

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA

ERIK BENNATON ROLIM MARCON
IGOR IVAN GAUDEDA

**DISPOSITIVO NÃO INVASIVO PARA O MONITORAMENTO DO ESTADO DE
SAÚDE DE IDOSOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2017

ERIK BENNATON ROLIM MARCON
IGOR IVAN GAUDEDA

**DISPOSITIVO NÃO INVASIVO PARA O MONITORAMENTO DO ESTADO DE
SAÚDE DE IDOSOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado ao Departamento Acadêmico de Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Eletrônica

Orientador: Prof. Msc. Daniel Rossato de Oliveira

CURITIBA
2017

ERIK BENNATON ROLIM MARCON
IGOR IVAN GAUDEDA

**DISPOSITIVO NÃO INVASIVO PARA O MONITORAMENTO DO ESTADO DE
SAÚDE DE IDOSOS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletrônico pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Curitiba, ?? de ?? de 2017.

Prof. ??
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

Prof. ??
Responsável pelo Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. ??

Prof. Msc. Daniel Rossato de Oliveira
Orientador

Prof. ??

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao nosso orientador Prof. Msc. Daniel Rossato de Oliveira, pelo seu apoio e ajuda durante o desenvolvimento do projeto e da elaboração desta monografia. Outrossim, pela sua cobrança, especialmente nestes últimos meses, dado que, sem seu incentivo, supervisão e insistência, jamais teríamos terminado este trabalho dentro do prazo.

// trocar frase

Tudo dito e nada feito – fito e deito
Paulo Leminski

RESUMO

BENNATON ROLIM MARCON, Erik; GAUDEDA, Igor Ivan. **Dispositivo não invasivo para o monitoramento do estado de saúde de idosos**. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Eletrônica – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Este trabalho tem por objetivo realizar uma prova de conceito de um relógio monitor do estado de saúde voltado para pessoas idosas. O projeto visa a prototipação de um sistema de monitoramento e assistência para idosos através de um dispositivo a ser usado no pulso e uma base transreceptora conectada à Internet. As principais funções do dispositivo são o monitoramento de batimentos cardíacos, a detecção de queda e um botão de emergência. Todas as informações coletadas em tempo real pelo dispositivo podem ser acessadas através de uma interface web, alertando familiares e/ou o sistema de saúde sobre possíveis riscos à vida do usuário.

Palavras-chave: Idoso; saúde; monitoramento; baixo consumo; internet das coisas;

ABSTRACT

BENNATON ROLIM MARCON, Erik; GAUDEDA, Igor Ivan. **Non-invasive life monitoring device for the elderly**. 65 p. Undergraduate Thesis – Electronic Engineering – Department of Electronic, Federal University of Technology - Paraná. Curitiba, 2017.

This thesis aims to develop, as a proof of concept, a health-monitoring watch directed to the elderly population. This project regards the prototyping of a health-monitoring and aiding bracelet and a transceiver base connected to the Internet. Its main functions are the heartbeat rate monitoring, fall detection and an emergency button. All information collected in real-time by the bracelet can be accessed via an web interface, alerting family members and/or the health care system about a possible threat to the user life.

Keywords: Elder; health; health monitoring; wearables; ultra-low power; Internet of things (IoT).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diagrama geral do projeto.....	13
Figura 2 - Diagrama geral do dispositivo de pulso.....	14
Figura 3 - Diagrama geral da base transceptora.	15
Figura 4 - Diagrama geral da aplicação web.	15
Figura 5 - Exemplo de WBS utilizado no projeto.	18
Figura 6 - Ciclo PDCA.....	19
Figura 7: Cronograma do projeto	21
Figura 8 - Tela inicial do aplicativo web.....	27
Figura 9 - Tela de cadastro.	28
Figura 10 - Primeira parte da página da interface Web Embarcada.	30
Figura 11 - Segunda parte da página da interface Web Embarcada.	31
Figura 12 - Página de sucesso de conexão da interface Web embarcada.	31
Figura 13 - Principais layers utilizadas na comunicação com a internet	33
Figura 14 - Módulo Ethernet baseado no controlador W5500	35
Figura 15 - Interface Wireless baseada no CC3300.	36
Figura 16 - O módulo ESP8266	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo entre as opções de interfaces com a Internet	37
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	9
1.1.	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	9
1.2.	MOTIVAÇÃO	10
1.3.	PROBLEMAS E PREMISSAS.....	10
1.4.	OBJETIVOS.....	11
1.4.1.	Objetivo geral.....	11
1.4.2.	Objetivos específicos.....	11
1.1.	Dispositivo de pulso.....	11
1.4.3.	Base transceptora	12
1.4.4.	Aplicação Web.....	12
1.5.	DIAGRAMAS	12
1.5.1.	Diagrama geral	12
1.5.2.	Diagrama do dispositivo de pulso	13
1.5.3.	Diagrama da base transceptora.....	14
1.5.4.	Diagrama da aplicação web.....	15
1.6.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	16
1.6.1	Trabalho de Conclusão de Curso 1	16
1.6.2	Trabalho de Conclusão de Curso 2	16
1.7.	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2.	PLANEJAMENTO E FERRAMENTAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETO.....	18
2.1.	Estrutura Analítica de Processos	18
2.2.	PDCA	18
2.3.	Gerenciamento de cronograma	20
2.4.	ANÁLISE DE RISCOS.....	21
2.4.1.	Aquisição de batimentos cardíacos errática	21
2.4.2.	Não detecção de quedas	22
2.4.3.	Duração da bateria	22
2.4.4.	Alcance reduzido	22
2.4.5.	Comunicação com a internet.....	23
2.4.6.	Aceitação pelo mercado e usuários	23
3.	DESENVOLVIMENTO.....	24
3.1.	PESQUISAS.....	24
3.2.	DESENVOLVIMENTO WEB	25
3.2.1.	Desenvolvimento do aplicativo web	25
3.2.1.1.	Tela Inicial.....	26
3.2.1.2.	Tela de Cadastro	27
3.2.1.3.	Tela de Exibição	28
3.3.	Desenvolvimento da interface gráfica web	28
3.4.	DESENVOLVIMENTO DA BASE.....	31
3.4.1.	Circuito para interface com a internet	32
3.4.1.1.	A comunicação com a Internet e o Protocolo TCP/IP	32
3.4.1.2.	Comparativo entre opções de hardware disponíveis	34
3.4.1.3.	O SoC ESP8266.....	38
3.4.2.	Interface com Usuário	38
3.4.2.1.	Web server	38
3.4.2.2.	Indicadores Luminosos	38
3.4.3.	Comunicação com o relógio	38
3.4.3.1.	Circuito.....	38
3.4.3.2.	Protocolo.....	38
3.4.4.	Comunicação com a Internet	38

3.4.4.1.	Princípio de Funcionamento.....	38
3.4.4.2.	Thingspeak	38
3.4.4.3.	IFTTT	38
3.4.4.4.	Twillio	38
3.4.4.5.	NTP server.....	38
3.4.5.	Firmware	38
3.4.5.1.	Firmware do ESP8266	38
3.4.5.2.	Firmware do Access Point MSP430.....	38
3.4.6.	Hardware	38
3.5.	DESENVOLVIMENTO DO RELÓGIO	39
3.5.1.	Definição do kit de desenvolvimento	39
3.5.2.	Implementação do sensor de batimento cardíacos.....	39
3.5.3.	Implementação do sensor de queda.....	39
3.5.4.	Implementação do alarme para remédios	39
3.5.5.	Implementação do botão de pânico	39
4.	RESULTADOS	40
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41

1. INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas, devido ao aumento da qualidade e da expectativa de vida, a população idosa vem crescendo de forma constante [6]. Se em 1960 a expectativa de vida do brasileiro era de 54.2 anos, no último levantamento realizado pelo IBGE em 2015, foi constatado que a expectativa de vida média do brasileiro é de 75.5 anos [7].

Durante a senioridade o ser humano requer uma série de atenções e cuidados especiais, devido aos problemas de saúde e complicações típicos da idade avançada [8]. Com os avanços tecnológicos, em especial na área da internet das coisas (*Internet of Things - IOT*), temos a possibilidade de diminuir e até mesmo evitar alguns destes problemas típicos da idade avançada.

Devido às inúmeras mudanças socioeconômicas ocorridas nos últimos 30 anos, tivemos um aumento de 235% no número de idosos que vivem sozinhos entre 1992 e 2012 [2] e é em casa onde 75% dos acidentes com idosos acontecem [3].

Um terço dos atendimentos a lesões traumáticas são para pessoas com mais de 60 anos [4], justamente a faixa de idade mais susceptível a complicações médicas e que necessita de atendimento mais célere.

O rápido atendimento, principalmente para os idosos, é essencial para a diminuição de riscos à vida do paciente e para o aumento de suas chances de recuperação, em caso de infarto - por exemplo - o atendimento deve ocorrer dentro de no máximo 90 minutos [4].

Neste contexto, o aparecimento de uma solução tecnológica para o acompanhamento do estado de saúde geral dos idosos à distância e não invasivo é mera questão de tempo.

1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento e a implementação de um protótipo de solução completa de monitoramento das condições gerais de saúde de uma pessoa de mais idade, oferecendo uma maior segurança ao idoso e, consequentemente, mais tranquilidade para seus familiares e amigos.

O dispositivo contará com detecção de quedas, medidor de batimentos cardíacos, botão de pânico e alarme de horário para tomar os remédios. Caso algum imprevisto ou emergência aconteça, os familiares e o serviço médico urgente será alertado.

O sistema completo consiste num dispositivo móvel, não invasivo, para ser utilizado no pulso e uma base transceptora conectada à Internet. O dispositivo móvel se conectará com a base de forma sem fio e transmitirá todas as informações obtidas em tempo real.

A base, por sua vez, retransmitirá todas estas informações à um serviço *web*, que, de posse de uma chave de acesso, qualquer pessoa autorizada, seja ela um familiar ou o serviço médico urgente, poderá acessar.

1.2. MOTIVAÇÃO

A tecnologia atual permite que seja feito um monitoramento remoto e não invasivo das condições gerais de saúde de uma pessoa, porém o mercado carece de um produto voltado para o público com mais idade e que tenha como principal objetivo promover a tranquilidade para os familiares e para o usuário, mais especificamente soluções de monitoramento das condições gerais de saúde voltado para o salvamento de vidas.

Existem diversos monitores de saúde voltados para a prática de atividades físicas e análise de desempenho esportivo, contudo, não há sequer um produto conhecido visando os cuidados da população com mais idade.

1.3. PROBLEMAS E PREMISSAS

As dificuldades do projeto concentram-se na elaboração de um protótipo miniaturizado que possa ser usado no pulso de forma confortável, na obtenção de medidas confiáveis e, não obstante, no alto custo do projeto.

A detecção de queda e o monitoramento dos batimentos cardíacos de forma satisfatória e confiável serão os grandes desafios do projeto. As situações de uso no dia-a-dia estão longe das ideias, muito ruído, muitos movimentos bruscos e diversos fatores que podem atrapalhar na leitura dos sinais.

Diferenciar uma queda de um movimento brusco de braço e um ruído de um batimento cardíaco são apenas alguns dos desafios que serão enfrentados durante o desenvolvimento do projeto.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo geral

Este projeto tem como objetivo desenvolver um protótipo não invasivo para o acompanhamento da saúde de idosos, através do monitoramento de batimentos cardíacos, da detecção de possíveis quedas e da presença de um botão de emergência.

1.4.2. Objetivos específicos

O projeto consiste em três subsistemas específicos: o dispositivo, a base transreceptora e a aplicação web, cada qual com seus objetivos específicos.

1.1. Dispositivo de pulso

- a) Desenvolver a funcionalidade de monitoramento de batimentos cardíacos e detecção de possíveis quedas.
- b) Desenvolver a funcionalidade de um botão de socorro, para ser usado em situações de emergência.
- c) Desenvolver a funcionalidade de monitoramento de bateria, para indicar o nível atual e quando uma troca deverá ser feita.
- d) Desenvolver a funcionalidade de lembrar o usuário a tomar um remédio em horários especificados.
- e) Desenvolver o sistema de forma a maximizar a duração da bateria, para reduzir o tempo entre cargas.

- f) Desenvolver a comunicação sem fio com a base transceptora, para receber e enviar dados.

1.4.3. Base transceptora

- a) Desenvolver um circuito para a interface com a internet.
- b) Desenvolver uma interface com o usuário para indicar o funcionamento do sistema.
- c) Desenvolver a comunicação com o dispositivo de pulso.
- d) Desenvolver a comunicação com a internet.

1.4.4. Aplicação Web

- a) Desenvolver uma aplicação Web para enviar e receber dados da base transceptora.
- b) Desenvolver a funcionalidade de alertar pessoas cadastradas a aplicação web sobre quedas, alterações nos batimentos cardíacos, acionamento do botão de emergência e bateria fraca.
- c) Desenvolver a funcionalidade de exibição dos dados provenientes da base.

1.5. DIAGRAMAS

1.5.1. Diagrama geral

Diagrama geral do projeto

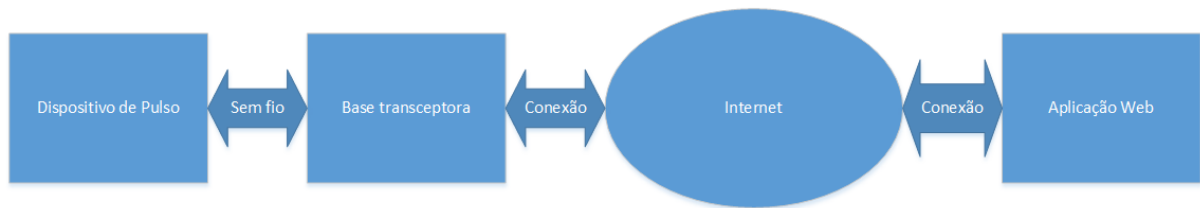


Figura 1 - Diagrama geral do projeto.

Fonte: Autoria Própria

1.5.2. Diagrama do dispositivo de pulso

Diagrama geral do Dispositivo de Pulso

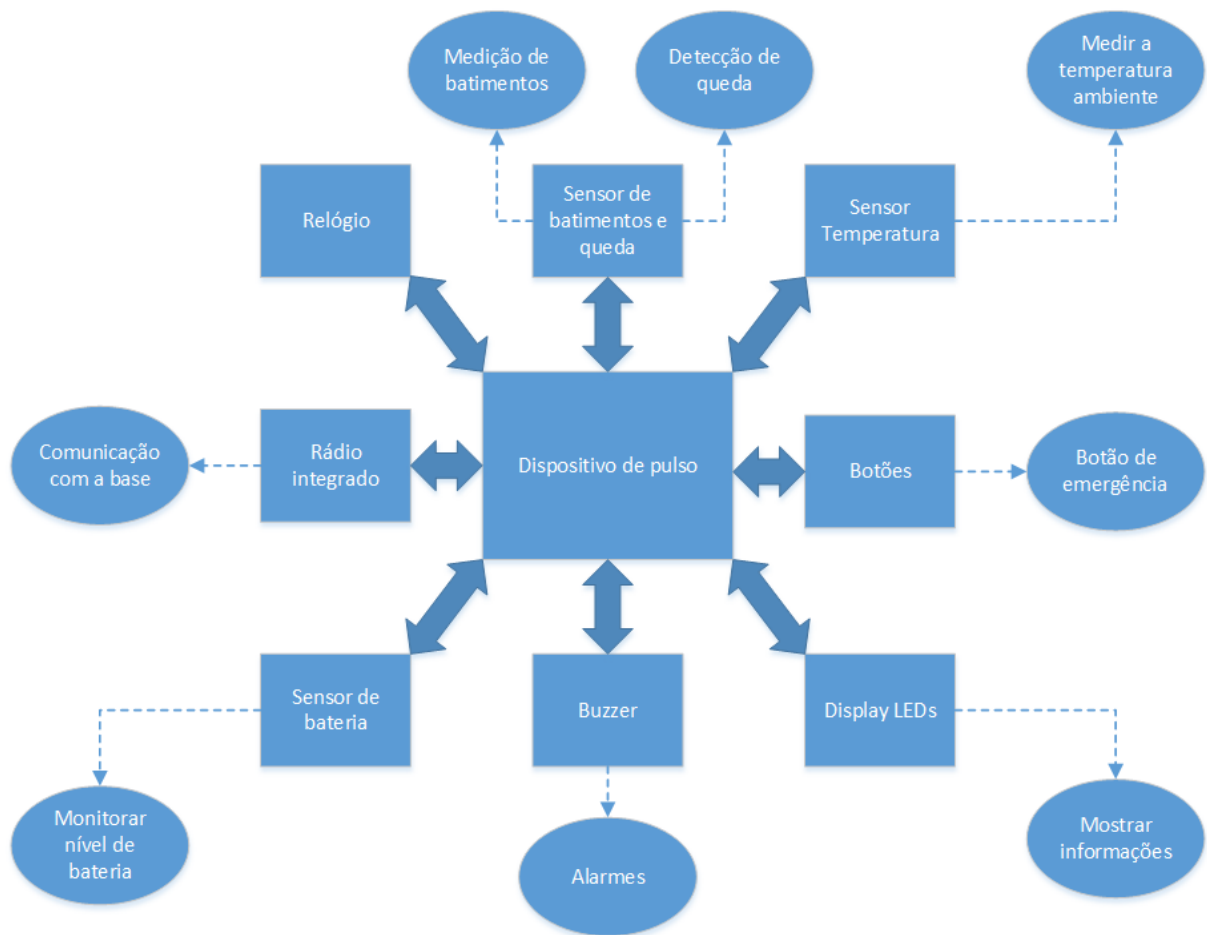


Figura 2 - Diagrama geral do dispositivo de pulso.

Fonte: Autoria Própria

1.5.3. Diagrama da base transceptora

Diagrama geral da Base Transreceptora

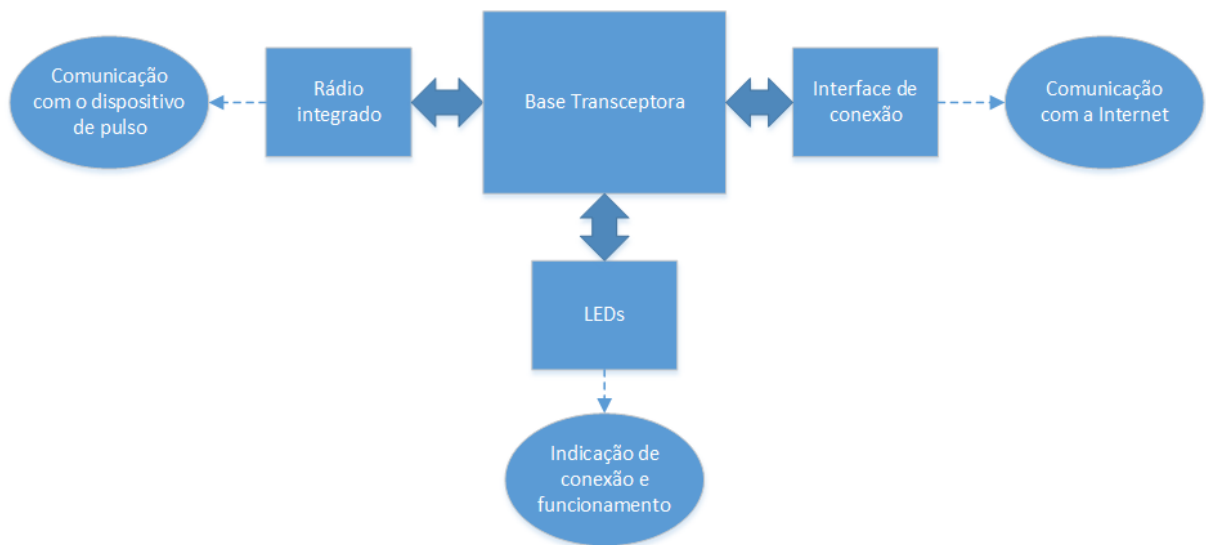


Figura 3 - Diagrama geral da base transceptora.

Fonte: Autoria Própria

1.5.4. Diagrama da aplicação web

Diagrama geral da Aplicação Web

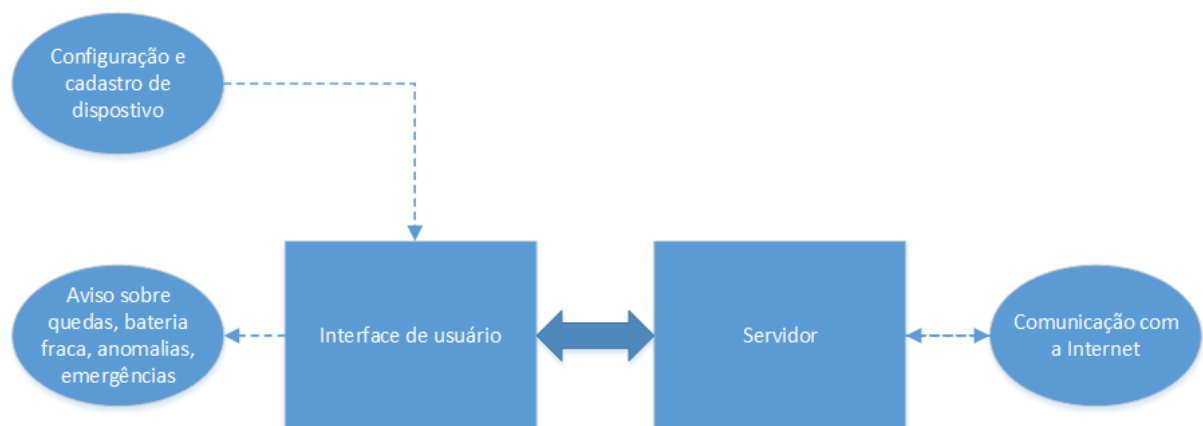


Figura 4 - Diagrama geral da aplicação web.

Fonte: Autoria Própria

1.6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1.6.1 Trabalho de Conclusão de Curso 1

- a) Delimitação do tema do projeto;
- b) Pesquisa por produtos semelhantes existentes no mercado;
- c) Planejamento e definição do escopo do projeto;
- d) Esboço inicial das tarefas a serem realizadas e do caminho a ser perseguido para a elaboração do projeto;
- e) Planejamento e gerenciamento do tempo – desenvolvimento de um cronograma de trabalho;

1.6.2 Trabalho de Conclusão de Curso 2

- a) Prosseguimento do gerenciamento de escopo;
- b) Prosseguimento do gerenciamento de tempo;
- c) Desenvolvimento da aplicação *web*;
- d) Desenvolvimento do protocolo de comunicação entre a base e o relógio;
- e) Implementação dos recursos de monitoramento de vida no relógio;
- f) Realização de testes;

1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado em 5 capítulos, nos quais são apresentados:

Capítulo 1: Introdução e delimitação do tema; motivações para a escolha do projeto e objetivos a serem alcançados

Capítulo 2: Definição do escopo do projeto, utilização de ferramentas de gestão de projetos.

Capítulo 3: Desenvolvimento do projeto, definição do kit de desenvolvimento a ser utilizado e dos sensores.

Capítulo 4: Discussão sobre o protótipo obtido, diferenças entre a proposta original e resultado final do trabalho, vantagens e desvantagens.

Capítulo 5: Considerações finais acerca do projeto, descrição dos conhecimentos utilizados, identificação de possibilidade de real implementação do projeto no mercado atual. Neste capítulo, não obstante, são apresentadas as sugestões para a melhoria e continuidade do projeto.

2. PLANEJAMENTO E FERRAMENTAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETO

Nesta etapa foram utilizadas ferramentas de gerenciamento de projetos, focando no gerenciamento de escopo e de tempo. Desta forma, foi possível definir – de forma satisfatória – um cronograma a ser seguido e a divisão de tarefas entre os membros da equipe. Visando desenvolver o melhor protótipo possível, aplicou-se uma técnica de melhoria contínua, utilizada comumente em grandes empresas, visando otimizar as decisões tomadas em cada etapa do projeto.

2.1. Estrutura Analítica de Processos

Analiticamente seguimos a técnica conhecida como WBS (*Work Breakdown Structure*), resumidamente, WBS consiste em uma ferramenta visual de definição do escopo do projeto. Deve-se decompor uma tarefa grande e complexa (de maior hierarquia) em diversas tarefas menores e mais simples de serem entendidas e realizadas.

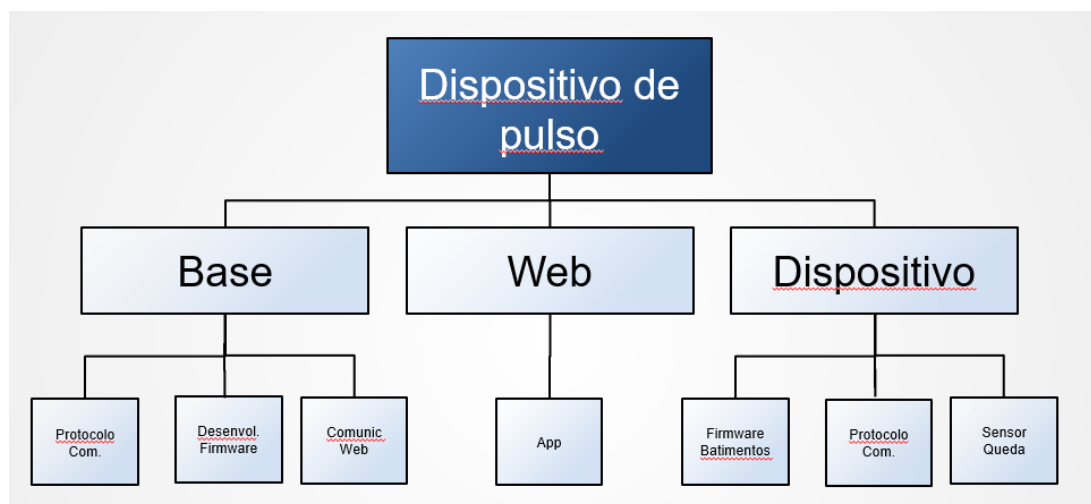


Figura 5 - Exemplo de WBS utilizado no projeto.

Fonte: Autoria Própria

2.2. PDCA

PDCA, do inglês *plan-do-check-act*, é uma técnica de melhoria continua inventada por Walter Stewhart e, posteriormente, modificada por W. Edwards Deming.

As quatro etapas do PDCA são:

- A etapa do planejamento (Plan) corresponde à identificação e análise do problema;
- A etapa da execução (Do) corresponde ao desenvolvimento e à implementação de soluções;
- A etapa de verificação ou controle (Check) corresponde à avaliação dos resultados. Se o objetivo foi atingido, continua-se para a etapa de ação. Caso contrário, retorna-se à etapa de planejamento;
- A etapa da ação (Act) corresponde à adoção da solução propriamente;

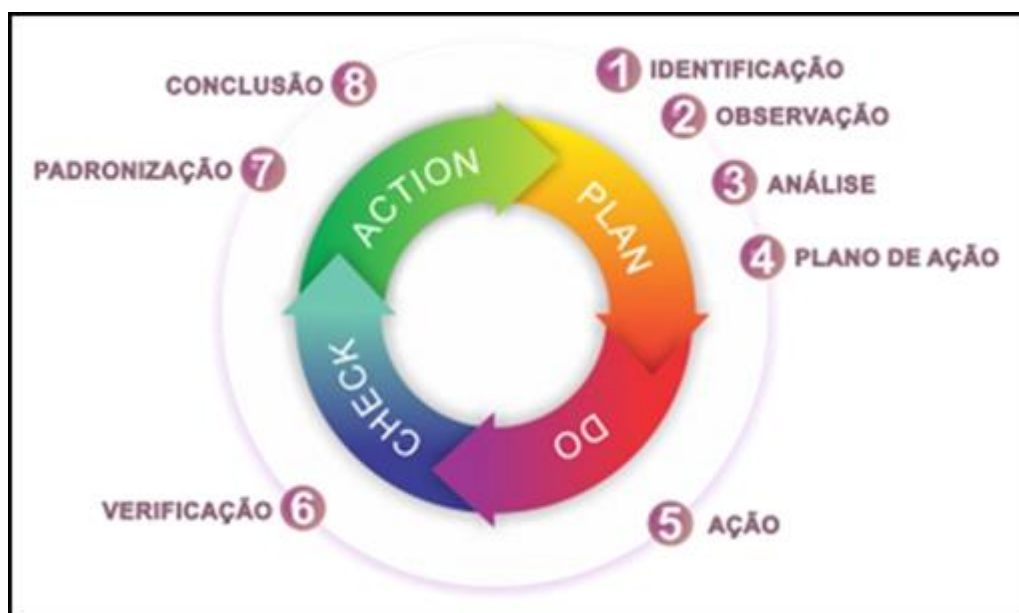
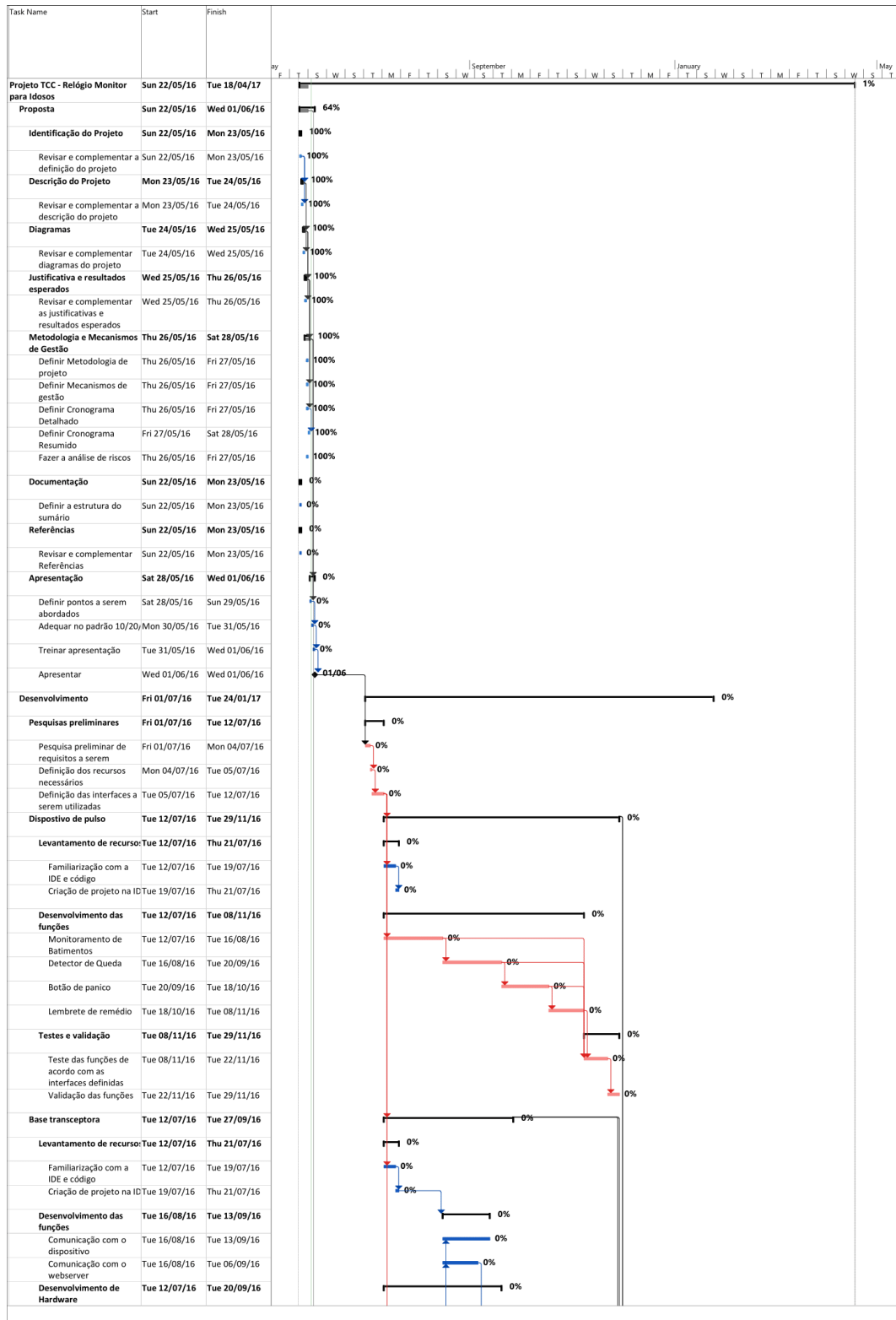


Figura 6 - Ciclo PDCA

Fonte: ?????

Neste projeto, utilizamos as técnicas do PDCA ao longo de todo o seu desenvolvimento, buscando tomar sempre as melhores decisões, otimizar o tempo aplicado ao seu desenvolvimento e garantir que a solução seria a melhor possível.

2.3. Gerenciamento de cronograma



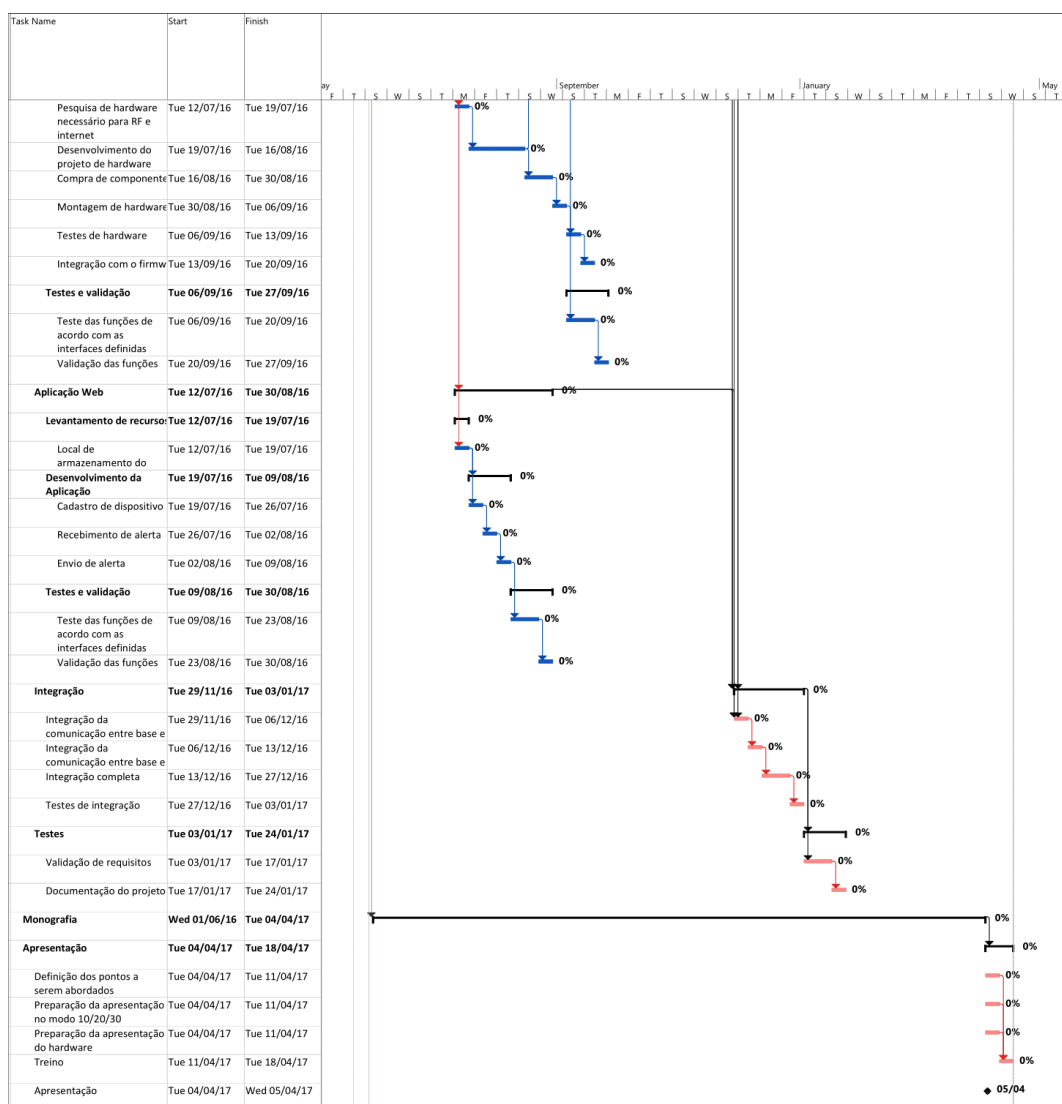


Figura 7: Cronograma do projeto

Fonte: Autoria própria

2.4. ANÁLISE DE RISCOS

Como todo projeto de engenharia, existem riscos que devem ser considerados no desenvolvimento, sendo os principais mostrados a seguir.

2.4.1. Aquisição de batimentos cardíacos errática

Devido à exposição do dispositivo a situações cotidianas impossíveis de serem previstas, é possível que existam situações em que o dispositivo venha a adquirir os batimentos cardíacos de maneira errada, causado por vibrações, movimentos, etc. Senso assim, é necessário que haja um algoritmo para detectar se a medição dos batimentos é confiável ou não. Como este fator possui BAIXO RISCO de acontecer, mas como causa um impacto direto na confiabilidade do sistema, é classificado como ALTO IMPACTO.

2.4.2. Não detecção de quedas

Pelo mesmo motivo de não ser possível prever todas as situações pelas quais o dispositivo irá passar, podem ocorrer situações em que quedas são indevidamente identificadas ou não identificadas. Assim, vários testes devem serem feitos para que a detecção das quedas seja ampla. Este fator atua diretamente sobre a confiabilidade do sistema, tendo BAIXO RISCO e ALTO IMPACTO.

2.4.3. Duração da bateria

Por ser um dispositivo portátil, é importante que o mesmo tenha uma bateria de longa duração. O projeto visa atingir um nível de consumo de forma a bateria ser trocada apenas em intervalos de pelo menos 3 meses. Se por algum motivo o consumo seja maior que o esperado, o produto terá um atrativo menor, porém sem perder a sua função principal. Por isso, classifica-se como BAIXO RISCO e possui BAIXO IMPACTO.

2.4.4. Alcance reduzido

Por utilizar de radiofrequência para a comunicação com a base, existe a possibilidade que o alcance do dispositivo não seja suficiente para cobrir uma casa por completo, por exemplo. Isso causaria um impacto na utilização do sistema, pois limitaria o espaço em que o sistema funcionaria de forma completa. Apesar de não impedir o funcionamento, irá o limitar e pode causar consequências mais sérias. Portanto classifica-se como MÉDIO RISCO e MÉDIO IMPACTO.

2.4.5. Comunicação com a internet

A única forma do dispositivo se comunicar com o mundo externo é através da internet, sendo assim é de extrema importância que a comunicação tenha altos índices de funcionamento. Por ser baixa a possibilidade de não existir comunicação com a internet, classifica-se como BAIXO RISCO, porém como é uma função vital para o projeto, classifica-se como ALTO IMPACTO.

2.4.6. Aceitação pelo mercado e usuários

Apesar de ser ainda um protótipo, é interessante que o mercado venha a aceitar a ideia, e, portanto, possibilitando o desenvolvimento de um produto final. Por não ser o objetivo do projeto, especificamente, um produto final, classifica-se como BAIXO RISCO e BAIXO IMPACTO.

3. DESENVOLVIMENTO

O projeto foi desenvolvido em 4 etapas. Inicialmente, abordou-se o escopo do projeto, os métodos de desenvolvimento, o cronograma a ser seguido e a distribuição das atividades. Em seguida, iniciou-se o desenvolvimento do aplicativo web, depois o desenvolvimento da base de comunicação e, por último, o desenvolvimento do dispositivo móvel não invasivo.

3.1. PESQUISAS

Durante a fase de concepção do projeto foi definido que seria necessária uma interface, acessível através de qualquer dispositivo capaz de acessar páginas da internet, por onde a interação com o usuário do sistema seria feita. A importância de se ter uma interface Web comparado a um programa de computador convencional, é a grande acessibilidade e flexibilidade de dispositivos, sistemas operacionais e custos relacionados ao acesso. Além disso, o uso de dispositivos móveis para acessos a informações tem crescido fortemente, cerca de 81% em 2013, chegando a 1.5 exabytes de dados por mês deste mesmo ano (L. YANG et al, 2016). Desta forma, justifica-se a escolha deste tipo de interface com o usuário.

Anterior ao desenvolvimento, foram definidos alguns requisitos indispensáveis para esta aplicação. Estes requisitos envolvem principalmente serviços externos que serão usados pelo aplicativo, sendo definidos a seguir.

Ferramenta de desenvolvimento de aplicativo móvel: desenvolver um aplicativo móvel pode ser facilitado através de uma boa escolha de ferramentas e bibliotecas de programação que simplifiquem o desenvolvimento. Neste caso, foi escolhido a ferramenta “*Bubble Apps*”, sendo sua maior vantagem a facilidade em construir aplicativos simples. Através desta ferramenta, pode ser facilmente integrado um sistema de login, um banco de dados simples, layout e conexão com serviços externos.

Serviço de envio de mensagens de texto: notificar usuários do aplicativo em caso de ocorrência. Foi escolhida a empresa “*Twilio*”, que fornece uma API baseada em requisições onde podem ser enviados SMS gratuitamente em sua versão de testes.

Serviço de envio de mensagens pelo Twitter: notificar usuários do aplicativo em caso de ocorrência. Foi escolhido o serviço “IFTTT”, que também fornece uma API baseada em requisições, de forma gratuita, onde é possível utilizar uma conta existente para enviar mensagens para outros usuários da rede social. No caso deste sistema, as pessoas que são alertadas caso alguma haja alguma ocorrência.

Serviço de envio de e-mail: notificar usuários do aplicativo em caso de ocorrência. Neste caso também foi escolhido o serviço “IFTTT”, que usa uma conta de e-mail existente para enviar mensagens aos usuários do aplicativo.

Serviço de armazenamento: armazenar as informações coletadas pelo dispositivo de pulso. A ferramenta “*ThingSpeak*”, desenvolvida especialmente para a Internet das Coisas, escolhida neste trabalho, é capaz de armazenar dados de sensores e outras informações e tornar esses dados acessíveis facilmente, através de uma API baseada em requisições.

3.2. DESENVOLVIMENTO WEB

O desenvolvimento web presente no projeto consiste nas telas do aplicativo web e em uma interface de configuração embarcada na base. O aplicativo é usado pelos usuários de forma contínua, ou seja, é através deste canal que estes acessarão as informações da pessoa monitorada. A interface embarcada é utilizada apenas uma vez, para realizar a configuração inicial do sistema em uma nova pessoa que será monitorada.

3.2.1. Desenvolvimento do aplicativo web

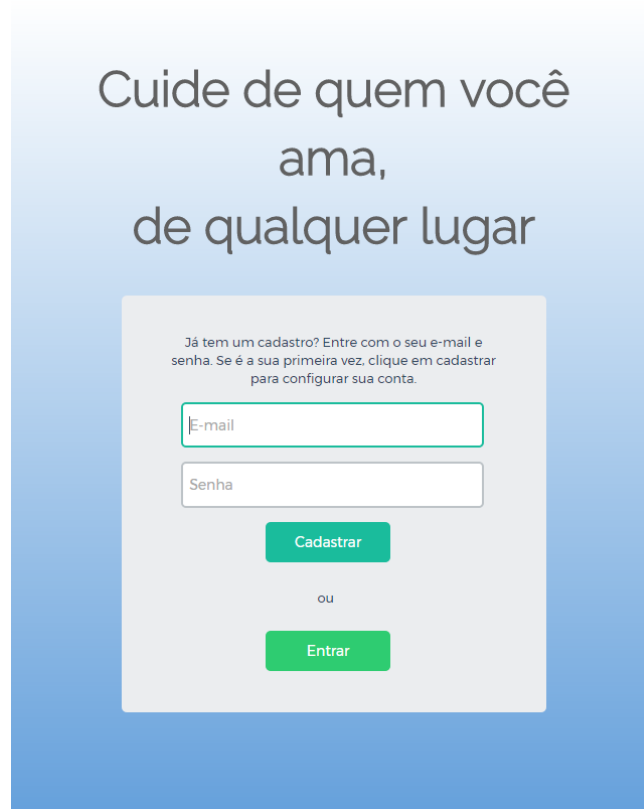
Para o desenvolvimento, foi utilizada a ferramenta “*Bubble Apps*”, que oferece uma interface amigável, com diversas funções já implementadas, além de ser gratuita, observando algumas limitações. Visando a simplicidade no uso do aplicativo, foram desenvolvidas três telas que são suficientes para o funcionamento do sistema.

O uso da ferramenta consiste em criar as páginas do aplicativo, utilizar elementos comuns, como caixas de texto, botões, *links* etc. e criar ações baseadas em eventos. Estas ações envolvem redirecionar para outra página, fazer alterações no banco de dados, modificar elementos das telas, fazer requisições para outros serviços, dentre outras. Os eventos consistem em pressionamento de botões, cliques em *links*, ações periódicas no tempo etc.

3.2.1.1. Tela Inicial

Nesta tela, é possível realizar um novo cadastro ou entrar com um usuário já existente. Para realizar o cadastro, basta inserir um endereço de e-mail e a senha a ser utilizada, apertando no botão Cadastrar para concluir. O usuário então será direcionado para a tela de cadastro. Caso este usuário já esteja cadastrado, este será direcionado para tela de exibição, onde é possível ver os dados em tempo real, alertas e as informações de contato.

SmartCare



Cuide de quem você ama,
de qualquer lugar

Já tem um cadastro? Entre com o seu e-mail e senha. Se é a sua primeira vez, clique em cadastrar para configurar sua conta.

E-mail

Senha

Cadastrar

ou

Entrar

Figura 8 - Tela inicial do aplicativo web.

Fonte: Autoria Própria

3.2.1.2. Tela de Cadastro

A tela de cadastro consiste apenas na entrada do código da pessoa a ser monitorada. Esse código identifica de forma única a pessoa a ser monitorada. É também verificado que o e-mail cadastrado no aplicativo é o mesmo do cadastrado durante a configuração do dispositivo. Dessa forma, é vinculado o usuário atual com a pessoa a ser monitorada. Após a finalização, é carregada a tela de exibição dos dados, que se torna a tela padrão quando se abre o aplicativo.

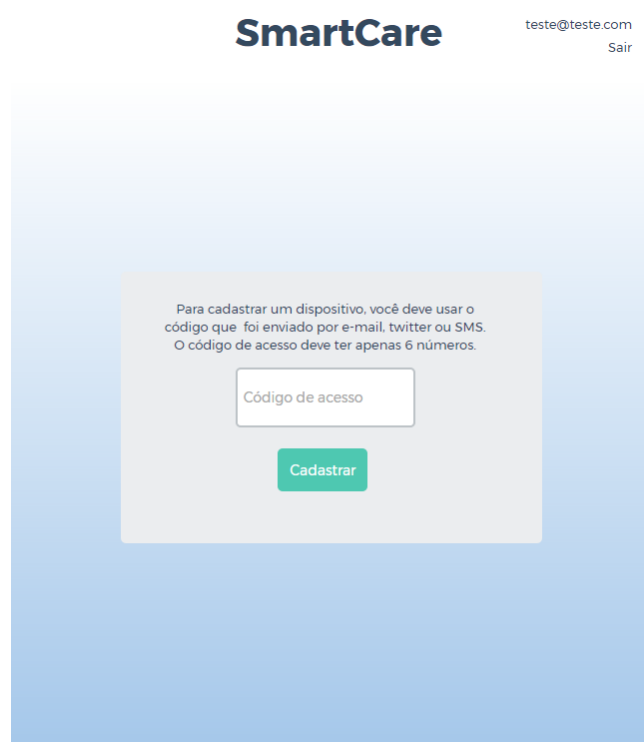


Figura 9 - Tela de cadastro.

Fonte: Autoria Própria

3.2.1.3. Tela de Exibição

- // Método de cadastramento de usuários
- // Método de obtenção dos dados
- // Como dados são mostrados na tela

3.3. Desenvolvimento da interface gráfica *web*

A tela de cadastro consiste apenas na entrada do código da pessoa a ser monitorada. Esse código identifica de forma única a pessoa a ser monitorada. É também verificado que o e-mail cadastrado no aplicativo é o mesmo do cadastrado durante a configuração do dispositivo. Dessa forma, é vinculado o usuário atual com a pessoa a ser monitorada. Após a finalização, é carregada a tela de exibição dos dados, que se torna a tela padrão quando se abre o aplicativo.

De forma a reduzir a complexidade de operação e configuração do dispositivo, optou-se por fazer uma interface Web embarcada na base transceptora do sistema. Esta escolha pode também ser justificada pela redução de custos, visto que não é necessário um display ou mesmo botões para operar o sistema, além de ser uma forte tendência dentro da indústria da informação e de dispositivos conectados à internet (XIAO & ZENG, p479).

A interface web embarcada possui apenas a função de configuração do dispositivo, sendo executada apenas uma vez, na instalação do sistema na residência da pessoa a ser monitorada. Desta forma, a configuração se torna intuitiva até mesmo para pessoas leigas em informática e tecnologia.

Por se tratar de uma interface embarcada, e, portanto, com recursos limitados, as páginas que compõem esta interface possuem um código simples e enxutos, para economizar memória e processamento por parte do microcontrolador da base. Entretanto, vários recursos visuais foram usados, pois estes são carregados e processados no navegador de internet, e não no microcontrolador.

A página principal possui campos a serem preenchidos pela pessoa que está realizando a instalação. Apenas alguns campos são mandatórios, como o nome da pessoa a ser monitorada, o nome do primeiro monitor e o seu e-mail. Os outros campos são opcionais. É possível cadastrar duas pessoas para receberem alertas, além de até oito horários de alarme para que a pessoa monitorada não se esqueça de tomar remédios.

No canto inferior da página, são mostradas as redes Wi-Fi detectadas na residência, sendo que uma delas deve ser selecionada e preenchida corretamente nos campos “Nome da Wi-Fi” e “Senha”.

SmartCare

Olá! Vamos realizar a configuração do seu SmartCare em apenas um passo!

Para isso, informe os dados abaixo. É necessário ao menos um e-mail para finalizar a configuração. Caso não saiba algum dos campos, você pode completá-los no aplicativo depois.

Nome da pessoa monitorada	
Nome do primeiro monitor	Nome do segundo monitor
Email do primeiro monitor	Email do segundo monitor
Twitter do primeiro monitor	Twitter do segundo monitor
Telefone do primeiro monitor	Telefone do segundo monitor
Horário de remédio (hh:mm)	Horário de remédio (hh:mm)
Horário de remédio (hh:mm)	Horário de remédio (hh:mm)
Horário de remédio (hh:mm)	Horário de remédio (hh:mm)
Horário de remédio (hh:mm)	Horário de remédio (hh:mm)

Figura 10 - Primeira parte da página da interface Web Embarcada.

Fonte: Autoria Própria

Ao clicar no botão “Conectar”, os dados escritos nos campos da página são passados para o web-server embarcado, que irá processar os dados e caso esteja tudo correto e a conexão com a internet for realizada, irá aparecer a tela de confirmação com o código único do dispositivo. Esse código é o mesmo usado para configurar o aplicativo. Caso a configuração não seja bem-sucedida, a página é recarregada.

Nome da Wi-Fi

Senha

Conectar

Lista de redes Wi-Fi detectadas:

AAAAAA

Caso a conexão seja bem sucedida, a rede 'SmartCare' deverá desaparecer e será enviado um e-mail com o código de acesso para ser utilizado no aplicativo. Anote este número!

Figura 11 - Segunda parte da página da interface Web Embarcada.

Fonte: Autoria Própria

Os detalhes da implementação do servidor e como as páginas são processadas pelo web-server são mostrados na seção **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

SmartCare

A conexão com a rede AAAAAA está sendo realizada. Em caso de sucesso, a rede Wi Fi SmartCare irá desaparecer e você deverá checar o seu email com o código de acesso do aplicativo.

Obrigado por usar o SmartCare!



Figura 12 - Página de sucesso de conexão da interface Web embarcada.

Fonte: Autoria Própria

3.4. DESENVOLVIMENTO DA BASE

O desenvolvimento da base de comunicação do projeto se deu seguindo os objetivos definidos na proposta de trabalho. Dentro de cada objetivo, foi necessária a divisão em objetivos menores para facilitar o desenvolvimento. Nesta seção, todo o processo e o resultado final desta parte do projeto é mostrada em detalhes.

3.4.1. Circuito para interface com a internet

Para cumprir o primeiro objetivo para esta parte do projeto, foi necessário o projeto de um circuito capaz de se conectar à internet e ao mesmo comunicar-se com o relógio. No entanto, como será mostrado, ficaria mais fácil ter um circuito especificamente dedicado apenas para se comunicar com a internet, comunicando-se também com outro circuito que faz a transmissão dos dados para o relógio através de radiofrequência. Primeiramente é necessário entender como a comunicação com a internet ocorre, para então definir um circuito adequado para as necessidades deste projeto.

3.4.1.1. A comunicação com a Internet e o Protocolo TCP/IP

A internet é uma rede mundial de dispositivos, mais precisamente uma rede composta por várias outras redes. Não há um controle centralizado, sendo assim, é necessário seguir regras de comunicação para que seja possível a comunicação de uma forma ordenada. Foram definidas camadas, conhecidas como *layers*, que atuam em diferentes etapas do processo de enviar e receber uma informação. Essas camadas são conhecidas como *OSI (Open System Interconnected) Model*. Este modelo é importantíssimo para simplificar as aplicações do ponto de vista de engenharia, visto que, para enviar um e-mail, por exemplo, não seja necessário saber detalhes da conexão como se é cabeada ou *wireless*.

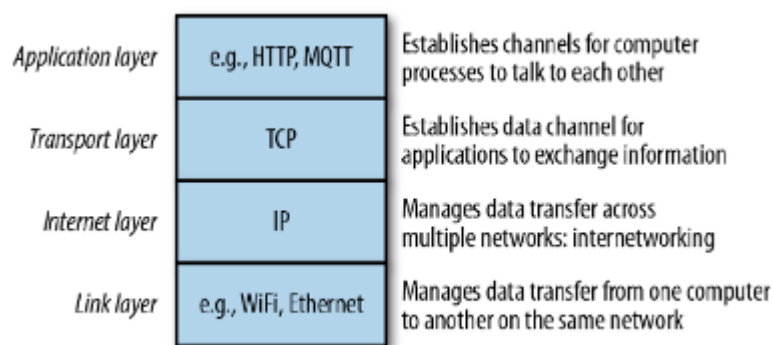


Figura 13 - Principais *layers* utilizadas na comunicação com a internet

Fonte: Rowland et al. p.76

Na *Application layer*, são definidos canais para os programas possam se comunicar entre si. Neste caso vale citar como exemplo o HTTP (*HyperText Transport Protocol*) que é utilizado para enviar e receber páginas da internet, e o FTP (*File Transfer Protocol*), utilizado para a transferência de arquivos.

A *Transport layer* estabelece um canal para que o dados trafeguem de um ponto ao outro com integridade. Em geral, os dados são divididos em pacotes e enviados de forma não ordenada, e ao chegar no destino, são verificados, ordenados e reunidos. Os protocolos mais utilizados nesta camada são o TCP (*Transmission control protocol*) e o UDP (*User datagram protocol*).

Na *Internet Layer* é gerenciado a transferência de dados pelas diversas redes com compõem a internet. Para que seja possível identificar a origem e destino dos dados, é utilizado um número, chamado de endereço IP.

A *Link layer* está relacionada ao aspecto físico da transferência desses dados pela internet. Neste caso estão inclusas as conexões cabeadas, as conexões *wireless*, pela rede celular e rádios proprietários.

Para exemplificar a utilização destas camadas, pode se tomar como exemplo o acesso a uma página da internet por um computador. Neste caso, a *Application layer* do cliente está no navegador de internet, que irá enviar uma requisição por HTTP para um servidor na internet. Essa requisição é acomodada em pacotes na *Transport Layer*, que será então passada para a *Internet layer*, que processará se o pacote chegou no lugar correto ou se deve ser encaminhando a outro endereço. Na

Link layer, é acessada a interface de comunicação ativa, como a *ethernet* e os dados são enviados. O servidor recebe os dados pela *Link layer*, verifica que é o destino na *Internet layer*, agrupa os pacotes na *transport layer* e processa a requisição na *Application layer*. A página requisitada é então enviada para o cliente seguindo o mesmo caminho, e ao chegar é mostrada no navegador.

No caso de um dispositivo embarcado conectado a internet, o processamento envolvido nestas *layers* pode se tornar crítico para a aplicação principal. Sendo assim, existem diversas soluções no mercado voltadas a tirar o processamento das *layers* do processador principal. Algumas destas soluções foram consideradas para serem utilizadas neste projeto, visto que o processamento necessário para a aplicação principal seria baixo e não justificaria adquirir um microcontrolador mais poderoso.

3.4.1.2. Comparativo entre opções de hardware disponíveis

Conforme a seção anterior mostra, ter um hardware dedicado a processar as informações enviadas e recebidas pela internet pode trazer grandes vantagens, como redução da complexidade do projeto de hardware e firmware, bem como a possível redução de custos e a utilização de tecnologia já estabelecidas no mercado.

Fazendo uma pesquisa por interfaces de conexão com a internet disponíveis, chegaram-se a três opções para o projeto: uma interface *ethernet* baseada no controlador W5500, uma interface *wireless* baseada no controlador CC3000 e uma interface *wireless* baseada no SoC ESP8266.

A interface *ethernet* baseada no controlador W5500 foi é composta por uma placa contendo o controlador, um conector RJ-45 e pinos de IO compatíveis com a plataforma Arduino. O funcionamento da mesma se dá através da interface SPI utilizando um microcontrolador adicional para processar os dados. Dentre seus pontos fortes estão a rápida integração com a plataforma e as suas bibliotecas de utilização de fácil acesso e uso. Seus pontos fracos incluem ser uma solução que necessita de

cabeamento, o custo de cerca de U\$ 44,95¹, o volume da placa e a necessidade de uma placa Arduino ou outra compatível, visto que esta é apenas uma interface adicional.



Figura 14 - Módulo *Ethernet* baseado no controlador W5500

Fonte: <https://new.sparkfun.com/products/11166>

Outra opção considerada, a interface *wireless* baseada no controlador CC3300, também possui uma placa com este controlador, uma antena integrada e pinos de IO compatíveis com a plataforma Arduino. O modo de funcionamento é semelhante a interface *ethernet*, com a principal diferença sendo as funções específicas de conexões sem fio, como procura de redes, autenticação etc. Seus pontos fortes incluem a fácil integração com a plataforma, suas bibliotecas de fácil acesso e uso, além de não necessitar de fios e possuir tamanho reduzido. Seus pontos fracos são o custo relativamente alto, cerca de U\$34,95², e a necessidade de um microcontrolador externo.

¹ Preço no dia 21/05/2017 na loja virtual Sparkfun (<https://new.sparkfun.com/products/11166>)

² Preço no dia 21/05/2017 na loja virtual Adafruit (<https://www.adafruit.com/product/1469>)

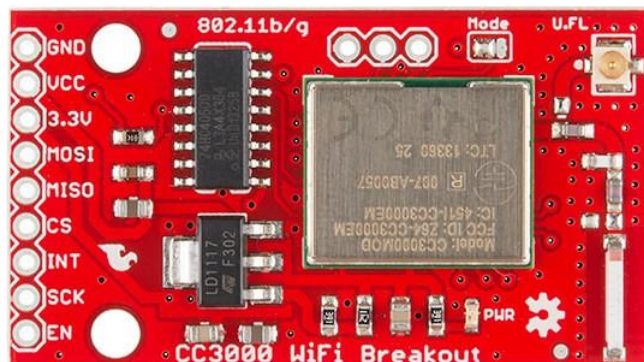


Figura 15 - Interface *Wireless* baseada no CC3000.

Fonte: <https://botland.com.pl/moduly-wifi/2276-cc3000-modul-wifi-sparkfun.html>

A última opção é a utilização do SoC ESP8266 da empresa Espressif. Este módulo contém um microcontrolador, pinos digitais de IO, a antena e circuitos de radiofrequência, amplificadores e reguladores de tensão e corrente. Por ser um circuito altamente integrado, suas dimensões físicas são reduzidas. O microcontrolador integrado de 32 bits faz o processamento dos dados enviados e recebidos da internet, e ainda disponibiliza cerca de 80% de sua capacidade para o desenvolvedor utilizar em sua aplicação. Este módulo ainda pode ser utilizado com as bibliotecas compatíveis com Arduino, tornando sua utilização mais rápida no projeto. Seus pontos fortes são, então, a fácil integração no projeto, bibliotecas de fácil acesso e uso, não necessitar de fios, possuir tamanho reduzido, além de ter custo baixo, cerca de U\$6,95³ e um microcontrolador integrado. Seus pontos fracos, no entanto, incluem o módulo ter sido introduzido no mercado por uma empresa até então não muito conhecida, tendo o risco de possuir erros de projetos não descobertos ou corrigíveis.

³ Preço no dia 21/05/2017 na Loja virtual Sparkfun (<https://www.sparkfun.com/products/13678>)

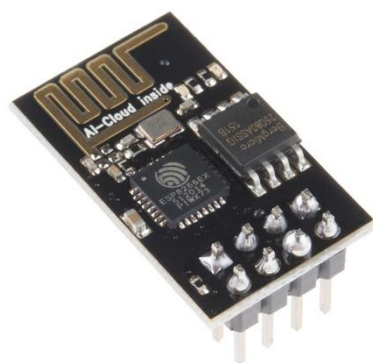


Figura 16 - O módulo ESP8266

Fonte: <https://www.sparkfun.com/products/13678>

Para ilustrar as principais diferenças entre as opções e evidenciar a escolha tomada foi feita uma tabela comparativa:

Critério/Opção	Módulo <i>Ethernet</i> W550	Módulo Wireless CC3300	Módulo SoC ESP8266
Facilidade de integração no projeto	Baixa: necessita de maior espaço físico e cabeamento	Média: necessita de espaço físico e microcontrolador adicional	Alta: Solução altamente integrada
Bibliotecas	Fácil acesso	Fácil Acesso	Fácil Acesso
Maturidade	Alta	Alta	Média
Complexidade de hardware	Média	Média	Baixa
Capacidade de processamento	Baixa: Considerando a plataforma Arduino UNO (8 bits)	Baixa: Considerando a plataforma Arduino UNO (8 bits)	Média: Microcontrolador de 32 bits, mas apenas 80% disponível
Custo	Alto: U\$44,95	Alto: U\$34,95	Baixo: U\$6,95

Tabela 1: Comparativo entre as opções de interfaces com a Internet

Considerando as opções e suas características, foi optado por utilizado o módulo baseado no SoC ESP8266, cujos detalhes são mostrados na seção a seguir.

3.4.1.3. O SoC ESP8266

3.4.2. Interface com Usuário

3.4.2.1. Web server

3.4.2.2. Indicadores Luminosos

3.4.3. Comunicação com o relógio

3.4.3.1. Circuito

3.4.3.2. Protocolo

3.4.4. Comunicação com a Internet

3.4.4.1. Princípio de Funcionamento

3.4.4.2. Thingspeak

3.4.4.3. IFTTT

3.4.4.4. Twillio

3.4.4.5. NTP server

3.4.5. Firmware

3.4.5.1. Firmware do ESP8266

3.4.5.2. Firmware do Access Point MSP430

3.4.6. Hardware

3.5. DESENVOLVIMENTO DO RELÓGIO

3.5.1. Definição do kit de desenvolvimento

3.5.2. Implementação do sensor de batimento cardíacos

3.5.3. Implementação do sensor de queda

3.5.4. Implementação do alarme para remédios

3.5.5. Implementação do botão de pânico

4. RESULTADOS

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Parte final do texto, na qual se apresentam as conclusões do trabalho acadêmico, usualmente denominada considerações finais. Pode ser usada outra denominação similar que indique a conclusão do trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Esp8266. Disponível em <http://www.esp8266.com/wiki/doku.php> Acesso em 17/08/2016.
- [2] Cláudia Collucci. Número de idosos que moram sozinhos triplica em 20 anos. Disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/eqilibrioesaude/2013/12/1389765-numero-de-idosos-que-moram-sozinhos-triplica-em-20-anos.shtml> Acesso em 31/05/2016.
- [3] A Crítica. Idosos e crianças são maiores vítimas dos acidentes domésticos. Disponível em http://acritica.uol.com.br/vida/Manaus-Amazonas-Amazonia-Idosos-criancas-maiores-acidentes-domesticos_0_1214878524.html Acesso em 01/05/2016.
- [4] Assessoria de Imprensa Hospital São Luiz. Velocidade do atendimento após o infarto diminui danos. Disponível em <http://coracaoalerta.com.br/fique-alerta/velocidade-do-atendimento-apos-o-infarto-diminui-dano> Acesso em 31/05/2016.
- [5] Texas Instruments. Chronos: Wireless development tool in a watch. Disponível em <http://www.ti.com/tool/ez430-chronos> Acesso em 17/08/2016.
- [6] Berlindes Astrid Kuchemann. Envelhecimento populacional, cuidado e cidadania: velhos dilemas e novos desafios. Sociedade e Estado, 27:165 – 180, 04 2012.
- [7] Expectativa de vida do brasileiro ao nascer é de 75,5 anos, diz IBGE. Disponível em <http://g1.globo.com/bemestar/noticia/expectativa-de-vida-do-brasileiro-ao-nascer-e-de-755-anos-diz-ibge.ghtml> Acesso em 11/05/2017.
- [8] OLIVEIRA NETTO, A. A. de. **Metodologia da pesquisa científica**: guia prático para a apresentação de trabalhos acadêmicos. 3. ed. rev. e atual. Florianópolis: Visual Books, 2008.
- [9] UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**. Curitiba: UTFPR, 2009.
- [10] L. Yang, M. Yuan, W. Wang, Q. Zhang and J. Zeng, "Apps on the move: A fine-grained analysis of usage behavior of mobile apps," IEEE INFOCOM 2016 - The 35th Annual IEEE International Conference on Computer Communications, San Francisco, CA, 2016, pp. 1-9. Disponível em <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7524464&isnumber=7524326>. Acesso em 14/05/2017.

- [11] J. Xiao and F. S. Zeng, "Design and implementation of embedded Web server," *2012 7th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, Melbourne, VIC, 2012, pp. 479-482.
doi: 10.1109/ICCSE.2012.6295118
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6295118&isnumber=6295013>
- [12] C. ROWLAND, E. GOODMAN, M CHARLIER, A. LIGHT, A. LUI.
"Designnin Connected Products". O'Reilly Media. 2015.

ANEXO A –

