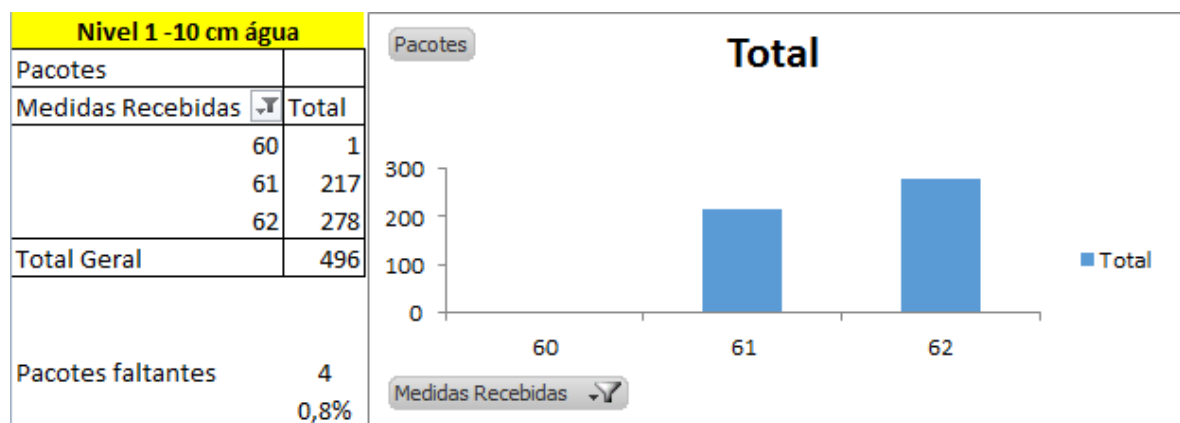
Gráfico 04. Resultados da Bateria de Testes 1.



Fonte: Autoria própria

Na bateria de testes 2 foi adicionado 10 cm de água e solicitado 500 coletas, o resultado visto no Gráfico 05 mostrou que foram perdidos 4 pacotes, representando cerca de 0,8% do total de coletas solicitadas, destas, algumas variaram 1 cm acima ou baixo.

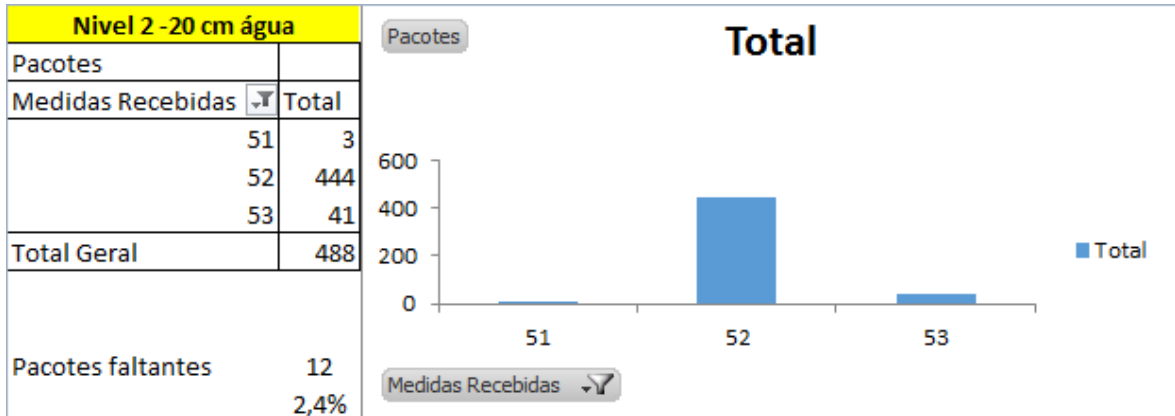
Gráfico 05. Resultados da Bateria de Testes 2.



Fonte: Autoria própria

Na bateria de testes 3 o nível de água foi elevado para 20 cm e solicitado 500 coletas, os resultados vistos no Gráfico 06 mostraram que foram perdidos 12 pacotes, representando cerca de 2,4% do total de coletas solicitadas, destas, algumas variaram 1 cm acima ou abaixo.

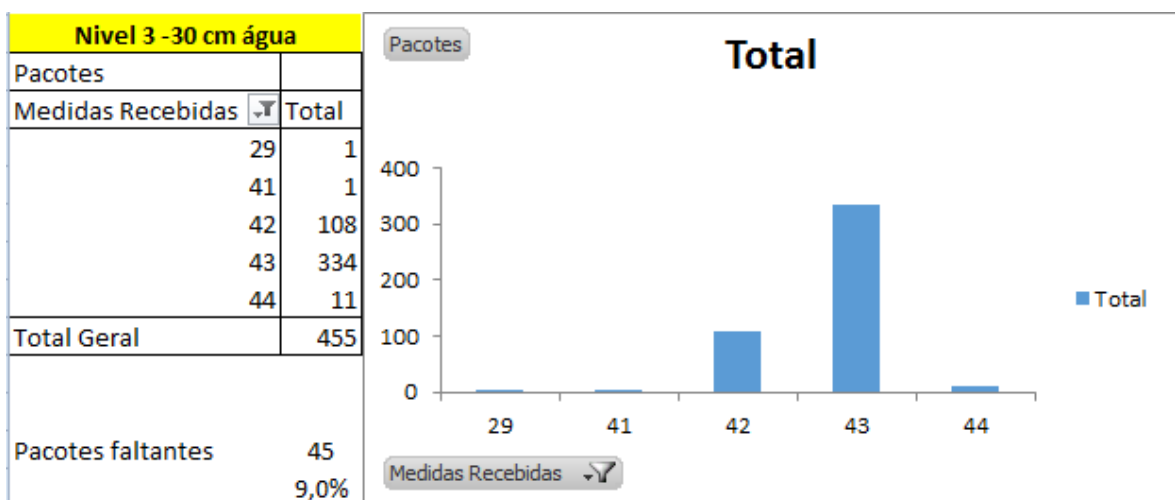
Gráfico 06. Resultados da Bateria de Testes 3.



Fonte: Autoria própria

Na bateria de testes 4, mais 10 cm de água foram adicionados, totalizando 30 cm de água e solicitado novamente 500 coletas, os resultados vistos no Gráfico 07 mostraram que foram perdidos 45 pacotes, representando cerca de 9,0% do total de coletas solicitadas, também foi possível ver nesta bateria uma variação em cm muito elevada.

Gráfico 07. Resultados da Bateria de Testes 4.

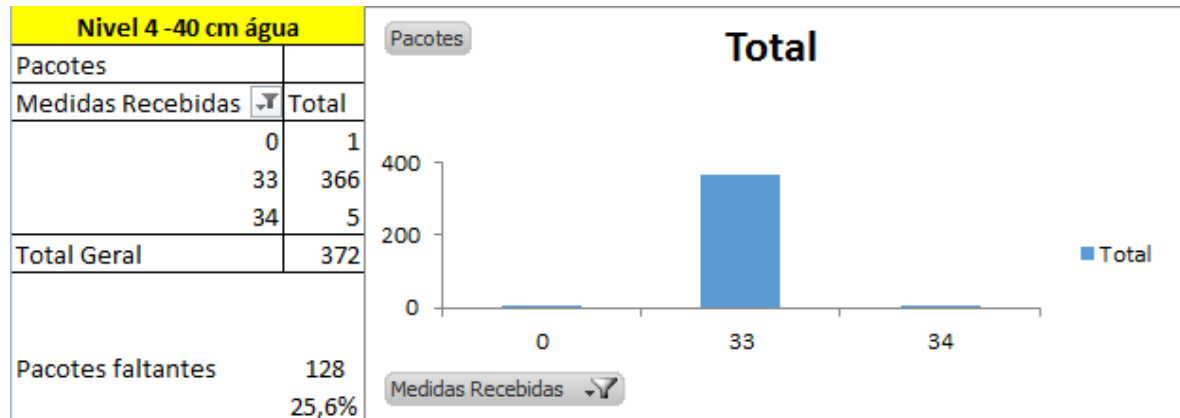


Fonte: Autoria própria

Na última bateria de testes a quantidade de água foi elevada para 40 cm e solicitado 500 coletas, os resultados vistos no Gráfico 08 mostraram que

foram perdidos 128 pacotes, representando cerca de 25,6% do total de coletas solicitadas, destas, algumas variaram 1 cm acima e apenas uma 0 cm.

Gráfico 08. Resultados da Bateria de Testes 5.



Os resultados após as 5 baterias mostraram uma grande elevação dos pacotes perdidos, após uma análise nos conectores foi identificado um mau contato na solda em um dos pinos entre o Rádiuino e o sensor ultrassônico, sendo refeita a solda em seguida.

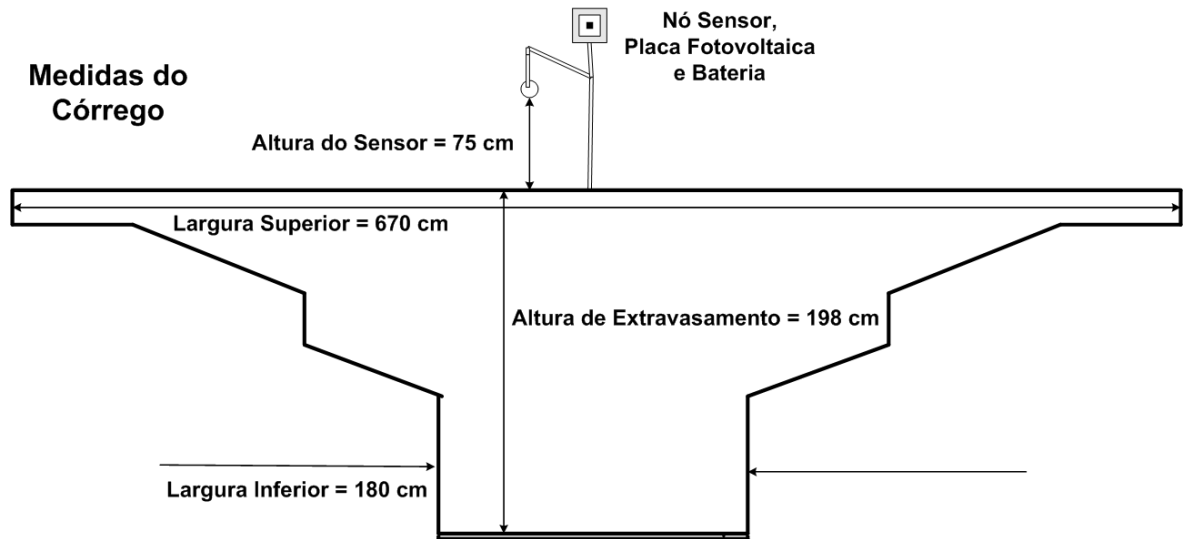
De forma geral os resultados se mostram satisfatórios podendo assim dar prosseguimento a segunda fase do projeto.

5.2 Resultados do Estudo de Caso

A Figura 22 detalha o cenário de estudo de caso, cuja imagem do local pode ser vista na Figura 23. Identifica-se assim que o conjunto nó sensor, placa fotovoltaica, bateria e sensor ultrassônico estão instalados à 75 cm acima do nível de extravasamento, em uma ponte que cruza o córrego Tucunduva. As dimensões do córrego neste ponto estão detalhadas permitindo apreender as dimensões do ambiente de estudo.

Salienta-se que a instalação feita neste ponto busca impedir que haja qualquer contato dos dispositivos com a água, em caso de transbordamento, visto que a altura de extravasamento da água neste ponto do córrego Tucunduva é de 198 cm.

Figura 22. Cenário de Estudo de Caso.



Fonte: Autoria própria

A utilização do sensor ultrassônico simplifica a instalação e manutenção, além de oferecer maior tempo de vida-útil por não ficar em contato direto com o meio.

Figura 23. Sensor Instalado em Ponto Crítico do Córrego em Poá.



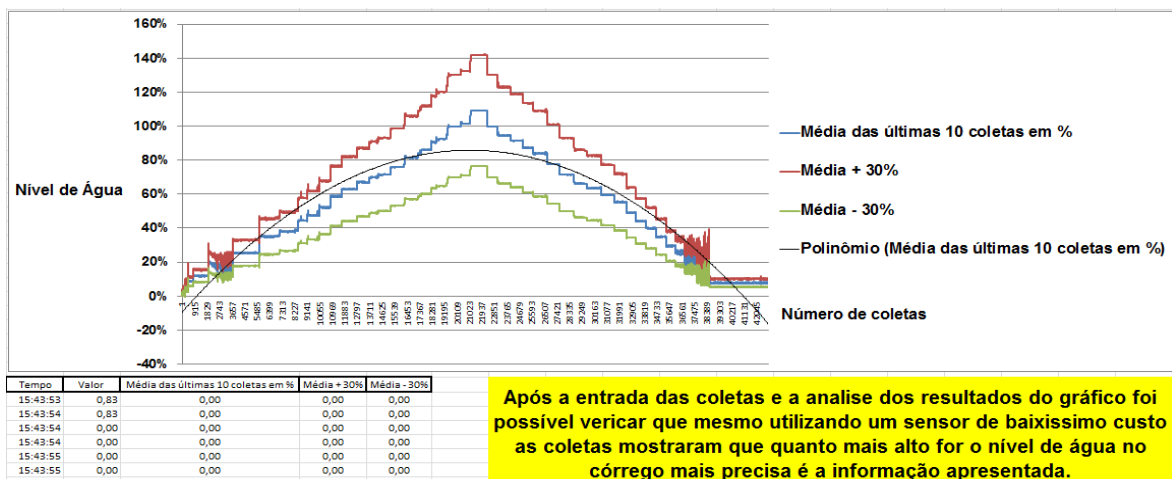
Fonte: Autoria própria

A estação base foi instalada a 80 metros do nó sensor, em local que permitia conexão com a *Internet*.

Coletaram-se 42.920 registros de dados (uma coleta por segundo) em um dia de chuva, para avaliar a confiabilidade do sensor e da regra de descarte de dados não confiáveis. Com a estrutura de dados projetada, estes registros ocuparam aproximadamente 5.6 MB de espaço em disco.

Após processamento de 42.920 coletas, identificou-se que o sensor ultrassônico utilizado enviou 67 registros que foram descartados pela regra definida na função gerenciamento (variação de medição maior que o desvio máximo configurado para a unidade de tempo), ou seja, 0,15% de descarte. Os grandes picos vistos no Gráfico 09 são resultados da falta de precisão do sensor ao efetuar coletas em distâncias maiores que 150 cm.

Gráfico 09. Testes de Coleta no Córrego em Poá.



Fonte: Autoria própria

Por meio de comparativo visual, o momento de início de alerta de extravasamento do córrego por meio da solução aconteceu com atraso de 1 minuto, isso porque o alerta só é enviado depois que o valor atingido se mantém por 60 segundos ou mais evitando assim falsas mensagens de alerta.

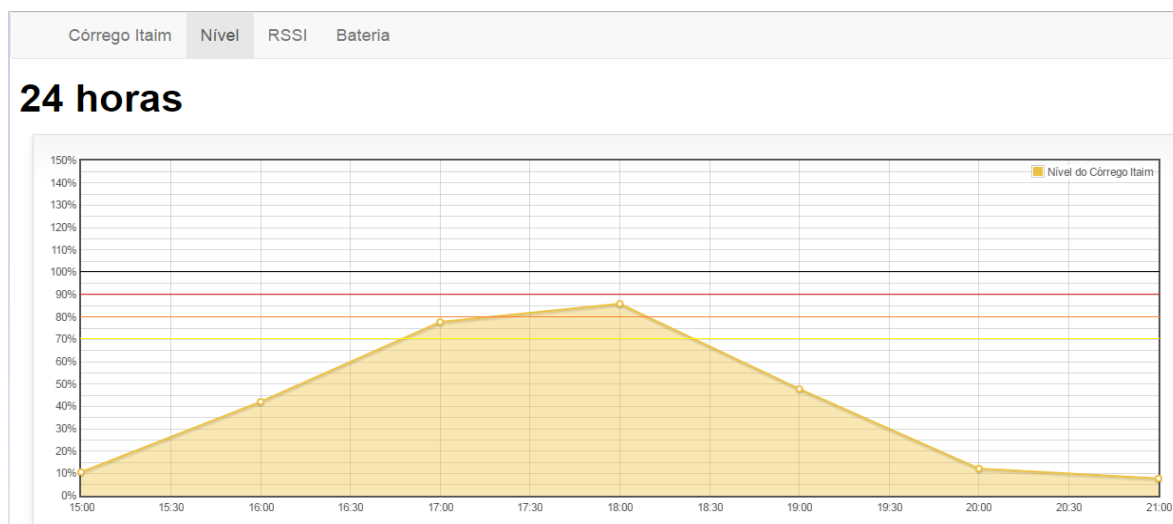
O aplicativo móvel de acompanhamento efetuou 100 requisições de dados ao servidor e, o tempo médio para consulta do dado e disponibilização no servidor foi de 0,003 segundos. Não foi medido o tempo total de acesso ao dado, pois a taxa de transmissão contratada no dispositivo móvel interfere no tempo global. Ainda assim, nenhuma consulta demorou mais que 3 segundos para ser apresentada no aplicativo.

A aplicação de monitoramento foi dividida em 4 funções principais: (1) configuração dos parâmetros de alerta dos sensores; (2) verificação de atualização de dados, a cada 1 segundo; (3) atualização da interface visual de monitoramento, disponível para os analistas de riscos; e (4) envio de mensagens para e-mail e alertas para dispositivos móveis com o aplicativo Alerta Poá instalado.

A interface visual de monitoramento foi estruturada para permitir que os analistas de risco, que ficam no Centro de Gerência de Rede (CGR ou NOC)³, rapidamente identifiquem áreas que estão em estado de alerta caso mais sensores sejam instalados. Assim, quando um sensor atinge o limite determinado no parâmetro de alerta, a interface apresenta em um mapa a exata localização do sensor, além do índice de relevância do alerta. Através do Gráfico 10 é possível observar a tela do NOC.

O Centro de Gerência de Rede é o local (prefeitura) onde ficam os profissionais incumbidos de realizar o monitoramento através de uma rede de *Internet* ligada ao sistema.

Gráfico 10. Exemplo de Tela de NOC.



Fonte: Autoria própria

Na ocorrência de sensores em situação de alerta, processos de envio de mensagens por *e-mail* são acionados para notificar agentes interessados à situação.

³ O Centro de Gerência de Rede é o local (prefeitura) onde ficam os profissionais incumbidos de realizar o monitoramento através de uma rede de *Internet* ligada ao sistema.

Além do *e-mail*, a aplicação de monitoramento pode enviar mensagens para dispositivos móveis que estão utilizando o aplicativo Alerta Poá, desenvolvido com objetivo de simplificar o processo de comunicação com a população que poderá ser diretamente impactada. Importante destacar, que é um aplicativo que pode ser baixado no *smartphone* gratuitamente.

A entrega das mensagens de alerta enviadas pelo sistema supervisorio, visa auxiliar a tomada de decisão de um morador em região de risco. Este poderá, a partir do alerta, abandonar o local ou iniciar medidas preventivas de proteção de patrimônio. Além da entrega de alertas, desenvolveu-se também uma comunicação com o sistema supervisorio para permitir a visualização no aplicativo da situação atual do nível de água do córrego. Assim sendo, fica viabilizado o acompanhamento do local de risco, a qualquer hora e lugar. Configuraram-se como parâmetros de visualização os seguintes estados de risco:

Figura 24. Estado Normal: de até 70% (Verde).



Fonte: Autoria própria

Figura 25. Estado de Atenção: entre 71% e 80% (Amarelo).



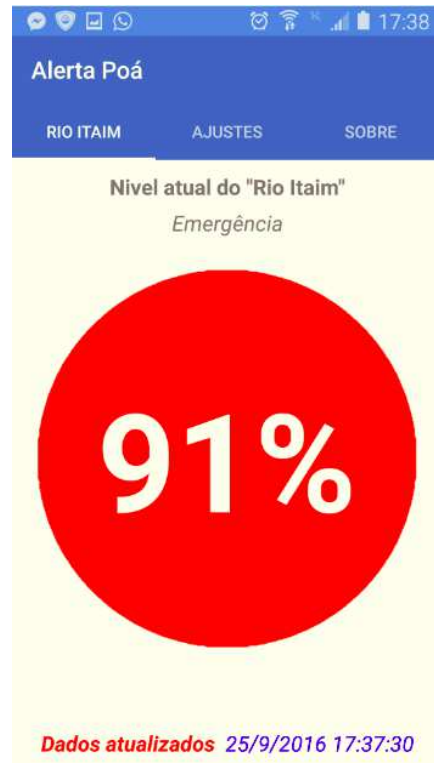
Fonte: Autoria própria

Figura 26. Estado de Alerta: entre 81% e 90% (Laranja).



Fonte: Autoria própria

Figura 27. Estado de Emergência: entre 91% e 100% (Vermelho).



Fonte: Autoria própria

Figura 28. Estado de Extravazamento: Acima de 100% (Preta).



Fonte: Autoria própria

Considerando a possibilidade de calibração do sensor e da aplicação quanto aos níveis de alerta, a quantidade de dados descartados, e os tempos de disponibilização de informação, acredita-se que se possa concluir que os resultados são muito bons quando avaliado em conjunto com o valor total do investimento (no caso deste estudo de caso realizada em setembro de 2016, está em torno de Us\$ 120.00 para Kit Rádiumino, Us\$ 3.00 para o Sensor HC-SR04, Us\$ 60.00 para um conjunto de placa fotovoltaica e controlador de carga e Us\$ 375.00 para um computador ou mensalidade inferior a Us\$ 30,00 para os servidores virtualizados quando estes forem utilizados).

6. CONCLUSÃO

Com a melhora das tecnologias de comunicação sem fio e o crescimento do poder de processamento em circuitos integrados em que a cada momento estão menores tem motivado oportunidades em diferentes áreas, incluindo as áreas de sensoriamento remoto e monitoramento ambiental.

A partir deste panorama, permite-se coletar dados do ambiente em diversos locais e a qualquer momento com sensores conectados em nós de uma Rede de Sensores Sem Fio.

A motivação principal deste trabalho foi à criação de um sistema para coleta, tratamento e disponibilização de dados sobre um aspecto do meio-ambiente, neste caso informações relacionadas ao nível de córregos ou rios, com a finalidade de alertar os órgãos competentes e os cidadãos sobre possíveis ocorrências de enchentes.

Neste sentido, esse trabalho desenvolveu o projeto Alerta Poá, um conjunto de *hardware* e *software* que tem como objetivo principal o monitoramento de córregos e rios e a divulgação dos dados coletados que poderiam ser utilizados inclusive por outros órgãos ou aplicações que desejam utilizar destas informações ambientais.

Utilizando-se da plataforma Rádium, que realiza a interface de um ou vários sensores com a *Internet*, foi criado um novo modelo de monitoramento. Assim como os *software* desenvolvidos especialmente para converter dados brutos, colhidos pelos sensores em informações úteis e de fácil compreensão. O sistema desenvolvido e instalado na cidade de Poá de forma experimental, permitiu testar a eficiência e a fidelidade dos dados coletados pelos sensores a um custo extremamente baixo se comparado a aplicações comerciais. Desta maneira, este trabalho alcançou os seguintes objetivos:

- A medição de variáveis locais relacionadas ao nível de água do córrego ou rio;
- Avaliar a possibilidade de conexão de sensores adicionais ao nó sensor;
- A visualização das informações por meio de uma página *web* pública;

- Realizar uma avaliação do aplicativo Alerta Poá em aplicações reais;
- A disponibilidade de serviços para uso das informações por outros sistemas ou órgãos públicos.

Embora não tenha sido possível a implantação do projeto de forma definitiva para obtenção dos níveis de água do córrego, os resultados obtidos no estudo de caso atenderam as expectativas com relação à coleta de dados, por parte da RSSF; recepção de dados, persistência e visualização por parte do serviço *web* e do aplicativo Alerta Poá em busca da disponibilização de dados ambientais para a sociedade. O uso de RSSF constituído por um kit Radiuino, *Gateway*, Sensor, fonte de energia elétrica fotovoltaica e *software* open-source para coleta de dados ambientais permite ao sistema de previsão tornar-se mais efetivo, devido ao uso de informações mais precisas sobre o volume de água. O objetivo deste trabalho também demonstra que é viável o uso de RSSF na coleta de dados, gerando informações mais precisas e em tempo hábil a um custo reduzido.

A relevância de projetos dessa natureza pode ser apreendida, na medida em que se considerem outros exemplos de sucesso das Redes de Sensores Sem Fio que podem ser conferidos pelas inovações existentes na cidade de Santander (Espanha) realizadas por intermédio do projeto *Smart Santander* da Telefônica. Em Santander, foram instalados mais de vinte mil sensores, em serviços ligados a estacionamento (sensores eletromagnéticos), monitoramento do tráfego (sensores de presença com câmeras *CMOS - Complementary Metal-Oxide Semiconductor*), iluminação (sensores de presença) e qualidade do ar (sensores de gás), figurando-a como uma das regiões com mais recursos de gestão inteligente do mundo (LEAL, 2015). Nesse sentido, no Brasil, a Telefônica/Vivo estabeleceu parceria com a Ericsson, com presença na África, Ásia Pacífico, Europa, América do Norte e América do Sul, para, em conjunto, trabalharem no projeto de Cidade Digital no Brasil. Como fruto desta parceria, pode-se destacar o projeto de cidade digital que foi implementado em Águas de São Pedro, município turístico, localizado no interior do Estado de São Paulo, que disponibilizou banda larga para toda a cidade, rede 4G e aplicações digitais para saúde, educação, turismo e espaços públicos (Telefonica, 2014).

Assim, pode-se dizer que uma das grandes potencialidades nas redes de sensores é a questão do monitoramento de determinados fenômenos físicos, tais como, o monitoramento de locais propensos a enchentes. Aplicações que envolvam monitoramento de ambientes são excelentes campos de atuação para as redes de sensores sem fio.

6.1 Contribuições

Partindo dessa premissa, tem-se que a tecnologia da informação pode contribuir de maneira muito positiva nesse processo. Ao se buscar o conceito de Cidades Inteligentes (*Smart Cities*), fundamentado, pois, pela atual relação do homem com as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC's), é possível encontrar soluções digitais que sejam concebidas com vistas à resolução de problemas físico-ambientais de uma região, município, cidade ou espaço geográfico qualquer.

- Este estudo permitiu verificar que o uso de uma arquitetura composta por elementos de *hardware* tais como Rádiumino e *software open-source* foi possível criar um sistema de monitoramento de baixo custo;
- Esta arquitetura pode ser ampliada para outros tipos de catástrofes, como deslizamentos de terras, que podem causar um grande número de vítimas;
- Oferece o uso de uma tecnologia emergente como a RSSF para alertar possíveis desastres naturais;
- Discutiu-se o emprego e a viabilidade das inovações que uma rede sem fio utilizando o Rádiumino para aplicações reais como o monitoramento do meio ambiente;
- Propôs um modelo de previsão de enchentes com um mecanismo de alarme em tempo real para a população que se encontra em áreas de risco;
- Demonstrou-se um recurso tecnológico para que a comunidade acadêmica possa replicar com intuito de diminuir os danos com os desastres naturais.

6.2 Trabalhos Futuros

Como ações futuras, planeja-se a substituição no sistema de transmissão, optando pelo módulo sem fio BE990, que possibilita um maior alcance entre a estação base e o nó sensor podendo chegar a 8000 metros em ambiente *outdoor*.

Implementação de criptografia e protocolos seguros para RSSF, uma vez que este tipo de comunicação o modo de transmissão utiliza *broadcast* se tornando mais susceptível a ação de intrusos, que podem facilmente escutar, interceptar e alterar os dados que trafegam na rede. Autenticidade, confidencialidade, integridade e disponibilidade são essenciais, pois garantem que qualquer intruso não consiga as informações. Em RSSF chaves criptográficas ficam em poder da estação base e nó sensor. Quanto mais chaves cada nó utilizar, maiores serão as garantias de confidencialidade, originalidade e autenticidade eliminando informações maliciosas.

Integração com outras fontes de informação como, por exemplo, o Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo (SAISP), operado pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), que gera a cada cinco minutos boletins sobre as chuvas e suas consequências na cidade de São Paulo e região. O monitoramento hidrológico do SAISP é feito pela Rede Telemétrica de Hidrologia do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE) e pelo Radar Meteorológico de São Paulo, de propriedade do DAEE e adquirido em convênio com a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (SAISP, 2016).

Também em trabalhos futuros a adição de novos sensores como os descritos abaixo, permitiria possibilidades de verificar atributos de outras grandezas para novas aplicações.

- Anemômetro para medir direção e intensidade dos ventos;
- Barômetro para medir a pressão atmosférica;
- Higrômetro/Higrógrafo para medir a umidade relativa do ar;
- Pluviômetro para medir a precipitação pluvial;
- Termômetro para medir a temperatura do ar.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Hanrrikson de. **Segundo IBGE, mais de 70% dos municípios não têm política de saneamento; 48,7% não fiscalizam a qualidade da água.** Artigo publicado em 13/11/2012. Disponível em <http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2012/11/13/estudo-do-ibge-mostra-que-mais-de-70-dos-municipios-nao-tem-politica-de-saneamento-basico.htm>. Acesso em 07/04/2016.

ARAUJO, Eliane. **Enchentes urbanas em Caraguatatuba (SP):** impactos na população e organização do sistema local de saúde para atuar durante e após o evento. VI Encontro Nacional da Anppas. Disponível em <http://www.anppas.org.br/encontro6/anais.pdf>. Acesso em 21/04/2016.

BARCELLOS, Christovam; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira; CORVALÁN, Carlos; GURGEL, Helen C.; CARVALHO, Marília Sá; ARTAXO, Paulo; HACON, Sandra; RAGONI, Virginia. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Rev. Epidemiol. Serv. Saúde** v.18 n.3 Brasília set. 2009.

BERNDT, Alexandre. **Introdução a Redes de Sensores sem Fio (RSSF).** Artigo publicado em 2012 pelo Departamento de Ciência da Computação – Universidade do Estado de Mato Grosso. Disponível em <http://www.sucesumt.org.br/IntroducaoaRedesdeSensoressemFio.pdf>. Acesso em 09/12/2015.

BIZINHA, Gláucia Menossi. **A importância do urbanismo e do paisagismo no desenvolvimento das estâncias hidrominerais de Poá, Águas de Lindóia e de São Pedro.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie para o Título de Mestre em Urbanismo e Arquitetura. São Paulo, 2013.

BRANQUINHO, Omar. **Plataforma Rádiuino para Estudos em Redes de Sensores Sem Fio.** Disponível em: <http://www.radiuino.cc> Acesso em 18/09/2016.

BRASIL. **Prefeitura da Estância Hidromineral de Poá.** Disponível em <http://www.prefeituradepoa.sp.gov.br>. Acesso em 21/10/2015.

BRASIL. **Política Nacional de Defesa Civil, Lei 12608/2012.** Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm. Acesso em 15/11/2015.

BRASIL. Instituto de Pesos e Medidas do Estado de São Paulo - IPEM. **Metrologia e Meteorologia: O Pluviômetro.** Artigo publicado em 13/09/2011. Disponível em <https://ipemsp.wordpress.com>. Acesso em 07/12/2015.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Perfil dos Municípios Brasileiros 2013.** Disponível em www.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv86302.pdf. Acesso em 21/04/2016.

BUCCI, Maria Paula Dallari. **Direito Administrativo e Políticas Públicas**. São Paulo: Saraiva, 2012.

CHAVES, Haroldo Augusto Tonetto. Projeto de uma estação fluviométrica automática. Disponível em www.univates.br/bdu/bitstream/10737/377/1/HAROLDOCHAVES.pdf Acesso em 09/10/2016.

CARVALHO, Thiago Morato de. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. **RBGF – Revista Brasileira de Geografia Física** Recife-PE Vol. 01 n.01 Mai/Ago 2008, 73-85.

CHANG, Ni-Bin; GUO, Da-Hai. **Urban Flash Flood Monitoring, Mapping, and Forecasting via a Tailored Sensor Network System**. Disponível em <http://ieeexplore.ieee.org/document/1673241/>. Acesso em 09/09/2016.

CLIMATE-DATA. Disponível em <https://web.archive.org/web/20150721161550/http://pt.climatedata.org/location/4211/> Índice Pluvial de Poá. Acesso em 10/10/2016.

CORDERO, Ademar; MEDEIROS, Péricles Alves; TERAN, Albanella Leon. **Medidas de controle de cheias e erosões**. Artigo publicado em 2009. Disponível em <file:///C:/Users/chrys/Downloads/M%C3%A9todos-Controle-Cheias-Ade-.pdf>. Acesso em 02/12/2015.

CORSINI, Rodnei. **Piscinões para controle de cheias**. Artigo publicado em 04/06/2011. Disponível em <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/4/artigo220142-1.aspx>. Acesso em 08/04/2016.

CRESESB. Disponível em www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=321 Placa Fotovoltaica. Acesso em 12/10/2016.

DRUMOND, Vivian Lúcia Bittencourt. **Cobertura em uma rede de sensores sem fio**. Artigo publicado pela Universidade Presidente Antônio Carlos. Minas Gerais, 2012.

EL-DEIR, Soraya Giovanetti. **Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2014.

FARIA, Rita; PEDROSA, António. **Impactos da urbanização na degradação do solo urbano e sua relação com o incremento de inundações urbanas em Santa Maria da Feira**. International Symposium in Land Degradation and Desertification, organizado pela União Geográfica e COMLAND. Maio 2005, Uberlândia.

FEBRAS. Disponível em <http://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/3121/1/407094.pdf>. Acesso em 12/10/2016.

GOMES, Evandro Luís Brandão; TAVARES, Luís Antônio. **Uma solução com Arduino para controlar e monitorar processos industriais.** Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Eletroeletrônicos, Automação e Controle Industrial do Instituto Nacional de Telecomunicações. Minas Gerais, 2013.

KLEINSCHMIDT, João Henrique. **Redes Bluetooth: modelagem, desempenho e aplicações.** Disponível em www.ppgia.pucpr.br. Acesso em 26/04/2016.

KUPPER, A. Basic of wireless communications. **In: Location-based services.** Wiley Online Library, 2005. 68 f.

LABADESSA, Aparecido Silvério; SANTOS, Luciana Pardino. **O impacto ambiental ocorrido pela supressão das matas ciliares: um estudo avaliativo no Rio Jamari a partir do recorte geográfico compreendido entre as ruas Princesa Isabel e D. Pedro II.** Artigo apresentado ao Programa de Iniciação Científica das Faculdades Integradas de Ariquemes – FIAR. Disponível em www.fiar.com.br/revista/pdf. Acesso em 18/04/2016.

LEAL, Carlos Ivan Simonsen. **Cidades inteligentes e mobilidade urbana.** Caderno FGV Projetos. Outubro 2015, nº 24.

MARSAIOLI, Rodrigo Vallejo. **Poder público é o responsável pelos danos causados.** Artigo publicado em 13/04/2010. Disponível em <http://www.conjur.com.br/2010-abr-13/poder-publico-responsavel-pelos-danos-causados-enchentes>. Acesso em 08/04/2016.

MELL, P.; GRANCE, T. **The NIST Definition of Cloud Computing Recommendations of the National Institute of Standards and Technology.** Natl. Inst. Stand. Technol. Inf. Technol. Lab., vol. 145, p. 7, 2011.

MUSQL. Disponível em https://prezi.com/_-kde_tbx1n5/historia-do-mysql/ . Acesso em 08/10/2016.

PAIOLA, Carlos E. G. **O papel do supervisor no atual contexto tecnológico.** InTech, 2015. Disponível em http://www.aquarius.com.br/Boletim/InTech132_artigo.pdf. Acesso em 04/07/2016.

PECHOTO, Murilo M.; UYAMA, Jó; ALBUQUERQUE, João Porto de. **E-noé: Rede de sensores sem fio para monitorar rios urbanos.** Disponível em <http://conteudo.icmc.usp.br/pessoas/jporto/papers/PEchoto%20et%20al.%20eNOE.pdf> . Acesso em 09/10/2016.

PEREIRA, Gislene de Fátima; SILVA, Madianita Nunes da. **Pobreza urbana e degradação ambiental: reflexões sobre o urbanismo de risco em Curitiba.** XIV Encontro Nacional da ANPUR. Maio de 2011. Rio de Janeiro - RJ – Brasil. Disponível em <http://www.anpur.org.br/site/anais/ena14/ARQUIVOS/GT7-816-410-20110105104510.pdf>. Acesso em 03/07/2016.

PIRES, Douglas. **Chuva alaga centro de Poá e deixa pessoas ilhadas, dizem bombeiros. Diário de Mogi das Cruzes e Suzano.** Artigo publicado em 13/02/2015. Disponível em <http://g1.globo.com/sp/mogi-das-cruzes-suzano/noticia/2015/.html>. Acesso em 22/10/2015.

PRINA, Bruno Zucuni. **Análise ambiental urbana com o uso de imagens Google Earth.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011.

PYTHON. Disponível em <http://pyscience-brasil.wikidot.com/python:python-oq-e-pq>. Acesso em 08/10/2016.

ROCHA, Heloísa Vieira da; BARANAUSKAS, Maria Cecília Calani. **Design e avaliação de interfaces humano-computador.** São Paulo: IME-USP, 2000.

RIBEIRO, Alessandro Mendes. **BMP'S em drenagem urbana** - aplicabilidade em cidades brasileiras. Dissertação apresentada para o Curso de Mestre em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

RUIZ, Linnyer Beatrys, et al. **Arquiteturas para Redes de Sensores Sem Fio.** Departamento de Ciência da Computação da UFMG. Disponível em <http://homepages.dcc.ufmg.br.pdf>. Acesso em 26/04/2016.

SAISP. Disponível em www.saisp.br/estaticos/sitenovo/produtos.xmlt#a8 SAISP. Acesso em 10/10/2016.

SAATY, Thomas; VARGAS, Luis G. **Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process.** [S.L.] Springer Science & Business Media, 2012.

SANTOS, Adilson. Disponível em: http://adilson santos fotografia.blogspot.com.br/2010_02_01_archive.html. Acesso em 21/10/2015.

SEADE. Sistema Estadual de Análises de Dados. **Perfil Poá-SP.** Disponível em <http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php>. Acesso em 21/10/2015.

SILVA, Evandro Pereira da. **Estudo da viabilidade do uso de energia solar fotovoltaica no carregamento de baterias para fins diversos.** Dissertação apresentada para o Curso de Pós Graduação de Especialista em Formas Alternativas de Energia do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Lavras/MG, 2010.

SILVA, Ivanovitch Medeiros Dantas da. **Redes de sensores sem fio aplicadas em ambientes industriais de petróleo e gás.** Dissertação apresentada a Universidade Federal do Rio Grande do Norte para o Curso de Engenharia de Computação. Natal/RN, 2006.

SILVA, Juliana Salgado Oliveira da. **Desenvolvimento de aplicativo para supervisão de um sistema de comunicação que aciona diferentes dispositivos por meio de uma interface IHC via RSSF**. Anais do IV Encontro de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. PUC Campinas, 23 e 24 de setembro de 2014.

SILVA, Leandro Honorato de Souza. **Desenvolvimento de uma Rede de Sensores Sem Fio Utilizando ZigBee para Aplicações Diversas**. Dissertação apresentada a Universidade de Pernambuco, para obtenção de título de especialista em Engenharia de Computação. Pernambuco, 2011.

www.w.w.aedb.br/seget/artigos12/28416269.pdf Simpósio de excelência em Gestão tecnológica acessado em 09/10/2016

SOARES, Karla. **O que é um Arduino e o que pode ser feito com ele?** Disponível em <http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/10/o-que-e-um-Arduino-e-o-que-pode-ser-feito-com-ele.html>. Acesso em 12/03/2016.

SOUSA, Carlos Alberto de. **Plano municipal de redução de riscos - PMRR Estância Hidromineral POÁ**. Dissertação apresentada ao Curso de Especialista em Gestão de Emergências e Desastres, pela Faculdade Integrada Grande Fortaleza. Poá/SP, 2012.

STALLINGS, W. **SNMP and SNMP v2: the infrastructure for network management**. IEEE Commun. Mag., vol. 36, no. March, pp. 37-43, 1998.

STUHLER, Jackson Alessandro; ALEXANDRINI, Fábio; Alexandrini, Carla F D; Faveri, José Ernesto de; ARAUJO, Thiago Souza. **Utilização da Tecnologia Zigbee para Sensoriamento de Nível de Rio para Monitoramento de Cheias**. IX Simpósio de Excelência e Tecnologia. Disponível em www.w.w.aedb.br/seget/artigos12/28416269.pdf Simpósio de excelência em Gestão tecnológica. Acesso em 09/10/2016.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2007.

VARNIER, Claudia; ODA, Geraldo Hideo; IRITANI, Mara Akie. **A experiência do instituto geológico em estudos de proteção dos recursos hídricos subterrâneos no estado de São Paulo (SP)**. XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Disponível em <file:///C:/Users/chrys/Downloads/22139-79822-1-PB.pdf>. Acesso em 21/10/2015.

WENDLING, Marcelo. **Sensores**. Universidade Estadual Paulista. Campus de Guaratinguetá. Guaratinguetá/SP, 2010

ZANELLA, A.; BUI, N.; CASTELLANI, A.; VANGELISTA, L.; ZORZI, M. **Internet of Things for Smart Cities**. IEEE Internet Things J., vol. 1, no. 1, pp. 22–32, 2014.

APÊNDICE A – Município de Poá

Assim como muitas cidades do Brasil, Poá é uma que sofre anualmente com as enchentes que ocorrem nas áreas de maior risco, visto que estas áreas são ocupadas de forma irregular como demonstra a Figura 29.

Figura 29. Transbordamento do Córrego Itaim.



Fonte: Santos (2010)

Importante destacar que no que tange as questões históricas que serão relatadas a seguir, os dados foram extraídos da Prefeitura de Poá.

O nome do município de Poá tem origem indígena e significa "bifurcação de caminhos". Sua fundação se deu no ano de 1.621 e se constituía de um povoado em terras missionárias carmelitas.

A Estrada São Paulo/Rio (atual SP-66) cortava o município cujo nome na época era "Apoá", que fazia parte do distrito da cidade Mogi das Cruzes, era pouco povoado, porém, ponto obrigatório de parada de tropeiros e outros viajantes que por ali passavam. Dentre os viajantes pode-se destacar Dom Pedro I (Figura 30).

Figura 30. Área Central, Local Onde Foi Instalada a Ferrovia.



Fonte: Bizinha (2013)

De um modo geral, as estradas eram muito precárias, a exemplo da estrada São Paulo/Santos e São Paulo/Rio de Janeiro, e os trechos calçados eram escassos. Na época das chuvas a travessia da estrada entre São Paulo e Mogi das Cruzes tornava-se inviável por ser travessia da várzea do Rio Guaió situado entre Poá e Suzano.

Em 1877, os poucos moradores da região reivindicaram a construção de uma estação de trem entre as estações Lageado (atual Guaianases) e Mogi das Cruzes, cuja solicitação foi aprovada por se encontrar próxima a Itaquaquecetuba, Arujá e Santa Isabel. Tal feito serviu inicialmente para escoar a produção agrícola da região à Capital. A partir daí deu-se o crescimento populacional e econômico de Poá. No ano de 1891 foi inaugurada a Estação Poá para transporte de passageiros (Figura 31).

Figura 31. Estação Original de Poá.



Fonte: Bizinha (2013)

O início da operação comercial se deu no ano de 1934. A Estação Poá era o ponto para onde convergiam carregamentos de lenha e produção agrícola de Poá e das cidades vizinhas. A movimentação permitiu então o desenvolvimento comercial do centro da cidade, principalmente nas avenidas de acesso.

Com o final da Segunda Guerra Mundial e a explosão demográfica de São Paulo, Poá iniciou um intenso processo de urbanização e a abertura de novas ruas e avenidas.

Porém, apesar de todo progresso as autoridades de Mogi das Cruzes não realizavam benfeitorias no local que continuava na condição de distrito. Apesar de toda reivindicação da população local havia muita resistência da Câmara Municipal de Mogi das Cruzes, a fim de evitar que Poá, Suzano, e Ferraz de Vasconcelos se emancipassem e deixassem de serem distritos de Mogi.

No ano de 1948, finalmente Poá foi elevada à categoria de Município, constituindo-se de dois distritos: o Distrito da Paz (região noroeste de Poá) e o Distrito de Ferraz de Vasconcelos.

O município de Poá está distante 17 quilômetros de Mogi das Cruzes e 34 quilômetros de São Paulo. Faz parte da região Metropolitana da Capital e possui uma área territorial de 17.179 há ou 17 km², sendo que 14 km² são de

áreas urbanas e 3 km² de área rural. É cortada pelos Rios Tietê e Guaió, além dos córregos Tucunduva e Itaim, localizado no Centro da cidade. Faz divisa com os seguintes municípios: Sudeste com Suzano, Oeste com Ferraz de Vasconcelos e São Paulo e Norte com Itaquaquecetuba. Possui uma altitude média de 832 metros. Seu clima é temperado e apresenta uma precipitação pluviométrica aproximada de 1.500 mm (PREFEITURA DE POÁ, 2015).

Quanto às características do meio físico, o relevo possui planícies e terraços fluviais e colinas de topos abaulados, cujas altitudes oscilam entre 700 a 800 metros e com declividades predominantes menores de 2% nas planícies, e maiores que 10% nas colinas e morros. A área se encontra sujeita a inundações periódicas, possuindo um lençol freático pouco profundo, tornando o grau de fragilidade potencial dessas áreas muito alto. O município de Poá recebe uma média anual de água de chuva de 1.475 mm, sendo que os excedentes hídricos (excesso de água no solo) ocorrem preferencialmente de outubro a março, ou seja, durante toda a primavera e verão, condicionando os períodos mais críticos para a ocorrência de escorregamentos e inundações (PREFEITURA DE POÁ, 2015).

Sua população é de 112.588 mil habitantes, possuindo 6.553,43 habitantes por km². A população de Poá é predominantemente urbana, com 98,90% residentes nestas áreas. Mais de 99% do Município possui coleta de lixo doméstico e abastecimento de água, sendo que 87,43% da população são beneficiadas com o atendimento de esgoto sanitário (SEADE, 2011).

A economia de Poá teve seu desenvolvimento acentuado em 1914 quando os imigrantes chegaram da Europa com o cultivo da uva Itália. Em 1942 iniciou-se a produção de tijolos que representa até hoje fonte de renda na economia local. Atualmente o município apresenta uma característica industrial voltada para o ramo têxtil e de fiação, pois por ser uma estância hidromineral, existem restrições ambientais contra poluentes.

No ano de 1970, o município passou a ser considerada como estância hidromineral justificado pelo valor da água mineral da Fonte Áurea (Figura 32), que possui grande vazão diária de água com alto valor de radioatividade e qualidades fisioterápicas.

Figura 32. Fonte Áurea.



Fonte: Bizinha (2013)

A água subterrânea exerce papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico do município de Poá através das empresas engarrafadoras de água mineral. Distinguem-se dois aquíferos principais no local: o sistema aquífero Sedimentar⁴ e o Cristalino⁵, este último mais favorável à captação de água subterrânea (VARNIER; ODA; IRITANI, 2014).

A prefeitura do município possui grande interesse em preservar a qualidade das águas das fontes, o Instituto Geológico da Secretaria do Meio Ambiente (IG/SMA) desenvolveu estudos geológicos e hidro geológicos no sentido de efetuar estas ações. Desta forma, considerando os interesses gerais da Prefeitura e das empresas de água mineral que fazem parte da região, foram definidos os perímetros de proteção das fontes contra a contaminação, de forma a atender a Portaria nº 231 do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), de 31 de julho de 1998 (PREFEITURA DE POÁ, 2015).

Outra questão econômica que merece destaque é que as condições climáticas da região permitem o cultivo de orquídeas que transformou a região em cidade turística. Além disso, o município desempenha um importante trabalho de preservação ambiental reconhecido a nível nacional e internacional. Porém,

⁴ É aquele formado por rochas sedimentares consolidadas ou solo arenoso, onde a circulação da água se faz nos poros formados entre os grãos de areia, silte e argila de granulação variada.

⁵ É formado por rochas ígneas, cristalinas, duras e maciças, onde a circulação de água se faz nas fraturas, fendas e falhas devido ao movimento tectônico.

apesar de toda essa atividade a região passa por alguns problemas decorrentes de enchentes em virtude do Córrego Itaim que atravessa a cidade, conforme será observado na sequência.

Córrego Itaim

O Córrego Itaim é um afluente do rio Tiete, que passa por um processo de despoluição. As principais nascentes são a Fonte Áurea e Primavera que deságuam nesse córrego. O Córrego Itaim se encontra canalizado, em seu percurso no centro da cidade, resultando em um grande problema nas épocas das chuvas em virtude de enchentes (BIZINHA, 2013).

As enchentes e inundações estão associadas ao escoamento das águas superficiais. As águas de chuva que causam um acréscimo na descarga d'água são denominadas de cheia ou enchentes (SOUSA, 2012).

No período de enchente, as vazões atingem tal magnitude que podem superar a capacidade de descarga da calha do curso d'água e extravasar para áreas marginais habitualmente não ocupadas pelas águas. Esse extravasamento caracteriza uma inundação e a área marginal, que periodicamente recebe esses excessos de água, denomina-se leito maior, planície de inundação de um rio, ou ainda, a várzea (SOUSA, 2012. p. 16).

Outro problema que gera as cheias no Córrego Itaim está ligado às faixas de Área de Proteção Permanente do Código Florestal (APP) que não são respeitadas pelos moradores locais (Figura 33). Estima-se que atualmente existam 3.000 famílias residindo nesse espaço.

Figura 33. Córrego Itaim.



Fonte: Bizinha (2013)

Conforme é possível observar através da Figura 32 o assentamento urbano precário da região, que pode ter sido gerado pela forma ou localização inadequada da ocupação, pela ausência de infraestrutura urbana (drenagem, pavimentação, saneamento, etc.) ou pela degradação do ambiente associada a diversos tipos de riscos ambientais, gera uma alta vulnerabilidade.

Em fevereiro de 2015 uma forte tempestade caiu na região central deixando o local todo alagado (Figura 34). Segundo o Corpo de Bombeiros, pelo menos 50 pessoas ficaram ilhadas. O córrego Itaim transbordou e a água subiu rapidamente. Comerciantes foram obrigados a baixar as portas e carros foram arrastados. Além disso, ainda de acordo com o Corpo de Bombeiros, um homem alcoolizado chegou a se afogar ao cair em um córrego. Ele foi retirado do local por populares (PIRES, 2015).

Figura 34. Alagamento no Centro de Poá.



Fonte: Pires (2015)

Fora às enchentes que assolam a região, existem ainda problemas de acessibilidade em virtude da linha férrea que corta a cidade inviabilizando a passagem de carros e pedestres entre os dois lados da via férrea, conforme pode ser observado na Figura 35.

Figura 35. Desenho Esquemático da Área Central de Poá.



Fonte: Bizinha (2013)

Conforme apresentado até este ponto, compreende-se que o problema das enchentes na região vem desde muito tempo, porém com o progresso da urbanização se tornou mais acentuado resultando em sérios problemas ambientais. Os erros de ocupação territorial na área central de Poá evidenciam o conflito da urbanização que ocupa de forma ilegal as áreas que deveriam ser preservadas e protegidas.

APÊNDICE B – Pedido de Autorização - Poá

Poá, 19 de Agosto de 2016

À Secretaria Municipal de Segurança Urbana de Poá

Att: Carlos Setsuo Mutou

Ref.
Pedido de Autorização

Prezado,

Tem-se observado que o desenvolvimento urbano trouxe a muitas cidades brasileiras um significativo aumento na frequência de inundações.

Estas situações indesejadas têm trazido impactos negativos ao ambiente e à população, com grande prejuízo público. Neste contexto pode-se incluir a cidade de Poá e os problemas originados pelo córrego Itaim.

Buscando contribuir com possíveis soluções para este tipo de problema, estou desenvolvendo, em meus estudos no Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica da PUC-Campinas, uma pesquisa voltada à monitoração de rios e córregos em ambiente urbano. Em especial, tenho interesse em monitorar o córrego Itaim com o objetivo de criar um sistema de comunicações que, apoiado em rede de sensores sem fio, possa gerar informações que permitam a tomada de decisões em tempo hábil para minorar os problemas que ocorrem quando de transbordamento do mesmo.

Para tanto torna-se necessário fixar em locais públicos (pontes, passagens ou locais de escolha da prefeitura) dispositivos sensores que vão monitorar o volume de água que passam no leito do córrego. Tais dispositivos consomem pouquíssima energia (Bateria), não oferecem risco ao ambiente ou a pessoas.

Deste modo, venho por meio desta à presença de V.S.^a solicitar permissão para efetuar a instalação desses dispositivos sensores no intuito de efetuar esta pesquisa científica, cujos resultados trarei a essa gestão pública no intuito de contribuir com soluções que visam a melhoria da qualidade de vida da população do município de Poá.

Sendo o que me traz para o momento, fico no aguardo e à disposição para quaisquer esclarecimentos sobre o meu projeto de pesquisa.

Atenciosamente,

Marco Antonio Ruiz Cardoso

Aluno de Mestrado – Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Secretaria de Segurança Urbana

Recebido em: 19/08/16

Cássia A.S. Estives

APÊNDICE C – Script para Coleta de Dados em Python

```

#Marco Antonio Ruiz Cardoso
#contato: marcoruizcc@gmail.com

# SISTEMA PARA MEDIR NÍVEL DE ÁGUA EM CORREGOS E RIOS
import serial
import MySQLdb
import math
import time
import struct
from time import localtime, strftime

# Configura a serial
# para COM# o número que se coloca é n-1 no primeiro parâmetro. Ex COM9 valor
# 8
n_serial = raw_input("Digite o número da serial:") #seta a serial
n_serial1 = int(n_serial) - 1
ser = serial.Serial(n_serial1, 9600, timeout=0.5,parity=serial.PARITY_NONE) #
seta valores da serial

# Identificação da base e sensor

db =
MySQLdb.connect(host="localhost",user="root",passwd="mysql",db="corregoitaim",p
ort=3306)

cur = db.cursor()

# ID_base = raw_input('ID_base:')
ID_base = 0
# ID_sensor = raw_input('ID_sensor:')
ID_sensor = 1

# Cria o vetor Pacote
Pacote = {}

# =====
# Aqui começa o loop infinito
while True:
    try:

        # Cria Pacote de 52 bytes com valor zero em todas as posições
        for i in range(1,53): # faz um array com 52 bytes
            Pacote[i-1] = 0

        # Imprime na tela o menu de opções
        print '1 - Medir Nível:'
        print 's - Para Sair:'

        # Leitura da opção do menu escolhida
        Opcao = raw_input('Comando:')

        if Opcao == "1": # troca id do sensor

```

```

num_medidas = raw_input('Entre com o número de medidas = ')
w = int(num_medidas)

filename1 = strftime("Sensor_1_%Y_%m_%d_%H-%M-%S.txt")
print "Arquivo de log: %s" % filename1
S = open(filename1, 'w')

# FOR PARA REALIZAÇÃO DAS MEDIDAS
for j in range(0,w):

    # Limpa o buffer da serial
    ser.flushInput()

    # Coloca no pacote o ID_sensor e ID_base
    Pacote[8] = int(ID_sensor)
    Pacote[10] = int(ID_base)

    # TX pacote - envia pacote para a base transmitir
    for i in range(1,53):
        TXbyte = chr(Pacote[i-1]) # Deve converter para caracter em
ASCII para escrever na serial
        ser.write(TXbyte)

    # Tempo de espera para que receba a resposta do sensor
    time.sleep(0.001)

    # RX pacote - recebe o pacote enviado pelo sensor
    line = ser.read(52) # faz a leitura de 52 bytes do buffer que
recebe da serial pela COM

    # Checa se recebeu 52 bytes
    if len(line) == 52:

        rssid1 = ord(line[0])
        rssi1 = ord(line[2])

        if rssid1 > 128:
            RSSId1=((rssid1-256)/2.0)-74

        else:
            RSSId1=(rssid1/2.0)-74

        if rssi1 > 128:
            RSSIu1=((rssi1-256)/2.0)-74

        else:
            RSSIu1=(rssi1/2.0)-74

    count = (Pacote[12])

    # Leitura do AD0
    ad0h = ord(line[17]) # inteiro
    ad0l = ord(line[18]) # resto
    AD0 = (ad0h * 256 + ad0l)
    # Diferença entre o sensor e o nível máximo da lamina d'água
    Ajuste = (AD0 - 13.0)
    # Altura máxima da lamina d'água

```

```

Porcentagem = Ajuste / (-120) * 100 + (100)

        cur.execute("""INSERT INTO coleta
(Porcentagem,Distacia,Ajuste,RSSId,RSSIu) VALUES
(%s,%s,%s,%s,%s)""",(Porcentagem,AD0,Ajuste,RSSId1,RSSIu1))
        db.commit()

        print time.asctime(),j,'Distância = ',AD0,'cm','Ajuste =
',Ajuste,'cm','Porcentagem = ',Porcentagem,'%','RSSId = ', RSSId1,' RSSIu = ',
RSSIu1

        print >>S,time.asctime(),j,'Distância',';','AD0,'cm','Ajuste =
',Ajuste,'cm','Porcentagem = ',Porcentagem,'%','---','RSSId =',RSSId1,'---
','RSSIu =',RSSIu1

        time.sleep(0.1)

    S.close()

else:

    #opção de saída

    ser.close() # fecha a porta COM
    print 'Fim da Execução' # escreve na tela
    break

    ser.flushInput()

except KeyboardInterrupt:
    ser.close()
    break

```


APÊNDICE D – Script para Página WEB em PHP

```

<?php
class Json {
private $user,$pass,$host,$db,$mysqli,$tabela,$query;

public function __construct() {

$this->user = "root";
$this->pass = "mysql";
$this->host = "localhost";
$this->db = "corregoitaim";
$this->tabela = "coleta";
@$this->mysqli = new mysqli($this->host,$this->user,$this->pass,$this->db);

if ($this->mysqli->connect_error) {
echo "erro ao se conectar ao banco de dados";
}

}

public function tempoReal() {
$this->query="select Data,Porcentagem, sum(Porcentagem)/sum(1) as Porcentagem
from ".$this->tabela." where Data between '".Date('Y-m-d H:i:s',strtotime("-5
seconds"))."' and '".Date('Y-m-d H:i:s')."' order by Data desc ";
$this->executaQuery();
}

private function recuperarMediana($inicio,$fim) {
$this->query="SELECT *, sum(Porcentagem)/sum(1) as
TotalPorcentagem,sum(RSSIu)/sum(1) as TotalRSSIu,sum(RSSId)/sum(1) as
TotalRSSId FROM ".$this->tabela." where Data between '$inicio' and '$fim'";
$r = $this->mysqli->query($this->query);
$dados = $r->fetch_assoc();
return $dados;
}

private function executaQuery() {
$r = $this->mysqli->query($this->query);

if ($r->num_rows>0) {
while($dados = $r->fetch_assoc()) {
$dados['Porcentagem']=(double) $dados['Porcentagem'];

    $retorno[]=$dados;
    }
    krsort($retorno);

echo json_encode($retorno);
}

$this->mysqli->close();
}

```

```

private function separaData($array) {
    $data = $array['Data'];
    unset($array['Data']);
    $t = explode(" ", $data);
    $d = explode("-", $t[0]);
    $h = explode(":", $t[1]);
    $array['Ano']=(int) $d[0];
    $array['Mes']=(int) $d[1];
    $array['Dia']=(int)$d[2];
    $array['Hora']=(int)$h[0];
    $array['Minuto']=(int)$h[1];
    $array['Segundo']=(int)$h[2];
    return $array;
}

public function enviarDatos($d) {

    if (empty($d['push']))
        return;

    if (empty($d['nivel']))
        return;

    if (empty($d['os']))
        return;

    if (empty($d['uid']))
        return;

    $q = "SELECT * from push where uid = '". $this->mysql->real_escape_string($d['uid']). "'";

    $x = $this->mysql->query($q);

    if (empty($x)) {
        $q = "CREATE TABLE push (
            `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
            `uid` longtext NOT NULL,
            `os` longtext NOT NULL,
            `nivel` int NOT NULL,
            `push` longtext NOT NULL,
            `Data` DATETIME,
            PRIMARY KEY (`id`)
        ) ENGINE=InnoDB AUTO_INCREMENT=0 DEFAULT CHARSET=utf8";
        $x = $this->mysql->query($q);
    }

    $this->enviarDatos($d);
    return;
}

if ($x->num_rows==0) {

```

```

$qq = "INSERT INTO push (uid,os,nivel,push,Data) values ('".$this->mysql-
>real_escape_string($d['uid'])."', '".$this->mysql-
>real_escape_string($d['os'])."', '".$this->mysql-
>real_escape_string($d['nivel'])."', '".$this->mysql-
>real_escape_string($d['push'])."', '".Date("Y-m-d H:i:s",strtotime("-60
minutes"))."')";

} else {

$qq = "update push set os = '".$this->mysql-
>real_escape_string($d['os'])."', nivel = '".$this->mysql-
>real_escape_string($d['nivel'])."', push = '".$this->mysql-
>real_escape_string($d['push'])."' where uid='".$this->mysql-
>real_escape_string($d['uid'])."'";

}

$ret = $this->mysql->query($qq);

echo json_encode($ret);
}

public function ultimas24() {
$retorno = array();
for ($i = 24; $i>=0; $i--) {
$inicio = Date('Y-m-d H:',strtotime("-$i hours") )."00:00";
$fim = Date('Y-m-d H:' ,strtotime("-$i hours") )."59:59";
$temp = $this->recuperarMediana($inicio,$fim);
if (!empty($temp['id'])) {$retorno[] = $this->separaData($temp);}
}
echo json_encode($retorno);
}

public function semanas() {
$retorno = array();
for ($i = 0; $i<14; $i++) {
if ($i==0) {
$inicio = Date('Y-m-d')." 00:00:00";
$fim = Date('Y-m-d')." 23:59:59";
} else {
$inicio = Date('Y-m-d' ,strtotime("-$i Days") )." 00:00:00";
$fim = Date('Y-m-d' ,strtotime("-$i Days") )." 23:59:59";
}
$temp = $this->recuperarMediana($inicio,$fim);
$x = explode(' ', $temp['Data']);
$temp['Data'] = $x[0]. " 12:00:00";
if (!empty($temp['id'])) {$retorno[] = $this->separaData($temp);}
}
echo json_encode($retorno);
}

public function mes() {
$retorno = array();
for ($i = Date('t'); $i>=0; $i--) {
$inicio = Date('Y-m-d' ,strtotime("-$i Days") )." 00:00:00";

```

```

$fim = Date('Y-m-d' ,strtotime("-$i Days") )." 23:59:59";
$temp = $this->recuperarMediana($inicio,$fim);
$x = explode(' ', $temp['Data']);
$temp['Data'] = $x[0]. " 12:00:00";
if (!empty($temp['id'])) {$retorno[] = $this->separaData($temp);}
}
echo json_encode($retorno);
}

```

```

public function ano() {
$retorno = array();
for ($i = 12; $i>=0; $i--) {
$inicio = Date('Y-m' ,strtotime("-$i Months") )."-1 00:00:00";
$fim = Date('Y-m-t' ,strtotime("-$i Months") )." 23:59:59";
$temp = $this->recuperarMediana($inicio,$fim);
$x = explode(' ', $temp['Data']);
$temp['Data'] = $x[0]. " 12:00:00";
if (!empty($temp['id'])) {$retorno[] = $this->separaData($temp);}
}
echo json_encode($retorno);
}

}

```

```

$d = new Json();
if (!isset($_GET['tipo'])) {$_GET['tipo']='';}
header("Content-Type: application/json");
switch ($_GET['tipo']) {
case '':
$d->tempoReal();
break;
case '24':
$d->ultimas24();
break;
case 'envia':
$d->enviarDatos($_POST);
break;
case 'Semanal':
$d->semanas();
break;
case 'Mensual':
$d->mes();
break;
case 'Anual':
$d->ano();
break;
default:
}

```

```

?>

```

APÊNDICE E – Script para o Aplicativo Alerta Poá

```

using Newtonsoft.Json;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Net.Http;
using System.Text;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;

using Xamarin.Forms;

namespace alertapoa.views
{
    public partial class Inicial : ContentPage
    {
        public Inicial()
        {
            InitializeComponent();
            load = true;
            loading(0);
            pegaDados();
        }

        private int erro = 0;
        private CancellationTokenSource cts;

        private async void pegaDados()
        {
            int tempoMaximo = 5000;

            try
            {
                cts = new CancellationTokenSource();
                cts.CancelAfter(tempoMaximo);

                var url = App.link();
                HttpClient http = new HttpClient();
                http.Timeout = TimeSpan.FromMilliseconds(tempoMaximo);

                http.DefaultRequestHeaders.Add("user-agent", "Mozilla/5.0
(compatible; MSIE 10.0; Windows NT 6.2; WOW64; Trident/6.0)");
                http.BaseAddress = url;
                HttpResponseMessage retorno = await http.GetAsync("",
cts.Token);

                retorno.EnsureSuccessStatusCode();
                var resposta = await retorno.Content.ReadAsStringAsync();

                var cha = resposta.Trim().ToCharArray();

                var nov = new StringBuilder();
                for (var i = 1; i < cha.Count() - 1; i++)
                    nov.Append(cha[i]);

                resposta = nov.ToString();
            }
            catch { }
        }
    }
}

```

```

var dados = JsonConvert.DeserializeObject<Porcento>(resposta);

int p = 0;

if (dados.Porcentagem.Contains("."))
    dados.Porcentagem = dados.Porcentagem.Split('.')[0];

if (dados.Porcentagem.Contains(","))
    dados.Porcentagem = dados.Porcentagem.Split(',')[0];

p = Convert.ToInt32(dados.Porcentagem);
DateTime data = dados.Data;

nivel.Text = "Nivel atual do \"Rio Itaim\"";

Color cors = new Color();
if (p <= 70)
{
    cors = Color.Green;
    dadosNivel.Text = "Normal";
}
else if (p <= 80)
{
    cors = Color.Yellow;
    dadosNivel.Text = "Atenção";
}
else if (p <= 90)
{
    cors = Color.FromHex("ffa500");
    dadosNivel.Text = "Alerta";
}
else if (p <= 100)
{
    cors = Color.Red;
    dadosNivel.Text = "Emergência";
}
else
{
    cors = Color.Black;
    dadosNivel.Text = "Extravazamento";
}

corDeFundo.BackgroundColor = cors;
porcento.Text = Convert.ToString(p) + "%";

Double tamanho = Device.GetNamedSize(NamedSize.Medium,
typeof(Label));
var texto = new FormattedString();
texto.Spans.Add(new Span { Text = "Dados atualizados",
ForegroundColor = Color.Red, FontSize = tamanho, FontAttributes =
FontAttributes.Bold | FontAttributes.Italic });

```

```

        texto.Spans.Add(new Span { Text = " " +
data.ToString("dd/M/yyyy HH:mm:ss"), ForegroundColor = Color.Blue, FontSize =
tamanho, FontAttributes = FontAttributes.Italic });

rodape.FormattedText = texto;
rodape.HorizontalTextAlignment = TextAlignment.Center;

load = false;

Device.BeginInvokeOnMainThread(async () =>
{
    await Task.Delay(1000 *
Convert.ToInt32(Application.Current.Properties["requisicao"].ToString()));
    erro = 0;
    pegaDados();
});
}
catch (Exception)
{
    if (erro < 4)
    {

        await Task.Delay(2000);
        erro++;
        pegaDados();

    } else
    {
        erro = 0;
        load = false;
        Device.BeginInvokeOnMainThread(async () => {
            await Task.Delay(1100);
            nivel.Text = "";
            dadosNivel.Text = "";
            load = true;
        });

        if ( await DisplayAlert("Atenção","Não foi possível se
conectar ao servidor selecionado\n\nVocê gostaria de tentar
novamente?","Sim","Não") )
        {

            loading(0);
            pegaDados();
        } else
        {
            nivel.Text = "";
            dadosNivel.Text = "";
            corDeFundo.BackgroundColor = Color.White;
            porcento.Text = "";
            rodape.Text = "";
            botao.IsVisible = true;
            click.Clicked += async(e, a) => {
                botao.IsVisible = false;
                loading(0);
                await Task.Delay(2000);
            }
        }
    }
}

```

```

        pegaDados();
    };
    }
}

private bool load;
private void loading(int i)
{
    if (load)
    {
        Device.BeginInvokeOnMainThread(async () =>
        {
            StringBuilder characters = new StringBuilder();
            if (i == 4)
                i = 0;

            if (i != 0)
                for (var m = 0; m < i; m++)
                    characters.Append('.');

            await Task.Delay(500);
            nivel.Text = "Carregando" + characters.ToString();
            dadosNivel.Text = "";

            i++;
            loading(i);
        });
    } else
    {
    }
}

internal class Porcento
{
    public String Porcentagem { get; set; }
    public DateTime Data { get; set; }
}
}

```


ANEXO A – Termo de Consentimento**PREFEITURA DA ESTÂNCIA HIDROMINERAL DE POÁ**

Secretaria Municipal de Segurança Urbana - SMSU

**Termo de Consentimento**

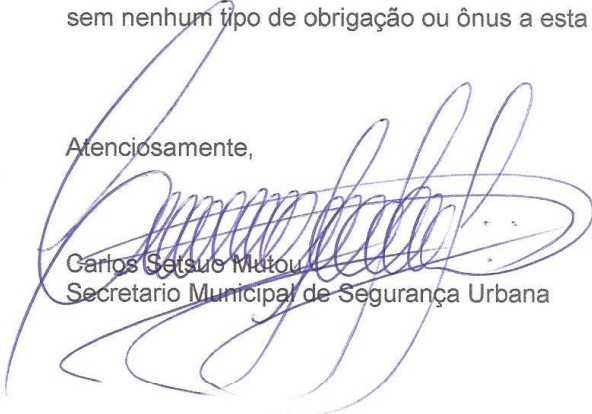
Poá, 22 de Agosto de 2016

Ref. Resposta ao Pedido de Autorização.

Prezados,

Eu, Carlos Setsuo Mutou na qualidade de representante legal pela Secretaria Municipal de Segurança Urbana, consinto e incentivo, que o Sr. Marco Antonio Ruiz Cardoso aluno do Programa de Pós-Graduação (Mestrado) em Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias da Pontifícia Universidade Católica de Campinas faça experimentos sobre o nível de água dos córregos Itaim e Tucunduva, fixando em pontes ou margens dispositivos sensores que vão monitorar o volume de água que passam no leito do córrego e retirando-os ao final do experimento sem nenhum tipo de obrigação ou ônus a esta prefeitura ou secretaria.

Atenciosamente,



Carlos Setsuo Mutou
Secretario Municipal de Segurança Urbana

"Juntos, imbuídos no mesmo ideal; somos imbatíveis".

Rua Monteiro Lobato, 170 – Vila Julia – Poá – CEP 08551-100 – Tel. (11)4634-3846.
Email: seguranca@poa.sp.gov.br – smsu.poa@ig.com.br

EMERGÊNCIA 199

ANEXO B – Datasheet HC-SR04

HC-SR04 User Guide

1. Ultrasonic Distance Measurement Principles

The transmitter emits a 8 bursts of an directional 40KHz ultrasonic wave when triggered and starts a timer. Ultrasonic pulses travel outward until they encounter an object, The object causes the the wave to be reflected back towards the unit. The ultrasonic receiver would detect the reflected wave and stop the stop timer. The velocity of the ultrasonic burst is 340m/sec. in air. Based on the number of counts by the timer, the distance can be calculated between the object and transmitter The TRD Measurement formula is expressed as: $D = C \times T$ which is know as the time/rate/distance measurement formula where D is the measured distance, and R is the propagation velocity (Rate) in air (speed of sound) and T represents time. In this application T is divided by 2 as T is double the time value from transmitter to object back to receiver.

2. Product Features

Features

- Stable performance (Xtal.)
- Accurate distance measurement
- High-density SMD Board
- Close Range (2cm)

Uses

- Robotics barrier
- Object distance measurement
- Level detection
- Security systems
- Vehicle detection/avoidance

3. Product Views



4. Module Pin Assignments

	Pin Symbol	Pin Function Description
1	VCC	5V power supply
2	Trig	Trigger Input pin
3	Echo	Receiver Output pin
4	GND	Power ground

5. Electrical Specifications

WARARNING

Do Not connect Module with Power Applied! Always apply power after connecting Connect "GND" Terminal first

Electrical Parameters	HC-SR04 Ultrasonic Module
Operating Voltage	5VDC
Operating Current	15mA
Operating Frequency	40KHz
Max. Range	4m
Nearest Range	2cm
Measuring Angle	15 Degrees
Input Trigger Signal	10us min. TTL pulse
Output Echo Signal	TTL level signal, proportional to distance
Board Dimensions	1-13/16" X 13/16" X 5/8"
Board Connections	4 X 0.1" Pitch Right Angle Header Pins

6. Module Operation

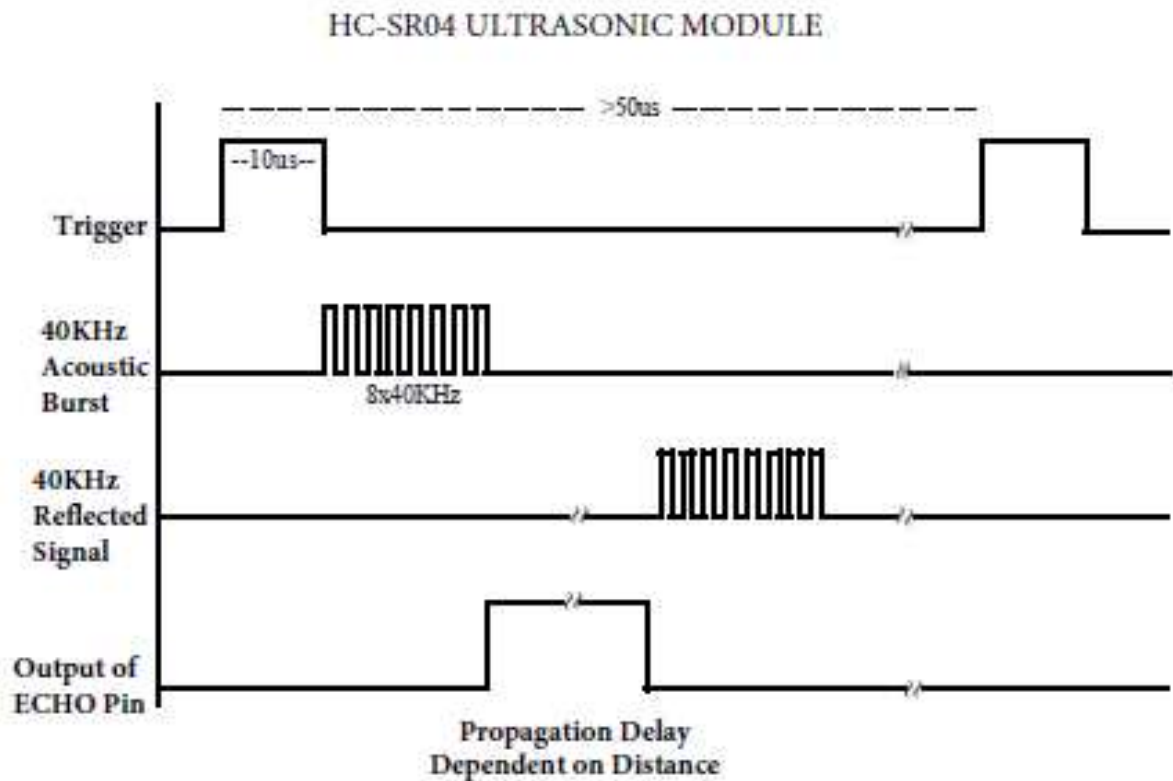
Set Trig and Echo Low to initialize module. Place a minimum 10 μ s High level pulse to "Trigger" (module will automatically send eight 40KHz acoustic bursts). At the same time, Gate the microcontroller timer to start timing.

Wait to capture the rising edge output of ECHO port to stop the timer. Now read the time of the counter, which is the ultrasonic propagation time in the air. According to the formula: Distance = (ECHO high level time X ultrasonic velocity (Speed of Sound in air 340m/sec) / 2, you can calculate the distance to the obstacle.

For best results and maximum range, the Object should be larger than 0.5M² the nearer the target object, the smaller it may be



7. Module Timing



Trigger $10\mu\text{s}$ min. start measurement from microcontroller.

Max Rep. Rate: $50\mu\text{s}$

ECHO Output pulse to microcontroller, width is the time from last of 8 40KHz bursts to detected reflected signal (microcontroller Timer gate signal)

Distance in cm = echo pulse width in $\mu\text{s}/58$

Distance in inch = echo pulse width in $\mu\text{s}/148$

Information obtained from or supplied by Mpja.com or Marlin P. Jones and Associates inc. is supplied as a service to our customers and accuracy is not guaranteed nor is it definitive of any particular part or manufacturer. Use of information and suitability for any application is at users own discretion and user assumes all risk.

ANEXO C – *Datasheet* DK105

DK105 GROVE

Datasheet

Radiuino

Introdução

Este kit possui todos os elementos para que seja realizada operações de monitoramento e controle a distância, se caracterizando como uma rede de sensores sem fio (RSSF). Sua grande vantagem é a utilização da tecnologia Grove, que permite a conexão de sensores e atuadores de forma fácil através de cabos, não sendo necessária a utilização de ferro de solda. Sendo assim, os usuários deste kit não necessitam confeccionar placas de circuito impresso para realização de seus projetos.

O kit foi criado para auxiliar no desenvolvimento de aplicações de RSSF utilizando os transceptores BE900 ou BE900, o seu formato possibilita a conexão com vários sensores de forma mais prática.

A Figura 1 mostra a facilidade de utilizar este Grove, por exemplo, realizar medidas através de um sensor ultrassônico e ativar um dispositivo com um relé.



Figura 1 - Exemplo de aplicação Grove



O kit é composto dos seguintes itens:

Base

- 1 BE900
- 1 Programador UartSBee v4
- 1 Cabo mini USB
- 1 Caixa para acondicionamento da base
- 1 Antena Monopolo vertical

Nó sensor ou Nó atuador

- 1 BE900
- 1 Placa DK 105
- 1 Fonte
- 1 Caixa para acondicionamento do sensor
- 1 Antena Monopolo vertical
- Sensores Grove que são selecionados dentro das opções disponíveis

(Temperatura, Umidade, Relé, Acelerômetro, Buzzer, Sensor de luz, Sensor de umidade no solo, Display, etc.)

A Figura 2 é a ilustração do Kit DK 105.



Figura 2 - KIT DK 105

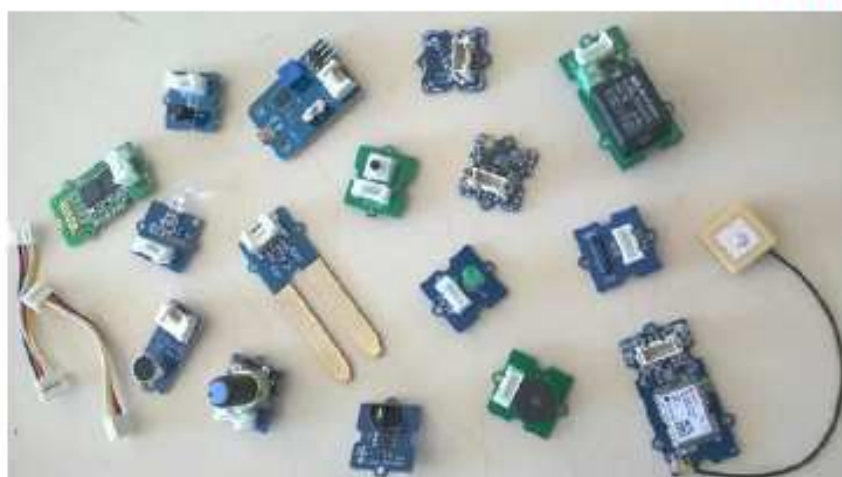


Figura 3 - Diversos sensores Grove

A Figura 3 apresenta diversos tipos de sensores Grove.

Descrição dos itens

1. BE900

O BE900 é um módulo transmissor e receptor (transceptor) que opera na frequência de 915 MHz. Além disso possui um bootloader no qual é possível usar o ambiente **Arduino** para fazer a programação do módulo.

Sua aplicação consiste na formação de rede de sensores sem fio (RSSF) para monitoração e controle de dispositivos.

Ele utiliza um micro controlador ATmega368, e transceptor CC1101. Este dispositivo é pino-compatível com a família Xbee® na alimentação e comunicação serial TX/RX.

Este hardware ainda é compatível com o desenvolvimento de firmware para aplicações específicas utilizando a plataforma **Radiuino** encontrada na comunidade [Radiuino](#). Esta também obtém a vantagem de possuir alimentação 5V e 3V3, desta forma, facilita a alimentação para ligar diferentes tipos de sensores.



O BE900 tem a disposição de 7 conversores analógicos digitais:

- * AD0: PC0 (pino 15 do BE900)
- * AD1: PC1 (pino 13 do BE900)
- * AD2: PC2 (pino 12 do BE900)
- * AD3: PC3 (pino 11 do BE900)
- * AD4: PC4 (pino 20 do BE900)
- * AD5: PC5 (pino 19 do BE900)
- * AD6: AD7 (pino 16 do BE900)

Além disso tem a disposição de 8 pinos digitais (entrada e saída):

- * IO1: PD1/TX (pino 2 do BE900)
- * IO2: PD0/RX (pino 3 do BE900)
- * IO3: PD4 (pino 4 do BE900)
- * IO4: PB1 (pino 5 do BE900)
- * IO5: PB0 (pino 6 do BE900)
- * IO6: PD7 (pino 7 do BE900)
- * IO7: PD5 (pino 17 do BE900)
- * IO8: PD6 (pino 18 do BE900)

O BE900 possui duas opções para conexão de antenas, a primeira é um fio com o comprimento de $\frac{1}{4}$ da frequência de 915 MHz já soldado no rádio, outra opção é um conector SMA para conectar antenas específicas. No Kit DK 105 os rádios já vêm com conector SMA juntamente com uma antena monopólio vertical simples.

A Figura 4 ilustra o BE900 juntamente com a antena.



Figura 4 - BE900 com antena



2. Programador UartSBee v4

O UartSBee é um conversor USB/serial (desenvolvido pelo [Seeedstudio](#)) que permite a comunicação entre um PC, através de sua porta USB, com um dispositivo tipo Bee (BE900, BE990, RFBee, etc). Conectando-se este dispositivo com um rádio à porta USB, o UartSBee pode funcionar como simples conversor ou até mesmo como um gravador de firmware.

Dotado de um circuito integrado FT232RL, possibilita a comunicação da porta USB convertendo o sinal de TTL para CMOS e vice-versa. A Figura 5 uma ilustração do programador UartSBee v4.



Figura 5 - UartSBee

3. Cabo mini USB

Cabo mini USB para conexão do programador UartSBee com o computador. Este programador é utilizado para carregar o código (firmware) no BE900/BE990. A Figura 6 ilustra um cabo USB composto no kit.



4. Placa DK105

Esta placa de desenvolvimento possui um encaixe para o BE900/BE990 e para o programador UartSBee. Utilizando o BE900/BE990 é possível fazer a interface com diversos tipos de sensores e ainda fazer a comunicação por rádio frequência (RF) com a base.

A Figura 7 ilustra a placa com a identificação dos principais componentes:

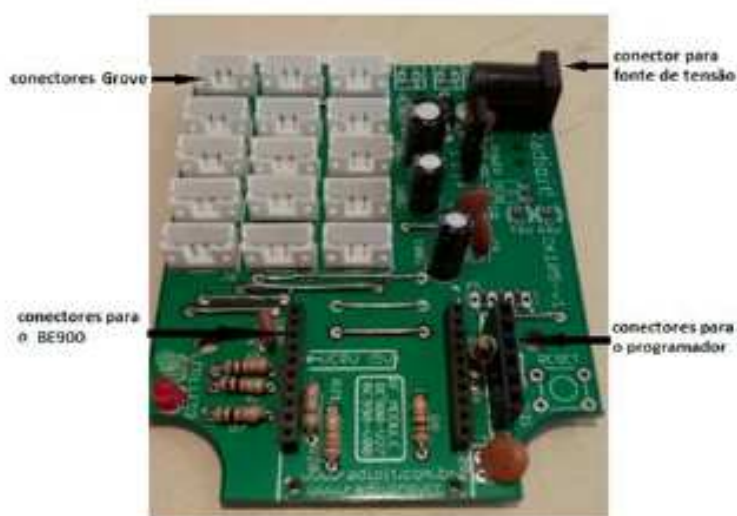


Figura 7 - Placa DK 105

Como mostra a figura acima, a placa possui encaixes de Grove, estes são para facilitar a conexão dos sensores com a placa sem que haja a necessidade de soldar os componentes, a placa DK 105 possibilita conectar até 7 sensores diferentes ao mesmo tempo.

A Figura 8 representa o esquema elétrico da placa DK 105, através deste é possível identificar os pinos que serão utilizados.

Pode-se observar que cada bloco de Grove possui 4 pinos, sendo 1 pino para VCC, 1 pino para GND e 2 pinos para o sinal. Estes pinos referentes ao sinal são conectados através da trilha da placa diretamente no BE900, com este esquema elétrico é possível identificar quais portas do BE900 estão sendo utilizadas por determinado sensor para a aplicação desejada.

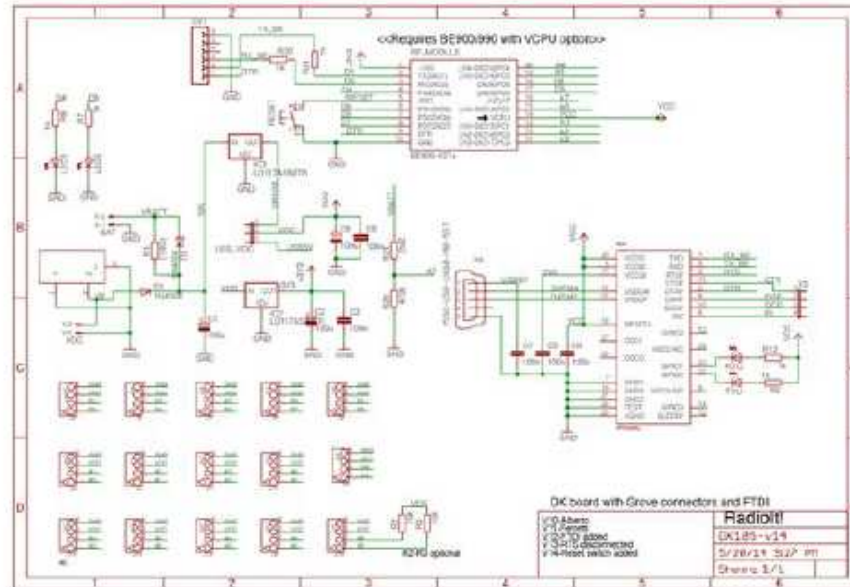


Figura 8 - Esquema elétrico da placa DK 105

A Tabela 1 a seguir apresenta os conversores ADs e as entradas e saídas digitais, esta também apresenta a pinagem do DK105 relacionando com o arduino e o BE900.



Função	Função	Arduino	Pino BE900	variável Pacote	Bytes no Pacote		DK105	
Conversores Analógico para Digital	ADC0	A0	15	AD0[0]	16	Tipo de Sensor	A0 -1	
				AD0[1]	17			Inteiro
				AD0[2]	18			Resíduo
	ADC1	A1	13	AD1[0]	19		A1 - 1 A0 - 2	
				AD1[1]	20			
				AD1[2]	21			
ADC2	A2	12	AD2[0]	22		A2 - 1 A1 - 2		
			AD2[1]	23				
			AD2[2]	24				
ADC3	A3	11	AD3[0]	25		A3 -1 A2 - 2		
			AD3[1]	26				
			AD3[2]	27				
ADC4	A4	20	AD4[0]	28		I2C - 2		
			AD4[1]	29				
			AD4[2]	30				
ADC5	A5	19	AD5[0]	31		I2C - 1		
			AD5[1]	32				
			AD5[2]	33				
Entradas ou Saídas Digitais	IO0	4	4	IO0[0]	34		D4-1	
				IO0[1]	35			
				IO0[2]	36			
	IO1	5	17	IO1[0]	37		D5-1 D4-2	
				IO1[1]	38			
				IO1[2]	39			
IO2	6	18	IO2[0]	40		D6 - 1 D5 - 2		
			IO2[1]	41				
			IO2[2]	42				
IO3	7	8	IO3[0]	43		D7-1 D6 - 2		
			IO3[1]	44				
			IO3[2]	45				
IO4	8	7	IO4[0]	46		D8 - 1 D7 - 2		
			IO4[1]	47				
			IO4[2]	48				
IO5	9	6	IO5[0]	49		D8 - 2		
			IO5[1]	50				
			IO5[2]	51				

Tabela 1 - ADs , entradas e saídas

5. Fonte

Fonte com entrada bi-volt e saída de 12VDC com capacidade para alimentar carga de até 1A.

A Figura 9 ilustra a fonte composta no Kit.



Figura 9 - Fonte de tensão

Como montar o kit DK 105

Para utilizar o kit é necessário um computador com saída USB, onde será conectado o cabo mini USB com o programador UartSBee com o BE900.

Já o sensor consistirá na utilização dos itens: BE900 + Placa DK105 + fonte.

As figuras abaixo ilustram o módulo base e o módulo sensor.



Figura 10 - Base



Figura 11 – Sensor

A configuração final será esta apresentada na Figura 12 a seguir:



Figura 12 – configuração

Medidas e Controle

Com este kit é possível monitorar temperatura, luminosidade, controle de dispositivos através de relé, entre outros tipos de sensores. Por se tratar de uma rede sem fio estas operações são realizadas remotamente, utilizando os transceptores BE900/BE990.

Lembrando que é necessário gravar um firmware para a base e outro para o nó sensor/ atuador.

Como utilizar o kit

1. Primeiramente encaixe o BE900/BE990 na placa DK105 conforme a Figura 9.
2. Alimente o circuito (utilizando uma fonte 12VDC).
3. Conecte o programador UartSBee v4 na placa e siga a pinagem indicada.
4. Conecte o cabo USB no computador e no sensor como mostra a Figura 13.



Figura 13 - Sensor e cabo USB

5. Consulte a área PLATAFORMA do site www.radiuino.cc para saber os procedimentos para gravar o firmware do sensor.
6. Abra o Arduino e grave o firmware do sensor.
7. Conecte o programador UartSBee V4 e conecte o cabo USB na base. Como mostra a Figura 14.



Figura 14 - Base com cabo USB