



CONTADOR DE PESSOAS COM TRANSMISSÃO DE DADOS VIA INTERNET

Vinicius Buzzo Inocêncio¹, Hugo Marcondes²

Resumo: O projeto teve como objetivo desenvolver um dispositivo para contar pessoas e transmitir os dados via internet. Para desenvolvimento do produto foi necessário o uso de um sensor que detecta pessoas, um microcontrolador que aceita customização do firmware e com capacidade de transmitir os dados por meio da rede sem fio. Além do conjunto para alimentação elétrica do circuito e o sensor foi utilizado uma bateria para aumentar a capacidade elétrica. No artigo proposto, foi desenvolvido um protótipo para validar o produto em campo e realizar a coleta de dados para compor o resultado final. O levantamento dos requisitos foi determinante para avaliar qual mais adequado microcontrolador e o sensor seriam utilizados no projeto. O microcontrolador utilizado foi o modelo ESP8266 com módulo sem fio embutido, um sensor do tipo PIR e um ultrassônico para detectar as pessoas, além de uma fonte de alimentação para o protótipo. Com os dados coletados pelo protótipo foi possível determinar qual o melhor sensor para este projeto. O projeto final atendeu as expectativas como um produto tecnológico, confirmando a proposta de contar o deslocamento de pessoas no local.

Palavras-chave: ESP8266. Sensor PIR. Sensor ultrassônico. Comunicação sem fio.

Abstract: *The project aimed to develop a device to count people and transmit the data via the internet. To develop the product was necessary the use of a sensor that detects people, a microcontroller that accepts firmware customization and with the ability to transmit data through the wireless network. In addition to the set for electrical power of the circuit and the sensor was used a battery to increase the electrical capacity. In the proposed article, a prototype was developed to validate the product in the field and perform the data collection to compose the final result. The survey of the requirements was determinant to evaluate which more suitable microcontroller and the sensor would be used in the project. The microcontroller used was the ESP8266 model with built-in wireless module, a PIR sensor and an ultrasonic to detect people, as well as a power supply for the prototype. With the data collected by the prototype, it was possible to determine the best sensor for this project. The final project met expectations as a technological product, confirming the proposal of counting the displacement of people in the place.*

Keywords: *ESP8266. PIR sensor. Ultrasonic sensor. Wireless communication.*

¹ Especialista em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos, IFSC/Florianópolis <viniciusbuzzo@gmail.com>.

² Professor do Departamento Acadêmico de Eletrônica (DAELN), IFSC/Florianópolis <hugo.marcondes@ifsc.edu.br>.

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução das tecnologias surgiu o IoT, um segmento de tecnologia que tem o objetivo de capturar dados por meio dos sensores e enviar as informações para a plataforma *online*.

Existem vários tipos de sensores que podem ser utilizados em diversas aplicações com múltiplas finalidades, incluindo detectar a presença de pessoas.

Com objetivo de mensurar a quantidade de pessoas que frequentam a cidade durante a temporada de verão, onde o município recebe um aumento no número de turistas, foi pensado em um produto que conta quantas pessoas transitaram por um determinado local.

Os dados coletados com o produto contribuem com as empresas do ramo do turismo, que necessitam de dados confiáveis do número de pessoas para programarem suas atividades, além de contribuir para o levantamento dos dados populacionais da cidade.

Com a necessidade de suprir a demanda do mercado em acompanhar o desenvolvimento populacional da cidade, esse produto visa realizar o mapeamento da cidade por meio da coleta dos dados. Os possíveis clientes seriam os lojistas do comércio em geral, empresas do segmento de turismo e órgãos públicos.

Primeiramente foi elaborado o levantamento bibliográfico, com pesquisa nos segmentos de IoT, sensores, microcontroladores e transmissores de dados.

O produto contará com um dispositivo que fará a detecção das pessoas e enviará os dados para o microcontrolador. O sensor se comunicará com o microcontrolador para detectar as pessoas e realizar a contagem dos pedestres que passam pela região onde será instalado o dispositivo. Ao passar na frente do dispositivo, o sensor é acionado, o qual irá detectar a pessoa e realizará a contagem no microcontrolador.

De modo geral, o sensor captura as informações e transmite para o microcontrolador, onde os dados são analisados e posteriormente enviados para um sistema *online*, essas informações serão armazenadas e disponibilizadas para acesso do usuário.

Por fim o módulo é constituído de uma bateria que tem a função de garantir a autonomia do produto nas ruas e pontos de coleta de dados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para maior compreensão do projeto proposto faz-se necessário entender alguns conceitos e teorias fundamentais. Para isso, serão referenciados os temas de IoT, sensores, microcontroladores e transmissores de dados.

2.1 Internet das Coisas (IoT)

IoT é a comunicação entre sensores e objetos através da Internet, sendo empregado na indústria, em veículos e residências. A Internet das Coisas surgiu da evolução dos sistemas embarcados e tem recebido grande atenção devido ao seu potencial na utilização em diversas atividades.

Segundo a empresa Amazon, o termo Internet das Coisas foi criado pelo britânico, Kevin Ashton, quando ele desenvolveu uma rede de sensores conectados à Internet (AMAZON WEB SERVICES, 2017). Com isso o desenvolvedor foi considerado o pioneiro no mundo do IoT (ASHTON, 2015).

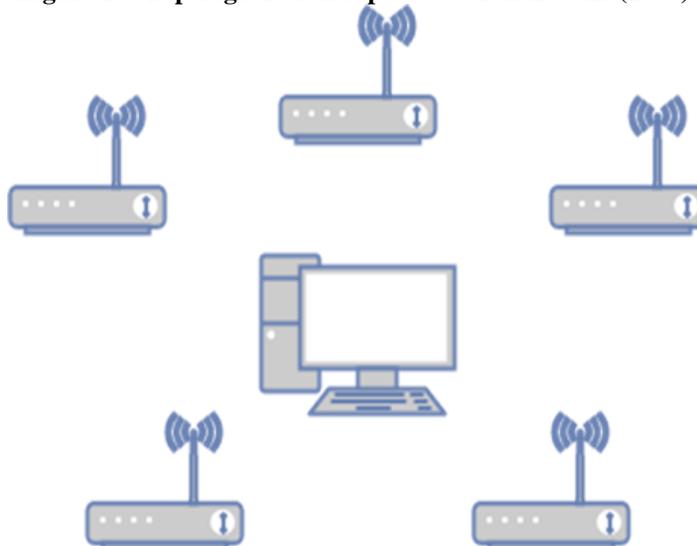
2.1.1 Rede IoT

A rede IoT tem como finalidade intercomunicar os sensores com o seu *gateway* e com isso transmitir os dados capturados para o sistema de gerenciamento, sendo que cada sensor da rede se comunica com o dispositivo mestre que faz a ligação e gerenciamento da rede.

A comunicação dos sensores IoT pode ocorrer através dos protocolos de comunicação, sendo que cada protocolo utiliza um conjunto de tecnologias que possibilita a aplicação em diferentes dispositivos.

A Figura 1 demonstra a topologia IoT, onde os sensores se comunicam com a rede. O modelo teórico escolhido de topologia é do tipo estrela conforme modelo proposto por Tanenbaum (2003), sendo o *gateway* o dispositivo central.

Figura 1 – Topologia IoT. Adaptado de Tanenbaum (2003).



2.2 Sensor

O sensor é um dispositivo que detecta as entradas do ambiente físico. Essas entradas podem ser a passagem de uma pessoa por um lugar, a temperatura de um ambiente ou mesmo outra informação detectável em um mundo físico.

“Sensor é um dispositivo que mede o valor de uma determinada grandeza. Este valor da grandeza elétrica vai servir de entrada a um circuito elétrico, que atuará de acordo com o valor medido.” (JERONIMO, 2009).

Neste projeto, o sensor terá a função de detectar e interpretar a passagem de pessoas em frente ao dispositivo, para gerar a informação da quantidade de transeuntes no local onde o dispositivo estará instalado.

Dentre os vários modelos de sensores existentes os tipos de sensores comuns mais utilizados para detectar pessoas são o sensor PIR comumente utilizado em alarmes residenciais, sensor ultrassônico utilizado para mensurar distâncias e o sensor infravermelho para detecção movimento.

2.2.1 Sensor PIR

O sensor PIR detecta os movimentos por meio da radiação infravermelha produzida pelo corpo humano. Quando ele detecta a radiação do corpo o sensor envia um sinal de pulso alto por um período de 2,5 segundos que é interpretado pelo microcontrolador como a passagem de uma pessoa.

Um típico sensor PIR pode ser observado na Figura 2, que contém dois potenciômetros para ajuste da sensibilidade e tempo de detecção e capacitores utilizados para calcular o tempo de detecção.

Figura 2 – Sensor PIR (FILIPE FLOP, 2018a).



2.2.2 Sensor ultrassônico

O sensor ultrassônico trabalha com emissão e recepção de onda sonora cuja detecção é feita com o diferencial de tempo entre emissão e recepção da onda sonora emitida.

O sensor do tipo ultrassônico emite uma onda sonora não audível aos seres humanos. O funcionamento do sensor ocorre por meio da diferença entre o tempo de transmissão do som até o objeto a ser mensurado e o retorno do som que é chamado de eco.

O sensor utiliza as ondas sonoras para calcular o intervalo de tempo do objeto. Para isso é feita uma conversão de segundos para metros para determinar esta distância, sendo a escala de 343 metros por segundo a velocidade estimada em condições climáticas consideradas ideais, pois a temperatura do ambiente exerce influência sobre os valores mensurados pelo sensor ultrassônico. A Figura 3 apresenta o modelo de sensor ultrassônico.

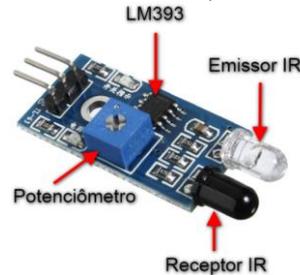
Figura 3 – Sensor ultrassônico (FILIPE FLOP, 2018b).



2.2.3 Sensor infravermelho

O sensor infravermelho é um transdutor de energia luminosa que converte os raios infravermelhos em valor mensurável. Existem dois tipos de sensores: o tipo ativo é o modelo de sensor que tem acoplado o emissor infravermelho e junto o receptor infravermelho; o segundo modelo é o receptor passivo, que somente capta os raios infravermelhos do ambiente. A Figura 4 apresenta um módulo com emissor e receptor infravermelho.

Figura 4 – Sensor ultrassônico (FILIPE FLOP, 2018c).



2.3 Microcontrolador

O microcontrolador é um circuito integrado com software e hardware embutido em um único *chip* capaz de realizar cálculos matemáticos que são armazenados em sua memória, além de ter a característica de baixo consumo de energia.

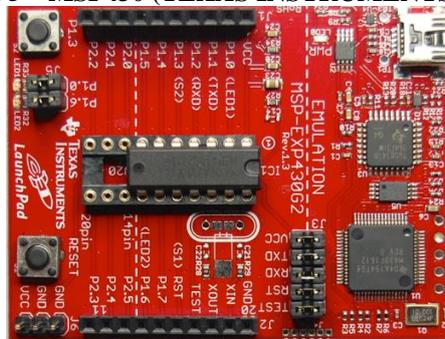
“Os microcontroladores têm interface de entrada e saída com dispositivos elétricos como botoeiras e relés, ao contrário dos microprocessadores de uso geral, normalmente dedicados a projetos de computadores com periféricos de entrada e saída como teclado, *mouse* e monitor.” (OLIVEIRA, 2017).

O microcontrolador deve atender aos requisitos técnicos de arquitetura, consumo, velocidade, capacidade de processamento, tamanho e escalabilidade, sendo que esses requisitos são essenciais para eficiência do projeto.

2.3.1 MSP430

Fabricado pela empresa Texas Instruments o microcontrolador MSP430 RISC possui capacidade de processamento de 16 bits e características energéticas de ultra-baixo consumo. Outro recurso importante é o oscilador interno que permite a execução do programa em velocidades de até 5 MHz sem necessidade de componentes externos, além da flexibilidade na arquitetura de suas portas que possuem funções de entrada, saída de hardware, sua porta JTAG permite verificar o programa passo a passo. A Figura 5 mostra o microcontrolador MSP430.

Figura 5 – MSP430 (TEXAS INSTRUMENTS, 2018).

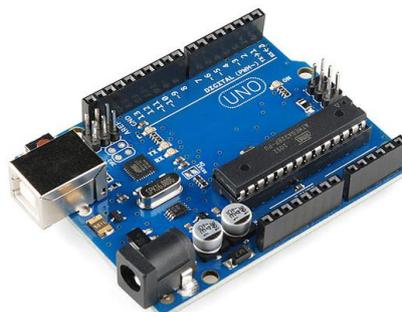


2.3.2 ATmega328

O microcontrolador ATmega328 tem como base o microcontrolador RISC de 8 bits de baixa potência e consumo de energia otimizado em relação à velocidade de seu processamento que alcança 1 MIPS por MHz.

O microcontrolador ATmega328 (ATMEL, 2017), da empresa Atmel, possui uma unidade central de processamento, memória de programa, memória RAM e portas de entrada e saída. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta um Arduino modelo UNO R3 com microcontrolador ATmega328P.

Figura 6 – Arduino UNO R3 (FILIPE FLOP, 2018d).



2.3.3 ESP8266

O microcontrolador ESP8266 criado pelo fabricante chinês Espressif Systems, tem processador RISC de 32 bits, microcontrolador de baixo consumo, tamanho reduzido e com Wi-Fi embutido. Sua CPU opera em 80 MHz com possibilidade de operar em 160 MHz, possui memória RAM de 64 KB para instruções e 96 KB para dados.

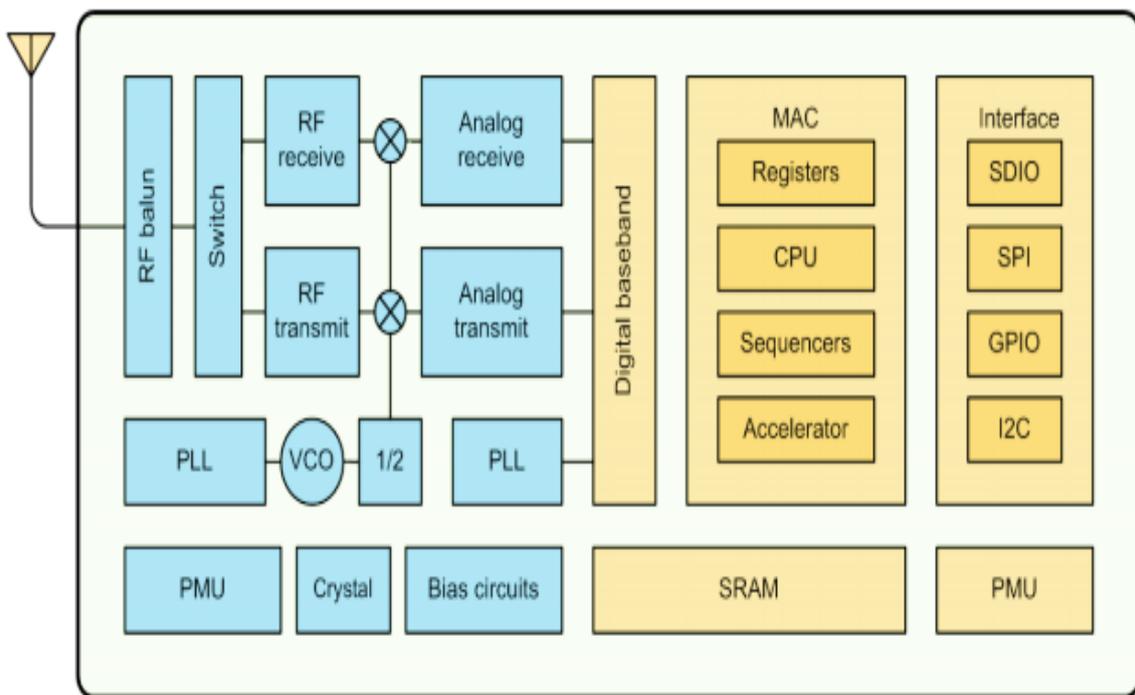
A Figura 7 mostra o microcontrolador ESP8266 embutido no módulo nodeMCU do fabricante RobotDyn.

Figura 7 – Microcontrolador ESP8266.



A figura 8 mostra o diagrama de blocos com a estrutura interna do microcontrolador ESP8266.

Figura 8 – Diagrama de blocos ESP8266 (ELECTRO DRAGON, 2018).



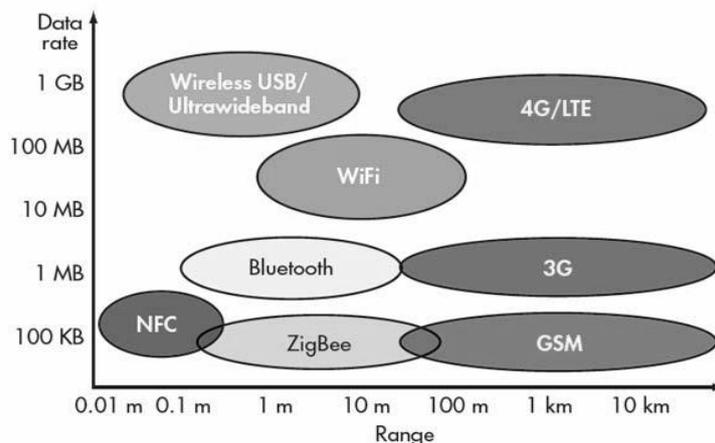
No lado esquerdo da Figura 8 estão representados os blocos de radiofrequência e transmissão de dados. No lado direito da figura estão representadas as áreas de processamento de dados e armazenamento de memória do microcontrolador ESP8266.

Os microcontroladores ESP8266, ATmega328 e MSP430 são comuns nos projetos de IoT.

2.4 Transmissão de dados

Transmissão de dados é a comunicação entre dispositivos que utilizam protocolos conforme a tecnologia utilizada para transferência de dados. A Figura 9 apresenta um comparativo entre as tecnologias aplicadas na transmissão de dados.

Figura 9 – Comparativo entre tecnologias (MICROWAVES & RADIO FREQUENCY, 2018).



Conforme a Figura 9, é possível observar as várias tecnologias que podem ser utilizadas na transmissão de dados, como Wireless USB, 4G, 3G, GSM, Bluetooth, ZigBee e NFC.

Dentre as diversas tecnologias existentes, as principais tecnologias de rede de dados voltadas ao segmento de IoT são a rede Wi-Fi, GSM e Bluetooth, porém existem outras tecnologias que podem ser usadas.

2.4.1 Rede sem fio Wi-Fi

Com a necessidade de ter uma rede de dados tipo LAN (*Local Area Network*) sem fio foi criada a rede de dados do tipo WLAN (*Wireless Local Area Network*) que usa o padrão IEEE 802.11.

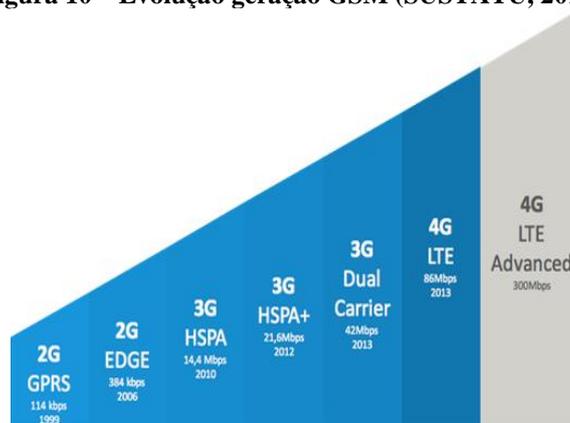
A rede Wi-Fi é uma rede de comunicação entre computadores desenvolvida para melhorar a transmissão de dados, que utiliza ondas de rádio que operam na faixa de 2,4 GHz para realizar a conexão com a Internet.

2.4.2 GSM

Global System for Mobile Communications, denominada a geração tecnológica para conexão de dados por meio de dispositivos móveis, como o celular. A rede móvel GSM tem a capacidade de atender inúmeros dispositivos com acesso simultâneo e extensa abrangência territorial.

A rede GSM é considerada a segunda geração da rede móvel, sendo que, atualmente, existem as atualizações 3G e 4G disponíveis no Brasil. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, é possível acompanhar a evolução das tecnologias de redes móveis.

Figura 10 – Evolução geração GSM (SUSTATU, 2018).



2.4.3 Bluetooth

Essa tecnologia foi desenvolvida pela fabricante Ericsson, com a finalidade de ser uma rede de dados do tipo PAN (*Personal Area Network*) que utiliza uma frequência de rádio de baixíssima potência e baixa taxa de transmissão de dados. Com alcance máximo de apenas alguns metros que opera na faixa de frequência de 2,4 GHz.

Para facilitar a transmissão de dados, o Bluetooth tem como principais características o baixo consumo e o método de comunicação que é do tipo mestre e escravo, no qual os dados são gerenciados pelo mestre da rede Bluetooth.

3 METODOLOGIA

O projeto foi dividido em quatro etapas: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado.

O objetivo do projeto informacional é definir as especificações para aceitação do produto no mercado, através da definição dos requisitos para determinar o escopo do projeto.

“A primeira fase do desenvolvimento de um projeto é o projeto informacional, também chamado de definição da tarefa ou planejamento do produto. Para realizar esta etapa, é preciso identificar e analisar as necessidades do consumidor, descrever a ideia do produto e determinar os requisitos e as especificações do projeto.” (CARPES JR., 2014).

O projeto conceitual terá como característica a delimitação dos requisitos para atender os objetivos do projeto, onde serão definidas as especificações de qual sensor atenderá as funções desejadas, além de selecionar o microcontrolador para atender as necessidades do projeto de forma eficaz.

“Projeto conceitual, no qual diferentes conceitos são gerados para atingir os objetivos do cliente. Assim, as principais funções e os meios para alcançá-las são identificados, bem como os relacionamentos espaciais e estruturais dos principais componentes.” (DYM e LITTLE, 2010).

Por meio do projeto preliminar serão delimitadas as tecnologias que se enquadram com as características do produto.

Para Carpes Jr. (2014) “O projeto preliminar é a terceira fase da metodologia de projeto. É neste momento que se determina a configuração do produto.”

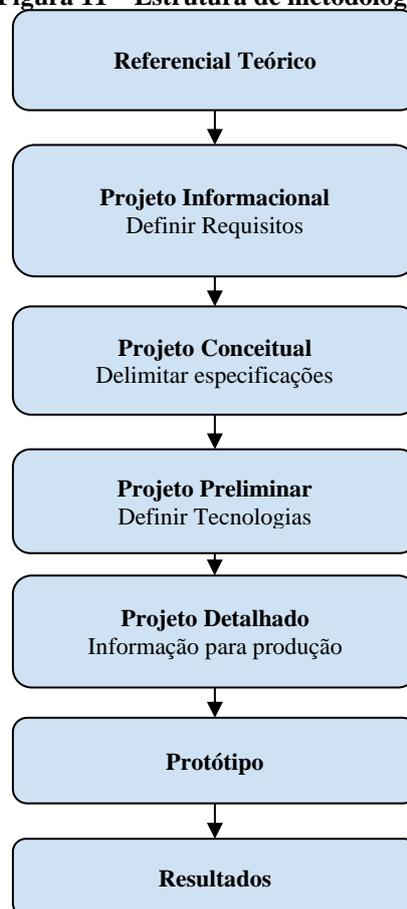
No projeto detalhado serão especificadas as tecnologias utilizadas, que foram selecionadas do projeto preliminar por atender os requisitos solicitados para o projeto.

De acordo com Carpes Jr. (2014) “Projeto detalhado é a última fase da metodologia de projeto e tem como função gerar uma documentação capaz de permitir a produção do produto.”

O protótipo será elaborado na última etapa do projeto com a finalidade de realizar a validação em campo e obter uma tabela de resultados.

Como pode ser observado na Figura 11, o trabalho segue a estrutura metodológica detalhada acima que atende as especificações para a produção do projeto.

Figura 11 – Estrutura de metodologia.



4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

4.1 Projeto Informacional

O projeto informacional é a primeira fase do desenvolvimento de um produto, onde se define os requisitos, restrições e especificações do produto. Neste projeto informacional será definido o problema a ser solucionado com o produto desenvolvido, será definido o produto, seus requisitos e suas especificações técnicas.

4.1.1 Definição do problema

Com a dificuldade de se mensurar a quantidade de transeuntes em um determinado local, surge a necessidade do desenvolvimento de um produto que atenda esses requisitos e capture as informações referentes ao número de pessoas que transitam em determinado local.

Esta informação é relevante principalmente para que os comerciantes possam fazer um comparativo de quantas pessoas passam no determinado local e quantas vendas são efetuadas no período. A partir dessas informações seria possível criar estratégias de vendas e *marketing*, sendo assim as informações ajudam na tomada de decisões de forma mais precisa e conseqüentemente permite que as empresas promovam ações de *marketing*, alterações de preços, entre outros indicadores de forma mais eficaz.

O público-alvo são as empresas do segmento do comércio em geral e órgãos públicos, pois com o produto, o cliente teria o benefício de ter os dados do volume de pessoas que frequentam o seu comércio, gerar relatórios com as métricas e utilizar como referência para as estratégias da empresa.

4.1.2 Produto

Na concepção de um produto novo devem ser observados alguns requisitos. Dentre eles é possível destacar a necessidade do produto perante o consumidor, as funções que o produto terá, além de outros requisitos que julgue necessário para concepção do projeto.

“A ideia de um produto deve ser detalhada e especificada com todos os detalhes concebidos originalmente. Esta etapa é fundamental, pois a ideia de um produto novo deve servir de entrada para metodologia de projeto e de produtos adequada. Somente após a utilização correta desta metodologia é que realmente será concebido o produto.” (CARPES JR., 2014).

O produto que será desenvolvido é um contador de pessoas com o conceito IoT aplicado, que permite enviar as informações capturadas para uma plataforma *online*, onde são gerados os relatórios com os dados coletados. O produto consiste em um sensor acoplado ao microcontrolador, um módulo de comunicação de dados, mais uma bateria ou ligação na rede elétrica.

O contador de pessoas tem como principais características: a leveza, sua portabilidade, facilidade de instalação e usabilidade. Além dessas características o produto utiliza rede sem fio que permite a utilização em diferentes ambientes para contar as pessoas.

A necessidade atendida pelo contador de pessoas é ajudar com o levantamento do volume de pessoas que acessam uma loja, mercado ou mesmo uma rua. Com isso, é possível determinar o movimento das pessoas e mensurar como elas se locomovem pelos diversos locais de uma cidade.

4.1.3 Requisitos do projeto

Os requisitos que serão adotados no projeto têm como finalidade definir o método de fabricação com adoção de medidas para evitar problemas na fabricação do produto.

De acordo com Carpes Jr. (2014) “Os requisitos do projeto correspondem as exigências que se faz em relação ao produto”.

No presente projeto foi utilizada uma lista de requisitos essenciais para adoções de medidas que diminuam a subjetividade e evitam erros no projeto de fabricação do produto. Os requisitos adotados foram: os requisitos de sustentabilidade, requisito de funcionalidade, requisito de ergonomia, requisito de produtividade e requisito de operacionalidade.

O requisito de **sustentabilidade** tem como característica a seleção dos materiais que serão utilizados na fabricação do produto, de forma que tenha um impacto ambiental reduzido. Por isso o produto consiste em um gabinete com material base em plástico resistente a propagação de fogo e com resistência mecânica contra pequenos danos.

O produto terá uma vida estimada de aproximadamente de dois anos, devido à vida útil da bateria, sendo que, no final desse período, o produto poderá sofrer troca da bateria e voltar a operar no mercado. O descarte

final terá como objetivo a reciclagem, pois irá conter componentes eletrônicos e materiais que poderão ser reutilizados.

O requisito de **funcionalidade** mostra que a principal característica do produto é contar pessoas.

O rendimento do produto tem que demonstrar uma operabilidade que atenda às necessidades do cliente. A restrição do produto ocorrerá dependendo do tipo do sensor, sendo que o produto deve ser instalado de forma que esteja posicionado em paralelo ao fluxo de pessoas de um local para que as pessoas passem por dentro da área de alcance do sensor.

No requisito de **ergonomia** o produto apenas terá a interação com o usuário por meio de LEDs indicativos de funcionamento. O contador de pessoas não fará interação direta com as pessoas e terá contato somente através do sensor, o que não trará danos as pessoas que passarem pelo equipamento.

O requisito de **produtibilidade** que se refere ao modo de produção do equipamento, será de fabricação interna, sendo que cada equipamento será testado individualmente e os materiais utilizados serão os adequados aos requisitos de fabricação de cada produto. O produto será projetado para ter um tamanho minimalista para não ocupar espaço demais do ambiente e ser mais indetectável para os transeuntes.

Por último, o requisito de **operacionalidade**: o produto poderá ser operado por qualquer pessoa. A principal necessidade de interação com o cliente é no processo de instalação do produto, depois da instalação o produto irá operar de modo isolado. A interação será por meio de uma plataforma *online* com acesso controlado por usuário e senha. O indicativo luminoso irá determinar se o produto está operante ou mesmo se está com defeito.

4.1.4 Especificações do produto

As especificações do produto são essenciais no projeto, pois elas devem definir o que o produto pretende fazer, mostrando de forma específica e clara aos usuários as funcionalidades do produto.

“Especificar ou determinar as especificações de um produto significa transformar os requisitos, desejos, expectativas e necessidades em relação ao produto, em uma linguagem menos moldada em interpretações subjetivas, reduzindo com isso a possibilidade de erros do projeto.” (CARPES JR., 2014).

Na Tabela 1 foi realizado o levantamento das especificações técnicas do produto de acordo com os requisitos identificados para a produção do projeto.

Tabela 1 – Especificação do produto.

Especificação	Característica
Precisão	Detectar pessoas
Autonomia	Bateria ou Fonte elétrica
Desempenho	Velocidade compatível com o sensor
Conectividade	Fácil acesso

De acordo com a tabela de especificações do produto, serão necessárias algumas configurações específicas para um funcionamento adequado produto em campo.

O ponto mais importante do produto é a sua precisão na coleta de informações. O projeto tem como premissa ter uma precisão elevada nas informações coletadas para que tenha fidelidade frente ao ambiente monitorado.

A característica de autonomia com baixo consumo é importante no quesito de portabilidade para que permita a instalação em campo aberto, sem fonte de alimentação através da rede elétrica. Para isso será necessário a utilização de uma bateria como fonte de energia do produto.

O requisito desempenho e taxa de transmissão são fundamentais para que ocorra a captura dos dados sem falhas devido à velocidade de processamento. Caso o processador não possua velocidade igual ou superior à velocidade do sensor, o mesmo não fará o processamento das detecções.

A conectividade é fundamental, pois é a conexão com a Internet que terá a função de enviar os dados para o sistema *online*. Sem conexão com a Internet, não é possível gerar os resultados da captura dos dados.

4.2 Projeto Conceitual

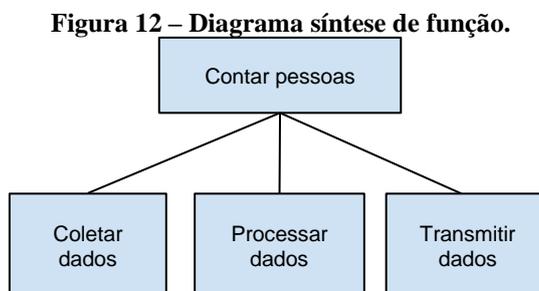
O projeto conceitual é a segunda fase do desenvolvimento de um projeto, nesta etapa são definidas as soluções para satisfazer as necessidades do cliente em relação ao produto.

Nesta etapa do projeto será elaborado o diagrama de síntese de função, matriz morfológica e matriz de avaliação, que tem por objetivo identificar as funções desejadas para o produto, definir suas funcionalidades e elencar as melhores opções para o projeto de acordo com o objetivo definido no projeto.

4.2.1 Árvore de funções

A árvore de função é um método de análise do produto, com objetivo de identificar as funções exercidas por um produto e como elas são percebidas pelos usuários. Para elaborar a árvore de funções é necessário ter o conhecimento sobre funcionamento do produto em cada etapa do projeto.

Uma árvore de funções é uma representação gráfica das principais funções e funções secundárias de um projeto. O primeiro nível da árvore é a função principal a ser obtido pelo projeto, os níveis seguintes mostram os meios pelos quais a função principal será executada. Na Figura 12, é demonstrado o diagrama síntese de função.



A árvore de funções proposta para o projeto é dividida em dois níveis, sendo que o primeiro nível é o nível da função de contar pessoas que é o principal objetivo do projeto. O nível seguinte composto por três subfunções, coletar dados, cujo objetivo é capturar e receber os dados do sensor, a subfunção de processar dados tem a característica de ler e interpretar os dados capturados, e a subfunção transmitir dados, cuja função é enviar os dados através da rede sem fio ao sistema *online*.

4.2.2 Matriz Morfológica

Matriz morfológica é a sistemática de combinar vários elementos a fim de encontrar uma nova solução ou a solução mais adequada para determinado problema.

Nesta etapa são listados os possíveis elementos de composição do projeto, neste caso foram listadas as possíveis tecnologias a serem utilizadas, com base nas especificações técnicas do produto, a fim de identificar a alternativa que se adequa às necessidades tecnológicas do projeto.

A partir do levantamento de requisitos dentro das especificações do produto, se faz necessário indicar quais as alternativas tecnológicas que poderão ser adotadas no projeto (Tabela 2).

Tabela 2 – Alternativas para as tecnologias.

Parâmetro	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Transmissão de dados	Bluetooth	Wi-Fi	GSM
Bateria	Li-Ion	Ni-MH	Li-Po
Sensor	PIR	Infravermelho	Ultrassônico
Microcontrolador	ATmega328	MSP430	ESP8266

Para o projeto será necessário a definição dos parâmetros de transmissão de dados, bateria, sensor e microcontrolador, sendo que para cada uma dessas funções foram selecionadas três alternativas que podem satisfazer de forma mais adequada às necessidades do projeto.

4.2.3 Matriz avaliação

A matriz de avaliação consiste em analisar cada função desejada para o produto a fim de determinar qual tecnologia melhor se enquadra no projeto para obtenção dos resultados esperados.

O critério de avaliação tem base na escala de pontuação de zero a cinco, onde cada tecnologia recebe uma nota de acordo com sua categoria em comparação aos concorrentes selecionados para o projeto.

A alternativa selecionada em cada avaliação é a que possuir maior pontuação entre os parâmetros selecionados conforme os requisitos desejados para a fabricação do produto. A Tabela 3 apresenta as alternativas para o parâmetro de transmissão de dados, onde foram selecionadas as tecnologias Bluetooth, rede sem fio e GSM.

No requisito velocidade, a maior pontuação foi para a alternativa Wi-Fi pois sua velocidade é de 54 *Mbps*, seguida da alternativa Bluetooth com 1 *Mbps* e a alternativa GSM com 85,6 *Kbps*, que recebeu a menor pontuação.

Tabela 3 – Avaliação Transmissão de Dados.

Alternativa	Velocidade	Custo	Alcance	Total
Bluetooth	3	4	1	8
Wi-Fi	5	5	4	15
GSM	2	2	5	9

No requisito custo, a alternativa que recebeu a maior pontuação foi para a tecnologia com o menor custo, sendo a alternativa Wi-Fi com custo de R\$ 26,90, seguido do custo do Bluetooth de R\$ 36,90, e da menor pontuação para o GSM com R\$ 69,90 pois apresentou o maior custo entre as alternativas¹.

No requisito alcance, foi levada em consideração a alternativa que teve maior alcance entre as alternativas, sendo que a tecnologia GSM recebeu a maior pontuação, seguido do Wi-Fi, e com menor pontuação, a alternativa Bluetooth, com alcances de 3.500 m, 90 m e 10 m, respectivamente. Por ter recebido a maior pontuação a alternativa escolhida foi a Wi-Fi.

Partindo dos requisitos desejados para a função bateria é dado uma pontuação de zero a cinco para cada subfunção.

Na Tabela 4 são comparados três modelos de baterias.

Tabela 4 – Avaliação Baterias.

Alternativa	Capacidade	Custo	Total
Li-Ion	3	3	10
Ni-MH	1	4	6
Li-Po	4	1	9

No requisito de capacidade da bateria, foi atribuída a maior nota para a bateria com maior capacidade de carga, onde a bateria Li-Po apresenta capacidade de 3.000 mAh a bateria Ni-MH 730 mAh e a Li-Ion apresenta 2.600 mAh. Por isso a maior pontuação foi para a bateria Li-Ion, seguida da Li-Po e Ni-MH.

No requisito do custo, a bateria que recebeu a maior pontuação foi do tipo Ni-MH com R\$ 10,98, a segunda maior pontuação foi para a Li-Ion com R\$ 41,92, e a menor pontuação foi para a Li-Po com custo de R\$ 103,88². Para determinar a pontuação foi considerada a maior pontuação para o menor custo.

Para a avaliação da subfunção bateria, foram adotados os critérios de capacidade de armazenamento e custo.

No critério de capacidade, é desejável que a bateria tenha uma capacidade de duração mínima de 24 horas. No critério do custo financeiro do produto, o objetivo é manter um custo baixo.

A partir desses critérios de avaliação da bateria, a que se enquadra no projeto é a Li-Ion 18650, pois foi a que obteve maior pontuação total comparada às demais.

A Tabela 5 apresenta três modelos de sensores.

Tabela 5 – Avaliação Sensores.

Alternativa	Alcance	Custo	Precisão	Total
PIR	5	4	2	11
Infravermelho	1	3	3	7
Ultrassônico	4	3	4	9

No requisito alcance, foi atribuída a maior pontuação para a alternativa que tinha o maior alcance, sendo o sensor PIR com 7 m, o sensor ultrassônico com 4 m e, com a menor pontuação, o infravermelho com 0,3 m, sendo a maior pontuação atribuída para o sensor PIR.

No requisito custo, o sensor PIR tem custo de R\$ 9,90 e o sensor ultrassônico e o sensor infravermelho possuem custo de R\$ 10,90 cada³. Sendo a maior pontuação para o menor custo, foi atribuída a maior pontuação para o sensor PIR.

Para a precisão, foi levada em consideração a menor amplitude de captura. Atribuído para o sensor ultrassônico, com 15°, seguido do sensor infravermelho, com 35° e do sensor PIR, com menos de 100° de precisão. Foi considerado que, quanto menor o ângulo, maior a pontuação.

¹ Os valores de referência foram obtidos no site filipeflop.com. A tecnologia GSM teve referência no módulo 4MD89, a Wi-Fi, no módulo 6WL01 e a Bluetooth, no módulo 6WL14.

² Os valores de referência foram obtidos no site br.mouser.com. A bateria Ni-MH teve referência no modelo HHR-210AAC48, a Li-Po, no modelo 409-EP-UPSHATB3000M e a Li-Ion, no modelo 619-28987.

³ Os valores de referência foram obtidos no site filipeflop.com. O sensor PIR teve referência no módulo 9SS11, o sensor infravermelho, no módulo 9SS47 e o sensor ultrassônico, no módulo 9SS01.

Como os sensores PIR e ultrassônico obtiveram a pontuação mais alta frente aos requisitos de alcance de detecção, custo e precisão, serão utilizados os dois sensores no projeto para comparação dos resultados dos sensores.

De acordo com a Tabela 6 são apresentadas as alternativas para o microcontrolador.

Tabela 6 – Avaliação Microcontroladores.

Alternativa	Custo	Processamento	Memória	Total
ATmega328	4	4	3	9
MSP430	3	3	4	10
ESP8266	4	5	5	14

O requisito custo para o microcontrolador, foi atribuída a maior pontuação para o menor custo sendo o ATmega328 com o valor de R\$ 37,11, seguido do ESP8266, com R\$ 37,11 e a menor pontuação para o MSP430 com o valor de R\$ 50,31⁴.

O requisito processamento atribui a maior pontuação para o ESP8266, com 80 MHz, seguido do ATmega328, com 16 MHz e a menor pontuação para o MSP430, com 8 MHz.

Para a alternativa memória, foi atribuída a maior pontuação para o ESP8266 com 512 KB, seguido do MSP430, com 128 KB e, com a menor pontuação, o ATmega328, com 32 KB de memória interna.

A subfunção de microcontrolador tem a principal função do projeto que é gerenciar todo o produto desenvolvido, com isso foram escolhidos os requisitos de custo financeiro da tecnologia, a velocidade do processamento e a capacidade de memória interna. No critério do custo, quanto menor o custo maior sua pontuação. Para o processamento e memória, quanto maior capacidade maior sua pontuação. Desta forma a alternativa que mais se adequa às necessidades do projeto é o microcontrolador ESP8266.

Seguindo as etapas de definir quais as possíveis funções tecnologias adotadas no projeto através da matriz morfológica, foi possível realizar a matriz de avaliação para cada subfunção do projeto e com isso são determinadas quais as tecnologias que foram escolhidas para o projeto.

A Tabela 7 apresenta as alternativas escolhidas conforme os critérios de avaliação.

Tabela 7 – Alternativas escolhidas para o projeto.

Subfunção	Alternativa Escolhida
Transmissão de dados	WiFi
Bateria	Li-Ion
Sensor	PIR e Ultrassônico
Microcontrolador	ESP8266

A tecnologia escolhida para a subfunção de transmissão de dados foi o Wi-Fi, para a bateria foi escolhida a do tipo Li-Ion modelo 18650, na subfunção sensor foi escolhido os tipos de sensores PIR e ultrassônico e para o microcontrolador foi adotado o ESP8266.

4.3 Projeto Preliminar

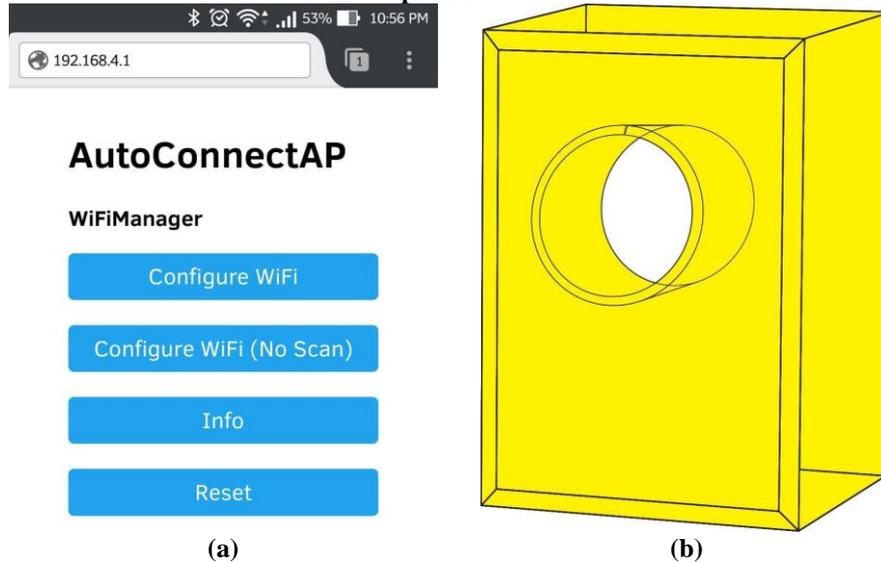
Nesta fase são determinadas as configurações do produto, disposição dos componentes, o relacionamento entre os componentes e esboço do produto de forma a permitir a produção e o funcionamento conforme as especificações desejadas.

Com o conceito de configuração não modular, o sensor será integrado ao microcontrolador, juntamente com a bateria, impossibilitando a adição de novos módulos. Isso permite que os componentes sejam dispostos dentro de um gabinete que acomode todos os itens em um único produto maximizando seu desempenho.

Para ter acesso às informações coletadas pelo contador de pessoas, o usuário acessa os dados na tela com o *login* e senha, onde será disponibilizado um relatório da quantidade de pessoas detectadas por dia. A Figura 13(a) apresenta a tela de configuração do contador de pessoas e a Figura 13(b) exhibe um esboço do gabinete do produto.

⁴ Os valores de referência foram obtidos no site digikey.com. O microcontrolador ESP8266 teve referência no código 1528-1223-ND, o MSP430, no código 296-36506-ND e o ATmega328, no código 1568-1055-ND.

Figura 13 – (a) tela de configuração do contador (MINATEL, 2018) e (b) esboço do produto.



4.4 Projeto Detalhado

O projeto detalhado é a última fase do desenvolvimento de um produto. O objetivo desta fase é gerar as informações necessárias para produção do produto.

Para maior compreensão, o projeto detalhado foi dividido em duas partes. A primeira é o software onde foi escrito e configurado todo o código do produto e a segunda etapa é o hardware onde se detalha cada componente utilizado no produto.

4.4.1 Software

O código-fonte do ESP8266 foi desenvolvido com a IDE do Arduino 1.8.1, que utiliza como base a linguagem de programação C++ e recursos nativos do seu sistema. Para o desenvolvimento do código-fonte, foram utilizadas algumas bibliotecas como *ESP8266WiFi*, *WiFiClient*, *NTPClient*, *WiFiUdp* e *time*, usadas para se comunicar com o ESP8266, para fazer comunicação com a rede sem fio, NTP para garantir o sincronismo do tempo e a para ajustar o tempo recebido do NTP, respectivamente.

Cada biblioteca escolhida teve a sua função complementar na escrita do código, como característica principal foram chamadas as bibliotecas básicas para o funcionamento do ESP8266 em sua essência, em seguida foi chamado as bibliotecas de apoio para o sistema de controle de tempo, com a característica de marcar o tempo para cada detecção do sensor e chamando a biblioteca de apoio *WiFiClient* para conectar o ESP na rede Wi-Fi.

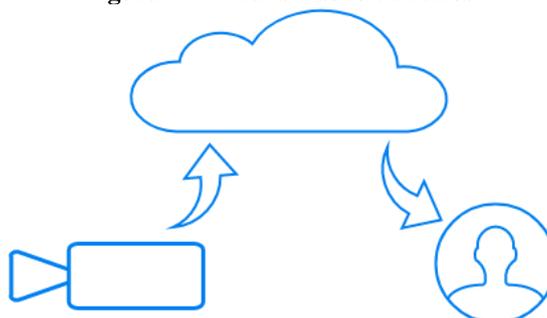
A placa escolhida para o projeto tem, embutido em seu firmware, um *bootloader* que dispensa a utilização de uma gravadora de firmware externa.

Com a capacidade de o dispositivo suportar conexões sem fio através de seu módulo interno, é possível estabelecer o padrão de comunicação.

O sensor realiza as detecções de pessoas, processa os dados através do microcontrolador e transmite os dados para a nuvem com seu módulo de comunicação sem fio. Esses dados podem ser acessados pelos usuários em forma de relatórios pelo sistema *online*.

A Figura 14 mostra o diagrama de comunicação de dados entre o dispositivo e a Internet, que grava as informações na nuvem e permite o acesso dos dados em forma de relatórios.

Figura 14 – Transmissão de dados.



4.4.2 Hardware

O esquema elétrico é o demonstrativo de como será adotado o padrão de ligação dos fios e seus módulos. No esquema descrito, a bateria Li-Ion modelo 18650 está ligada no V_{CC} e no GND do microcontrolador e do sensor PIR, que garantirá a energia para o dispositivo. A ligação do sensor pino OUT será ligada no GPIO0 que o sensor irá enviar um sinal digital do tipo alto ou baixo. A bateria será carregada por meio de uma fonte externa que serve para fornecer energia ao microcontrolador e carregamento da bateria.

O módulo do fabricante RobotDyn modelo *wifi-nodeM* com microcontrolador ESP8266 que possui rede sem fio embutida e permite que o microcontrolador se conecte a rede sem fio nos padrões wireless 802.11 b/g/n. Esse módulo possui um regulador de tensão embutido, um conversor USB-serial embarcado e uma memória interna de 32 MB disponível tanto para gravação de firmware ou para acessar como memória do tipo Flash nos padrões de um cartão de memória interno, conforme apresentado na Figura 7.

As baterias utilizadas no projeto serão do tipo Li-Ion 18650, com uma tensão nominal de 3,7 volts e por volta de 2 ampères-hora. Será calculado o tempo médio de consumo do ESP8266, para que o dispositivo tenha uma autonomia mínima de operação de um período de 24 horas em caso de falta de energia. Para o protótipo foi necessário a ligação na rede elétrica devido ao tempo necessário para coleta e validação dos dados em campo. A Figura 15 mostra o modelo de bateria 18650.

Figura 15 – Bateria Li-Ion 18650.



4.4.3 Estimativa de custos

Os custos apresentados na Tabela 8 representam a compra dos componentes para montagem de um único contador de pessoas. A taxa de conversão utilizada foi de R\$ 3,71 para cada dólar, valor da cotação na data da pesquisa.

Tabela 8 – Custo dos componentes.

Componente	Custo
Bateria Li-Ion ⁵	R\$ 22,00
Sensor PIR ⁶	R\$ 10,90
Sensor ultrassônico ⁶	R\$ 9,90
ESP8266 ⁵	R\$ 37,11
Fonte 5v ⁶	R\$ 29,90
Case ⁶	R\$ 15,90
Carregador bateria TP4056 ⁶	R\$ 6,90

5 IMPLEMENTAÇÃO E PROTÓTIPO

A implantação foi realizada em uma loja no bairro Barra da Lagoa, na cidade de Florianópolis, com o objetivo de realizar a validação do produto em campo e levantar os resultados do trabalho realizado.

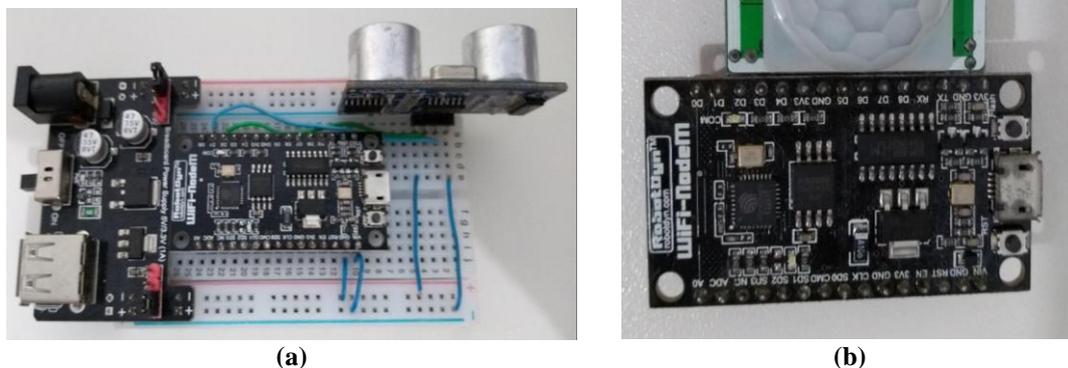
O protótipo foi alimentado através da rede elétrica, por necessidade de validar o produto por um longo período. Foi empregado no protótipo um sensor do tipo PIR e outro sensor do tipo ultrassônico, um microcontrolador modelo ESP8266 e uma fonte externa, com o objetivo de alimentar o microcontrolador e os sensores.

Os dados coletados neste protótipo foram enviados em tempo real para uma plataforma *online* onde foi possível visualizar os dados do produto de forma remota e onde foi possível acessar os relatórios obtidos com o protótipo. A Figura 16(a) apresenta o protótipo do sensor ultrassônico utilizado no desenvolvimento do trabalho e a Figura 16(b) apresenta o protótipo que foi utilizado com o sensor PIR.

⁵ Os valores de referência foram obtidos no site filipeflop.com.

⁶ Os valores de referência foram obtidos no site digikey.com.

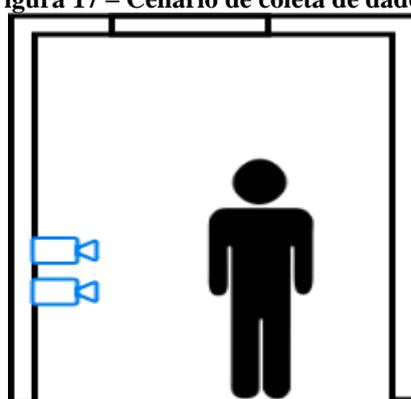
Figura 16 – Protótipo com (a) sensor ultrassônico e (b) sensor PIR.



5.1 Metodologia coleta de dados

Para a metodologia de coleta de dados, foram instalados os dois modelos de protótipo à esquerda de uma porta de tamanho padrão (80 cm). A Figura 17 apresenta o cenário onde foi realizada a coleta de dados.

Figura 17 – Cenário de coleta de dados.



Cada sensor fez a detecção para cada pessoa que passava, uma pessoa fez a contagem que fez a validação da detecção, e os sensores contabilizavam os resultados, por fim, foram comparadas as coletas e determinada a taxa de precisão de cada protótipo.

6 RESULTADOS

Para esse projeto foram adotados os sensores do tipo de sensor PIR e ultrassônico, pois dentre os vários modelos existentes estes são os que atendem de forma mais adequada os requisitos do projeto.

Os testes foram realizados em ambiente controlado para obter maior precisão e permitir comparar os sensores do tipo PIR e ultrassônico com o objetivo de verificar qual a capacidade de detecção de cada um deles. A Tabela 9 mostra a taxa de detecção de cada sensor nos testes realizados.

Tabela 9 – Comparativo taxa de detecção.

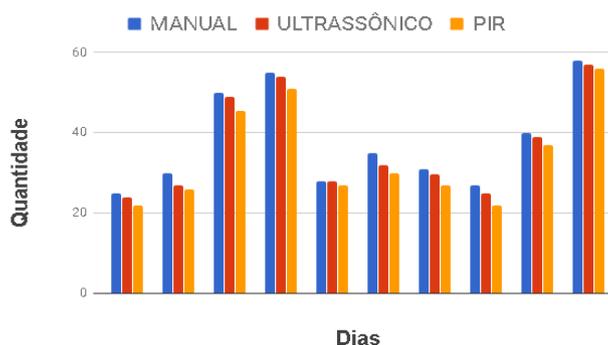
Detecção Manual PIR ultrassônico		
Contagem Manual	Sensor ultrassônico	Sensor PIR
100%	96%	91%

Para apresentação dos resultados coletados foi utilizada a contagem manual, que representa 100% de precisão, o sensor PIR teve precisão de 91% e o ultrassônico teve 96% de precisão em testes realizados em laboratório.

Com os valores da contagem manual de pessoas e os dados coletados por cada sensor, foi possível elaborar a Tabela 10, que apresenta a quantidade de pessoas que cada sensor foi capaz de detectar no período de dez dias, entre os dias 12 e 21 de fevereiro de 2018, e a Figura 18 apresenta os dados coletados pelos sensores.

Tabela 10 – Comparativo taxa de detecção.

Dia	Manual	Ultrassônico	PIR
12	25	24	22
13	30	27	26
14	50	49	46
15	55	54	51
16	28	28	27
17	35	32	30
18	31	30	27
19	27	25	22
20	40	39	37
21	58	57	56
Total	379	365	344

Figura 18 – Detecção Manual, PIR, ultrassônico em relação aos dias adquiridos.

Entre os dias 12 e 21 houve a contagem manual de 379 pessoas, sendo que dessas 379 pessoas, o sensor PIR detectou 344 pessoas e o ultrassônico 365 pessoas, o que leva à taxa de detecção mencionada.

É possível perceber que existe uma variação de detecção entre os dias, porém a média dos dias apresenta a precisão de 96% e 91% para o sensor ultrassônico e PIR, respectivamente.

7 CONCLUSÃO

Com o objetivo inicial do trabalho de contar as pessoas que acessam um determinado local, foi utilizado no projeto um ESP8266 como microcontrolador, um sensor tipo PIR e ultrassônico para detecção das pessoas e uma bateria e uma fonte externa para alimentação do circuito elétrico. O firmware foi gravado com a IDE do Arduino e mais algumas bibliotecas para complementar o código-fonte do produto.

Com o produto que foi elaborado no decorrer do trabalho, foi feito o levantamento dos dados apresentados e foi observado que com o uso do produto em um determinado local é possível determinar qual o dia de maior movimento na semana, e determinar qual o maior horário de movimento.

É possível determinar que o resultado foi satisfatório, pois o produto desenvolvido teve sua funcionalidade em contar as pessoas atendida.

Uma sugestão para trabalhos futuros seria a utilização de outros modelos de microcontroladores e outros modelos de sensores, realizar os testes com os produtos em diversos ambientes e com outras variáveis para avaliar os resultados.

REFERÊNCIAS

AMAZON WEB SERVICES. **Internet das Coisas**. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/iot/>>. Acesso em: 9. mai. 2017.

ASHTON, Kevin. **A história secreta da criatividade**. Rio de Janeiro: GMT Editores, 2015.

ATMEL. **ATmega328**. Disponível em: <<http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328>>. Acesso em: 9. mai. 2018.

CARPES JR, Widomar P. **Introdução ao Projeto de Produtos**. 1ª ed. Florianópolis: Editora Bookman, 2014.

DYM, Clive L.; LITTLE, Patrick. **Introdução à engenharia**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

- ELECTRO DRAGON. **Diagrama de Blocos**. Disponível em: <<http://www.electrodragon.com/>>. Acesso em: 7. abr. 2018.
- FILIPE FLOP. **Sensor PIR**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-movimento-presenca-pir/>> Acesso em: 8 mai. 2018a.
- FILIPE FLOP. **Sensor Ultrassônico**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04/>> Acesso em: 8. mai. 2018b.
- FILIPE FLOP. **Sensor infravermelho**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-obstaculo-infravermelho-ir/>>. Acesso em: 7. abr. 2018c.
- FILIPE FLOP. **Arduino UNO R3**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino/>>. Acesso em: 7. abr. 2018d.
- JERONIMO, Luis. **Automação e comando**. Morrisville, EUA: Lulu.com, 2009.
- MICROWAVE & RADIO FREQUENCY. **NFC Prepares For Wide Adoption**. Disponível em: <<http://www.mwrf.com/active-components/nfc-prepares-wide-adoption>>. Acesso em: 15. abr. 2018.
- MINATEL, Pedro. **Biblioteca WiFiManager para o ESP8266**. Disponível em: <<http://pedrominatel.com.br/pt/esp8266/biblioteca-wifimanager-para-o-esp8266/>>. Acesso em: 7. abr. 2018.
- OLIVEIRA, Sérgio de. **Internet das Coisas, com ESP8266, Arduino e Raspberry PI**. São Paulo: Novatec, 2017.
- TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. 4ª ed. Amsterdam: Campus, 2003. 632 p. Tradução: Vandenberg D. de Souza.
- TEXAS INSTRUMENTS. **MSP430 LaunchPad Value Line Development kit**. Disponível em: <<http://www.ti.com/tool/MSP-EXP430G2#0>>. Acesso em: 9. mai. 2018.