

**MCSV-a – SISTEMA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DE SINAIS VITAIS
UTILIZANDO ARDUINO**

Vinícius da Silva

Faculdades Integradas de Taquara – Faccat – Taquara – RS – Brasil
vico.vs@gmail.com

Naira Kaieski

Professora Orientadora

Faculdades Integradas de Taquara – Faccat – Taquara – RS – Brasil
naira.kaieski@gmail.com

Resumo

O aumento da longevidade e o crescimento da incidência de doenças crônicas vêm tornando o cuidado com a saúde da população um grande desafio para os sistemas de saúde em todo o mundo. Neste contexto surgem iniciativas que visam melhorar a qualidade de vida dos pacientes através da utilização da tecnologia e do atendimento domiciliar. O MCSV-a, desenvolvido neste trabalho, tem por objetivo auxiliar no cuidado dos pacientes em internação domiciliar através da coleta e armazenamento de sinais vitais do enfermo, utilizando tecnologias de baixo custo como o Arduino. A solução desenvolvida é capaz de processar os dados coletados através dos sensores acoplados ao Arduino e identificar anomalias gerando alertas, que são enviados para endereços pré-cadastrados. Este tipo de solução de monitoramento remoto de pacientes tem se mostrado uma forma promissora para auxiliar os profissionais de saúde no diagnóstico mais preciso e tratamento efetivo dos pacientes com doenças crônicas em internação domiciliar ou hospitalar.

Palavras-chave: Doenças crônicas; Monitoramento remoto; Arduino; Internação domiciliar.

**MCSV-a – CONTINUOUS MONITORING SYSTEM USING VITAL SIGNS
ARDUINO**

Abstract

Increased longevity and the growing incidence of chronic diseases have become the care of people's health a major challenge for health systems worldwide. In this context arise initiatives to improve the quality of life of patients through the use of technology and home care. MCSV-a, developed in this work, aims to assist in patient care in home care through the collection and storage of patient vital signs, using low-cost technologies like Arduino. The developed solution is able to process the data collected by the sensors coupled to the Arduino

and identify anomalies generating alerts that are sent to pre-registered addresses. This type of remote monitoring solution for patients has been shown to be a promising way to help health professionals in more accurate diagnosis and effective treatment of patients with chronic diseases in home or hospital.

Keywords: *Chronic diseases; Remote monitoring; Arduino; Home Care.*

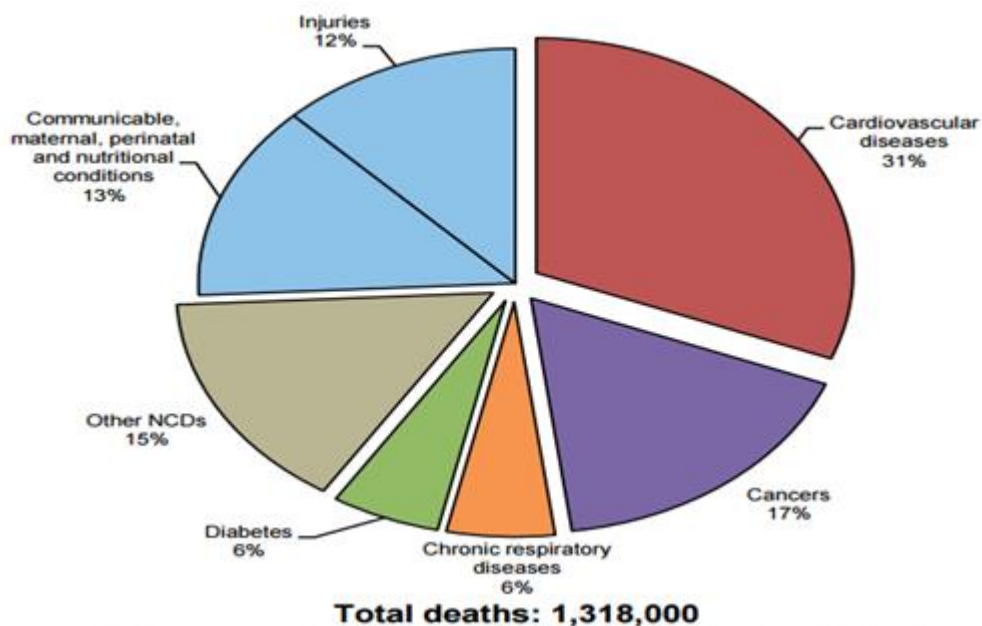
1. Introdução

Os desafios que o cuidado com a saúde da população tem imposto aos sistemas de saúde ao redor do mundo, são numerosos e complexos. Isso se deve ao aumento da longevidade, crescimento da incidência de doenças crônicas e ao surgimento de novas patologias, vírus e suas mutações (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2014). Esses fatores corroboram a necessidade de pesquisas que visam o desenvolvimento de novas tecnologias, fármacos e metodologias de tratamento dos pacientes. É imprescindível expandir o atendimento médico e hospitalar com qualidade e eficiência a fim de proporcionar um maior bem estar à população e uma das alternativas promissoras a serem exploradas neste âmbito é o uso da tecnologia.

Aspectos econômicos não podem ser ignorados quando o assunto saúde é tratado, as enfermidades que afetam a população geram altos custos para a sociedade, governo e sistemas de saúde, estes crescentes gastos acarretam em grandes impactos macroeconômicos. Doenças relacionadas ao coração, derrame, diabetes e câncer causam bilhões de dólares em perdas a cada ano nos países mais populosos do mundo. Uma análise econômica sugere que a cada 10% de aumento em doenças não transmissíveis (DNT) estão associados com 0,5% de taxas mais baixas de crescimento econômico anual. Estimativas dão conta de que a ocorrência de DNTs deve aumentar globalmente 15% entre 2010 e 2020 (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2010).

A Organização Mundial de Saúde (OMS), na pesquisa *Noncommunicable Diseases* (Doenças não transmissíveis) publicada em julho de 2014, traça um panorama global das doenças não transmissíveis (crônicas) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015). Este ensaio aponta que entre 2000 e 2012, 74% das mortes no Brasil estavam relacionadas com doenças crônicas, conforme pode ser visto na Figura 1, comprovando a relevância do assunto.

Figura 1: Proporção de mortalidade (% total de mortes, todas as idades, ambos os sexos).



Fonte: (World Health Organization, 2014).

Algumas inovações relacionadas com o tratamento de pacientes que vem sendo exploradas nos últimos anos merecem destaque, entre elas a modalidade de internação domiciliar (*Home Care*) e o monitoramento remoto de pacientes. Segundo Damiano (2011), a internação domiciliar compreende uma grande variedade de serviços realizados em domicílio e destinados ao suporte terapêutico do paciente. Estes serviços vão desde os cuidados pessoais mais básicos em atividades de vida diária (higiene íntima, alimentação, banho, locomoção e vestuário), a tratamentos mais complexos (quimioterapia e antibioticoterapia), com serviço médico e de enfermagem 24 horas/dia. Os benefícios do *Home Care* são muitos, entre eles a contribuição para a otimização dos leitos hospitalares e do atendimento ambulatorial; reintegração do paciente em seu núcleo familiar; proporcionar assistência humanizada e integral, por meio de uma maior aproximação da equipe de saúde com a família e a redução do risco de infecção hospitalar. O monitoramento remoto de pacientes está relacionado com o tratamento hospitalar e também com o *Home Care*, onde é tido como uma alternativa promissora para as soluções tradicionais de saúde (WANG; TURNER, 2008) proporcionando melhor qualidade no atendimento e redução nos custos (SCHATZ, 2011).

Em alguns países o cuidado com a saúde suportada pelas Tecnologias de Informação Comunicação (*e-Health*), ou dispositivos móveis (*mHealth*) simbolizam a passagem do

paradigma centralizado de médicos em hospitais para o paradigma distribuído de pacientes em residências (SCHATZ, 2011). Neste contexto as pesquisas que empregam tecnologias digitais na saúde ganham cada dia mais relevância, como um novo paradigma para as práticas médicas (KIM; CHUNG; KIM, 2009). As soluções digitais apresentam a capacidade inerente de transformar todo o processo de cuidado de saúde tornando-o mais eficiente, barato e de melhor qualidade (LIU; PARK; KRIEGER, 2012). Estudos apontam que o monitoramento contínuo de dados fisiológicos de pacientes crônicos, tais como eletrocardiograma, temperatura corporal e taxa de respiração, pode contribuir para um diagnóstico e tratamento mais efetivos (FANG *et al.*, 2012) implicando na redução dos custos assistenciais (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2010).

Segundo Araujo *et al.* (2011) o processamento do fluxo contínuo de dados advindos do monitoramento de sinais vitais está emergindo como uma nova área de pesquisa na qual vários estudiosos tem concentrado seus esforços científicos, abordando problemas que são pertinentes aos processos de monitoramento remoto de pacientes. Diversos e complexos são os desafios desta vasta área de pesquisa que visa aplicar a tecnologia no cuidados com a saúde. Segundo Silva (2013) a computação ubíqua e pervasiva empregada em um contexto de *Internet of Things* onde todos os dispositivos estão conectados, agrega novas possibilidades de inovação na área de saúde. Novos campos de pesquisa surgem frente ao desafio de proporcionar um diagnóstico mais preciso e melhorar o cuidado com os pacientes, entre eles podemos citar: a necessidade de desenvolver sensores menos intrusivos e mais ubíquos e pervasivos para coleta de dados (*Electronic Health Record*); transmissão dos dados coletados (*Internet of Things*) para centros de processamento e análise; definição de padronização para armazenamento dos dados coletados (*Big Data*); garantir a disponibilidade, confiabilidade e confidencialidade dos dados; processamento dos dados; como extrair conhecimento do conjunto amplo e complexo de dados; como aplicar as informações obtidas em benefício do cuidado do paciente e da população.

Considerando as possíveis áreas de pesquisa relacionadas com o monitoramento remoto dos pacientes, este trabalho tem como principal contribuição científica o desenvolvimento de um protótipo baseado em Arduino capaz de auxiliar no monitoramento remoto de pacientes. O Sistema de Monitoramento Contínuo de Sinais Vitais Utilizando Arduino (MCSV-a) desenvolvido é capaz de coletar medições de sinais vitais de um paciente,

armazená-las localmente para posterior transmissão a um servidor de armazenamento de dados, processar os dados coletados, identificar anomalias e gerar alertas que são enviados via SMS (*Short Message Service*).

A plataforma Arduino apresenta como principal atrativo ser de baixo custo e possuir diversos sensores disponíveis para efetuar a coleta e monitoramento de sinais vitais, o protótipo desenvolvido coleta dados da temperatura e batimentos cardíacos do paciente monitorado. Os dados coletados são armazenados no cartão SSD (*Solid-State Drive*) integrado a plataforma Arduino e posteriormente enviados via *Web Service* para um servidor onde são armazenados em banco de dados relacional. Estes dados coletados também são processados em tempo real pela plataforma Arduino que foi programado para verificar se algum dado coletado está fora do limiar cadastrado como aceitável para o paciente, neste caso, são gerados alertas que são enviados via SMS para números de celulares cadastrados na plataforma. Ao protótipo desenvolvido foi adicionado um acelerômetro de 3 eixos para identificar mudanças bruscas de posição do paciente monitorado, tais mudanças podem indicar que a pessoa monitorada sofreu uma queda, neste caso um novo alerta é enviado.

Além do protótipo em *hardware* para coleta, armazenamento, processamento preliminar e geração de alertas foi desenvolvido também um *software* Web que está associado com a solução de monitoramento. Esta aplicação Web não é o foco do projeto, contudo é importante para considerarmos um protótipo funcional para o monitoramento remoto de pacientes. A aplicação é utilizada para armazenar em banco de dados relacional os cadastros do pacientes, fornecendo uma interface para o cadastro dos dados pessoais dos pacientes e para a transferência dos dados do monitoramento de sinais vitais armazenados em arquivo texto no cartão SSD acoplado ao *hardware* da solução para o banco de dados. Não faz parte do escopo deste projeto aspectos relacionado com otimização para armazenamento dos dados em banco de dados, segurança da informação ou processamento e análise do histórico dos dados coletados.

A aplicação do MCSV-a para fins de testes seria indicada para pacientes com doenças crônicas, pois neste caso a enfermidade já é conhecida e o monitoramento pode ser direcionado para as necessidades do cuidado específico necessário. É importante ressaltar que este tipo de dispositivo é capaz de contemplar as particularidades de cada paciente. Na literatura médica é possível encontrar os limiares médios que são considerados aceitáveis para

os sinais vitais da população, contudo cada pessoa é única e seus sinais vitais são influenciados por diversos fatores endógenos e exógenos. Dessa forma, os limiares médios podem ser anômalos para um paciente específico. O monitoramento remoto contínuo proposto permite o tratamento individualizado respeitando as particularidades de cada paciente.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta o referencial teórico, a seção 3 descreve o estado da arte com os trabalhos relacionados, a seção 4 aborda a metodologia aplicada no desenvolvimento do estudo, a seção 5 traz os resultados obtidos, a seção 6 as conclusões e a seção 7 apresenta as possibilidades de trabalhos futuros.

2. Referencial teórico

Neste capítulo serão explorados os conceitos fundamentais que foram utilizados no desenvolvimento do MCSV-a.

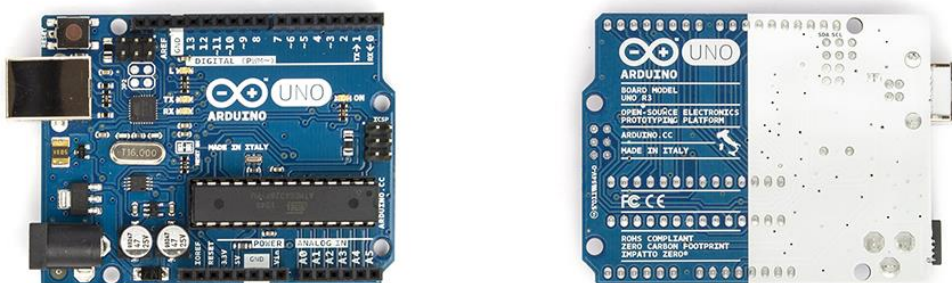
2.1 Arduino

O projeto Arduino teve início na Itália em 2005 e desde então se tornou muito popular entre os pesquisadores para o desenvolvimento de protótipos. McRoberts (2011) define o Arduino como um pequeno computador, de baixo custo, que pode ser programado para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele. Conforme Junior (2012) o Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* e *software* com melhor custo benefício projetada com um microcontrolador Atmel AVR. Uma placa Arduino é muito simples sendo composta apenas por um controlador, algumas linhas de entrada e saída (E/S) digital e analógica e uma interface serial ou USB para conectar o Arduino a outros dispositivos e permitir a programação do mesmo. A programação do dispositivo é baseada na linguagem C que aliado ao código de fonte aberto impulsiona a contribuição da comunidade com projetos e documentação.

Quanto à licença, os projetos e esquemas de *hardware* são distribuídos sob a licença *Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5*. O código fonte para a IDE (*Integrated Development Environment*) e a biblioteca de funções da placa são disponibilizadas sob a licença GPLv2. O Arduino é fabricado pela companhia italiana *Smart Projects* e pela estadunidense *SparkFun Electronics*. Os desenvolvedores recomendam que a marca “Arduino” deve ser utilizada apenas para produtos oficiais, assim é possível encontrar no

mercado as placa-clone que são baseadas na plataforma Arduino, com funcionalidades semelhantes ou até iguais, mas fabricadas por outras empresas. Segundo McRboerts (2011) qualquer placa-clone é compatível com o Arduino. Também é possível acoplar *Shields*, que são pequenas placas com funcionalidades específicas, ao Arduino para disponibilizar novas funções, tais como receptores GPS (*Global Positioning System*), *displays* de LCD (*Liquid Crystal Display*), módulos de comunicação via rede, diversos tipos de sensores. A Figura 2 apresenta um exemplo de uma placa Arduino Uno que pode ser adquirida facilmente por qualquer pesquisador.

Figura 2: Placa Arduino Uno



Fonte: Arduino (2015)

2.2 Shields

A plataforma Arduino propriamente dita, não possui a capacidade de obter ou enviar um complexo conjunto de dados ao mundo externo. Contudo as funcionalidades do Arduino são facilmente estendidas com a incorporação de *shields* o projeto. Uma *shield* é uma placa de circuito impresso que é conectada ao Arduino principal com o intuito de adicionar alguma funcionalidade ao projeto como uma conexão à rede de telefonia móvel para o envio de SMS (MCROBERTS, 2011). Nas seções que se seguem será apresentado com maiores detalhes as *shields* utilizadas no desenvolvimento do protótipo do MCSV-a.

2.2.1 Time Shield

Consiste em uma *shield* responsável por fornecer informações quanto à data e hora corrente na plataforma Arduino. Esta *shield* é capaz de fornecer data, hora, minutos, segundos, dias da semana, mês e ano. Ela possui um módulo para bateria individual, tornando possível manter os dados quanto à data e hora mesmo quando o Arduino não estiver conectado a uma fonte de energia.

No MCSV-a a funcionalidade de obtenção da data e hora são imprescindíveis para manter o histórico dos dados coletados durante o monitoramento dos sinais vitais do paciente.

2.2.2 Shield GSM (*Global System for Mobile*)

Através desta placa de expansão é possível efetuar e receber ligações, enviar e receber mensagens de texto (SMS) através da rede de telefonia móvel. Para que esta funcionalidade seja ativada é necessária a contratação de um plano junto a uma operadora de telefonia móvel e a aquisição de um *chip* com um número móvel associado.

O MCSV-a utiliza esta *shield* para enviar mensagens SMS de alertas para números pré-cadastrados quando uma anomalia no monitoramento do paciente é detectada.

2.2.3 Shield SD Card (*Secure Digital Memory Card*)

Esta *shield* possibilita acoplar à plataforma Arduino uma interface de armazenamento de dados em cartão SD. A placa de expansão permite tanto a leitura quanto a escrita de dados no cartão SD que deve ser inserido na interface.

Através desta *shield* os dados oriundos do monitoramento do paciente serão armazenados no cartão com a respectiva data e hora da coleta, configurando um histórico do monitoramento do paciente. Os dados gravados no cartão SD devem ser transferidos com frequência para o servidor do MCSV-a onde serão armazenados de forma definitiva para posterior consulta. Para transferir os dados do cartão para o servidor é necessário retirar o cartão do *hardware* do MCSV-a e o inserir em um computador onde o arquivo de dados é lido e transferido para um banco de dados relacional.

2.3 Sensores

São dispositivos eletroeletrônicos capazes de transformar em sinais elétricos as informações relacionadas a alguma grandeza física, como temperatura, velocidade, batimentos cardíacos e pressão arterial.

2.3.1 Sensor de temperatura

O sensor de temperatura escolhido para este protótipo foi o sensor que efetua a medição via infravermelho, pois ele é desenvolvido para medir a temperatura sem necessidade de contato. Este sensor pode ser utilizado para medir a temperatura de qualquer objeto, mas neste caso é efetuada a coleta da temperatura do corpo humano.

Este tipo de sensor faz a medição da temperatura através da irradiação de raios infravermelhos emitidos pelo corpo e os transformando em um valor decimal de saída, que neste caso é a temperatura corporal.

2.3.2 Sensor de batimentos cardíacos

Este sensor é utilizado para coletar os batimentos cardíacos do indivíduo monitorado, o cálculo é efetuado através do volume sanguíneo, que é obtido pelo sensor através de um Led (*Light Emitting Diode*) emissor de luz e um fotodiodo que receberá a luz refletida pelo tecido humano.

2.3.3 Acelerômetro de 3 eixos

O acelerômetro serve para medir a aceleração de um corpo em relação à gravidade e com o acelerômetro de 3 eixos é possível determinar o posicionamento, velocidade e vetor do corpo. Através da leitura dos eixos X,Y,Z do Arduino é possível identificar o movimento de um objeto, no contexto do projeto este objeto é o paciente monitorado. Caso seja identificada uma possível queda o protótipo enviará um alerta via SMS para um número de telefone previamente cadastrado.

3. Revisão da literatura

O aumento da demanda por cuidados com a saúde da população e o desenvolvimento de novas tecnologias impulsionam as pesquisas que visam promover a utilização de soluções digitais no tratamento médico. Contudo, os projetos de *hardware* e *software* são utilizados apenas como meios de prover informações mais qualificadas para apoiar as decisões dos profissionais de saúde que detém a *expertise* necessária para efetivamente diagnosticar e prescrever o tratamento necessário ao paciente. Nesta seção serão elencados alguns projetos que visam viabilizar o monitoramento remoto de pacientes empregando como base o Arduino.

Um protótipo de atendimento domiciliar automatizado denominado “*Home Care de Baixo Custo*” foi desenvolvido por Barros *et al.* (2014). Este projeto propõe o desenvolvimento de uma plataforma que utiliza a tecnologia do Arduino com a finalidade de monitorar os sinais vitais como pressão arterial e oxigenação do sangue e enviar os dados coletados para o médico através da internet em tempo real. Em relação ao protótipo desenvolvido neste trabalho, o MCSV-a não enviará os dados coletados via internet em tempo real, mas enviará alertas via SMS com o intuito de agilizar atendimento ao paciente, seja por profissionais ou por familiares.

Uma solução para monitoramento de pacientes em atendimento ambulatorial utilizando o Arduino como base foi apresentada por Gonçalves (2008) denominado SMPA. Neste projeto são monitoradas a temperatura corporal, batimentos cardíacos, a oxigenação sanguínea e a posição em que o paciente se encontra (deitado, em movimento ou uma possível queda). Este dispositivo efetua o envio dos dados através de rede sem fio para um servidor onde os mesmos são processados e armazenados. Caso alguma anomalia seja detectada é enviado um SMS para o número de emergência cadastrado. O MCSV-a desenvolvido armazena os dados dos sinais monitorados localmente em cartão SSD, processa e envia o alerta via SMS sem a necessidade de enviar os dados para um servidor central. Esta estratégia minimiza a possibilidade de falha que pode haver na comunicação entre o dispositivo de coleta e o servidor que processa os dados.

Semelhante à pesquisa de Gonçalves, Araujo *et al.* (2011) propôs o *Middleware para Monitoramento e Envio de Alertas Aplicado ao Ambiente Hospitalar* onde o responsável pelo envio dos alertas é um computador central, desta forma os sinais vitais coletados pelos

sensores são encaminhados a um servidor através de uma rede sem fio e posteriormente processados, caso seja identificada alguma anomalia é enviado um alerta via SMS e e-mail para o médico plantonista. Enquanto a solução proposta pelo MCSV-a é permitir que o paciente seja monitorado em *Home Care* e não apenas em ambiente hospitalar.

Baseado na análise dos projetos apresentados nesta seção que utilizam o Arduino como base foi elaborada a tabela abaixo de comparação com o MCSV-a.

Tabela 1: Comparação de recursos utilizados pelos sistemas de monitoramento				
	MSCV-a	Home Care Baixo Custo	Middleware	SMPA
Forma de envio dos alertas	SMS	Não envia alerta	SMS,EMAIL	SMS
Tipos de alertas	Quedas e Anomalias nos Sinais Vitais	Não envia alerta	Anomalias nos Sinais Vitais	Quedas e Anomalias nos Sinais Vitais
Quem gera alerta	Arduino	Servidor	Servidor	Servidor
Sinais monitorados	Temperatura, Batimentos cardíacos	Pressão arterial, Oxigenação Sanguínea, Batimentos cardíacos	Pressão arterial, Temperatura, Batimentos cardíacos	Temperatura, Oxigenação Sanguínea, Batimentos cardíacos
Armazena os dados coletados em SD	Sim	Não	Não	Não
Armazena os dados coletados em banco de dados	Sim	Sim	Sim	Sim
Uso Indicado	Home Care, Internação Hospitalar	Home Care	Internação Hospitalar	Internação Hospitalar

Fonte: o autor

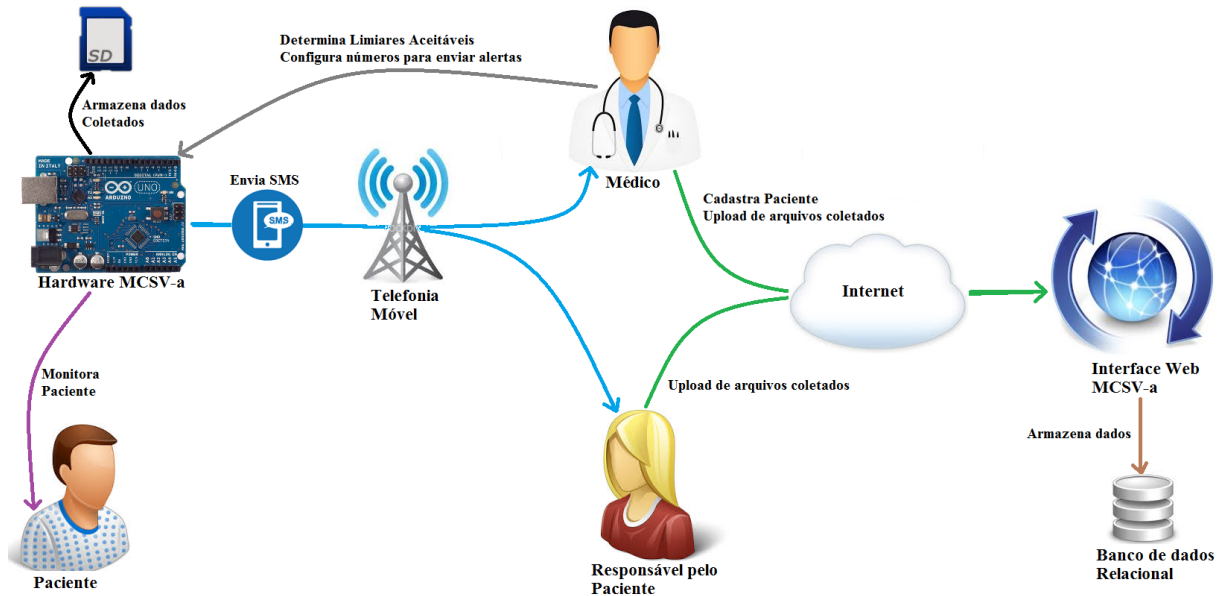
Através da análise da tabela é possível ver que existem algumas diferenças em questão de capacidade de monitoramento, de envio de alertas, armazenamento e indicação de uso entre os projetos apresentados. Um dos pontos em que o MCSV-a se distingue dos demais projetos se refere ao processamento dos dados coletados e a geração de alertas. O MCSV-a é

capaz de coletar os dados dos sinais vitais e os processar diretamente na plataforma Arduino e caso algum valor coletado esteja fora dos limiares cadastrados como aceitáveis um alerta é enviado do próprio Arduino via SMS. Esta estratégia dispensa a comunicação com um servidor central para gerar um alerta e assim mitiga as chances de falha no processo inerentes a comunicação externa. Outro ponto de destaque do MCSV-a é o armazenamento dos dados coletados em cartão SD evitando que os mesmos sejam perdidos por uma falha na comunicação com o servidor central. O MCSV-a é uma solução de baixo custo que pode ser utilizada tanto por pacientes em internação domiciliar quanto em internação hospitalar pois não demanda nenhum ajuste por parte do paciente. Depois de pré-configurado é necessário apenas manter os sensores conectados ao paciente e o chip da operadora de telefonia com crédito para o envio dos alertas. A detecção de quedas é outro diferencial da solução apresentada, pois este é um problema grave principalmente entre os idosos.

4. Metodologia

A partir da análise de ferramentas de *Home Care*, projetos efetuados na mesma área e da problematização, foi desenvolvido um protótipo denominado MCSV-a para monitorar indivíduos com doenças crônicas. O MCSV-a é composto por um *hardware* baseado em Arduino e por uma aplicação Web. Embora o foco principal do projeto seja o desenvolvimento do protótipo para monitorar o paciente a aplicação Web é importante para compor uma solução funcional. Através da aplicação Web será disponibilizada uma interface que permite o cadastro das informações pessoais dos pacientes em banco de dados e da atribuição de uma identificação única para cada paciente. É também através desta interface Web que os dados advindos do monitoramento remoto e armazenados no cartão SD poderão ser transferidos para o servidor e armazenados em banco de dados relacional. Para ilustrar o funcionamento do MCSV-a foi elaborado um diagrama que é apresentado na Figura 3.

Figura 3: Diagrama do MCSV-a



Fonte: o autor

Para o desenvolvimento do protótipo foi adotada a metodologia RUP (*Rational Unified Process*), que é uma metodologia que objetiva diminuir os riscos e aumentar a eficiência do desenvolvimento. O RUP é dividido em quatro etapas: i) Concepção; ii) Elaboração; iii) Construção e iv) Transição, onde são tratadas as questões de planejamento, levantamento de requisitos, análise, implementação, teste e implantação (KRUCHTEN, 2003).

4.1 Concepção

Na fase de concepção do projeto foi realizada a pesquisa e leitura de trabalhos publicados na literatura especializada em busca de iniciativas com objetivos semelhantes ao do MCSV-a. Todos os projetos encontrados foram analisados em busca de possíveis diferenciais e melhorias frente ao que já havia sido desenvolvido.

Nesta etapa de planejamento e levantamento de requisitos foram identificados todos os atores que iriam interagir com o protótipo, neste caso foi identificado o médico, paciente a ser monitorado e os responsáveis pelo paciente.

Após a identificação dos atores, foi definido como iria ocorrer a interação entre os mesmos e o MCSV-a. O profissional de saúde irá interagir através da interface de programação do Arduino para definir os limiares aceitáveis dos sinais vitais e através da interface Web para cadastrar um novo paciente e efetuar a transferência dos dados oriundos do monitoramento e armazenados no cartão SD para o servidor onde serão gravados em banco de dados.

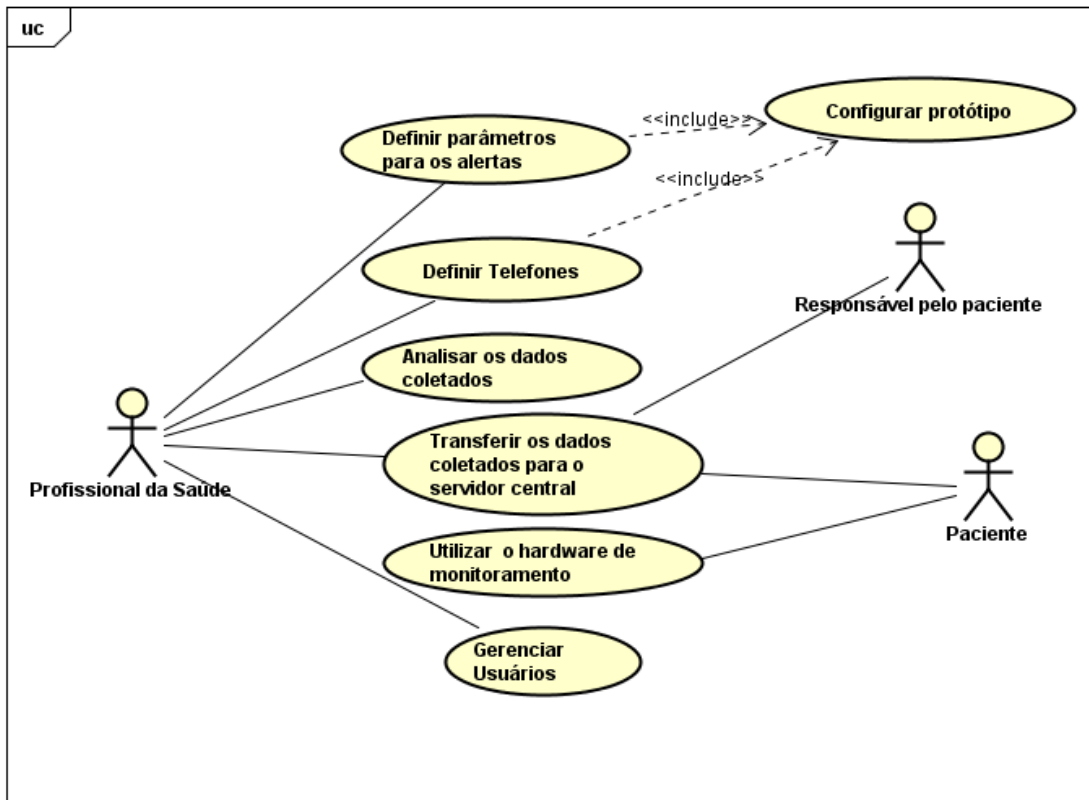
O paciente efetuará a interação como o MCSV-a através dos sensores ligados a ele e pela aplicação Web para efetuar a transferência dos dados oriundo no monitoramento e armazenados no cartão SD para o servidor onde serão gravados em banco de dados. Já os responsáveis pelo paciente além de efetuar a transferência dos dados armazenados no cartão SD para o servidor e receberão os alertas encaminhados via SMS.

4.2 Elaboração

Depois de concluída a fase de concepção, foi iniciada a elaboração, na qual foram elaborados os diagramas de caso de uso, levantamento dos requisitos, riscos e as tecnologias a serem utilizadas na fase de construção do protótipo.

A análise de requisitos iniciou com a pesquisa de trabalhos similares, onde foi possível identificar a importância e as dificuldades em monitorar os sinais vitais de indivíduos com doenças crônicas. A Figura 4 apresenta o diagrama de caso de uso, utilizado como base no desenvolvimento do MCSV-a.

Figura 4: Diagrama de caso de uso do MCSV-a



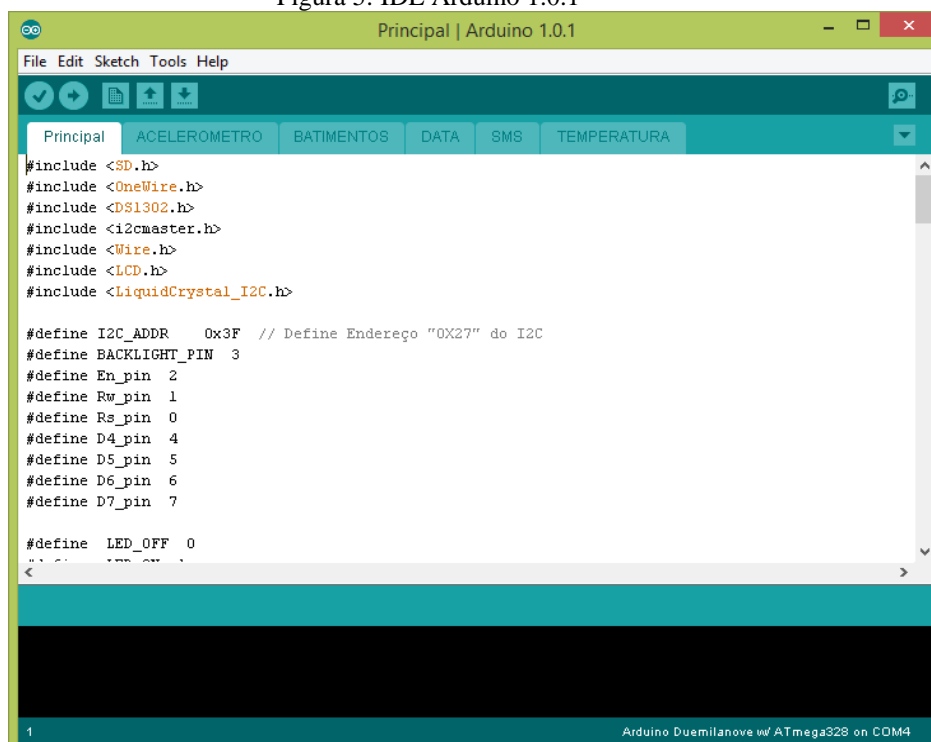
Fonte: o autor

4.3 Construção

Esta fase iniciou com aquisição dos equipamentos necessários para o desenvolvimento do protótipo proposto como solução para o problema identificado. Logo após o término da etapa de elaboração, foi feita a aquisição da placa Arduino, levando em conta que os demais componentes deveriam ser compatíveis com o modelo de placa adquirido. Com o modelo de placa Arduino definido começou a busca pelos sensores de batimentos cardíacos, temperatura, *shield* GSM, *shield* de tempo, *shield* SD card, acelerômetro de 3 eixos e um *display* para mostrar em tempo real o monitoramento.

Com os equipamentos em mãos, iniciou-se a fase de desenvolvimento, para efetuar a programação da placa Arduino, foi utilizada a interface de programação Arduino *Software IDE* na qual é utilizada a linguagem C para comunicação entre o Arduino e os componentes a ele conectados, a Figura 5 mostra a interface da IDE.

Figura 5: IDE Arduino 1.0.1



Fonte: Arduino (2015)

Para a entrega das funcionalidades foi utilizada a interatividade da metodologia RUP onde cada ciclo visa entregar uma funcionalidade pronta, sem a necessidade de voltar e testar novamente as já entregues.

No primeiro ciclo foi acoplada a *shield* GSM ao Arduino, já que as demais *shields* e sensores são acoplados diretamente a esta *shield*. Após efetuar a conexão da *shield* em questão foi efetuado um teste para certificar se seu funcionamento estava correto. Para isso foi desenvolvido um código onde era enviado um SMS para um número específico de telefone celular, depois de certificado o funcionamento do envio do SMS, o código foi estendido para suportar as demais funcionalidades.

Concluído o primeiro ciclo iniciou-se a conexão do *shield* de tempo, pois a partir desta é possível identificar a data e hora do monitoramento, após conectar este componente a placa GSM foi efetuado a inserção da data e hora atual, para conferir o funcionamento desta *shield* se utilizou o mesmo princípio aplicado à placa GSM, mas como saída foi utilizada a própria IDE de programação, sendo impresso a data e hora.

No terceiro ciclo de desenvolvimento foi conectado o sensor de temperatura e efetuada a programação deste. Para testar o funcionamento foi utilizada no primeiro momento a própria IDE como saída, para confirmar os valores foi efetuada a medição da temperatura corporal com um termômetro eletrônico comum. Este teste foi efetuado diversas vezes, em virtude de variações geradas pelo movimento do sensor.

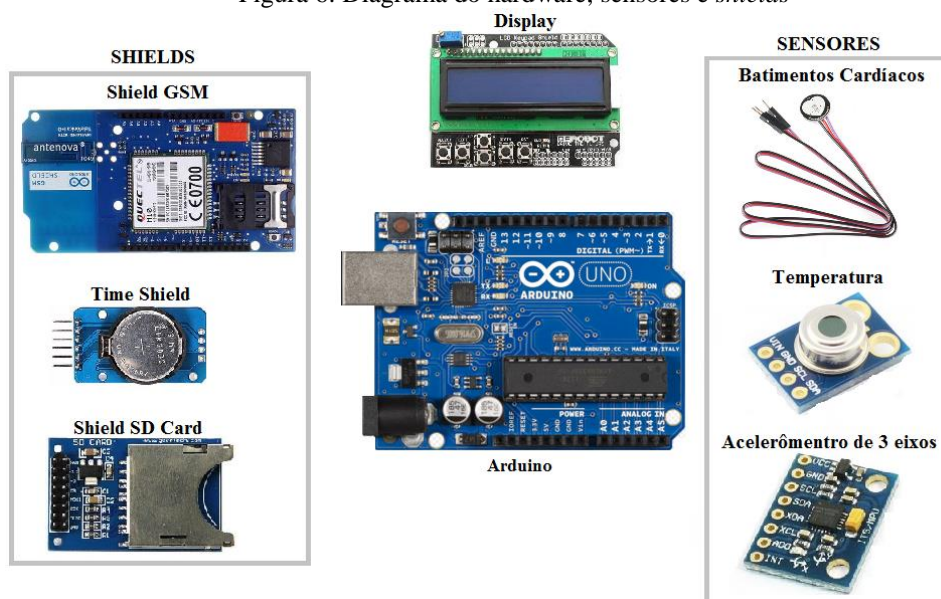
O quarto ciclo foi composto pela incorporação do sensor de batimentos cardíacos com sua conexão à plataforma e desenvolvimento do código fonte referente ao tratamento das informações deste sensor. Para os testes preliminares foi utilizada como saída para verificação dos valores gerados a própria IDE de programação. Para validar os dados obtidos com este sensor foi efetuada a comparação dos valores obtidos com dados obtidos de um sensor de esteira ergométrica.

No quinto ciclo foi conectado o acelerômetro de 3 eixos utilizado para identificar quedas. Diversos testes foram necessários a fim de identificar os valores aceitáveis como posição normal ou queda, mas mesmo com todas as simulações e valores identificados, ainda assim pode haver um falso-positivo na análise dos dados.

O próximo ciclo teve como meta a adição do *display* ao conjunto, pois a partir dele é possível observar os valores obtidos pelos sensores sem a necessidade de manter o protótipo conectado a um computador.

Por fim, foi incluída a *shield SD card* que é responsável pelo armazenamento dos dados coletados em cartão SD. Os dados coletados foram gravados em arquivo TXT (extensão para arquivos que contém apenas texto) com a seguinte estrutura: código do paciente monitorado (identifica o paciente no banco de dados), data e hora, batimentos cardíacos e a temperatura. A Figura 6 demonstra como ficou disponibilizados o hardware com as *shields* e sensores utilizadas no projeto.

Figura 6: Diagrama do hardware, sensores e *shields*



Fonte: o Autor

Já para parte Web utilizou-se a ferramenta Eclipse IDE para o desenvolvimento, utilizando-se a linguagem JAVA, juntamente com os *frameworks* Hibernate, JavaServer Faces (JSF) e Java Persistence API (JPA), também as linguagens HTML5 (*Hypertext Markup Language*) e CSS (*Cascading Style Sheets*). Para persistir os dados foi utilizado o banco de dados PostgreSQL.

A partir dos sensores é possível coletar os sinais vitais e detectar possíveis quedas, esses dados da coleta são armazenados em um arquivo texto no cartão SD. Após os dados gravados no arquivo é possível efetuar o *upload* para aplicação Web desenvolvida, para que seja possível visualizar os dados posteriormente, tendo em vista que o projeto tem como objetivo a coleta dos sinais vitais e não o processamento deles, por se tratar de áreas distintas.

5. Resultados

A pesquisa e desenvolvimento teve como resultado o protótipo denominado como MCSV-a que é composto por um *hardware* e um *software*. O *hardware* possui a capacidade de monitorar a temperatura e os batimentos cardíacos, identificar possíveis quedas do paciente, armazenar os dados coletados em um cartão SD e gerar alertas quando uma

anomalia for detectada. Já o *software* adiciona ao sistema a funcionalidade de gestão dos pacientes e armazenamento em banco de dados relacional dos dados oriundos do monitoramento. A gestão do paciente implica em um cadastro de dados pessoais e atribuição de um identificador único ao paciente que é definido pelo próprio sistema. O armazenamento dos dados coletados no monitoramento depende da transferência do arquivo de dados que é gravado no cartão SD, este *upload* do arquivo pode ser feito pelo médico ou pelo responsável pelo paciente. Uma vez transferido o arquivo de dados, o sistema faz o processamento do mesmo e a inserção dos registros no banco de dados relacional.

Em relação ao monitoramento e geração de alertas, o profissional de saúde é encarregado de definir os limites aceitáveis para os sinais vitais monitorados já que ele possui o conhecimento necessário para esta atividade e informar os números de celulares para os quais os alertas devem ser enviados. Esta configuração deve ser realizada diretamente na interface de programação do Arduino onde o médico deve informar o identificador único do paciente monitorado. O médico também pode extrair o cartão SD do *hardware* do MCSV-a e efetuar a transferência do arquivo com os dados coletados para o servidor de armazenamento. Cabe ao médico também a gestão dos pacientes cadastrados no *software* do MCSV-a.

Já com o código do paciente, os limites aceitáveis para os sinais vitais monitorados e os telefones previamente configurados no código, é efetuada a carga deste para a placa Arduino.

Após concluir a carga da configuração, o MCSV-a é conectado ao paciente e efetuado a calibragem dos sensores, uma vez concluída a calibragem o monitoramento inicia.

Além destes sensores de temperatura, batimentos cardíacos e acelerômetro de 3 eixos também foi adquirido um sensor de pressão arterial. Contudo infelizmente este sensor não chegou a tempo hábil de ser explorado, em virtude de ser importado. Durante o desenvolvimento do projeto a ideia de dispositivos ubíquos e pervasivos sempre estiveram em primeiro plano, assim buscou-se utilizar sensores não invasivos para não causar desconforto para o paciente. Esta é a justificativa para a não utilização de um sensor de pressão arterial convencional que implica na necessidade do paciente ficar imóvel para coletar a pressão arterial e inflar uma bolsa no pulso ou braço, causando desconforto.

A cada visita ao médico ou em períodos determinados e acordados entre o profissional de saúde, paciente e responsável, é retirado o cartão SD e conectado a um computador para

ser efetuado o upload para o banco de dados, este upload pode ser feito por qualquer um dos envolvidos no monitoramento.

6. Conclusão

É inegável a necessidade de ampliar o atendimento médico e proporcionar maior bem estar à população. Contudo, os sistemas de saúde, principalmente o brasileiro, sofrem com a falta de investimentos e aumento da demanda por atendimento. Assim é preciso focar esforços em melhorar a qualidade de vida dos enfermos com segurança, mas a custos menores.

O trabalho de pesquisa e desenvolvimento consistiu na criação de um protótipo com a capacidade de monitorar alguns sinais vitais, identificar quedas, armazenar os dados coletados e enviar alertas. Com este protótipo já é possível coletar dados que vão gerar subsídios para apoiar a decisão dos profissionais de saúde em busca de um diagnóstico mais preciso bem como prestar socorro ao paciente de maneira mais rápida e eficiente caso necessário. A presença de um sistema de monitoramento que geram alertas possibilita uma maior tranquilidade para o paciente e para seus familiares e cuidadores, pois estes serão avisados em caso de emergência de forma automática.

Durante o projeto foram encontradas algumas dificuldades como a escolha dos sensores, pois para monitorar a temperatura existem diversos tipos de sensores, sendo que cada um tem uma maneira diferente de coletar os dados. Para o protótipo foi testado dois modelos até se chegar ao utilizado. O mesmo ocorreu com o sensor de batimentos cardíacos, onde foram testados dois sensores e optado pelo que apresentou melhor desempenho. Já o sensor de pressão arterial teve que ser importado e barrou na burocracia da alfândega que atrasou a sua entrega e conseqüentemente seu teste.

O protótipo desenvolvido é plenamente funcional, mas não foi testado com pacientes reais devido a questões legais específicas da área médica. O próprio *hardware* Arduino não é desenvolvido para ser aplicado em situações que demandem alto desempenho e disponibilidade, contudo é uma plataforma ideal para projetos de pesquisa que visam explorar novas ideias que devem ser aperfeiçoadas até chegarem a fase de testes com pessoas e posteriormente comercialização.

O projeto de Monitoramento Contínuo de Sinais Vitais Utilizando Arduino, embora com escopo reduzido frente a vasta área de pesquisa na qual se encontra, mostrou que é viável e que merece muita atenção a aplicação da tecnologia na área da saúde.

7. Trabalhos futuros

O MCSV-a é um protótipo que objetiva o monitoramento remoto de pacientes com doenças crônicas. Assim como qualquer projeto há possibilidades de melhorias e expansão de funcionalidades, considerando o monitoramento remoto de pacientes o MCSV-a foca na coleta de dados de geração de alertas de anomalias, mas uma plataforma completa de monitoramento envolve um conjunto complexo de sistemas que devem garantir seus requisitos para o correto funcionamento de toda a plataforma.

Como projetos futuros de melhoria do MCSV-a podemos elencar alguns como: adicionar uma *shield* de localização geográfica do paciente; incorporar outros sensores a fim de monitorar a pressão arterial e a oxigenação sanguínea; emitir alertas sonoros em caso de anomalias; adicionar uma interface de comunicação via rede *ethernet* ou *wireless*; enviar os dados coletados em tempo real para o servidor central; desenvolver uma interface que facilite a programação do hardware do MCSV-a pelo profissional de saúde.

É necessário considerar que o monitoramento da saúde das pessoas é uma atividade complexa com muitas variáveis, contudo o protótipo aqui apresentado consiste em um primeiro passo importante nesta longa jornada que provavelmente mostrará não ter fim frente ao desenvolvimento de novas tecnologias e o agravamento das patologias.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, B. G.; VALENTIM, R. M.; GUERREIRO, A. G.; LEITE, C.M.; LACERDA, J. T.; NAVARRO, D. O. A. C.. **Middleware para monitoramento e envio de alertas aplicado ao ambiente hospitalar**. Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde, 2011.

Arduino GSM Shield - <<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield>> acessado em 06/06/2015

BARROS, W. L. M.; FRESSATT, W.; **Protótipo de Atendimento Domiciliar Automatizado: Home Care de Baixo Custo.** Disponível em: <http://web.unipar.br/~seinpar/2014/artigos/graduacao/wilker_machado.pdf> acesso em 24/09/2014.

DAMIÃO, D. C.; **Assistência domiciliar - Home Care: características e benefícios.** 2011. 12 f. Monografia (Terapia INTensiva). Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ucb.br/jspui/handle/10869/4877>

FANG, Z.; ZHAO, Z.; SUN, F.; CHEN, X.; LI, H.; TIAN, L. The 3AHcare node: health monitoring continuously. **Healthcom**, Beijing, p. 365–366, Oct. 2012.

GONÇALVES, P. R. P.; **Monitorização remota de paciente em ambulatório.** Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10284/1226>>.

JUNIOR, J. M. **Protótipo de mão robótica de baixo custo para reabilitação.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Sistemas de Informação). Sistemas de Informação, Unipar - Universidade Paranaense de Paranavaí, Paranavaí, 2012.

KIM, H.-C.; CHUNG, G.-S.; KIM, T.-W.; **A Framework for Health Management Services in Nanofiber Technique-based Wellness Wear Systems.** Healthcom, Sydney, NSW, p. 70–73, 2009.

KRUCHTEN, P.; **Introdução ao RUP - Rational Unified Process**, Rio de Janeiro: Ciencia Moderna. 2003

LIU, W.; PARK, E.; KRIEGER, U.; **eHealth Interconnection Infrastructure Challenges and Solutions Overview.** Healthcom, Beijing, p. 255–260, Oct. 2012.

MCROBERTS; M. **Arduino Básico.** São Paulo: Novatec Editora, 2011.

SCHATZ, B. R.; **New health systems using network information technologies.** ACM **SIGHT Record**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 23–26, set 2011.

SILVA, K. C. N.; **Monitoramento da saúde humana através de sensores: análise de incertezas contextuais através da teoria da evidência de Dempster-Shafer.** Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3141/tde-01082013-160349/pt-br.php>>.

WANG, F.; TURNER, K.; **Towards personalised home care systems. PETRA 08 - Proceedings of the 1st international conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments**, [S.l.], n. 44, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global status report on noncommunicable diseases 2010**. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789240686458_eng.pdf>. Acesso em: novembro. 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Noncommunicable Diseases Country Profiles 2014**. Disponível em: <<http://www.who.int/nmh/publications/ncd-profiles-2014/en/>>. Acesso em: junho. 2015

WORLD HEALTH ORGANIZATION Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/lancet-ageing-series/en/>> Acesso em: junho. 2015