Rev. Cient. Schola
Colégio Militar de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil
Volume III, Número 2, Dezembro 2019. Pág 288-308
ISSN 2594-7672

Submetido em 14 Nov 2019
Avaliado em 09 Dez 2019
Aprovado em 05 Fev 2020

Artigo

Aplicativo para minimizar impactos relacionados à inundações em áreas urbanas: o caso do córrego Engenho Nogueira em Belo Horizonte, MG

Application to minimize impacts related to flooding in urban areas: the case of Engenho Nogueira stream in Belo Horizonte, MG

Gisele Oliveira Mine[1], Lussandra Martins Gianasi[2], Leonardo Matos[3], Anna Clara Moura Humia[4], Helena Vilarinho Silvia[4], Amanda Araujo Costa[4]

[1] Profª. Ma. Colégio Militar de Belo Horizonte, [2] Profª. Dra. Instituto de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, [3] Maj. Prof. do Colégio Militar de Belo Horizonte, [4] Aluna do 2º ano do Ensino Médio do Colégio Militar de Belo Horizonte.

E-mail: gisa_mine@yahoo.com.br

RESUMO: A presente pesquisa se insere no contexto de desenvolvimento do projeto de extensão desenvolvido entre o Colégio Militar de Belo Horizonte (CMBH) e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)[1]. De modo geral, esse projeto propõe uma análise da complexa realidade atinente aos quadros físicos, químicos, biológicos e socioeconômicos das bacias hidrográficas, com foco na identificação e na busca de intervenções positivas locais e regionais nos rios urbanos e suas características hidrográficas. A metodologia utilizada, para análise da bacia hidrográfica do Engenho Nogueira é denominada 3Ps, através dela é possível enumerar Problemas (1° P), Potencialidades (2° P) e Possibilidades (3° P) para melhoria das questões que chamam a atenção do estudante nessa bacia estudada. Dentre as análises realizadas, a inundações na capital mineira foi a selecionada para aprofundamento nessa pesquisa, pois essa problemática não acontece somente em Belo Horizonte, mas em outras capitais do Brasil. Em síntese, é um problema de pesquisa que pode ser também fortemente encorajado em outras escolas. A fim de minimizar prejuízos causados pelo fenômeno das inundações, o poder público das capitais adota medidas preventivas, tais como recolhimento do lixo e entulho descartados pela população em locais inadequados. Além disso, em Belo Horizonte, por exemplo, há placas instaladas nos trechos sujeitos à inundação. Ademais, quando ela ocorre, o acontecimento é divulgado após o aviso de algum cidadão por meio do telefone 199. Só então a informação é difundida em redes socais, com o objetivo de alcançar um público maior. Considerando esse quadro, a pesquisa estudou maneiras mais eficazes de auxiliar a sociedade, informando áreas de risco e dados dessas regiões em tempo real. Criou-se uma tecnologia capaz de diminuir a dificuldade de transmissão de dados, automatizando-a e permitindo análises imediatas da condição de risco de inundações em Belo Horizonte foi desenvolvido um aplicativo para celular baseado no conceito conhecido por "Internet of Things", que funde o mundo real com o mundo digital, fazendo com que o indivíduo possa estar em constante comunicação e interação com outras pessoas ou objetos. Para sua efetividade, utilizou-se uma plataforma eletrônica, o Arduino (composto por um microcontrolador, linhas de E/S digital e analógica), além de uma interface USB para interligar ao computador. Ela foi usada para programar e interagir em tempo real, ou seja, vista na tela do celular. O hardware escolhido foi o Módulo WiFi NodeMcuESP8266, que combina a funcionalidade do Arduino com a capacidade de transmissão dos dados via WiFi. Sua programação pode ser feita por meio da IDE do Arduino, um ambiente de desenvolvimento integrado que funciona como um compilador, onde se tem acesso a sintaxe do código de programação. O monitoramento do nível de água foi realizado por meio de sensores do tipo boia, conectados às entradas digitais do Arduino. O projeto foi montado sobre uma matriz de contato, sendo capaz de enviar sinais de alerta por uma rede WiFi. Para a visualização dos dados enviados pelo NodeMCU, foi desenvolvido um aplicativo para plataforma Android, usando uma aplicação de código aberto chamada MIT App Inventor. O App criado permite visualizar, em tempo real, por meio da internet,

[1] Deriva do projeto de extensão do IGC-UFMG: que pode ser verificado no SIEX-UFMG N° 401831. O projeto foi renomeado para "Nós Propomos: Mapeamento e monitoramento geoparticipativo de microbacias hidrográficas" e faz parte de uma iniciativa internacional em que, escolas de vários países desenvolvem projetos relacionados à cidadania territorial. Nós propomos foi gestado pelo Prof. Sérgio Claudino do Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa/Portugal e na UFMG é coordenado pela Profa. Dra. Lussandra M. Gianasi, que desenvolve a parceria com o CMBH.

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

o nível de cursos d'água classificados em três níveis (baixo, médio, alto). Além disso, utilizando uma plataforma de streaming, também é possível visualizar imagens do local ao vivo.

Palavras-chave: Gestão das Águas, Tecnologia, Inundações, bacias hidrográficas.

ABSTRAT: This research is inserted in the context of the development of the project called "Water Management", developed by the Military School of Belo Horizonte (CMBH) and the Federal University of Minas Gerais (UFMG). In general, it proposes an analysis of the complex reality related to the physical, chemical, biological and socioeconomic conditions of water resources, focusing on the identification and search for positive local and regional interventions in watersheds. The methodology used here for the analysis of watersheds is called 3Ps, through which it is possible to enumerate Problems (1° P), Potentialities (2° P) and Possibilities (3° P) for the improvement of the studied place. Among the analysis carried out, the issue related to the floods in the capital of Minas Gerais state was selected for further study in this research. Although, this is not a problem only in Belo Horizonte. In other capitals of Brazil, there are dozens of areas of floods with high potential for causing damage to society, in which the present research can also be contextualized. In order to minimize losses caused by the phenomenon of floods, the public authorities of the capital cities adopt preventive measures, such as the collection of garbage and rubble discarded by the population in inadequate places. In addition, there are signs installed in areas subject to flooding. Besides, when a flood occurs, the event is reported after a citizen has been warned by telephone on 199. Only then the information is disseminated in social networks, with the aim of reaching a larger audience.Considering this situation, the research studied more effective ways to assist society, informing risk areas and data from these regions in real time. Thus, the research aimed to create a technology capable of reducing the difficulty of data transmission, automating it and allowing immediate analysis of the flood risk condition in Belo Horizonte and in other capitals where this phenomenon is recurrent.In this way, the research developed an app for mobile phone, which is able to achieve the objectives mentioned above. It was based on the concept known as "Internet of Things", which merges the real world with the digital world, so you can be in constant communication and interaction with other people or objects. It was used an electronic platform, the Arduin - composed of a microcontroller, digital and analog I/O lines, and a USB interface to connect to the computer, used to program and interact in real time. The hardware chosen was the WiFi Module NodeMcuESP8266, which combines the functionality of Arduino with the capacity of data transmission via WiFi. Its programming can be done through the Arduino IDE, an integrated development environment that works as a compiler, where you have access to the syntax of the programming code. Water level monitoring was carried out by means of float sensors connected to Arduino's digital inputs. The project was mounted on a contact matrix, being able to send warning signals through a WiFi network. To visualize the data sent by the NodeMCU, an app was developed for Android platform, using an open source app called MIT App Inventor. The app created by this project allows to visualize, in real time, through the internet, the level of watercourses classified into three levels (low, medium, high). In addition, using a streaming platform, it is also possible to view live images of the site.

Keywords: Water management, Technology, Floods, Watersheds.

Introdução

As grandes metrópoles brasileiras seguiram um modelo de urbanização que agrava as situações de inundações provocando alagamentos nas cidades. Ações como, impermeabilização do solo, retirada de vegetação natural e canalização dos rios intensificam o fenômeno natural das inundações. Em função disso várias perdas materiais e imateriais são anualmente recorrentes, afetando a população de maneira significativa.

A presente pesquisa identificou que os sistemas de comunicação adotados pelo poder público, para evitar perdas e danos provocados pelas inundações, podem ser melhorados, e tais avanços podem contribuir para a sustentabilidade ambiental e para a bioeconomia. Exemplificando a deficiência atual nesses sistemas, ocorrência de inundações em Belo Horizonte, é divulgada após o aviso de algum cidadão, por meio do telefone 199, também por mensagem de texto, que informa

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

somente a possibilidade de alagamento e inundação e/ou por meio do aplicativo Waze[2], mais recentemente. Se há efetivamente a inundação, a informação passa a ser divulgada nas redes sociais, TV e outros, e possivelmente atinge um público diverso e maior. No entanto, muitas pessoas podem ter ido ao encontro da inundação sem saber. Diante dessa questão a pergunta para o desenvolvimento da pesquisa foi: "é possível a criação de um aplicativo que informe em tempo real o local de inundações de modo a minimizar danos econômicos e socioambientais causadas pelo aumento do nível dos cursos d'água nos grandes centros urbanos? "

Para responder a essa pergunta foram estabelecidas etapas de construção do estudo. Abaixo segue o organograma (Figura 01) que explica os caminhos percorridos até a criação da tecnologia do Aplicativo.

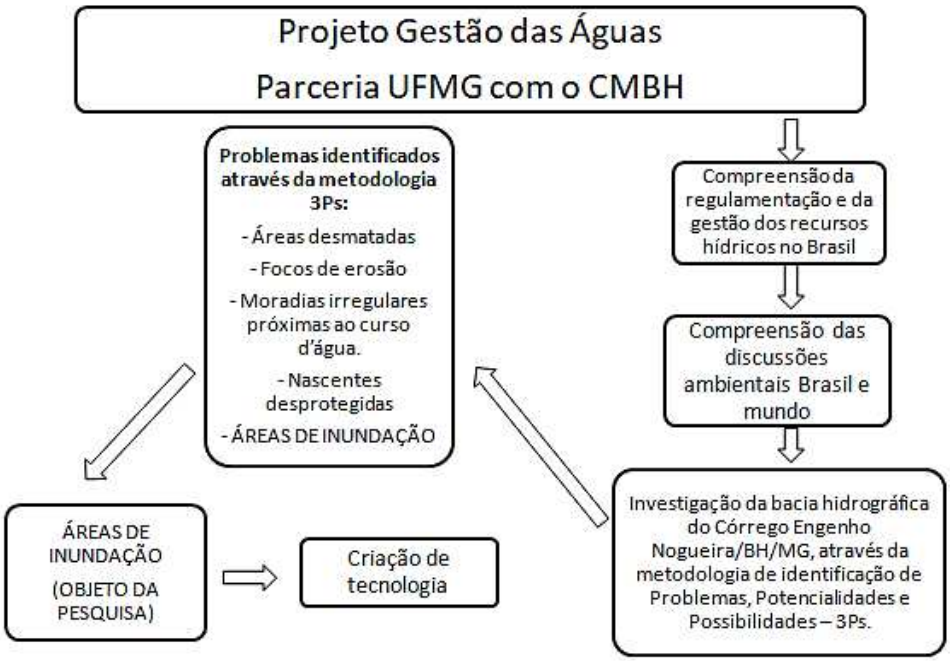

Figura 1. Organograma das etapas de estudo da pesquisa. **Fonte:** Autores, 2019.

O organograma apresenta as etapas os dois anos do desenvolvimento da pesquisa-ação. No primeiro momento construímos a parceria, assinaturas de protocolos, depois aplicamos a metodologia 3P com aulas teórico e práticas sobre conceitos e temas relacionados com a Bacia do Engenho Nogueira. Depois a inserção em trabalho de campo nessa bacia. E após apresentar, discutir e trazer grandes temas para o debate entre os alunos, eles viraram protagonistas e decidiram, com as orientações necessárias, criar o aplicativo.

O trabalho é realizado através da parceria entre o Projeto: Nós Propomos: Mapeamento e monitoramento geoparticipativo de microbacias hidrográficas do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais IGC/UFMG e o Colégio Militar de Belo Horizonte e conta com o apoio de uma bolsista Fapemig PIC-JR do CMBH, bem como alunos pesquisadores voluntários desse Colégio. Embora o projeto se desenvolva há quase dois anos, o foco de análise do artigo está fundamentado apenas nas investigações que ocorreram ao longo do ano de 2019.

[2] Fonte: https://www.hojeemdia.com.br/horizontes/defesa-civil-de-bh-vai-enviar-alertas-de-chuva-no-waze-e-em-pain%C3%A9is-do-aeroporto-de-confins-1.745323. Acesso em 15 de dezembro de 2019.

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

As discussões ambientais, a regulamentação e a Gestão das Águas no Brasil

As discussões sobre a problemática ambiental encontram seu marco inicial na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente realizada em 1972[3] em Estocolmo, na Suécia. Essa conferência inaugurou uma consciência global das nações para com as questões ambientais e a partir dela foi elaborada a Declaração das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente[4], a qual apresenta princípios e responsabilidades que nortearam as decisões referentes à questão ambiental, com o objetivo de garantir um quadro de vida adequado e a perenidade dos recursos naturais. Essa Conferência foi o grande marco, demonstrando que, a partir da década de 1970, surgem com mais frequência as manifestações mundiais que discutem os impactos das atividades e do comportamento humano no planeta (RUDEK; MUZZILLO, 2007). Esse evento resultou, entre outras coisas, na elaboração da Declaração da Conferência da Organização Nações Humanos sobre o Ambiente Humano**,** cujo Princípio 4 está explicitado abaixo:

> O homem tem a responsabilidade especial de proteger e administrar sabiamente o patrimônio da flora e da fauna silvestres e seu habitat, que atualmente estão em grave perigo, devido a uma combinação de fatores adversos. A conservação da natureza, incluindo os animais e vegetais selvagens deve, portanto, ser considerada fundamental em planejamentos de desenvolvimento econômico. (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração da Conferência da ONU sobre o Ambiente Humano, 1972. Tradução nossa).

Outro marco mundial importante nas discussões ambientais foi a Rio 92/ECO 92 ou Cúpula da Terra realizada no Rio de Janeiro, em que abriu espaço para a participação e engajamento da sociedade civil para com as questões ambientais.

A Rio-92 marca o início da fase atual das discussões ambientalistas globais (Barbieri, 2004). Ali Documentos indispensáveis foram aprovados, entre eles o da Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, o da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC), o da Convenção da Biodiversidade e a Agenda 21.

A Agenda 21, uma das principais realizações desse evento, contém recomendações específicas para os diferentes níveis de atuação, do internacional ao organizacional para diversos assuntos ambientais. Abrangem assentamentos humanos, a erradicação da pobreza, a água doce, os oceanos, a atmosfera, tratados, protocolos e outros documentos elaborados durante décadas pela ONU, organizações e entidades (BARBIERI, 2004 apud BORGES; TACHIBANA, 2005, p. 6). A Agenda, portanto, enumera os objetivos a serem atingidos pelas sociedades visando a sustentabilidade, dentre elas a gestão das águas, foco específico da nossa pesquisa.

No Brasil, a regulamentação das águas passou por modificações importantes, a primeira legislação que trata sobre o assunto foi o Código de Águas de 1934. Naquele contexto, a gestão dos recursos hídricos estava concentrada apenas no setor elétrico. Em 1997, a gestão das águas no país é atualizada pela lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, reconhecida também, como a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Ela moderniza a legislação e a torna mais democrática descentralizando as decisões, não apenas na União, mas também para os estados. O caráter democrático dessa Lei está, sobretudo, na criação de comitês de bacias hidrográficas com direito de participação da sociedade civil[5]. Nessa Lei, o uso prioritário da água foi estabelecido ao abastecimento humano e dessedentação animal, em caso de escassez. Outro marco importante na legislação sobre a gestão das águas no Brasil

---

[3] Fonte: BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos.** 1. Ed. São Paulo: Saraiva. 2004.

[4] Fonte: http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-de-estocolmo-sobre-o-ambiente-humano.html, acesso em 15 de dezembro de 2019.

[5] Fonte: https://www.ana.gov.br/regulacao/institucional/sobre-a-ana, acesso em 15 de dezembro de 2019.

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

é a criação da ANA - Agência Nacional das Águas pela Lei nº 9.984 de 2000. Essa agência se dedica a dar suporte e fazer cumprir os objetivos da Lei 9.433 de 1997. Em linhas gerais ela regulamenta o uso dos recursos hídricos, monitora vazão dos rios, chuvas, reservatórios etc., coordena a aplicação da lei dos recursos hídricos, bem como garante a participação da sociedade civil na gestão das águas e realiza planejamentos estratégicos relacionados ao uso da bacia.

No nível das discussões internacionais, o Brasil estabelece parcerias e participa de reuniões e congressos sobre as águas. Em 1992, por exemplo, ocorreu a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, que tratou sobre recursos hídricos e sua gestão sustentável. Essa reunião sucedeu outras que abordaram a questão da água de forma específica, como a Conferência das Nações Unidas para a Água realizada em 1977.

De modo geral essas discussões ambientais, tanto dos recursos naturais gerais, quanto da gestão das águas, apontam para a necessidade da convivência harmoniosa do homem com o meio natural, demonstrando quão são essenciais para o bem-estar do homem como para o gozo dos direitos humanos fundamentais.

Na ciência geográfica, o estudo das águas é um conteúdo rico para a escola[6]. Pois entendemos que nesse território, o da bacia hidrográfica, permite exercitar e a compreensão detalhada dos aspectos físicos e humanos. Além de exercitar, entender e analisar os fenômenos, tais como a necessidade de áreas permeáveis e a problemática de ter mais áreas impermeáveis que permeáveis; a importância do relevo para o escoamento das águas, a existência de equipamentos urbanos em tais lugares e sua interferência nos ecossistemas naturais e o papel dos setores econômicos e seus impactos. Sempre levando o aluno a conjecturar e apontar caminhos para a convivência sustentável do ambiente analisado como cursos d'água. Assim, o território da bacia hidrográfica

> Compreende não apenas o solo e os corpos d'água, mas toda inter-relação sócio-política-ambiental que se desenrola envolvendo humanos e não-humanos presentes e em constante construção, desconstrução e reconstrução, produzindo esse território. (GIANASI, CAMPOLINA, 2016, p. 7)

É nesse contexto das discussões sobre a gestão das águas, amparados em suportes legais e em bases científicas fundamentadas, que a pesquisa foi conduzida e seus pesquisadores (alunos e professores) como protagonistas criaram perguntas respondidas nesse artigo, amparados na metodologia ativa, bem como no reconhecimento dos 3Ps. O 1º P deve ver os **Problemas** existentes, o 2º P sugere observar e indicar as **Potencialidades** e 3º P apontar e levantar as **Possibilidades** de realização de ações que podem ser efetivadas para o local (GIANASI et al., 2016; VIEIRA, et al., 2011, 2012 e 2013).

Metodologia

A metodologia utilizada, portanto, para o reconhecimento da bacia foi a metodologia 3Ps (Gianasi & Campolina, 2016), do Mapeamento Geoparticipativo, isto é, alunos e professores orientadores investigando a realidade do território da bacia hidrográfica em que vivem e/ou participam em busca de conhecimento e possíveis soluções.

[6] No campo da educação básica, os estudos ambientais permitem o desenvolvimento de competências e habilidades de análise crítica e a busca de soluções que alinhem o meio físico e humano, bem como, a busca de arranjos ambientais mais sustentáveis. Essas competências e habilidades também convergem com os objetivos descritos nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do Meio Ambiente (BRASIL, 1997), onde o trabalho com a realidade local possui a qualidade de oferecer um universo acessível e conhecido, passível de aplicação do conhecimento. Outro objetivo citado nessa lei e abrangido no projeto é de formar cidadãos críticos e capazes de "perceber-se integrante, dependente e agente transformador do ambiente, identificando seus elementos e as interações entre eles, contribuindo ativamente para a melhoria do meio ambiente" (BRASIL, 1998. P.7)

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

De modo geral, essa metodologia permite a identificação, reflexão e discussão sobre Problemas e Potencialidades, assim como vislumbrar Possibilidades para o futuro do território reforçando, e/ou criando diálogos locais possíveis. Diálogos que envolvam diferentes atores sociais residentes nas bacias e micro bacias hidrográficas, potencialmente produtores de uma gestão prática, democrática e realmente integrada às esferas de decisão política das águas. (GIANASI, 2014, p. 2)

A bacia hidrográfica, foco inicial da pesquisa, foi a do Córrego do Engenho Nogueira. Esse curso d'água perpassa o interior do Colégio Militar de Belo Horizonte e da UFMG. Pela metodologia, os alunos aprendem a usar as tecnologias gratuitas disponíveis para mapeamento, como o Google Earth®. A ideia é que para além do chão do território, investigado por trabalho de campo com os alunos do projeto, que após esse reconhecimento se produzam os mapas em 2D e 3D para a melhor compreensão da bacia do Engenho Nogueira como na Figura 2, abaixo.

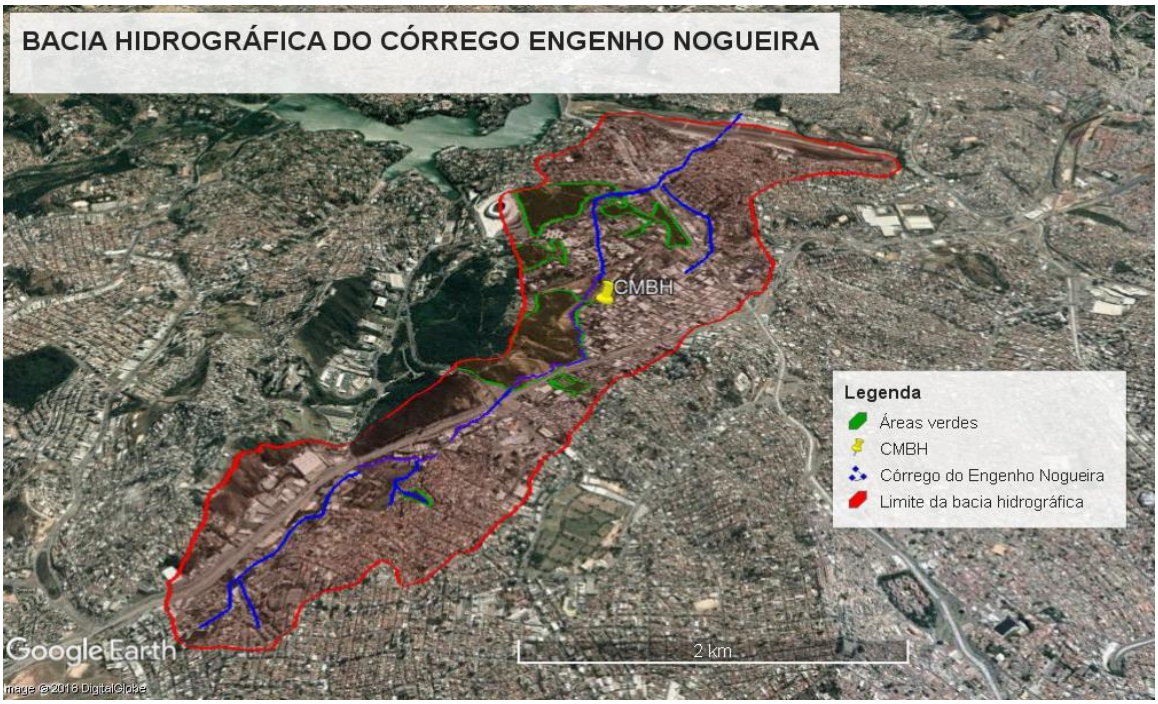

Figura 2. Mapa da Bacia do Engenho Nogueira. **Fonte:** Google Earth®, 2019.

A sistematização das informações coletadas em trabalho de campo foi trabalhada pelos alunos e professores e os resultados dessas análises estão organizadas em duas etapas: caracterização da bacia; elaboração e resultados dos 3 Ps (Gianasi & Campolina, 2016) da bacia do Córrego Engenho Nogueira com os resultados dos Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (Rodrigues & Castro, 2008). Após essas 2 etapas, surgiu a terceira, que está ligada à busca de soluções práticas e tecnológicas para um problema específico evidenciado: as inundações em Belo Horizonte. Para a resolução desse objetivo desenvolveu-se um aplicativo capaz de automatizar o envio de dados de inundações, alagamentos e enchentes em áreas urbanas em tempo real.

Resultados

A caracterização geográfica da bacia indicou que ela possui 11,4 km² de área e extensão e 9,58 km de córregos, sendo 3,97 km de leito aberto, e 5,61 km de canal fechado. As áreas florestadas neste ambiente correspondem a 1,5 km².

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

Em relação aos 3Ps produziu-se o Quadro 1 abaixo para demonstrar a visão dos alunos sobre a bacia a partir de informações e dados coletados e discutidos em trabalho de campo. Nele apontamos os principais Problemas, Potencialidades e Possibilidades verificados na bacia hidrográfica estudada.

Quadro 1. Resultados da aplicação dos 3Ps na bacia do Engenho Nogueira, Belo Horizonte, MG.

Problemas (1P)	Potencialidades (2P)	Possibilidades (3P)	Local/Foto
Foi verificado o uso de drogas dentro das instalações do parque.	Existência de parque ecológico dentro da bacia hidrográfica.	Projetos sociais, educação ambiental, parcerias com escolas da região para o uso das instalações.	Parque ecológico da Cascatinha.
O rio é canalizado na UFMG, ausência de mata ciliar.	Parte da bacia está inserida em instituições públicas, tais como Universidade, extensa área do Exército e CMBH e grande parte são áreas florestadas.	Incentivar a descanalização do córrego e projetos de reflorestamento de mata ciliar onde está degradado.	Áreas florestadas na área do Exército.
Presença de áreas extensas desmatadas e com focos de erosão.	Reflorestamento de espécies nativas da mata atlântica no médio curso, no Colégio Militar de Belo Horizonte.	Reflorestar onde é possível.	Reflorestamento na área do Exército.

(continua)

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

Presença de resíduos sólidos.	Pouco odor, baixa turbidez no alto curso da bacia (próximo à nascente).	Fiscalização do poder público onde haja despejo de esgoto e esgoto a céu aberto.	Presença de resíduos sólidos no médio curso bairro Caiçara.
Moradias irregulares nas proximidades do rio.	Mobilidade socioambiental. Foi identificado faixas de reivindicação do poder público para melhor gestão da bacia.	Programas habitacionais para população de baixa renda.	Presença de moradias às margens do rio em desacordo com a Política Nacional dos Recursos Hídricos, bairro Montanhês.
Inundações e perdas materiais e imateriais.	Rio não canalizado no médio curso e presença de mata ciliar.	Criação de tecnologia para informar perigo em tempo real.	Inundações no médio curso no interior da UFMG.

Dentre os problemas encontrados podemos citar focos de erosão, ausência de mata ciliar, moradias irregulares próximas a cursos d'água, descarte irregular de resíduos nos córregos e pontos afetados por inundações. Esta última foi selecionada para ser estudada e aprofundada.

As inundações são fenômenos naturais, porém a estrutura das cidades não está preparada para a ocorrência desse fenômeno, em função disso é recorrente as enchentes e alagamentos. Muitas perdas imateriais e materiais são decorrentes dessa má gestão das águas. Além disso, o sistema de comunicação para que a população, após ou durante uma tempestade, fique ciente dos pontos

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

afetados não é automatizado. As informações são disponibilizadas manualmente por meio de redes sociais tais como "Twitter" e "Instagram". A falta de automação torna esse sistema ineficiente. Nesse caso o protagonismo foi resultado de uma criação de um protótipo de um aplicativo para celular.

Justificativa e objetivos para a criação do protótipo

A escolha do objeto de estudo "fenômeno das inundações" justifica-se pelo grande número de pontos de inundações e alagamentos, bem como os danos materiais e imateriais causados anualmente pelas chuvas às populações em capitais brasileiras muito urbanizadas e populosas. Em Belo Horizonte são reconhecidas 89 áreas críticas de inundações; já no Rio de Janeiro são 45 pontos de alagamentos[7]. E em um dia de chuva em janeiro de 2019, 35 pontos da Capital paulista ficaram intransitáveis, com carros encobertos de água até o teto.

A falta de informação e de medidas eficazes para minimizar as perdas diversas agrava a situação e traz consequências incomensuráveis, tanto socioeconômica como ambientais. Sabe-se que inundações causam cerca de uma morte por ano em Belo Horizonte; no Rio de Janeiro nove pessoas morreram no último período chuvoso[8,9]. Em função disso, em muitas capitais as aulas são suspensas, avenidas são interditadas, o trânsito fica congestionado e diversas perdas são verificadas.

As Prefeituras destas capitais adotam medidas preventivas como a de recolher lixo e entulho, além de proporcionar treinamentos de autoproteção aos habitantes de áreas de risco. Também é instalado placas nos trechos sujeitos à inundação. A Defesa Civil das capitais também se utiliza de sirenes, mensagens por celular, disque 199 para informações, e monitoramento de dados das estações pluviométricas locais, etc.

Porém, essas ações e informações, somente são eficientes se os cidadãos as receberem antes de transitar pelo local em períodos chuvosos, do contrário poderá ser surpreendido pela água. Buscando evitar perdas econômicas e sociais, a pesquisa estudou maneiras mais eficazes para auxiliar a sociedade, informando áreas de risco e dados dessas regiões em tempo real.

Portanto, buscamos soluções tecnológicas gratuitas e disponíveis para diminuir essa dificuldade na transmissão de dados, automatizando-a e permitindo análises imediatas da condição de risco de inundações pela cidade. Dessa maneira, espera-se contribuir para que parte da população não passe por esses locais durante as inundações, e, também, queremos informar os moradores, de áreas com inundação, para que possam se estabelecer em outra localidade até que o perigo cesse.

Desenvolvimento do protótipo: Teoria, Plataforma e Hardware

A fim de melhorar a relação entre homem e meio ambiente, desenvolveu-se um aplicativo capaz de automatizar o envio de dados de inundações, alagamentos e enchentes em áreas urbanas em tempo real.

---

[7] Fonte: https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2018/10/04/veja-as-89-areas-com-risco-de-inundacao-em-belo-horizonte.ghtml, acesso em 15 de dezembro de 2019.

[8] Fonte: https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/chuva-forte-causa-varios-pontos-de-alagamento-no-rio-de-janeiro.ghtml, acesso em 15 de dezembro de 2019.

[9] Fonte: https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2019/04/09/bombeiros-registram-deslizamento-no-morro-da-babilonia-rio.ghtml, acesso em 15 de dezembro de 2019.

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

IoT

IoT (*Internet of Things*)[10], a Internet das Coisas é um conceito que diz respeito ao "modo como os objetos físicos estão conectados e se comunicando entre si e com o usuário, através de sensores inteligentes e softwares que transmitem dados para uma rede". Essa interação entre a realidade e o ambiente virtual torna-se gradativamente mais presente em diversos setores, servindo para otimizar processos, automatizando-os, e integrando pessoas, objetos, meio ambiente e tecnologia. Sabendo dessa nova realidade e tendo em vista os problemas relacionados a enchentes, inundações e alagamentos enfrentados pela população, faz-se necessário o uso e aprimoramento dos dispositivos inteligentes de que se dispõe, os quais interconectados através da internet, poderão armazenar e enviar dados desses fenômenos ambientais, minimizando perdas e danos (VILLARINO, JULIA, 2018).

Arduino

O Arduino é uma plataforma de prototipagem do tipo hardware livre criado para controlar e automatizar processos. Essa tecnologia inclui dois componentes: um hardware e um ambiente de programação (IDE do Arduino). O primeiro é uma placa que, devidamente programada e associada a sensores e componentes eletrônicos, é capaz de realizar tarefas. O segundo, um ambiente de desenvolvimento que funciona como um compilador, onde se tem acesso a sintaxe do código de programação, correção de erros, inclusão de bibliotecas e um monitor serial, usado para se comunicar com a placa (ABREU, 2012; BANZI, 2010).

NodeMCU ESP8266

O hardware escolhido para a realização do trabalho foi o Módulo *WiFi NodeMcu ESP8266* (Figura 3). Este utiliza a tecnologia do Arduino apesar de ser uma variedade desse. Seu diferencial se dá por possuir *WiFi* integrado, o qual permite a comunicação com dispositivos móveis. O módulo (Figura 3) possui um microcontrolador, entradas e saídas digitais e analógicas - sendo que foram utilizadas as digitais neste trabalho - visando a conexão com os sensores, uma interface USB, a qual é usada para alimentação e conexão com o dispositivo em que será feita sua programação, conforme a Figura 2 e a Quadro 2, abaixo.

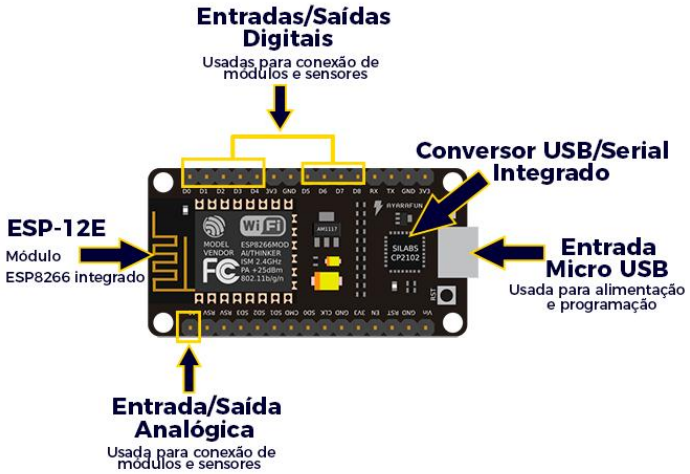

Figura 2. Módulo microcontrolador com interface USB.
Fonte: https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/nodemcu/nodemcu-uma-plataforma-com-caracteristicas-singulares-para-o-seu-projeto-iot/?ISCI=010402, , acesso em 15 de dezembro de 2019.

[10] Fonte: Kevin Ashton, no Laboratório de Auto-ID do MIT - https://pt.wikipedia.org/wiki/Internet_das_coisas, acesso em 15 de dezembro de 2019.

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

Quadro 2. Dados técnicos do NodeMCU 8266.

Processador	ESP8266-12E
Arquitetura	RISC de 12 bits
Velocidade do processador	80MHz - 160MHz
Memória flash	4Mb
WiFi (nativo padrão)	802.11b/g/n
Número de pinos digitais	11
Número de pinos analógicos	1
Tensão	3.3 V

Fonte: https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/nodemcu/nodemcu-uma-plataforma-com-caracteristicas-singulares-para-o-seu-projeto-iot/?ISCI=010402, acesso em 15 de dezembro de 2019.

IDE (*Integrated Development Environment*/Ambiente de Desenvolvimento Integrado)

Usado para compilar, escrever e fazer o *upload* do código de programação (*sketch)* de determinado *hardware*, o IDE Arduino é um *software* de código aberto criado pela Arduino.cc. Sua linguagem de programação é do tipo C ou C++ e pode ser utilizado em sistemas operacionais como Windows®, Linux® e MAC®.

A *sketch* (Figura 4) é enviada via *WiFi* ou cabo USB para o microcontrolador presente, no caso deste trabalho, no Módulo NodeMCU.

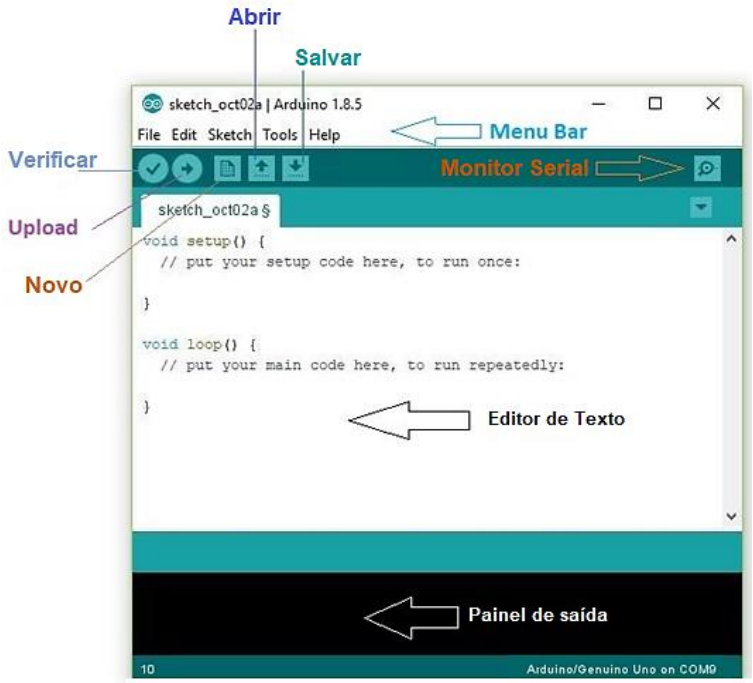

Figura 4. Sistema de desenvolvimento integrado.
Fonte: Plataforma gratuita do MIT - ambiente de programação via web.

Esse contato é feito a parir da função de monitor serial presente no programa. Além dessa função são disponibilizados bibliotecas e corretor automático para facilitar o processo de programação (RAMALHO, 1996).

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

Sensores de Nível de água

O monitoramento do nível de água é realizado por meio de sensores do tipo boia (Figura 5 e Quadro 3) conectados às entradas digitais do Módulo NodeMCU, por meio de uma matriz de contato. Tratam-se de chaves magnéticas que, com a elevação do nível da água, fecham um circuito, enviando a informação ao módulo para que esse execute uma ação. Esse sensor costuma ser utilizado para controle de nível de caixas d'água, aquários e piscinas, unido à tecnologia Arduino ou outras plataformas micro controladas para tal monitoramento (SOUZA, 2018).

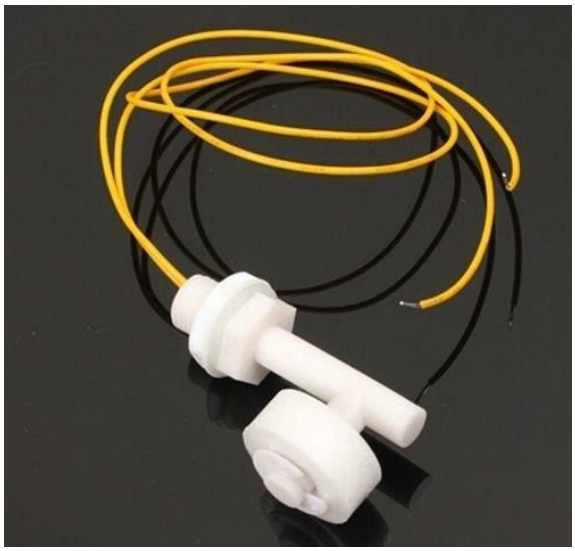

Figura 5. Sensor tipo boia utilizado no protótipo.

Dados Técnicos dos Sensores de Nível	
Tensão de chaveamento (máxima)	100 VDC
Tensão do contato aberto (máxima)	220 VDC
Corrente de chaveamento (máxima)	500 mA
Corrente de carga (máxima)	1A
Resistência do contato	0,1 Ω
Potência da carga (máxima)	10 W
Temperatura de operação	-10 a 85°C
Comprimento do cabo	36 cm
Peso	13g

Quadro 3. Dados técnicos dos Sensores de Nível. **Fonte:** https://www.masterwalkershop.com.br/sensor-detector-de-nivel-de-agua?ISCI=010402, acesso em 15 de dezembro de 2019.

MIT App Inventor

O MIT App Inventor é um ambiente virtual de programação via *Web* para a elaboração de aplicativos na plataforma *Android* (Dall'Oglio, 2007). Foi criado pela Google® em 2010, mas, atualmente, é mantido pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT).

Possui um ambiente de programação orientado para objetos que permite inserir mapas, links, botões, caixas de textos entre outros elementos, mostrados na Figura 6. Cada objeto inserido pode ser configurado por meio de um código baseado em blocos, conforme a Figura 7.

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

Aplicativo para minimizar impactos relacionados à inundações em áreas urbanas: o caso do córrego Engenho Nogueira em Belo Horizonte, MG

Gisele Oliveira Mine, Lussandra Martins Gianasi, Leonardo Matos, Anna Clara Moura Humia, Helena Vilarinho Silvia, Amanda Araujo Costa

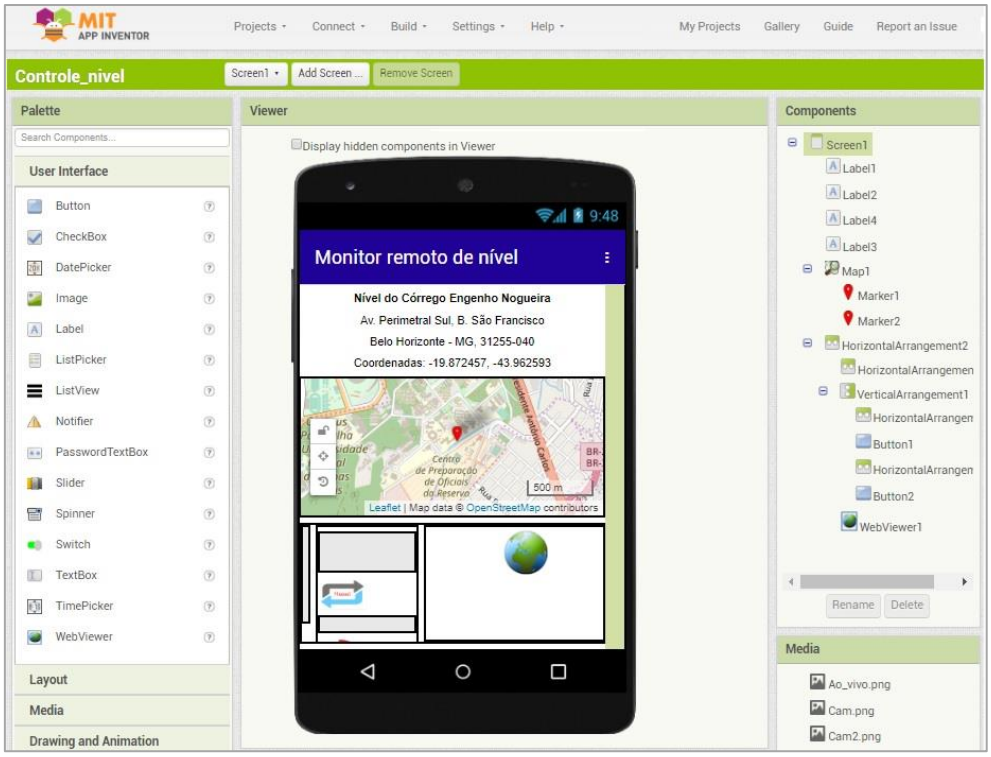

Figura 6. Plataforma gratuito MIT - ambiente de programação via web.

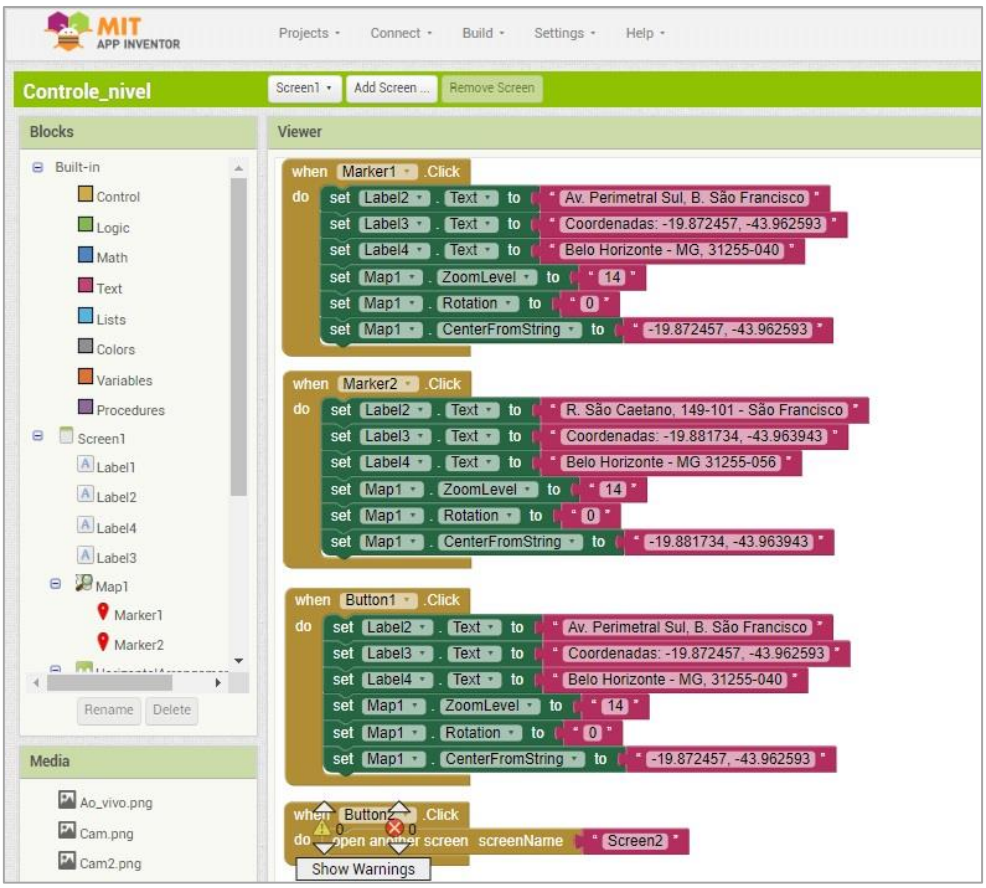

Figura 3. Plataforma gratuita do MIT - programação em blocos via web.

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

Montagem do Modelo

A NodeMCU foi fixada sobre uma matriz de contato para permitir a montagem do circuito eletrônico por meio de cabos elétricos. Os sensores tipo boia foram conectados às portas digitais D1, D2 e D3. Para indicação visual do status de cada sensor, Leds nas cores verde, amarelo e vermelho foram ligados em paralelo com cada sensor, e quando acionados indicam nível baixo, médio e alto do curso d'água respectivamente.

Para limitar a corrente das portas, resistores de 10 kΩ foram colocados em série com os sensores de nível, permitindo uma corrente 0,33 mA em cada porta. Resistores de 220 Ω foram ligados em série com os *Leds* fazendo com que os mesmos fossem acionados com uma corrente de aproximadamente 12 mA (GIMENES, PEREIRA, 2015).

O diagrama elétrico do circuito desenvolvido pode ser observado na Figura 8.

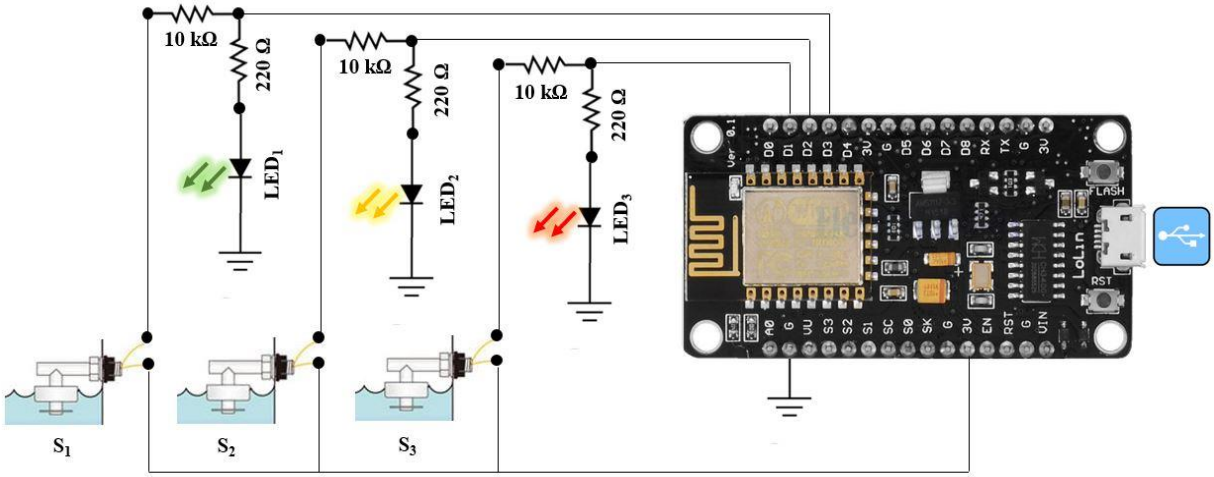

Figura 4. Montagem do circuito eletrônico. **Fonte:** Autores, 2019.

A programação do microcontrolador da NodeMCU foi feita pelo *software* IDE Arduino. O programa, chamado de "sketch", foi feito a partir da biblioteca de exemplos carregados para o Hardware NodeMCU EESP8266 está disponível no Anexo I.

O programa começa associando cada sensor à sua respectiva porta em que foi conectado. Logo após é realizada a conexão entre o hardware e a rede WiFi disponível. Uma rotina em *loop* é implementada para testar o estado de cada porta, ou seja, verificar se o sensor está ou não acionado. Essa rotina leva um tempo de 5 segundos para fazer a varredura em ciclo.

O programa gera uma página HTML na porta 80 que é usada para configurar servidores *web, streaming* ou qualquer outro serviço, que precise desta porta para comunicação. A página indica o status de cada sensor em conformidade com as cores dos *Leds* adicionados no circuito eletrônico.

Para representar o curso d'água referente ao córrego Engenho Nogueira, localizado na Av. Perimetral Sul, foi construído um modelo desse trecho do córrego que se encontra canalizado conforme a Figura 9.

A vazão d'água foi modelada com o auxílio de uma bomba de aquário imersa em um reservatório e ligada em um circuito fechado, conforme a Figura 10.

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

Figura 5. Visão da Av. Perimetral Sul, 333 - Córrego Engenho Nogueira.
Fonte: Street View do Google Maps®, 2019.

A obstrução da saída de água do curso provoca o aumento do nível no trecho, fazendo com que cada sensor seja acionado, assim o circuito eletrônico processa essa informação acionando o *Led* referente ao nível atingido pela água e disponibilizando o resultado na página HTML.

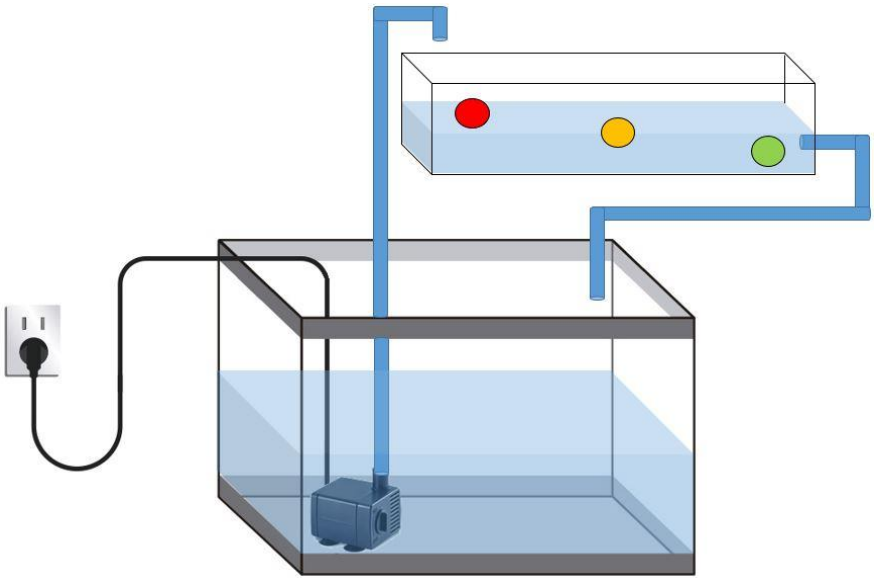

Figura 10. Simulação de vazão do rio. **Fonte:** Autores , 2019.

Para que a informação possa atingir o maior número de pessoas possível, o aplicativo desenvolvido acessa essa página via WEB e disponibiliza em sua tela a condição do córrego em tempo real. O usuário também pode acompanhar à situação do córrego através de uma web câmera ligada em um serviço de *livestream.*

O aplicativo desenvolvido a partir da plataforma *MIT App Inventor* foi baseado na utilização de ferramentas de interface WEB endereçadas à página HTML gerada pela placa NodeMCU. Assim, com

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

o auxílio de um sistema GPS atrelado ao endereço físico de posicionamento do sensor, o aplicativo é capaz de visualizar em tempo real os dados fornecidos pelo hardware. Uma segunda página do aplicativo é endereçada a um serviço de *livestream*, onde está sendo transmitido ao vivo a partir de uma *web cam,* cenas do local monitorado pelo sistema. O modelo desenvolvido pode ser visto na Figura 11.

Figura 11. Sistema integrado - microcontrolador da NodeMCU, Sensor tipo boia; *MIT App Inventor.*
Fonte: Os autores, 2019.

Em um cenário futuro, onde vários sistemas baseados nessa tecnologia estarão montados em diversos pontos críticos da cidade, selecionados pela possibilidade da ocorrência de enchentes, o aplicativo será capaz de se conectar a cada um desses pontos através de sua interface GPS, fornecendo ao usuário informações geradas pelos respectivos sensores locais. Além disso, o aplicativo poderá ser configurado para enviar um sinal sonoro, alertando sobre uma possível situação de risco de alagamento.

Resultados da Pesquisa

Vários testes foram realizados até que se chegasse no modelo final, o qual funcionou adequadamente na geração, processamento e transmissão das informações sobre o nível do curso d'água em tempo real. Com esse resultado, foi possível o desenvolvimento de um aplicativo funcional para a escala de trabalho usada. O modelo apresentou um pequeno delay (diferença entre o tempo de envio e o recebimento de uma informação), o qual não prejudicou a interpretação dos dados, ao contrário, serviu como tempo de confirmação da informação recebida, evitando oscilações e a disseminação de alarmes-falsos. Os testes demonstraram a necessidade de uma rede estável para que as informações cheguem ao aplicativo em tempo hábil a fim de que o usuário tome uma decisão adequada. Da mesma forma, a *live* compartilha dessa necessidade para que as imagens cheguem em tempo real. Vários testes foram realizados até que se chegasse no modelo final, o qual funcionou adequadamente na geração, processamento e transmissão das informações sobre o nível do curso d'água em tempo real.

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

Conclusões

No quesito de conteúdo e ensino, o projeto Gestão das Águas permitiu a integração de distintas disciplinas escolares (Geografia, Química e Biologia) e a produção de conhecimentos contextualizados e integrados, voltados à gestão do(s) território(s) da bacia hidrográfica, bem como a participação de docentes e discentes que puderam aplicar conhecimentos apreendidos em sala de aula, principalmente, aqueles relativos à preservação e à recuperação de áreas degradadas pela metodologia ativa, que possibilita os alunos serem protagonistas das ações, atividades e produção de conhecimento.

A realização do presente projeto, apoiada na lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, a qual declara que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com o apoio dos usuários e das comunidades, proporcionou a análise do quadro socioambiental da bacia do Córrego Engenho Nogueira. Foram realizados trabalhos de campo e por meio da observação e baseado na metodologia 3Ps, foram elencados problemas, possibilidades e potencialidades nas áreas visitadas.

Foi proposto, então, que se criasse uma tecnologia que tornasse automatizado o acesso aos dados sobre os níveis dos cursos d'água.

Após a criação do protótipo e a realização de várias simulações de inundações, foi possível constatar que é viável a criação de um aplicativo que informa, em tempo real, dados sobre o nível de cursos d'água e por meio de uma *live*, disponibilizar imagens e informações da localidade afetada.

O conceito de bioeconomia considerado nessa pesquisa consiste na interação amistosa do ser humano com o meio que o circunda. E embora o aplicativo criado não solucione diretamente os problemas das inundações, ele evita perdas materiais e imateriais, contribuindo diretamente para a bioeconomia.

Para efetivação do projeto, se fazem necessárias parcerias do tipo público-privadas e/ou com a Prefeitura, para investimentos na colocação de sensores em áreas estratégicas, na criação de um sistema de monitoramento desses locais e na difusão dessa tecnologia junto à população. Sugere-se ainda a possibilidade de parceria com empresas Waze® e Google®, tendo em vista que essas apresentam tecnologias nos setores de localização e transporte. A associação da utilização do protótipo com os serviços ofertados pelas empresas, permitiria que a população tivesse conhecimento das áreas intransitáveis e rotas alternativas a elas.

Perspectivas futuras

Visa-se expandir as funções do aplicativo, adicionando informações educativas que possam ajudar a população no maior entendimento da dinâmica das águas. Além disso, deseja-se desenvolver o programa por meio da ampliação das plataformas em que possa operar, já que o ambiente de programação *MIT App Inventor* só atende ao sistema Android. Outro dos objetivos a serem atingidos é implantar o trabalho em dimensões reais, de modo que se confirme sua efetividade e sejam realizadas as melhorias necessárias. Faz-se necessário um estudo acerca da tecnologia de rede mais adequada para ser utilizada em campo, ou seja, diretamente nos cursos d'água. Sabe-se que o modelo produzido é adaptável, podendo-se aumentar o número de sensores instalados, e, assim, elevar a precisão da informação.

Referências

ABREU, A D S. **Arduino - Plataforma Eletrônica Microcontrolada**. 2012. 124p. Dissertação (Bacharel) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - Departamento de Engenharia de Eletricidade, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2012.

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Sobre a Ana.** Disponível em https://www.ana.gov.br/regulacao/institucional/sobre-a-ana, acesso em 15 de agosto de 2019.

BANZI, M. **Primeiros passos com o arduino**. 1ª ed. São Paulo, SP, Brasil: Novatec Editora Ltda. 2010.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos.** 1.ed. São Paulo: Saraiva. 2004.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.** Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Brasília: Presidência da República, 1996.
Disponível em <www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>, acesso em outubro de 2019.

CAMBRIDGE, MA, EUA. **MIT App Inventor 2**, 2012-2019. Disponível em https://appinventor.mit.edu/, acesso em 10 de julho de 2019.

DALL'OGLIO, P. **Programando com orientação a objeto.** (R. Prates, Ed.) São Paulo: Novatec Editora Ltda. 2007.

G1. **Chuva forte causa vários pontos de alagamento no Rio de Janeiro: No Recreio dos Bandeirantes, foram 45 mm em pouco mais de quatro horas.** Previsão é que a chuva siga ao longo do dia. Rio de Janeiro, 4 jan. 2018. Disponível em https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/chuva-forte-causa-varios-pontos-de-alagamento-no-rio-de-janeiro.ghtml, acesso em 15 de agosto de 2019.

G1. **Veja as 89 áreas com risco de inundação em Belo Horizonte.** Minas Gerais: G1 Minas, 4 out. 2019. Disponível em https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2018/10/04/veja-as-89-areas-com-risco-de-inundacao-em-belo-horizonte.ghtml, acesso em 15 de agosto de 2019.

GIANASI, Lussandra M.; VIEIRA, Daniela. Campolina.; PIMENTA, R. H. Mapeamento geoparticipativo: saberes científicos e populares na estruturação de uma gestão participativa das águas. In: **XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia; V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento e XXV Exposicarta**, Gramado, RS, Anais, 2014.

GIANASI, Lussandra M.; CAMPOLINA, D. **Geotecnologias na educação para gestão das águas: mapeamento geoparticipativo 3P.** 1. ed. BH: Fino Traço, 2016.

GIMENES, A. H.; PEREIRA, P. R. A. **Utilização da plataforma Arduino como ferramenta de controle para um sistema de nível de líquidos**., p. 2553-2558. In: **Anais do XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica** [Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, n.3]. ISSN impresso: 2446-8711. São Paulo: Blucher, 2015.

HAGIHARA BORGES, Fernando. **O meio ambiente e a organização: um estudo de caso baseado no posicionamento de uma empresa frente a uma nova perspectiva ambiental.** São Carlos, 2007. Dissertação (Engenharia de Produção), Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-07042008-100649/publico/FernandoHagiharaBorges.pdf, acesso em 27 de maio de 2019.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico.** [Tradução Rafael Zanolli]. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **A ONU e o meio ambiente. Nações Unidas Brasil.** Disponível em https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/, acesso em 27 de maio de 2019.

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração da Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente.** Estolcomo, 1972. Disponível em http://www.un-documents.net/aconf48-14r1.pdf, acesso em 27 de maio de 2019.

PROJETO IOT. Disponível em https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/nodemcu/nodemcu-uma-plataforma-com-caracteristicas-singulares-para-o-seu-projeto-iot/?ISCI=010402, acesso em 15 de agosto de 2019.

RAMALHO, J. A. **Iniciando em HTML.** (M. M. Filho, Ed.) São Paulo: Makron Books. 1996.

RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.13, n. 1, p. 161-170,2008a.

RUDEK, C. G.; MUZZILLO, C. S. O início da abordagem ambiental nos planos de desenvolvimento urbano brasileiro a partir da preocupação mundial em busca do desenvolvimento sustentável. **Akropólis,** Umuarama, v. 15, n. 1 e 2, p. 11-18, jan./jun. 2007.

SOUZA, Vitor A. **Aplicando IoT na medição do nível de Caixa d'Água com PIC e módulo WiFI ESP8266.** E-book. 1. ed. SP: CERNE, 2018.

TRILHA, Daniel, G. GRESSE VON WANGENHEIM, C. **Oficina App Inventor** (Jogo Caça Mosquito). 2016. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional – Material didático).

VIEIRA, Daniela Campolina et al. Mapeamento Participativo: ferramenta de mobilização e incentivo à autonomia. **Anais VII Fórum Brasileiro de Educação Ambiental.** Salvador, 2012.

VIEIRA, Daniela Campolina; GIANASI, Lussandra. Martins. et al. Roteiro de Mapeamento participativo para professores. In: MACHADO, A. T. G. M. et al. **Bacia Hidrográfica como instrumento pedagógico para a transversalidade.** Belo Horizonte: Projeto Manuelzão – UFMG/ Instituto Guaicuy – SOS Rio das Velhas, p.85-92, 2011.

VIEIRA, Daniela Campolina; GIANASI, Lussandra M.; PINHEIRO, Tarcísio M. M. **Gestão das Águas no Brasil: vamos participar?** Mapeamento geoparticipativo, participação social e gestão das águas na bacia hidrográfica do ribeirão Onça do estado de Minas Gerais. Instituto Guaicuy. Belo Horizonte, 2013. p. 40.

VILLARINO, Julia. **Internet das Coisas (IoT):** Um Desenho do Futuro. Proof - Trusted Advisor de Segurança da Informação, 27 out. 2018. Disponível em https://www.proof.com.br/blog/ internet-das-coisas/, acesso em 1 de outubro de 2019.

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308

Aplicativo para minimizar impactos relacionados à inundações em áreas urbanas: o caso do córrego Engenho Nogueira em Belo Horizonte, MG

Gisele Oliveira Mine, Lussandra Martins Gianasi, Leonardo Matos, Anna Clara Moura Humia, Helena Vilarinho Silvia, Amanda Araujo Costa

ANEXO I

Aplicativo para minimizar impactos relacionados à inundações em áreas urbanas:
o caso do córrego Engenho Nogueira em Belo Horizonte, MG

CÓDIGO FONTE – IDE ARDUINO

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <SPI.h>
//######################################//
const char* ssid = "iPhone";
const char* password = "n95ef5xsokrj2";
String readString;
char c;
int sensor1 = 16;
int sensor2 = 5;
int sensor3 = 4;
WiFiServer server(80);
//######################################//
void setup() {
  pinMode(sensor1,INPUT);
  pinMode(sensor2,INPUT);
  pinMode(sensor3,INPUT);
  Serial.begin(115200);
  delay(10);
  Serial.print("Conectando na rede: ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
   delay(500);
   Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi Conectada");
  server.begin();
  Serial.println("Servidor iniciado!");
  Serial.print("Endereço IP: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}
void loop() {
   //#############################################################################//
   WiFiClient client = server.available();
   if (client) {
     boolean currentLineIsBlank = true;
     while (client.connected()) {
       if (client.available()) {
         char c = client.read();

         if (readString.length() < 100) {
           readString += c;
         }
         if (c == '\r') {
           String buf = "";
           buf += "HTTP/1.1 200 OK\r\nContent-Type: text/html\r\n\r\n<!DOCTYPE HTML>\r\n";
```

Rev. Cient. Schola. Vol III, Nr 2, Dezembro 2019. Pág. 288-308


```
        buf += "<meta HTTP-EQUIV=\"refresh\" CONTENT=\"5\">";
        buf += "<html>";
        buf += "<head>";
        buf += "<meta http-equiv=\"Content-Type\" content=\"text/html; charset=iso-8859-2\" />";
        buf += "<meta name='viewport' content='width=device-width,minimum-scale=1.0,maximum-
scale=1.0'>";
        buf += "<table align=\"center\" width=\"200\" border=\"0\" cellspacing=\"0\" cellpadding=\"0\">";
        buf += "<tr>";
        buf += "</tr>";
        buf += "</table>";
        buf += "<table align=\"center\" width=\"200\" border=\"1\" cellspacing=\"0\" cellpadding=\"0\"
style=\"border-left:solid; border-right:solid; border-top:solid; border-bottom:solid; border-width:1px; border-
color:#009;\">";
        buf += "<tbody>";
        buf += "<tr>";
        if(digitalRead(sensor1) == 0){
        buf += "<td height=\"50\"><center><font face=\"Verdana\" size=\"3\">N&iacute;vel
M&aacute;ximo</font></center></td>";
        }else{
        buf += "<td height=\"50\" bgcolor=\"#ff0000\"><center><font face=\"Verdana\" size=\"3\"
color=\"#FFFFFF\">N&iacute;vel M&aacute;ximo</font></center></td>";
        }
        buf += "</tr>";
        buf += "<tr>";
        if(digitalRead(sensor2) == 0){
        buf += "<td height=\"50\"><center><font face=\"Verdana\" size=\"3\">N&iacute;vel
M&eacute;dio</font></center></td>";
        }else{
        buf += "<td height=\"50\" bgcolor=\"#ffc000\"><center><font face=\"Verdana\" size=\"3\"
color=\"#FFFFFF\">N&iacute;vel M&eacute;dio</font></center></td>";
        }
        buf += "</tr>";
        buf += "<tr>";
        if(digitalRead(sensor3) == 0){
        buf += "<td height=\"50\"><center><font face=\"Verdana\" size=\"3\">N&iacute;vel
Baixo</font></center></td>";
        }else{
        buf += "<td height=\"50\" bgcolor=\"#3ADF00\"><center><font face=\"Verdana\" size=\"3\"
color=\"#FFFFFF\">Nivel Baixo</font></center></td>";
        }
        buf += "</tr>";
        buf += "</tbody>";
        buf += "</table>";
        buf += "</body>";
        buf += "</html>";
        client.print(buf);
        client.flush();
        client.stop();
        readString="";
      }
    }
  }
}
```