

**UNIVERSIDADE DE SOROCABA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM PROCESSOS TECNOLÓGICOS E
AMBIENTAIS**

RENATO MARAGNA JUNIOR

**ESTUDO PARA APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS ASSISTIVAS PARA APOIO A
PESSOAS COM PARALISIA SUPRANUCLEAR PROGRESSIVA (PSP)**

**Sorocaba / SP
2017**

Renato Maragna Junior

**ESTUDO PARA APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS ASSISTIVAS PARA APOIO A
PESSOAS COM PARALISIA SUPRANUCLEAR PROGRESSIVA (PSP)**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Processos Tecnológicos e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Waldemar Bonventi Junior

**Sorocaba
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA

MARAGNA JUNIOR, RENATO

**M258E ESTUDO PARA APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS ASSISTIVAS
PARA APOIO A PESSOAS COM PARALISIA SUPRANUCLEAR
PROGRESSIVA (PSP) / RENATO MARAGNA JUNIOR. – 2017.**

69 F. : IL.

**ORIENTADOR: PROF. DR. WALDEMAR BONVENTI JUNIOR
DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM PROCESSOS
TECNOLÓGICOS E AMBIENTAIS) – UNIVERSIDADE DE
SOROCABA, SOROCABA, SP, 2017.**

Renato Maragna Junior

**ESTUDO PARA APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS ASSISTIVAS PARA APOIO A
PESSOAS COM PARALISIA SUPRANUCLEAR PROGRESSIVA (PSP)**

**Dissertação aprovada como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre no Programa
em Processos Tecnológicos e Ambientais da
Universidade de Sorocaba.**

Aprovado em: 13/11/2017

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. Dr. Waldemar Bonventi Junior
Universidade de Sorocaba**

**Prof. Dr. José Luiz Antunes de Almeida
FATEC Sorocaba**

**Prof. Dr. Norberto Aranha
Universidade de Sorocaba**

Dedico este trabalho ao Prof. Waldemar Bonventi Junior, por sua amizade e paciência. A todos que me ajudaram a produzir este trabalho e sobretudo a Deus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar saúde e capacidade para estudar e evoluir como ser humano.

Aos meus amigos Israel Mendes e Antonio Carlos Milito que me proporcionaram ajuda ímpar, acreditaram em minha capacidade, competência e palavra.

A família que constitui, faz todos os meus dias serem diferentes independentemente de minha vontade e força.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para elaboração deste trabalho.

O ser humano vivencia a si mesmo, seus pensamentos como algo separado do resto do universo - numa espécie de ilusão de ótica de sua consciência. E essa ilusão é uma espécie de prisão que nos restringe a nossos desejos pessoais, conceitos e ao afeto por pessoas mais próximas. Nossa principal tarefa é a de nos livrarmos dessa prisão, ampliando o nosso círculo de compaixão, para que ele abranja todos os seres vivos e toda a natureza em sua beleza. Ninguém conseguirá alcançar completamente esse objetivo, mas lutar pela sua realização já é por si só parte de nossa liberação e o alicerce de nossa segurança interior.

Albert Einstein

RESUMO

Neste trabalho foi proposto um sistema de supervisão para amparo a pessoa com Paralisia Supranuclear Progressiva (PSP), um tipo de degeneração neurológica que não tem cura, causa diversos males como dificuldade motora e cegueira. Durante a evolução do estudo procurou-se estabelecer uma conexão entre as dificuldades do paciente e a utilização de Tecnologias Assistivas, um método de automação para residências, para que o doente e os indivíduos envolvidos pudessem ter um suporte de tais recursos e equipamentos disponíveis e, em especial, prospectar um modelo de uso da Tecnologia Assistiva em função de cada estágio da doença. Objetivou-se a aplicação de elementos de automação existentes no mercado nas linhas de mobilidade, fala e monitoramento. A primeira etapa foi a de idealizar o grau de dificuldade do paciente em relação ao seu cotidiano como comer, andar, falar e, principalmente, nos momentos de queda e possíveis engasgos com alimento líquidos e outros fluídos. Na segunda etapa com base nas filosofias de automação residencial e Tecnologias Assistivas, foi proposto um modelo deste sistema. A utilização de sensores como de presença, célula de carga, sistema de reconhecimento de voz, foram explorados neste trabalho, sempre com base nas necessidades que o indivíduo apresenta em cada estágio da doença do seu cotidiano. É importante salientar que o indivíduo não participou dos estudos e que sequer testou os equipamentos. Todo o trabalho foi idealizado com base em modelos de comportamento observados nas literaturas estudadas.

Palavras chave: **Paralisia Supranuclear Progressiva, Tecnologias Assistivas, Sensores de Presença, Célula de Carga, Reconhecimento de Voz.**

SUMMARY

In this work the possibility of using a supervisory system to support the person with Progressive Supra Nuclear Palsy (PSP), a type of neurological degeneration that causes several evils such as motor difficulty, blindness and that has no cure, was evaluated. During the evolution of the study, it was tried to establish a connection between the patient's difficulties and the use of assistive technologies, a home automation method, so that the patient and the individuals involved could have a support of such resources and equipment available, and In particular to prospect a model of use of assistive technology in function of each stage of the disease. The objective was to apply automation elements existing in the market in the lines of mobility, speech and monitoring. The first step was to idealize the degree of difficulty of the patient in relation to their daily life as eating, walking, talking and especially in the moments of fall and possible gagging with liquid food and other fluids, in the second stage based on the philosophies of residential automation and Assistive technologies, a model of this system was proposed. The use of sensors such as presence, load cell, voice recognition system were explored in this work always based on the needs that the individual presented in each stage of the disease and their daily life. It is important to point out that the individual did not participate in the studies and that if one wanted to test the equipment, all the work was idealized based on behavior models observed in the studied literature

Key words: **Progressive Supranuclear Palsy, Assistive Technologies, Presence Sensors, Load Cell, Speech Recognition.**

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - EXEMPLO DE PROJETO ELÉTRICO.....	17
FIGURA 2 - MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DO PROJETO.....	18
FIGURA 3 – MODELOS DE ELEMENTOS DE SUPERVISÃO DE MÁQUINAS.....	20
FIGURA 4 - EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DE SUPERVISÃO NA INDÚSTRIA.....	21
FIGURA 5 - TOPOLOGIA DE FUNCIONAMENTO DO PROJETO.....	24
FIGURA 6 - SENSOR INFRAVERMELHO.....	25
FIGURA 7 - ESQUEMA DE CAPTAÇÃO DO SINAL INFRAVERMELHO.....	26
FIGURA 8 - REGIÃO DE ATUAÇÃO DO SENSOR INFRAVERMELHO	27
FIGURA 9 - ESQUEMA DE INSTALAÇÃO DO SENSOR ÓPTICO	28
FIGURA 10 - SENSOR ULTRASSÔNICO	29
FIGURA 11 - FLUXOGRAMA SUB-ROTINA SENSOR DE PRESENÇA X ULTRASSÔNICO	31
FIGURA 12 - SENSOR DE PALMAS	32
FIGURA 13 - CIRCUITO ELETRÔNICO SENSOR DE PALMAS.....	32
FIGURA 14 - SUB-ROTINA SENSOR DE PALMAS	33
FIGURA 15 - SUB-ROTINA PARA EVENTOS CÍCLICOS.....	34
FIGURA 16 - ESQUEMA DE LIGAÇÃO SENSOR E ARDUÍNO	35
FIGURA 17 - ACELERÔMETRO DE 6 GRAUS DE LIBERDADE.....	36
FIGURA 18 - SUB ROTINA SENSOR ACELERÔMETRO.....	37
FIGURA 19 - CÉLULA DE CARGA PARA USOS EM BALANÇAS.....	38
FIGURA 20 - MÓDULO DE AMPLIFICAÇÃO PARA CÉLULA DE CARGA.....	39
FIGURA 21 - PONTE RESISTIVA QUE FORMA A CÉLULA DE CARGA.....	40
FIGURA 22 - INTEGRAÇÃO ENTRE CÉLULA DE CARGA E MICRO CONTROLADOR	40
FIGURA 23 - MÓDULO RECONHECEDOR DE VOZ.....	41
FIGURA 24 - SUB ROTINA PARA O COMANDO DE VOZ	42
FIGURA 25 – DIAGRAMA DE BLOCOS DA INTEGRAÇÃO DOS ELEMENTOS.....	45
FIGURA 26 - EXEMPLO DE BARRAMENTO BEP	48
FIGURA 27 - ETIQUETA DE IDENTIFICAÇÃO DE CABOS.....	49
FIGURA 28 - LAY OUT QUADRO DE ALIMENTAÇÃO E CONTROLE.....	50
FIGURA 29 - AMBIENTE DE VIDA ANTES DAS ALTERAÇÕES.....	51

FIGURA 30 - ALTERAÇÃO DA ESCADA POR RAMPA.....	52
FIGURA 31 - LAY OUT DE PROJETO DE AUTOMAÇÃO	53
FIGURA 32 - FLUXOGRAMA APRENDIZADO IA	57
FIGURA 33 - EXEMPLO DE REDE NEURAL	59

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - AJUSTE DO SENSOR INFRAVERMELHO	25
QUADRO 2 - CARACTERIZAÇÃO DO CENÁRIO	27
QUADRO 3 - EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO SENSOR DE PALMAS	34
QUADRO 4 - PADRÕES DE SINAL PARA O SENSOR ACELERÔMETRO	36
QUADRO 5 - CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO PARA O TAPETE	39
QUADRO 6 - EXEMPLOS DE AÇÕES POR COMANDO DE VOZ.....	41
QUADRO 7 - CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS	46
QUADRO 8 - DIMENSÕES DAS DEFINIÇÕES DE IA	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CLASSE DE POTÊNCIA DO BLUETOOTH.....	30
TABELA 2 - DIÁRIO DO PACIENTE.....	44
TABELA 3 - DETALHAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA.....	48
TABELA 4 - RELAÇÃO DE MATERIAIS.....	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Automação Residencial, Domótica e Tecnologias Assistivas	16
1.1.1 Tecnologia Assistiva.....	18
1.2 Assistência automática a pacientes imobilizados ou com necessidades especiais	19
1.2.1 O papel da assistência automática.....	19
1.2.2 Paralisia Supranuclear Progressiva	21
2 PROJETO DO SISTEMA	23
2.1 Escopo e Descrição Geral	23
2.2 Subistema de Sensoriamento de movimentos	24
2.2.1 Monitoramento por sensor infravermelho.....	25
2.2.2 Monitoramento por sensor ultrassônico.....	28
2.3 SUBSISTEMA DE SENSORIAMENTO DE SONS E MOVIMENTO	31
2.3.1 Sensor de Palmas	31
2.3.2 Sensor giroscópio ou acelerômetro	35
2.4 Subistema de aviso de quedas em cama	37
2.5 Subistema de Detecção de voz em pedido de auxílio, desconforto ou pânico	40
3 INTEGRAÇÃO, CRITÉRIOS E O AMBIENTE DE INSTALAÇÃO	43
3.1 Integração dos subsistemas	43
3.2 Critérios de projeto e instalação	45
3.2.1 Influências externas.....	46
3.2.2 Critérios de instalação	47
3.2.3 Ambiente de instalação	50
4 UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	55

5 CONCLUSÃO	61
6 REFERÊNCIAS	63
ANEXO A – INFLUÊNCIAS EXTERNAS.....	66
ANEXO B – GRAU DE PROTEÇÃO IP DO EQUIPAMENTO	69

1 INTRODUÇÃO

1.1 Automação Residencial, Domótica e Tecnologias Assistivas.

Quando da execução de uma atividade, o homem sempre buscou formas de melhorar e aprimorar essa tarefa, fosse para diminuir o esforço, produzir mais em menos tempo, melhorar aspectos de segurança e otimizar os recursos envolvidos. No século XVIII, com a invenção da máquina a vapor, a humanidade pode experimentar uma nova forma de produzir e com isso nasceu o conceito de automação industrial. Com o avanço tecnológico o conceito de automação industrial migrou para os segmentos comerciais, hospitalares e residenciais. Está presente desde o acionar de um interruptor até o controle de acesso de pessoas em ambientes e de edificações. Para Groover (2010), um sistema automatizado é aquele em que a máquina realiza as atividades no lugar do homem, que não participa de forma direta do processo.

Na visão de Prudente (2017, p 1) descreve a automação residencial:

A automação predial e residencial (em inglês, *home & building automation*) é a tecnologia que estuda a automação de um prédio ou habitação. Domótica é o termo muitas vezes utilizado para identificar a automação residencial (*home automation*), que deriva do neologismo francês “*domotique*”, que significa literalmente “casa automática”. A automação predial (*building automation*) se refere as funções relativas a um prédio.

A automação residencial ainda não se difundiu no Brasil, em países desenvolvidos a gama de produtos e serviços é muito grande; vão desde pequenos sensores a sistemas de gerenciamento a distância.

Com o potencial de gerenciamento proporcionado pelos processos de automação e amplamente desenvolvido pela indústria, isso pode ser muito bem aproveitado pelos processos de automação residencial e outros segmentos.

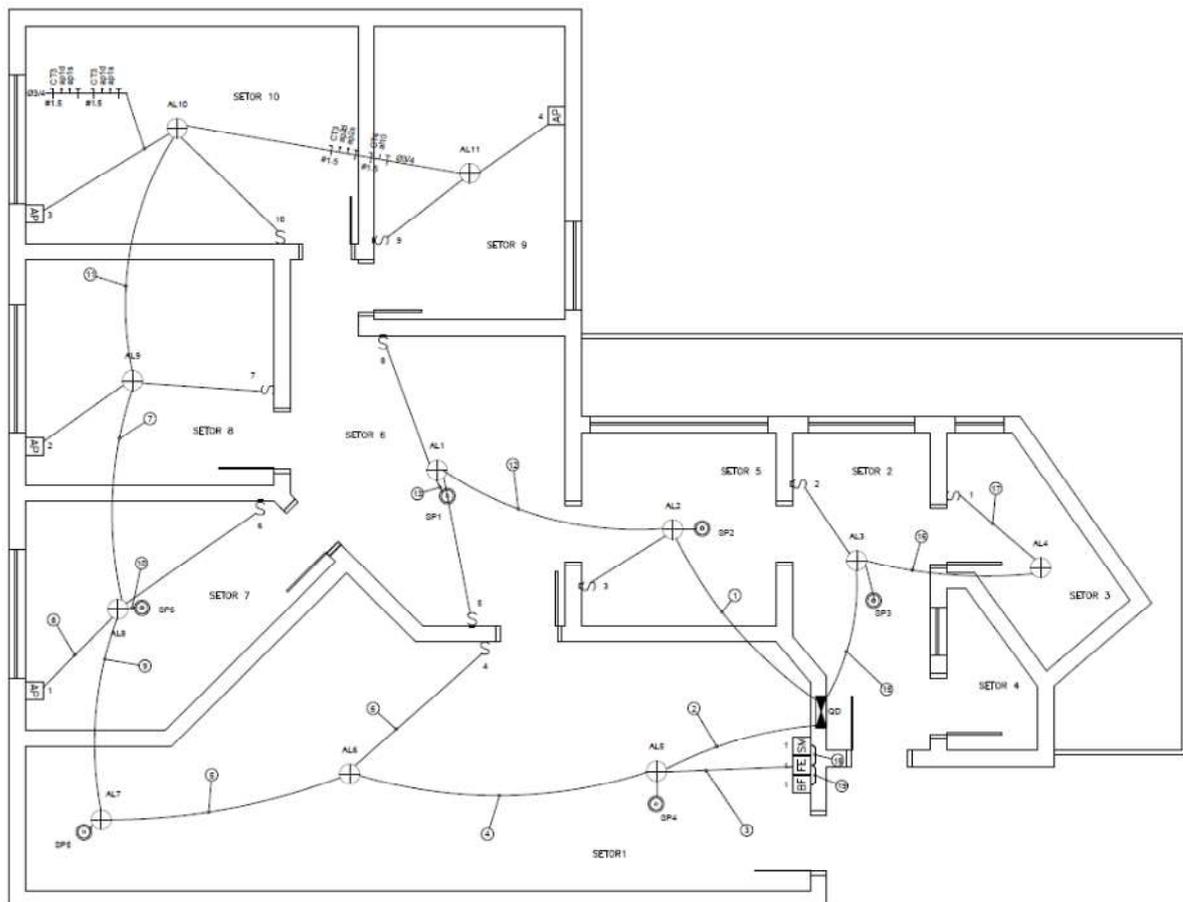
Quando se fala em acender uma lâmpada automaticamente, ou fechar uma cortina ou até mesmo desligar um sistema de climatização do ambiente, está sendo utilizado um processo de automação que pode ser uma forma de Tecnologia Assistiva, em que diversos elementos foram integrados e são comandados por uma unidade central que, por meio de sensores, reconhecem a intervenção do usuário e, com base em padrões pré-definidos, executam instruções também previamente definidas. Em um local de habitação ela pode auxiliar no conforto na utilização de equipamentos como banheiras, “*receivers*”, na segurança, como detecção de vazamento de gases, e da presença de fumaça, no controle de iluminação e equipamentos de tal forma a

evitar o desperdício de energia elétrica e no suporte de pessoas com necessidades especiais. Neste último caso, a automação recebe o nome de Tecnologia Assistiva e pode também envolver a utilização de equipamentos médico-hospitalares.

É importante ressaltar que uma boa automação residencial nasce de um bom projeto, em que todas as necessidades são consideradas e avaliadas para propor a melhor solução. A Figura 1 apresenta um modelo de projeto elétrico que precede o projeto de automação residencial.

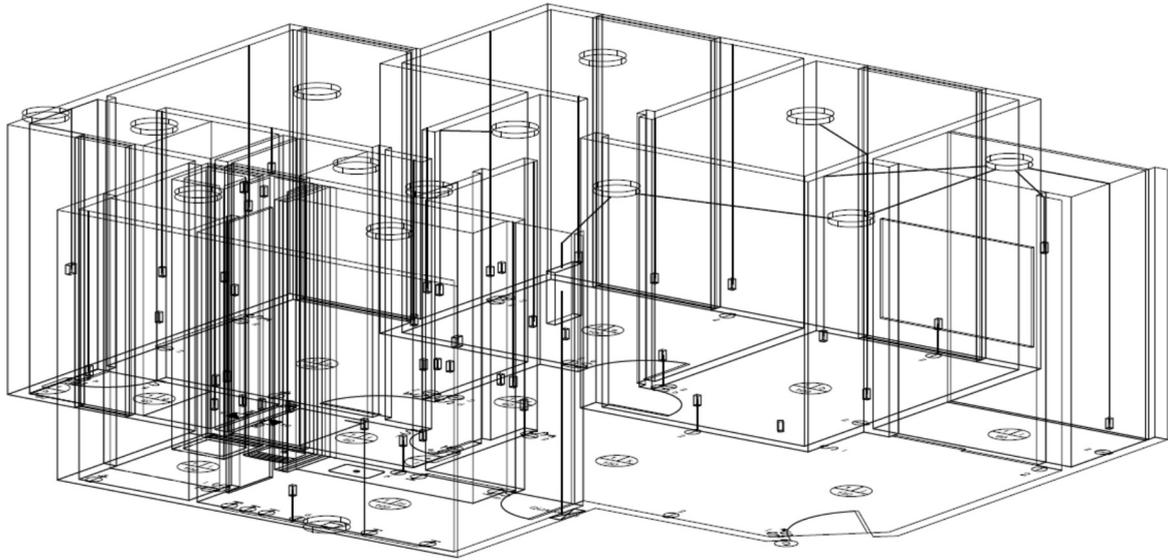
A Figura 2 mostra a montagem tridimensional de um projeto elétrico. A complexidade de uma instalação pode dificultar ou até mesmo inviabilizar a aplicação de alguns métodos de automação residencial, principalmente os métodos de comunicação cabeados.

Figura 1 - Exemplo de Projeto Elétrico



Fonte: Próprio Caddproj Elétrica, software

Figura 2 - Modelagem Tridimensional do Projeto



Fonte: Próprio Caddproj Elétrica, software

1.1.1 Tecnologia Assistiva

A utilização da automação para apoio as pessoas com necessidades especiais como mencionado é descrita como Tecnologia Assistiva e Bersch (apud. Pila 2008, p. 32) descreve a Tecnologia Assistiva como:

Um termo ainda novo, utilizado para identificar todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e consequentemente promover vida independente e inclusão. No sentido amplo percebemos que a evolução tecnológica caminha na direção de tornar a vida mais fácil. Sem nos apercebermos utilizamos constantemente ferramentas que foram especialmente desenvolvidas para favorecer e simplificar as atividades do cotidiano, como os talheres, canetas, computadores, controle remoto, automóveis, telefones celulares, relógio, enfim, uma interminável lista de recursos, que já estão assimilados nesta rotina.

O termo Tecnologia Assistiva foi implantado no Brasil em 1988, e derivou da palavra em inglês “*assistive technology*”, sendo a sua finalidade diferenciar os equipamentos da área médica de outros similares e padroniza-los conforme descreve KLEyna (2012, p. 32).

Entre as necessidades especiais de um indivíduo estão as doenças do sistema nervoso central em particular, neste trabalho, a Paralisia Supranuclear Progressiva (PSP) em inglês “

1.2 Assistência automática a pacientes imobilizados ou com necessidades especiais.

1.2.1 O papel da assistência automática.

Pessoas imobilizadas, com dificuldade de mobilidade, com problemas de fala entre outros tipos de enfermidades tem seu quadro agravado na vida doméstica em decorrência de acidentes como quedas, engasgamento, queimaduras entre outras ações, que para uma pessoa normal traz pouco risco e, estão presentes em todos os lares. Geralmente essas pessoas precisam de um cuidador em tempo integral que deve estar sempre atento para mitigar ou anular essa possibilidade de acidente. Porém, é possível que o paciente, em algum momento, fique só e a utilização de um sistema de supervisão trará grandes benefícios ou até mesmo poderá salvar a vida dessa pessoa. Com o advento da Internet das Coisas¹ “IoT”, essa supervisão pode ser acompanhada por parentes ou outras pessoas envolvidas diretamente.

Pessoas acamadas tendem a ter mais facilidade de morrer sufocadas com líquidos e até mesmo com o próprio muco². Necessitam de supervisão em tempo integral. Pessoas com dificuldades motoras ou de mobilidade têm propensão a acidentes por queda. Nos casos de acidentes que envolvem líquidos como leite ou água, um simples som ou aceno “visto” pelo sensor pode ativar o sistema de alarme.

Na indústria, a supervisão automática de uma máquina pode salvar vidas, impedindo que o operador tenha acesso a partes em movimento ou ambientes com grau de periculosidade e insalubridade definidos, a NR 12³ estabelece métodos de segurança para esses procedimentos que têm a utilização de sensores, atuadores, botões, sirenes entre outros dispositivos. Esse conceito pode ser transferido para a automação residencial (Tecnologia Assistiva) com os ajustes para esse tipo de cenário. A Figura 3 ilustra exemplos de elementos e supervisão de máquinas para indústria.

¹ “Internet of Things” descrita em 1999 por Kevin Ashton

² Fluido ou secreção de aspecto viscoso, com excesso de água e outros componentes, geralmente encontrado nos tecidos e produzido nas membranas mucosas; mucosidade.

³ NR 12 MTE – Norma Regulamentadora 12 – Segurança do Trabalho em Máquinas e Equipamentos

Figura 3 – Modelos de elementos de supervisão de máquinas



- 1 – Tapetes Sensíveis de segurança
- 2 – Bordas Sensíveis de segurança
- 3 – cortinas de luz
- 4 – Relé de segurança

Fonte: Catálogo CAPI – Controle e Automação, disponível em:
<http://www.capicontrol.com.br/seguranca-de-maquinas-seguranca-de-maquinas-nr12>. Acesso em 22/02/2017

Um aspecto importante na elaboração do processo de supervisão é o conhecimento da rotina do usuário e o ambiente no qual ele está inserido. Novamente a aplicação da NR 12 serve de parâmetro para esse entendimento. Aspectos importantes são:

- ✓ *Lay out* do ambiente
- ✓ Pontos de acesso
- ✓ Degraus, corrimãos e rampas e mudanças de nível
- ✓ Iluminação do ambiente e condições de ruído
- ✓ Anteparos como móveis e pilares
- ✓ Acesso ao banheiro e dormitório.
- ✓ Áreas externas, pisos e acesso à rua

- ✓ Elementos rotativos como motores e locais quentes.

A Figura 4 ilustra a aplicação na indústria para um modelo de supervisão, no meio de interação do usuário.

Figura 4 - Exemplos de aplicação de supervisão na indústria



Fonte: Profa. Eng. Teresa Botelho, disponível em: <http://eletricidade2332.blogspot.com.br/>. Acesso em 03/11/2016

1.2.2 Paralisia Supranuclear Progressiva

A Paralisia Supranuclear Progressiva (PSP) foi descrita pela primeira vez em 1904, também conhecida como Síndrome de Steele-Richardson-Olszewski recebeu a definição de entidade clínico-patológica em 1964 por Steele, Richardson e Olszewski (CARVALHO, 2011, p. 15).

Trata-se de uma desordem parkinsoniana mais comum após a doença de Parkinson e que ainda é uma síndrome sub diagnosticada. É uma doença degenerativa e incapacitante de forma progressiva, que causa perda das habilidades motoras, da capacidade de fala, paralisia ocular e demência. É uma doença que não possui cura e atinge principalmente homens entre 50 a 70 anos de idade, que pouco responde aos tratamentos atuais (CARVALHO, 2011, p15).

O portador de PSP torna-se incapaz de exercer as atividades do dia e corre grandes riscos de acidentes domésticos como quedas, queimaduras e sufocamentos. Com o avanço da doença a pessoa perde a capacidade de ficar sozinha e deve ser assistida o tempo todo.

A utilização de Tecnologias Assistivas pode auxiliar na supervisão desse paciente, porém não substitui o cuidador, ficando o uso da automação para apoio no cotidiano do doente.

Como a PSP é um tipo de Parkinson pode-se observar a resistência do portador a doença e as dificuldades de mobilidades, procurando a todo momento agir como se as condições incapacitantes não estivessem presentes (GUIA MINHA SAÚDE ESPECIAL, 2016, p. 24).

Quando está sozinho, mesmo que por um intervalo pequeno, tenta agir por si e é nesse momento que o acidente pode ocorrer. Nesse caso, a utilização de recursos de alerta sonoro e luminoso pode chamar a atenção do cuidador desse paciente.

Com o avanço da PSP a fala do paciente fica mais difícil de ser compreendida e a junção fonética das palavras perde suas características. Nesse momento o uso de um elemento reconhecedor de voz, com padrões pré-definidos de fala, poderá auxiliar na supervisão dessa pessoa.

O portador de PSP perde a capacidade gritar, falar em voz alta, tornando-o incapaz de pedir socorro. Os sons emitidos então quando padronizados e registrados em um reconhecedor de voz podem fazer o papel de pedir socorro.

Outro problema muito comum é a perda da marcha que traz quedas frequentes. Nesse caso, o uso associado de um acelerômetro com sensores de presença pode fazer a supervisão do portador de PSP.

Envolvem esse tipo de situação:

- ✓ A queda para o lado quando o portador de PSP está sentado e o mesmo não consegue voltar à posição em que estava;
- ✓ Quando se desloca e perde o equilíbrio, apoia-se em algum local e não consegue voltar;
- ✓ Quedas com ou sem lesões e fraturas

O uso de uma pulseira ou cinto com acelerômetro e os sensores de presença fazem a supervisão acionando os elementos de saída (alarmes sonoros e luminosos) e o cuidador retornará ao ambiente.

Espera-se que com a integração desses atuadores/sensores associados a Redes Neurais Artificiais possa-se ter a previsibilidade do comportamento quanto à fala e à queda do portador PSP em momentos em que a atuação direta desses sensores não seja capaz de reconhecer as situações descritas.

2 PROJETO DO SISTEMA

2.1 Escopo e Descrição Geral

O projeto desenvolvido tem como premissa a supervisão do portador de PSP em seu ambiente residencial com foco nas seguintes características:

- ✓ Monitoramento de quedas ou deslocamento sem supervisão
- ✓ Solicitação de ajuda por parte do paciente por sons característicos ou acenos.

A escolha dessas características de projeto nascem em função do quadro em que o paciente se encontra, sabendo que o cuidador em dado momento pode se ausentar do ambiente em situação de utilizar o banheiro, atender ao portão ou preparar refeições, associada à resistência do paciente em aceitar a dificuldade, limitação ou incapacidade de independência, leva a se aventurar em se deslocar, sozinho, comer, tentar executar tarefas, tentar se levantar da cama sem auxílio entre outras ações que podem levar a acidentes.

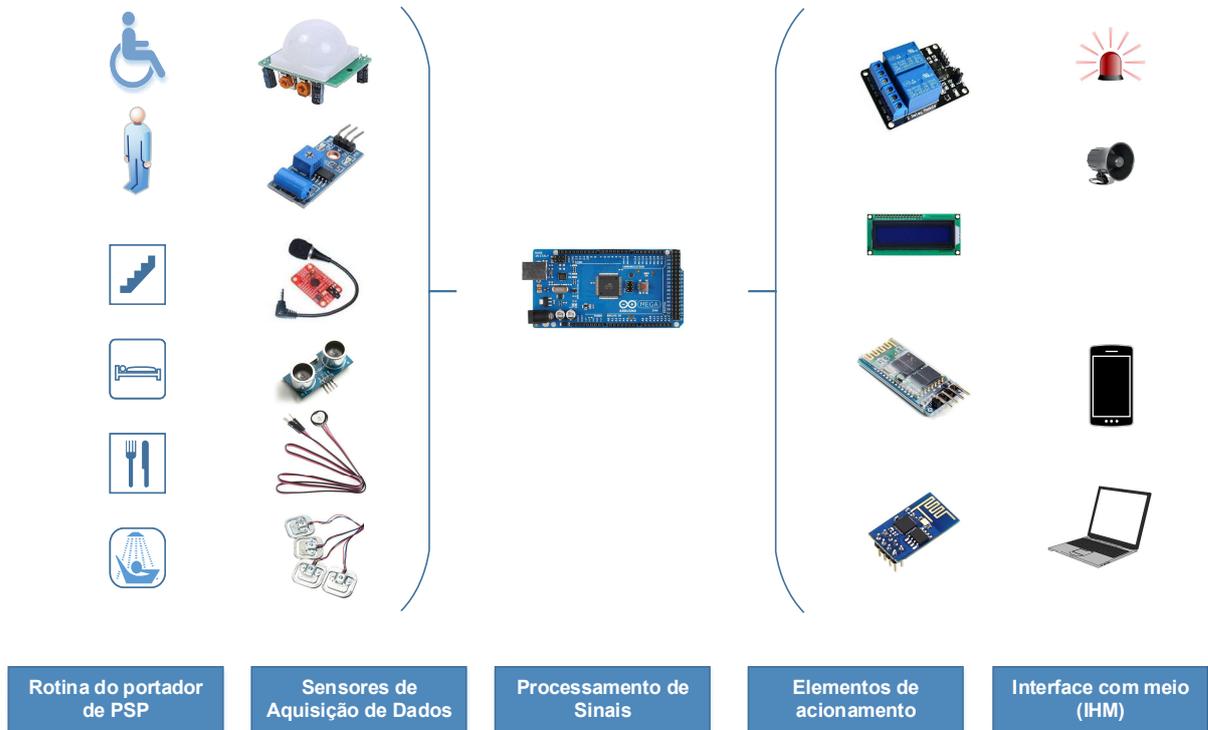
O cenário de monitoramento das quedas ou deslocamento ocorre quando o paciente pode tentar se levantar e cair da cama. Nesse caso, um tapete dotado de uma célula de carga fará o monitoramento. No caso do deslocamento em uma escada, ou pisos com mudança de nível, os sensores de presença e ultrassônico fazem a supervisão. Para a situação em que o paciente se acidenta fora da área de cobertura desses sensores um sensor de vibração associado ao corpo do paciente pode atuar.

No cenário de pedido de ajuda, o paciente pode produzir sons característicos, que um sistema reconhecedor de voz previamente preparado, faz o reconhecimento da fala com o pedido de socorro. Pode também produzir acenos, quando possível. Para essa função um sensor de palmas faz esse papel.

Outra linha de atuação do protótipo é o aviso das pessoas envolvidas e que estão ou não no ambiente. Na ótica da supervisão a distância, nesse caso, uma mensagem é enviada a essas pessoas. A ideia é configurar que tipos de mensagens devem ser enviadas para que não seja transmitida uma infinidade de informações e com isso torne a aplicação inviável. O interlocutor do paciente faz o filtro de quais classes de mensagens ele receberá, como aviso de quedas, aviso de engasgamento ou sufocamento, ficando como condição secundária o deslocamento de um ambiente ao outro.

O desenvolvimento do projeto se faz com a integração de diversos subsistemas que se comunicam por meio de uma unidade de processamento central (Figura 5).

Figura 5 - Topologia de funcionamento do projeto



Fonte: Elaboração Própria

O processamento central é feito por um Arduino® Mega® que recebe os sinais dos sensores de presença, de voz, de vibração, de carga e de ultrassom. Cada tipo de sinal é tratado e com estrutura de decisão implementada no microcontrolador, que gera a resposta de saída correspondente para a atuação dos elementos como sirenes ou sinais visuais. Outra linha de acionamento externo é a comunicação entre o microcontrolador, o computador, dispositivos móveis e display que traz a informação do funcionamento do sistema em tempo real.

O melhor ajuste de todo o sistema deve ser feito quando está em operação e com usuário para definir os melhores sets points, pois cada paciente tem sua característica e o projeto deve trazer essa flexibilidade.

2.2 Subsistema de Sensoriamento de movimentos.

O sensoriamento de movimentos consiste na detecção por um sensor infravermelho ou ultrassônico dos movimentos de pessoas e animais em ambientes,

quando uma diferença de posição é observada pelo sensor e tratada pelo microcontrolador, é gerado um sinal que pode ser um pulso ou uma variação analógica para atuação de algum elemento. Isso é amplamente utilizado em centrais de alarmes. No caso do uso para o paciente ele é instalado em mudanças de nível como escadas, rampas e acessos. No mercado existem sensores com fio e sem fio sendo que o sem fio tem um tempo de espera para economizar energia elétrica o que é inviável neste projeto devido ao tempo de atraso na resposta.

2.2.1 Monitoramento por sensor infravermelho.

Neste projeto o sensor infravermelho utilizado é o modelo DYP-ME003 (Figura 6). O módulo é composto por uma lente e um sensor sensível ao infravermelho.

Figura 6 - Sensor Infravermelho



Fonte: <http://www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-presenca-e-movimento.html>

Quando captado o sinal infravermelho pelo sensor o pino de saída digital vai a 1. No circuito, esse pino é conectado a uma porta digital do microcontrolador que, em uma rotina de varredura, espera essa mudança de estado lógico. O sensor possui o ajuste de sensibilidade que trata a distância e a área de abrangência, o ajuste desse sensor é dado no quadro 1.

Quadro 1 - Ajuste do sensor infravermelho

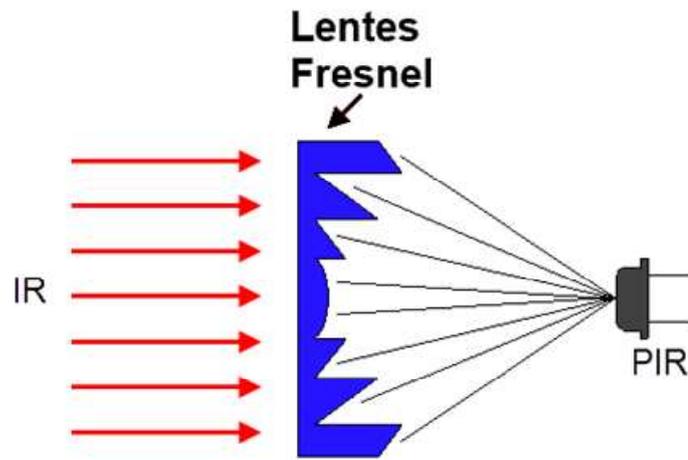
Regulagem da Sensibilidade	Finalidade
Baixa	Pequenas áreas, ideal para passagens em mudanças de nível, como escadas, degraus, rampas e acessos
Alta	Supervisão do paciente no ambiente ou outro usuário, neste caso informa se naquele ambiente há pessoas. Esta aplicação fica interessante para supervisão a distância.

Fonte: Elaboração Própria

O tempo de retardo do sensor também pode ser configurado para atuar em um intervalo de até 300 segundos.

O esquema de captação de sinal infravermelho do ambiente para o sensor é mostrado na figura 7.

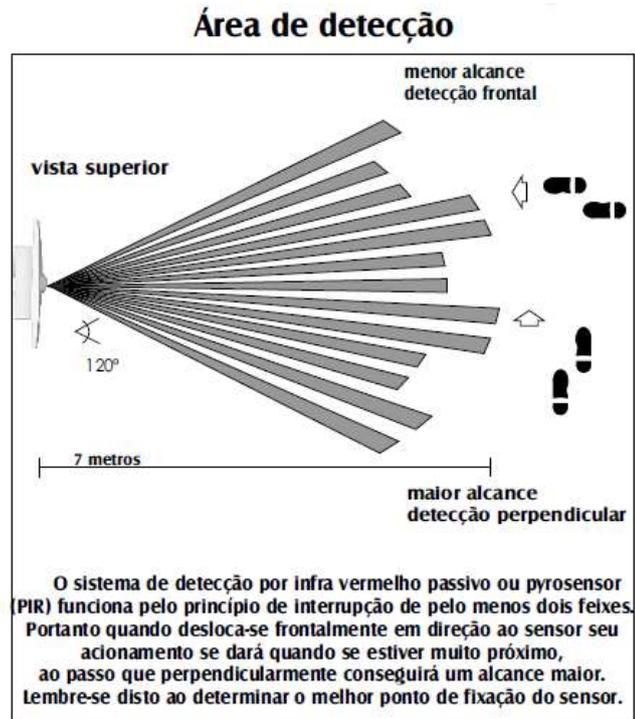
Figura 7 - Esquema de captação do sinal infravermelho



Fonte: <http://www.arduinoocia.com.br/2014/06/sensor-presenca-modulo-pir-dyp-me003.html>

A posição de inserção do sensor é fundamental para o funcionamento proposto, quando da mudança de nível deve ser colocado próximo do campo de visão. Quando da percepção do ambiente deve ser colocado em um ponto que aumente a área de abrangência (Figura 8).

Figura 8 - Região de atuação do sensor infravermelho



Fonte: Catálogo do produto ECP.

Na mudança de nível, em que há maior possibilidade de queda, o sensor deve ser instalado após testes de posição. Isso deve ser feito em todos os locais com essa característica (Figura 9).

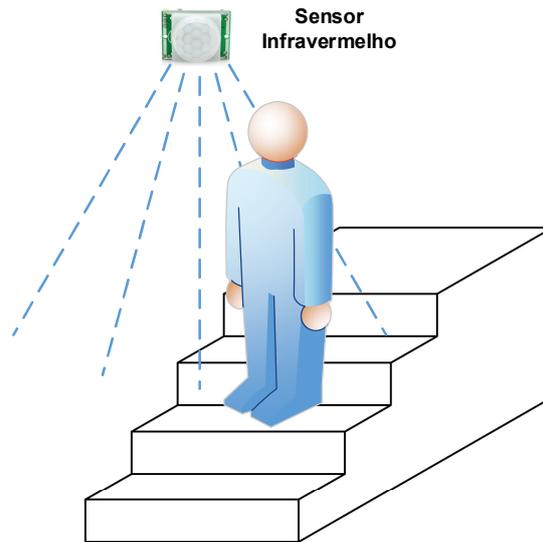
Como este tipo de sensor funciona apenas com sinal alto e não sendo capaz de medir nenhuma intensidade de sinal, seu papel fica restrito a informar se tem alguém dentro do ambiente para o microcontrolador. Na rotina do microcontrolador o tempo que este sensor fica atuado deve então entender se o paciente caiu ou está de passagem, ou seja na implementação deve ser configurado o ambiente (Quadro 2) como passagem ou de permanência.

Quadro 2 - Caracterização do Cenário

Cenário	Contexto
Passagem	Atravessar o ambiente, escadas, rampas e degraus.
Permanência	Assistir TV, comer, dormir.

Fonte: Elaboração Própria

Figura 9 - Esquema de instalação do sensor óptico



Fonte: Elaboração Própria

2.2.2 Monitoramento por sensor ultrassônico

O sensor ultrassônico a ser utilizado é o HC-SR04 (Figura 10), que é um sensor de baixo custo muito utilizado em robôs para posicionamento, verificação de anteparos e medir distâncias. Na aplicação deste trabalho ele observa a aproximação do paciente e mede a distância durante a análise. Enquanto a redução ou o aumento da distância ocorrer o microcontrolador não faz nada, porém se a distância parar de variar pode significar que a pessoa caiu ou não consegue mais sair do local. Na implementação da rotina de programação um tempo de espera é introduzido para quando o paciente para e volta a se locomover, porém quando esse tempo expira e o paciente não volta a se locomover o microcontrolador atua nas interfaces de saída.

Esse sensor, em seu funcionamento, deve receber no pino de *Triguer* um nível alto por mais de 10 microssegundos, com isso ele emite uma onda sonora que rebate no anteparo e é coletada pelo receptor do sensor. Durante a emissão e a recepção do sinal rebatido o pino *Echo* fica em nível alto. O tempo em que o pino *Echo* fica em nível alto é contado e a distância é calculada pelo circuito do sensor com base na velocidade do som (340 m/s).

Figura 10 - Sensor Ultrassônico



Fonte: http://lghhttp.57222.nexcesscdn.net/803B362/magento/media/catalog/product/cache/1/image/650x/040ec09b1e35df139433887a97daa66f/h/c/hc-sr04-1_1.jpg

Supondo que o paciente precisa passar por uma escada de 3 degraus e leva 10 segundos para descer, a distância calculada é de 3,4 km, o que não expressa a verdade, pois a velocidade de deslocamento do som é muito superior à do homem. O tempo transcorrido para o deslocamento de um metro à velocidade do som é de 2,941 milissegundos (Equação 1) (HALLIDAY, RESNICK, 2002).

$$\text{Distância (m)} = \frac{\text{Tempo Echo em nível alto (s)} \times \text{Velocidade do Som } \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{2} \quad (1)$$

Supondo um homem andando (em casa) a 1 km/h, percorrerá um metro em 3,6 segundos. Um fator de escala deve ser inserido no algoritmo que recebe o valor da distância do sensor para ajustar o valor da distância percorrida pelo paciente. Com isso, a estrutura decisão do algoritmo atua ou não com o alarme. O fator de escala pode ser calculado pela equação 2 (HALLIDAY, RESNICK, 2002).

$$\text{Fator de Escala} = \frac{\text{Velocidade do som } \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{\text{Velocidade de uma pessoa andando } \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)} \quad (2)$$

Dessa forma, a equação 3 deve ser implementada no algoritmo para ajustar para a condição humana (HALLIDAY, RESNICK, 2002).

$$\text{Distância (m)} = \frac{\text{Distância medida pelo sensor (m)}}{\text{Fator de Escala}} \quad (3)$$

Na hipótese de o deslocamento durar 10 segundos, o fator de escala equivale a 1224 e o paciente percorre 2,8 metros nesse intervalo de tempo. Levando em conta uma variação de 10% (deve ser ajustada no local), que depende de pessoa para pessoa, o ajuste do set point do microcontrolador deve ser feito para atuar após o set point. Como exemplo, se uma pessoa descer ou subir a escada em menos tempo que o configurado o sistema não deve atuar, mesmo que o paciente venha a escorregar e descer muito rapidamente. No cenário do paciente precisar de mais de dez segundos para se deslocar ou a posição parar de variar significa que o paciente está parado sem condição de sair ou que caiu no local.

Via de regra o tempo do deslocamento deve ser medido em cada ambiente de mudança de nível e é possível que o fator de escala seja diferente em cada um desses ambientes.

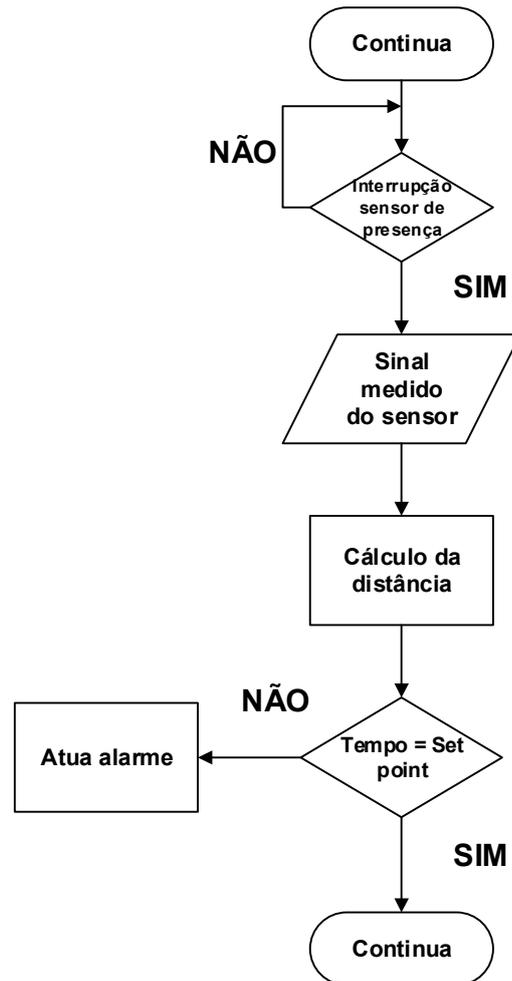
O funcionamento desse subsistema se faz entre o sensor de presença e o sensor ultrassônico, em que o sensor óptico “detecta” a presença do paciente no local e o ultrassônico monitora essa passagem na mudança de nível. Dessa forma a sub-rotina do algoritmo fica conforme Figura 11.

Para transmissão do sinal a tecnologia Bluetooth pode ser uma boa alternativa, com alcance de 10 e 100 m até uma potência de 100 mW, abrange a maior parte do ambiente. Como esse protótipo não foi testado em pessoas não é possível afirmar se ele atua em todas as regiões em um raio de 100m. regiões de sombra são esperadas e um repetidor pode ser necessário. A Tabela 1 especifica o alcance do sinal em função de sua potência.

Tabela 1 - Classe de Potência do Bluetooth

CLASSE	POTÊNCIA (mW)	ALCANCE (M)
1	100	100
2	2,5	10
3	1	1
4	0,5	0,5

Figura 11 - Fluxograma sub-rotina sensor de presença x ultrassônico



Fonte: Elaboração Própria

Fonte: Internet das Coisas sem Mistérios, Renata Rampim de Freitas

Até oito equipamentos podem se comunicar, para este projeto essa quantidade atende a necessidade.

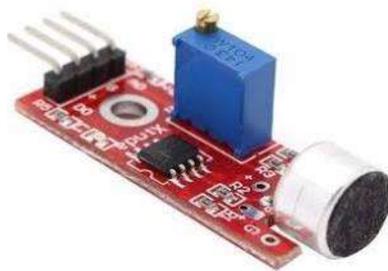
2.3 Subsistema de sensoriamento de sons e movimento.

2.3.1 Sensor de Palmas

Este subsistema diferente do anterior monitora o paciente em seu ambiente de estar como sala, cozinha, banheiro, exceto banho, quarto e quintal. O monitoramento é feito através do sensor KY-038 (Figura 12) também conhecido como sensor de “palmas” que na verdade um eletreto com um amplificador operacional associado a ele. Por meio do eletreto captura a intensidade dos sons como palmas e batidas e

compara o valor dessa tensão com o ajustado, quando o valor da tensão capturada pelo eletreto for maior do que a ajustada enviará um sinal alto para a saída digital, esse sinal é encaminhado para o microcontrolador que faz o tratamento em sua rotina. Esse tipo de sensor é muito utilizado para controle de iluminação em que batendo palmas uma vez o sistema liga, batendo palmas novamente o sistema desliga. Na aplicação para o paciente o sensor atua na percepção de quedas e batidas.

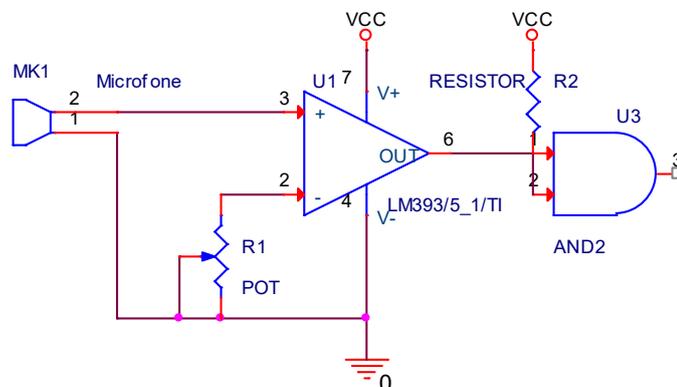
Figura 12 - Sensor de palmas



Fonte: <http://www.msseletronica.com/detalhes/modulo-sensor-de-som-sensor-de-palmas-microfone-arduino-/1012.html>

A figura 13 mostra o circuito eletrônico básico. Enquanto a tensão no pino do amplificador for maior que a tensão do pino 3 a saída no pino 6 é baixa, quando a tensão capturada pelo eletreto for maior que a de referência no pino dois o sinal no pino 6 vai para alto.

Figura 13 - Circuito Eletrônico Sensor de Palmas



Fonte: Elaboração Própria, simulador Pspice, Baseado no CI LM 393

A manutenção do nível alto no pino 6 depende da aplicação constante de nível de tensão mais alto no pino 3 em relação ao pino 2, como o som é uma variável analógica a amplitude é importante, pois se a tensão for pequena ou o evento ocorrer muito distante do eletreto o sensor pode não atuar. O ajuste de sensibilidade no local de vida do paciente é de suma importância para o correto funcionamento. Outro aspecto relevante é que a palma ou a queda possuem uma assinatura característica de comprimento de onda, porém, se um outro sinal com assinatura diferente puder acionar o sensor, pode acarretar acionamento indevido. Nesse caso, na rotina do microcontrolador, o tempo de percepção do nível alto em sua entrada é muito importante. A queda ou a palma são eventos de curta duração, não são cíclicos da perspectiva do doente, com isso a rotina deve perceber que eventos de curta duração e de um único evento podem atuar e eventos de longa duração e ou cíclicos não devem atuar. A sub-rotina é expressa pela figura 14.

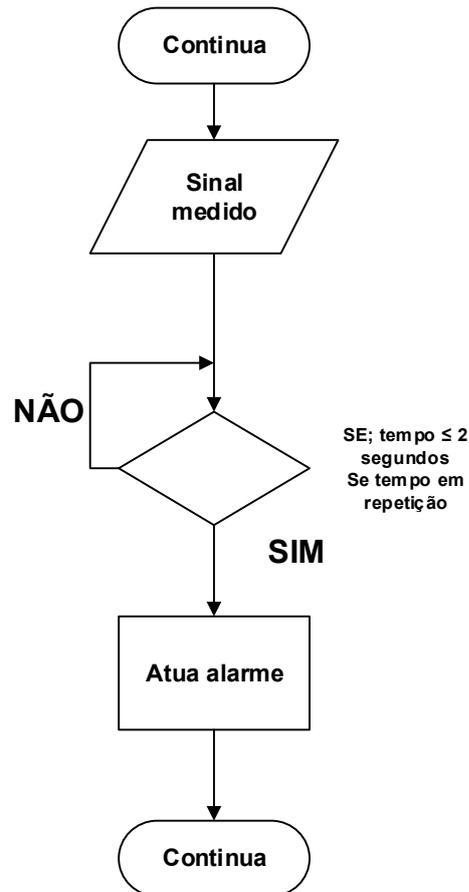
Figura 14 - Sub-rotina sensor de palmas



Fonte: Elaboração Própria

Outra aplicação é para sons cíclicos como o bater de duas palmas, evento que pode ser utilizado pelo paciente para pedir ajuda. Nesse caso, a rotina do microcontrolador deve perceber duas ou mais interrupções previamente definidas (Figura 15).

Figura 15 - Sub-rotina para eventos cíclicos



Fonte: Elaboração Própria

Em situações em que o paciente possui certa mobilidade e facilidade, esse subsistema ajuda com afazeres de acender a luz ou chamar alguém caso não possa falar. O quadro a seguir apresenta alguns exemplos de aplicações que podem ser implementadas neste projeto.

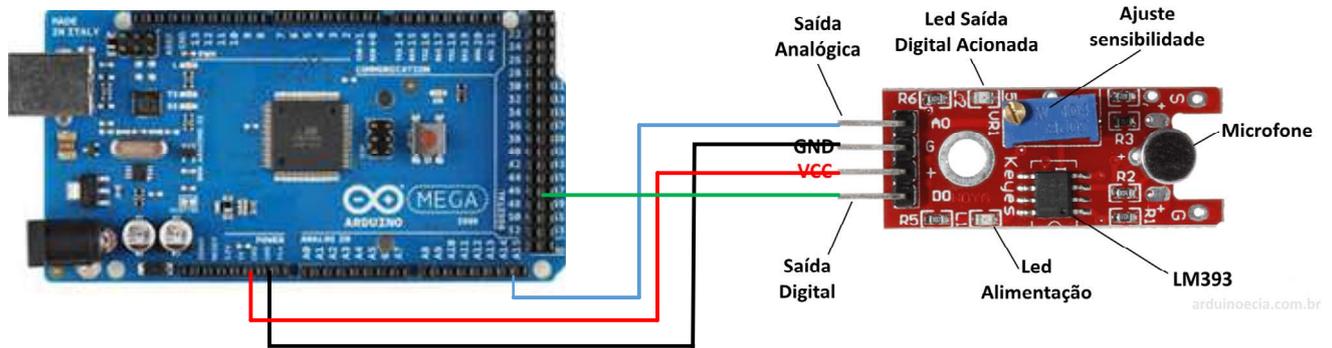
Quadro 3 - Exemplos de aplicação do sensor de palmas

Som	Ação
Uma batida de palmas	Pedido de ajuda, alarme atua sem parar até interrupção do cuidador
Duas batidas de palmas	Acender e apagar a luz
Três batidas de palma	Sobe ou desce uma persiana no ambiente

Fonte: Elaboração Própria

A conexão entre o Módulo central e o sensor pode ser feita por cabos (Figura 16), porém a distância pode ser um problema e para corrigir isso talvez seja necessário um amplificador de sinal ou a transmissão via radiofrequência.

Figura 16 - Esquema de ligação sensor e Arduino



Fonte: Elaboração Própria

2.3.2 Sensor giroscópio ou acelerômetro

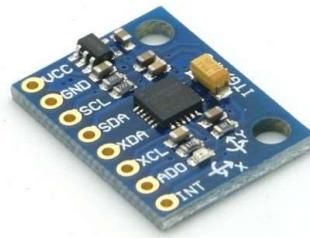
Com o objetivo de monitorar o deslocamento do paciente em momentos em que os outros sensores possam não ser capazes de percebê-lo, a utilização do sensor acelerômetro é indicado. Com o conceito de vestir, esse sensor está associado ao corpo do paciente e pode transmitir seus sinais via um módulo Bluetooth. O sensor GY 521 (Figura 17) é de baixo custo e com código fonte aberto que facilmente é implementando em microcontroladores. Em sua construção, de acordo com a documentação do fabricante (*Invensense*), possui em um único chip um módulo sensor de giro e um módulo acelerômetro com a tecnologia MEMS⁴, com um total de 6 eixos (6 graus de liberdade) sendo três para o sensor de giro e três para o de aceleração que funcionam com um processador chamado DMP⁵ (MPU 6050), que é responsável por fazer a aquisição dos dados dos dois sensores e executar o processamento.

Como esse sensor envia dados continuamente, com o resultado do seu giro e aceleração para o microcontrolador, pode ser criado um padrão de comportamento para o paciente (Quadro 4)

⁴ Sistemas Micro eletromecânicos (Micro-Electro-Mechanical Systems,)

⁵ DMP Processador Digital de Movimento (Digital Motion Processor)

Figura 17 - Acelerômetro de 6 graus de liberdade



Fonte: Elaboração Própria

Quadro 4 - Padrões de sinal para o sensor acelerômetro

QUADRO DE EVENTOS PACIENTE VERSUS ACELERÔMETRO			
Padrão do movimento	Variação do sensor	Coefficiente de Programação	Resposta do Microcontrolador
Parado	1	A1	Nenhuma
Andando calmamente	2	A2	Nenhuma
Tropeço	3	A3	Registra evento na memória e aguarda repetição
Queda com retorno	4	A4	Registro na memória, geração de alarme
Queda sem retorno	5	A5	Alarme
Não reconhecido	Fora da faixa	AF	Alarme

Fonte: Elaboração Própria

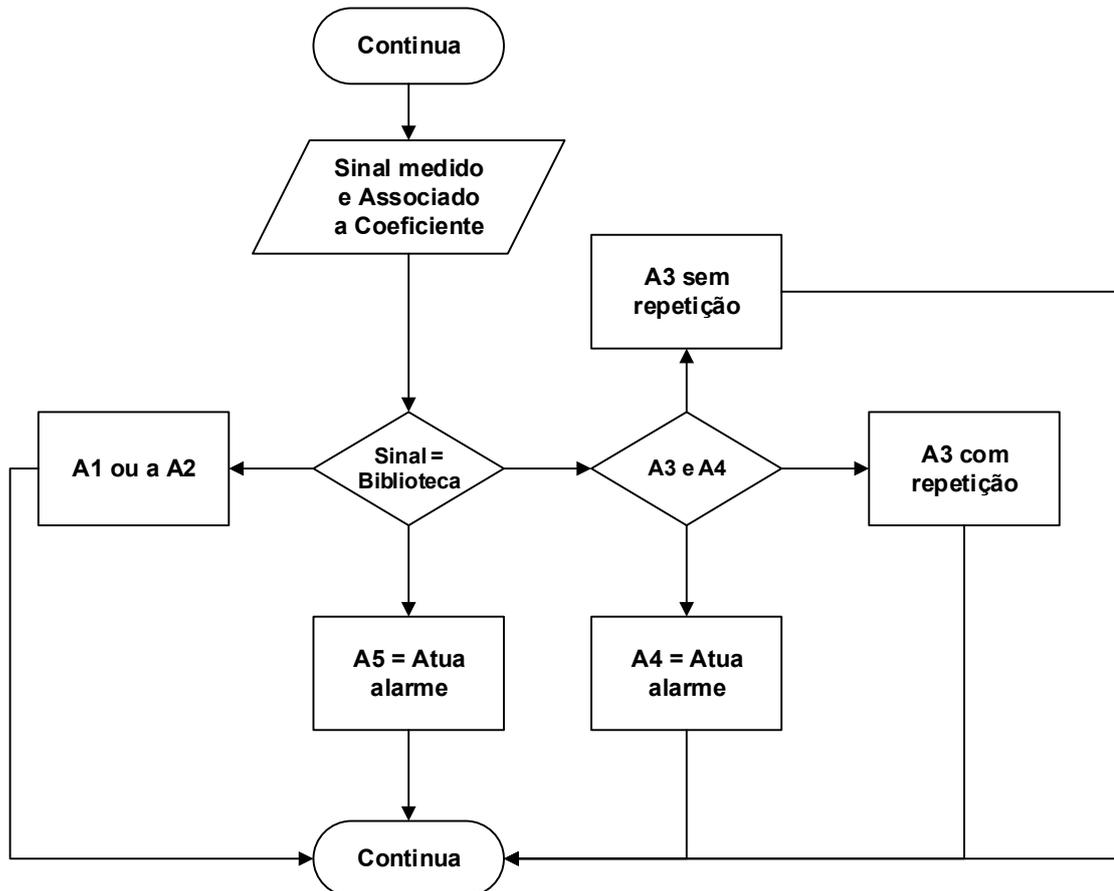
Como o CI MPU 6050 possui um conversor analógico/digital de 16 bits para cada situação do quadro 4 pode-se estabelecer um modelo de comparação correspondente para o padrão de bits enviados e alocados no micro controlador. Dessa forma, por comparação, a rotina implementada executa a saída correta.

Na situação para o paciente parado ou apenas andando a sequência de bits a ser enviada corresponde ao coeficiente A1 e A2, o microcontrolador faz a comparação com o que está armazenado em sua memória e, para esse caso, não emite nenhum sinal.

Quando ocorre a situação de A3 para o registro do evento, o sensor voltar para A1, o alarme deve ser disparado. Porém, em A2, não ocorre nada. Nas ocasiões de A4 ou A5 o alarme deve ser atuado.

Quando ocorrer o evento AF o microcontrolador estará configurado para atuar com um alarme. Como o evento não pode ser definido, o prudente é que o alarme atue. A Figura 18 apresenta o fluxograma de funcionamento dessa sub-rotina.

Figura 18 - Sub rotina sensor acelerômetro



Fonte: Elaboração própria

2.4 Subsistema de aviso de quedas em cama.

Durante a pesquisa para este trabalho, em especial nos relatos dos autores que tratam a PSP, notou-se a frequência com que pacientes tentam sair da cama sem apoio e caem, e em outra condição, quando a cama não possui guardas ou não estão levantadas. Dentro desse cenário a utilização de um dispositivo que informe que o paciente caiu é importante. Neste caso, um tapete com sensor de pressão (célula de carga) pode ser colocado ao lado da cama e envia um sinal ao módulo central. Na indústria esse processo é muito comum, como informar a massa de um veículo em uma balança ou identificar se uma caixa tem a massa correta em uma esteira. No caso do paciente um tapete configurado como uma balança de uso residencial informa se

o paciente pisou e saiu, caiu ou está no local, porém em movimento. A figura exemplifica a célula de carga utilizada neste projeto.

Figura 19 - Célula de carga para usos em balanças



Fonte: https://www.eztronics.nl/webshop2/catalog/index.php?route=product/product&product_id=216

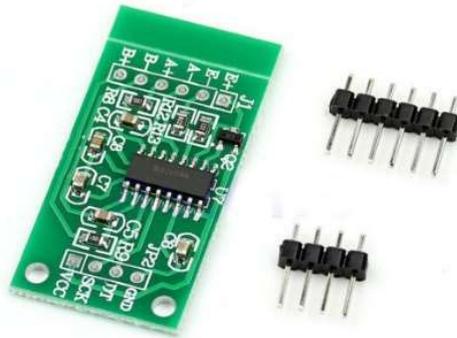
O sinal gerado pela célula de carga é de amplitude muito baixa, com isso deve ser utilizado um circuito que amplifica esse sinal e o transmite para o microcontrolador. Esse processo é feito por uma placa de aquisição de dados que neste trabalho é o módulo HX711 que pode incorporar até quatro células de carga que, juntas, dão ao sistema a capacidade de 200 kg. O processo de comunicação para o microcontrolador pode ser sem fio ou com fio, depende do local de instalação do tapete. A Figura 20 apresenta a placa de aquisição do sinal vindo da célula de carga.

Como o cuidador ou outra pessoa pode vir a ficar certo tempo sobre o tapete, o sistema tem que ser capaz de perceber a diferença. O Quadro 5 define a condição de funcionamento.

Quadro 5 - Condições de funcionamento para o tapete

CENÁRIO	DESCRIÇÃO	COMPORTAMENTO DA CÉLULA DE CARGA	Contagem tempo para ação	AÇÃO
Queda do paciente	O paciente cai e fica estático no local.	Valor fixo do sinal de corrente elétrica gerado	3 segundos	Atuação do alarme
Paciente se movimentado sobre o tapete	O paciente desce e se movimenta sobre o tapete	Variação da corrente elétrica gerada	10 segundos	Atuação do alarme
Cuidador ou visitante sobre o tapete	Cuidador ou visitante próximo ao paciente	Variação da corrente elétrica da célula de carga	10 segundos	Atuação do alarme, reset por parte do cuidador

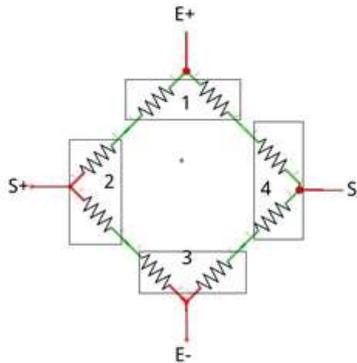
Fonte: Elaboração Própria

Figura 20 - Módulo de amplificação para célula de carga

Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-conversor-hx711-para-sensor-de-peso>

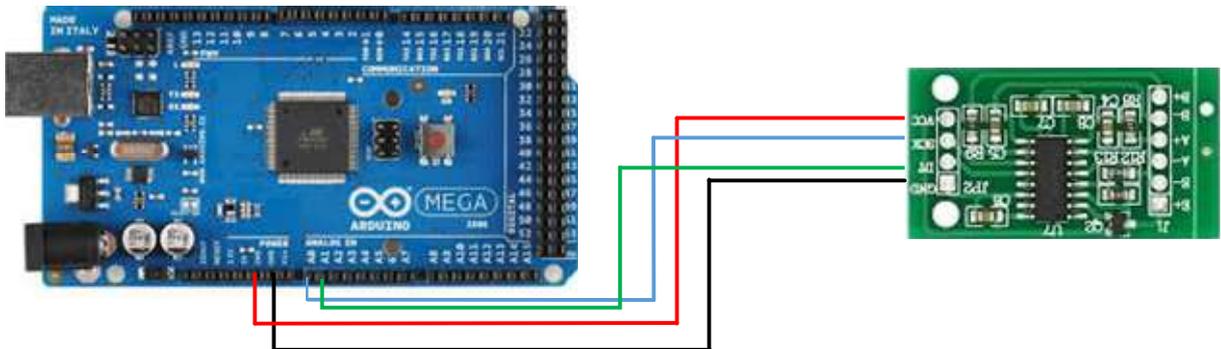
A célula de carga é uma ponte de resistores conforme a Figura 21. A diferença de potencial é aplicada entre os terminais (E), quando uma massa pressiona a célula sua resistência varia, com isso uma corrente elétrica variável é enviada para a placa de aquisição (Figura 20) que trata o sinal. Essa variação de corrente elétrica representa um valor de massa ou um *set point* de atuação do micro controlador que pode ser configurado. A Figura 22 mostra a integração entre os módulos.

Figura 21 - Ponte resistiva que forma a célula de carga



Fonte: <http://www.instructables.com/id/Make-your-weighing-scale-hack-using-arduino/>

Figura 22 - Integração entre célula de carga e micro controlador



Fonte: Elaboração Própria

2.5 Subsistema de Detecção de voz em pedido de auxílio, desconforto ou pânico.

Usando o módulo de reconhecimento e voz V3.1 da *Elechouse*, pode-se armazenar até oitenta comandos de voz em um único grupo, e podem ser importados em grupos de sete comandos, simultaneamente no reconhecedor. O módulo também é capaz de reconhecer variações da voz, com isso se outro indivíduo tentar enviar um comando ao sistema ele não irá operar. De acordo com a especificação do fabricante essa precisão é de 99%. Durante a evolução de doenças Parkinsonianas o paciente gradativamente perde a capacidade de falar. Com isso, fica ininteligíveis suas solicitações. Pela prévia gravação dos grunhidos e sons que o paciente pode emitir, é possível definir o sistema para realizar comandos de apoio.

Figura 23 - Módulo reconhecedor de Voz



Fonte: https://www.google.com.br/search?q=sensor+reconhecimento+de+voz&rlz=1C1AWFA_enBR737BR737&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjP0I2K6_TTAhXGD5AKHRqXDjoQ_AUIDCgD&biw=2048&bih=686#imgrc=3qx7Ou-SEcNaxM:

Com o avanço da doença, o paciente passa a ter dificuldades de falar e limitar a quantidade de comandos que ele deve dar é importante. Os processos de fala são limitados e muito dolorosos, conforme descreve Teixeira em seu artigo, (Parâmetros na marcha na paralisia supra nuclear progressiva: um estudo de caso), ficando, portanto, para o cuidador os demais comandos para pedido de ajuda.

Neste projeto estão sendo utilizados números no local de sons para exemplificar a solicitação do paciente e de seu cuidador e para a rotina de programação esse número pode ser utilizado como identidade do comando dado pelo paciente a ser enviado via mensagem para outro usuário.

Quadro 6 - Exemplos de ações por comando de voz

Comando	Agente	DESCRIÇÃO	AÇÃO
1	Paciente	Pedido de socorro	Atuação do alarme em forma de sirene, mensagem
2	Paciente	Pedido para se locomover	Atuação do alarme em forma de <i>Beep</i>
3	Cuidador	Pedido de socorro	Atuação do alarme em forma de sirene, mensagem
4	Cuidador	Reinício do sistema de monitoramento	<i>Beep</i> de entendimento do comando, e reinício do sistema de forma total

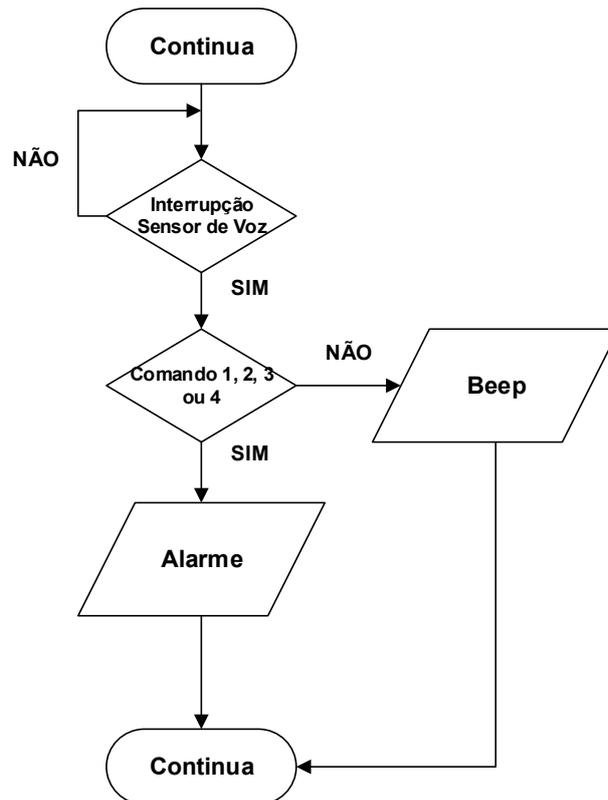
Fonte: Elaboração Própria

Outras ações podem ser implementadas, como o controle de iluminação, de torneiras e de camas automatizadas, porém esse processo depende da aplicação do

protótipo para sua viabilidade no contexto do paciente, do seu cuidador e de seu ambiente.

O fabricante não define a área de abrangência do microfone em seu manual, porém neste projeto o sistema de reconhecimento de voz deve ser implementado fisicamente por ambiente, não sendo recomendado um único microfone no ambiente para evitar erros ou falta de condição de excitar o eletreto. Deve-se preconizar o ambiente estratégico para as ações de vida do paciente, como quarto leito, sala ou local externo da edificação. Sendo necessários mais pontos de controle, outros reconhecedores de voz devem ser associados ao módulo de processamento. A sub-rotina da Figura 24 exemplifica essa etapa junto à CPU.

Figura 24 - Sub-rotina para o comando de voz



Fonte: Elaboração Própria

3 INTEGRAÇÃO, CRITÉRIOS E O AMBIENTE DE INSTALAÇÃO

3.1 Integração dos subsistemas

A integração e o controle entre os subsistemas neste projeto foram idealizados para serem feitos pelo módulo central Arduino Mega⁶, que deve ser instalado em local estratégico da edificação com suporte e rede de dados, telefonia, energia elétrica, e os módulos de aquisição e controle instalados nos pontos corretos para cada aplicação. Os níveis de tensão elétrica (3 e 5 Volts) e corrente elétrica são muito baixos entre esses elementos o que dificulta sua utilização em grandes distâncias. Os processos de comunicação entre os periféricos e o módulo central pode ocorrer por cabos ou radiofrequência.

Na comunicação por cabos deve-se utilizar par trançado blindado (STP) Categoria 5 com o objetivo de eliminar eventuais interferências eletromagnéticas. A categoria 5 é suficiente para a taxa de dados a ser transmitida. Os dutos por onde percorrem esses condutores não devem ser os mesmos destinados à condução de corrente alternada conforme determina a norma NBR 5410:2004, fato este o grande limitante para instalações existentes por não prever espaço para aplicações que não possam concorrer com a rede elétrica.

A comunicação sem fio pode ser feita por padrão IEEE 802.11 (Wi-Fi) padrões b, g ou n, pode ser feita também pelo padrão IEEE 802.15 (Bluetooth) classes 2 ou 3. Nos casos de comunicação sem fio a interferência, invasão da rede, emparelhamento indevido e anteparos podem trazer limitações ou inviabilizar essa forma de comunicação.

Como nem sempre é possível utilizar cabos, neste projeto preconizou-se a utilização do padrão Bluetooth, por ser amplamente utilizado nos módulos.

A escolha de quais sensores devem ficar em cada ambiente depende do estudo da rotina do paciente. Dessa forma, um diário (Tabela 2) deve ser produzido contendo dados como horário e atividades desenvolvidas e, de posse dessa especificidade, o tipo de sensor é escolhido. Neste projeto um ambiente foi estudado e uma rotina idealizada foi montada para escolher os elementos e suas posições de inserção.

⁶ Placa de processamento com microcontrolador ATMEL, com módulos de comunicação e interface, originalmente destinadas ao aprendizado de programação.

Tabela 2 - Diário do paciente

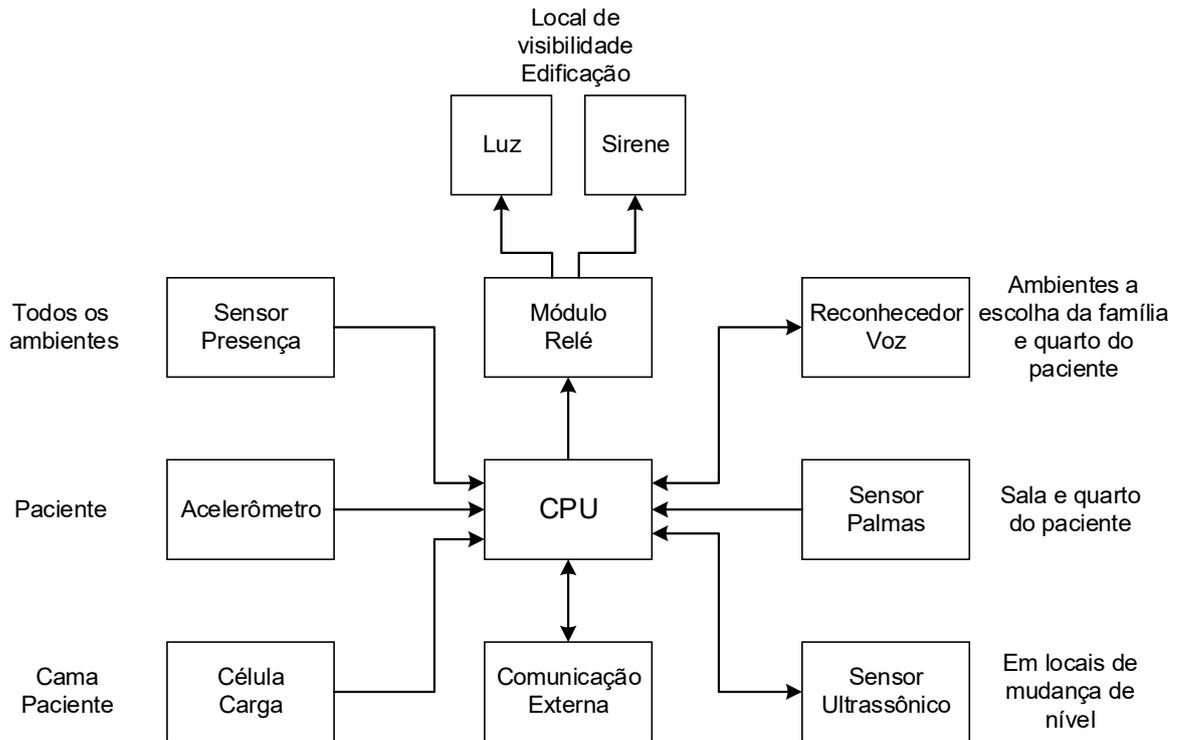
Hora	Local	Rotina	Sensor
8h00	Quarto	Acordar, primeiros movimentos	Célula de Carga, Presença, Voz, Acelerômetro, Palmas
8h30	Banheiro	Banho	Presença
9h00	Sala de Jantar	Café da manhã	Presença, Voz, Acelerômetro, Palmas
9h30	Quarto, Sala	Fisioterapia	Célula de Carga, Presença, Voz, Acelerômetro, Palmas
10h10	Banheiro	Necessidades Fisiológicas	Presença
10h30	Sala	TV, leitura, diversão	Célula de Carga, Presença, Voz, Acelerômetro, Palmas
12h00	Sala de Jantar	Almoço	Célula de Carga, Presença, Voz, Acelerômetro, Palmas
13h00	Banheiro	Necessidades Fisiológicas	Presença
13h20	Sala	TV, leitura, diversão	Célula de Carga, Presença, Voz, Acelerômetro, Palmas
14h00	Externo	Caminhada no quintal	Presença, Voz, Acelerômetro, Ultrassônico
15h00	Banheiro	Banho	Presença
14h30	Sala de Jantar	Café da tarde	Célula de Carga, Presença, Voz, Acelerômetro, Palmas
15h00	Quarto, Sala	Atividades de Coordenação Motora	Célula de Carga, Presença, Voz, Acelerômetro, Palmas
16h30	Sala	TV, Leitura	Célula de Carga, Presença, Voz, Acelerômetro, Palmas
17h30	Sala de jantar	Lanche	Célula de Carga, Presença, Voz, Acelerômetro, Palmas
18h00	Quarto	Descanso	Célula de Carga, Presença, Voz, Acelerômetro, Palmas
19h00	Banheiro	Necessidades Fisiológicas	Presença
19h00	Sala de Jantar	Jantar	Célula de Carga, Presença, Voz, Acelerômetro, Palmas
20h00	Sala	TV, Leitura, diversão	Célula de Carga, Presença, Voz, Acelerômetro, Palmas
21h30	Banheiro	Necessidades Fisiológicas	Presença
21h40	Quarto	Dormir	Célula de Carga, Presença, Voz, Acelerômetro, Palmas

Fonte: Elaboração Própria

O sensor ultrassônico é instalado apenas em concordância com o de presença e ambientes com mudança de nível conforme descrito no item 2.3 deste trabalho.

Com a escolha dos sensores para cada ambiente e dos pontos de colocação da sirene e do alerta de luz, a integração dos elementos pode ser feita conforme ilustra a Figura 25.

Figura 25 – Diagrama de blocos da integração dos elementos



Fonte: Elaboração Própria

3.2 Critérios de projeto e instalação

Seguramente o sucesso do funcionamento da automação residencial depende da instalação correta dos elementos, da fonte de energia, dos dispositivos de proteção, dos habitantes do local e das necessidades de reforma.

A análise das instalações elétricas, dos pontos de tomada de força, ponto de fornecimento de rede e telefonia, possíveis anteparos para a comunicação via rádio, verificação de quais operadoras de tecnologia 3G cobrem o ambiente devem ser feitas antes do início do projeto e da instalação.

Da mesma forma que as análises são fundamentais, o entendimento da expectativa dos usuários deve ser equalizado, a fim de que o projeto seja o mais customizado possível.

O projeto deve ser capaz de permitir alterações e expansões com o avanço da doença e ser fiel em seu funcionamento para não permitir entendimento errado sobre seu status por parte dos usuários.

3.2.1 Influências externas

É um inventário de todas as condições exteriores que podem interagir com os elementos da instalação e que têm a capacidade de modificar a condição de funcionamento dos elementos. São classificadas em três grandes grupos como descrito na norma NBR 5410:2004, condições ambientais, condições de utilização e relacionadas com a edificação (Anexo A). Neste projeto as influências externas estão descritas no Quadro 7.

Quadro 7 - Classificação das condições ambientais

Código	Aplicação
AA6	Interior da residência
AB5	Sem controle de temperatura
AC1	Baixa altitude de instalação, relação ao nível do mar
AD2	Gotejamento, limpeza
AE2	Poeira
AF3	Produtos de limpeza
AG2	Impactos, esbarrões
AH1	Vibrações não esperadas
AK2	Risco de mofo
AL2	Animais domésticos, insetos e aves
AM1-2	Rede elétrica
AM2-1	Resíduos, proteção por DPS classe I e II
AM3-1	Necessário UPS ⁷
AM5	Normal
AQ1	Condições de residência para descargas atmosféricas
BA2	Possibilidade de crianças
CA1	Edificação em alvenaria com baixo volume de material combustível
CB1	Edificação residencial

Fonte: Elaboração Própria

⁷ Fonte de alimentação ininterrupta, UPS (uninterruptible power supply ou no-break)

Outro parâmetro importante que surge com a classificação atribuída AD2 no quadro 7 é o grau de proteção IP desses equipamentos que, para cada ambiente, devem ser analisadas as condições ambientais descritas no item 4.2.6 da NBR 5410:2004 (Anexo B), de tal forma que a exposição a umidade, calor, poeira ou outros elementos sejam entendidos.

Em ambientes que podem ter crianças (BA2) a colocação desses elementos deve ser estrategicamente avaliada, no caso de animais domésticos (AL2) não é recomendado que sejam colocados próximo ao alcance. Os envolvidos devem ser orientados como proceder na limpeza (AF3) da região onde está o sensor, com o objetivo principal de não danificar e até mesmo não desalinhar, caso seja uma condição do sensor.

Apesar do nível de tensão elétrica ser baixo para esses elementos (Inferior a 50 V conforme NBR 5410:2004) há risco de choques elétricos por contato direto ou indireto, devendo estar os elementos que interagem com a rede elétrica inacessíveis as pessoas, e da perspectiva de compatibilidade eletromagnética, um bom sistema de aterramento e equipotencialização é fundamental.

3.2.2 Critérios de instalação

Em um cenário de utilização para esse projeto, o sistema de aterramento pode não ser adequado e, portanto, isso deve ser bem avaliado. Nesse caso, se o aterramento não puder ser implementado, isso pode inviabilizar o projeto.

Em qualquer cenário de instalação a equipotencialização entre os elementos deve ocorrer, sendo que na entrada da edificação deve haver um barramento de equipotencialização (BEP) (Figura 26) e nos quadros no interior da edificação um barramento de equipotencialização local (BEL). As massas, ou seja, as partes que têm contato com a terra, ou carcaça, devem ser conectadas ao BEL ou BEP caso não haja quadros no interior da edificação.

A interação dos dispositivos via cabo deve ter uma de suas pontas conectadas ao sistema de aterramento da edificação e a outra, não necessariamente. O objetivo é que correntes de fuga não fiquem trafegando pelo sistema e sim escoadas (drenadas) para o aterramento.

Figura 26 - Exemplo de Barramento BEP



Fonte: <http://universolambda.com.br/a-equipotencializacao/>

Como a alimentação é proveniente da rede elétrica torna-se necessário separar o circuito de outros já existentes na edificação, garantir a proteção contra sobretensões com a utilização de dispositivo para proteção contra surtos (DPS) e garantir o seccionamento automático desse circuito elétrico.

Utilizar um UPS ou nobreak ajuda a proteger os equipamentos contra os surtos provenientes da rede elétrica, distorções harmônicas e prover autonomia ao sistema em caso falta de energia elétrica. Para este trabalho, o cálculo para definição do UPS foi feito considerando as cargas da Tabela 3 e a uma autonomia de 2 horas.

Tabela 3 - Detalhamento do consumo de energia

<i>Equipamento</i>	Ciclo (horas)	Quantidade	P (Watts)	Consumo (Watt x hora)
<i>Arduino Mega</i>	Interrupto	1	5	5
<i>Bluetooth</i>	Interrupto	3	15	15
<i>Sensor Presença</i>	Interrupto	8	40	40
<i>Sensor de palmas</i>	Interrupto	8	40	40
<i>Célula de Carga</i>	Interrupto	1	5	5
<i>Sirene</i>	Eventual	1	20	20
<i>Luz sinalização</i>	Eventual	3	45	45
<i>Total</i>	Interrupto		170	170

Fonte: **Elaboração Própria**

O consumo é baixo, um UPS de 600 VA (Volt x Ampere) com autonomia de 2 horas é suficiente para este projeto.

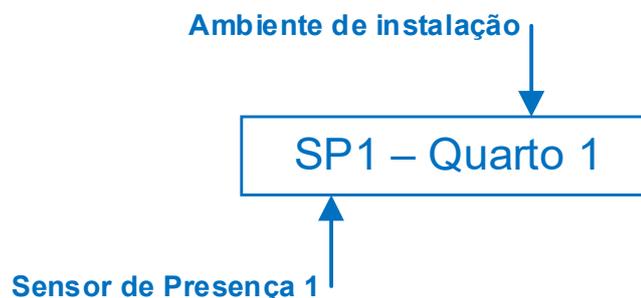
Em uma residência já construída é esperado que não haja espaço para expansão de circuitos de rede elétrica e instalação de pontos de rede e de telefonia.

Com isso, a instalação dos cabos de comunicação torna-se difícil e avaliar se circuitos de tomada podem ser removidos para a passagem dos cabos de comunicação é uma alternativa. Outra forma, é a implantação dos eletrodutos, que traz diversos contratempos como sujeira e reforma e custos adicionais, como mencionado este projeto preconiza a transmissão via rádio, mas é possível que isso não ocorra em algumas ocasiões. Com base nessa percepção os sensores célula de carga, de presença, sensor de palmas e ultrassônico foram projetados para instalação via par trançado blindado.

A NBR 5410:2004 define em seu item 4.1.9 que não é permitido instalar rede elétrica e outro tipo de instalação no mesmo conduto, em função do campo eletromagnético e seus efeitos e ou realimentação de circuitos por contato direto.

A correta identificação desses condutores é necessário e pode ocorrer por cor ou por etiquetas. Como os cabos de comunicação comum em redes têm limitação no seu número de cores, optou-se por uma etiqueta de identificação (Figura 27)

Figura 27 - Etiqueta de identificação de cabos

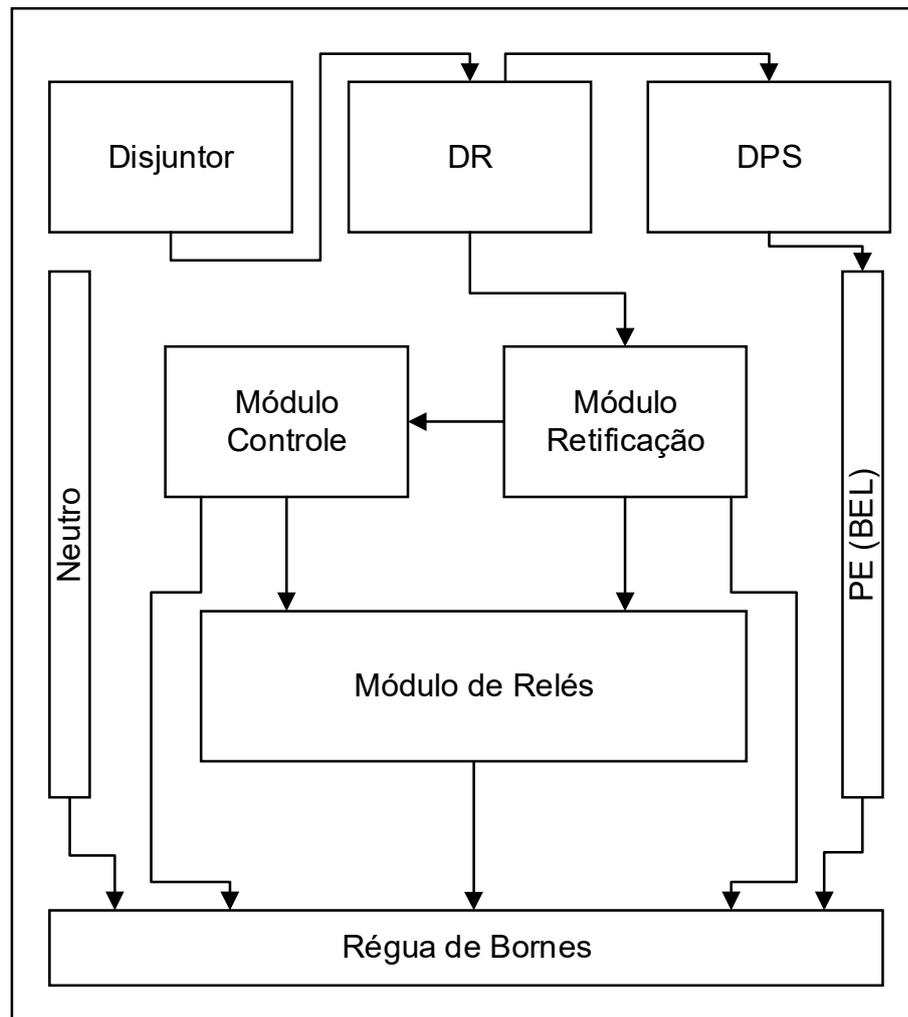


Fonte: Elaboração Própria

O quadro onde é instalado o módulo de controle e seus agregados precisa prover espaço para a acomodação de todos os elementos de alimentação, controle e condutores. Neste aspecto, esse local deve ser criado e pode ser de sobrepor ou de embutir, sendo que o de sobrepor traz menos impacto para a alvenaria da edificação. Deve conter Disjuntores, DPS, DR⁸, régua de bornes para contato e canaletas de acomodação de condutores (Figura 28)

⁸ Dispositivo de Proteção por Corrente Residual (DR), dispositivo de proteção humana contra choque elétrico por contato direto e indireto

Figura 28 - Lay out de quadro de alimentação e controle

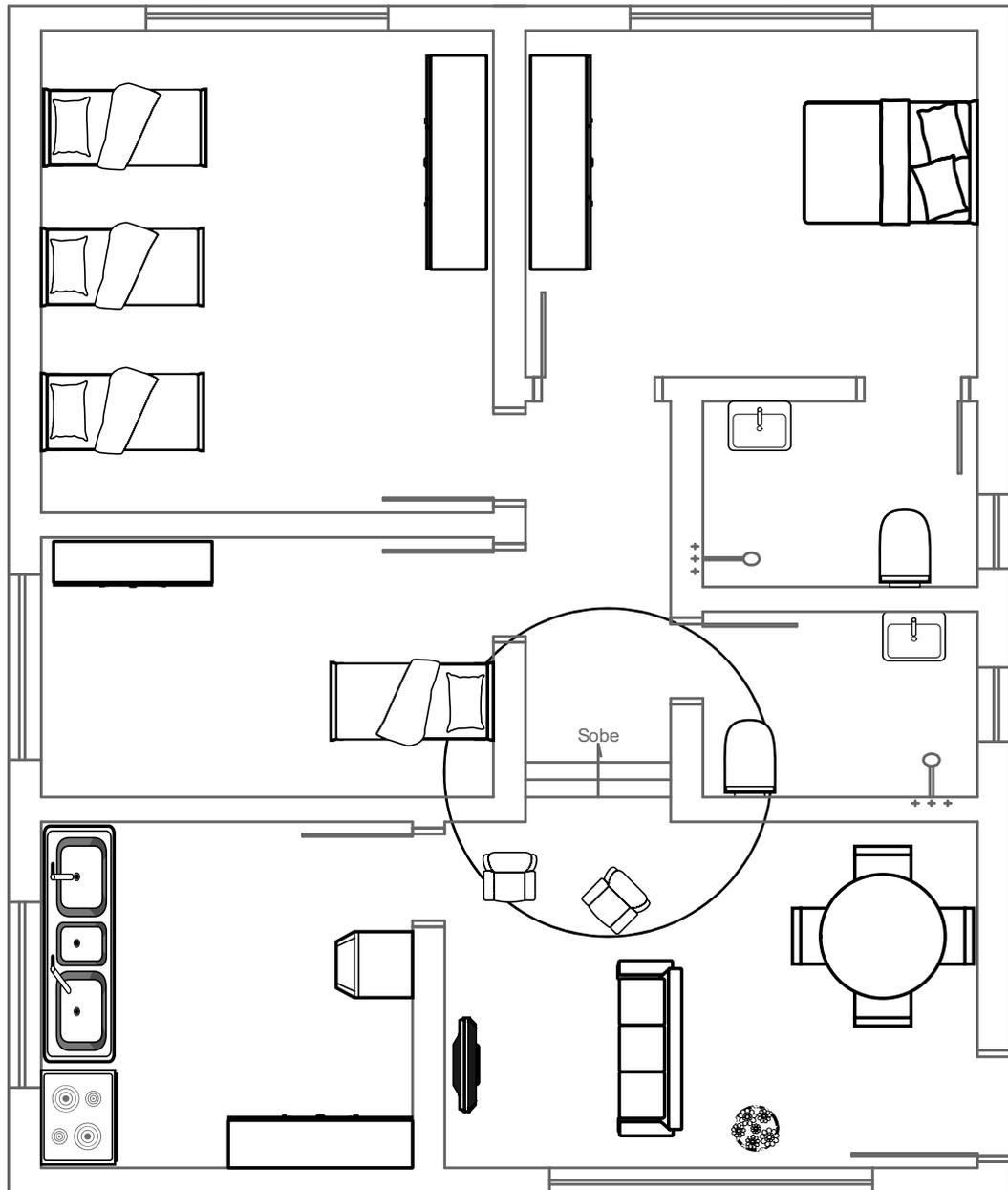


Fonte: Elaboração Própria

3.2.3 Ambiente de instalação

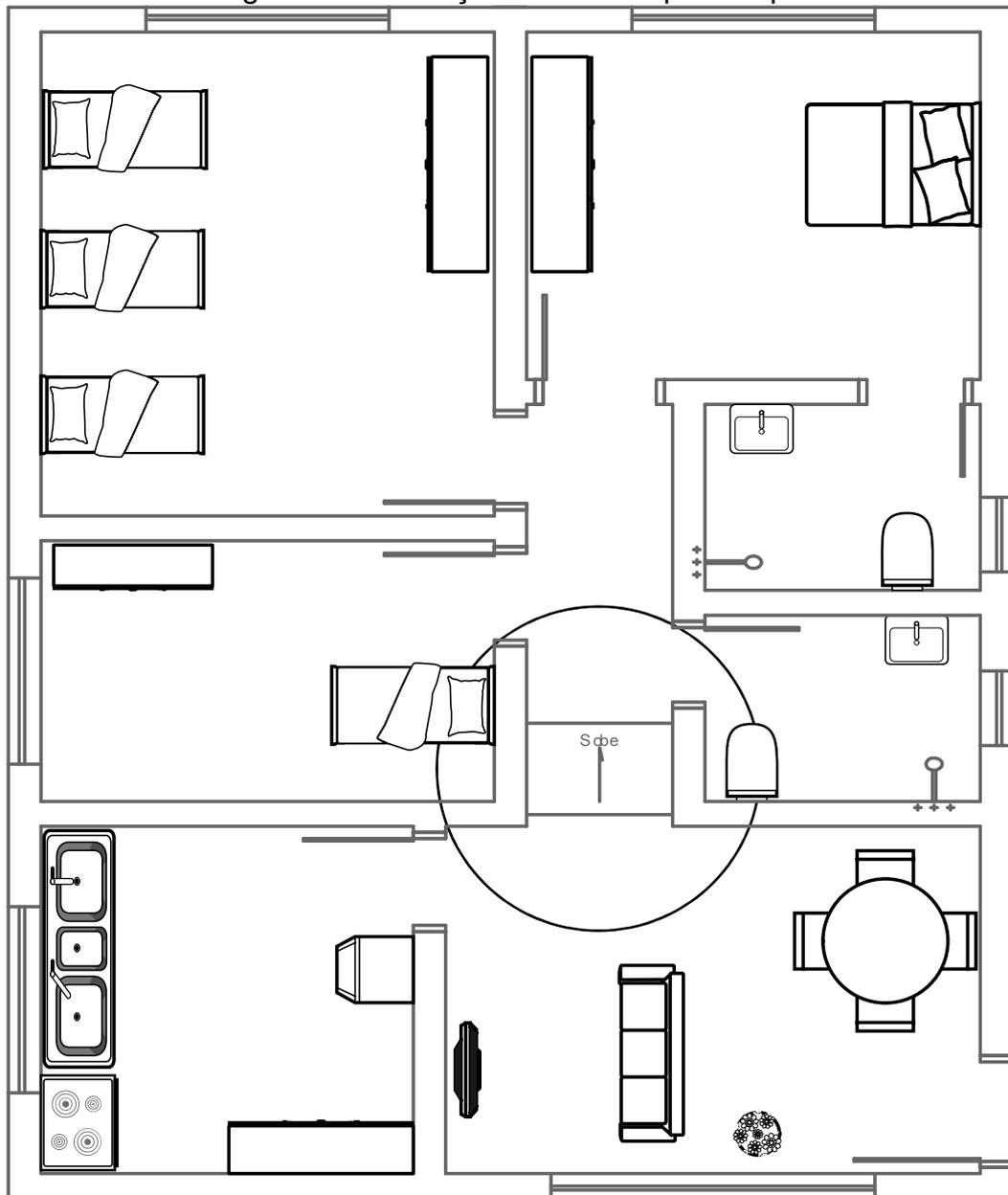
A primeira avaliação a ser feita no ambiente é com relação a disposição da mobília, devendo facilitar o acesso aos ambientes seja por cadeira de rodas ou andando. A Figura 29 mostra o ambiente antes do preparo onde há poltronas no acesso e uma escada que dificulta a mobilidade, e no caso da mobília o rearranjo é suficiente, porém a escada deve ser substituída por uma rampa como mostra a Figura 30.

Figura 29 - Ambiente de vida antes das alterações



Fonte: Elaboração Própria

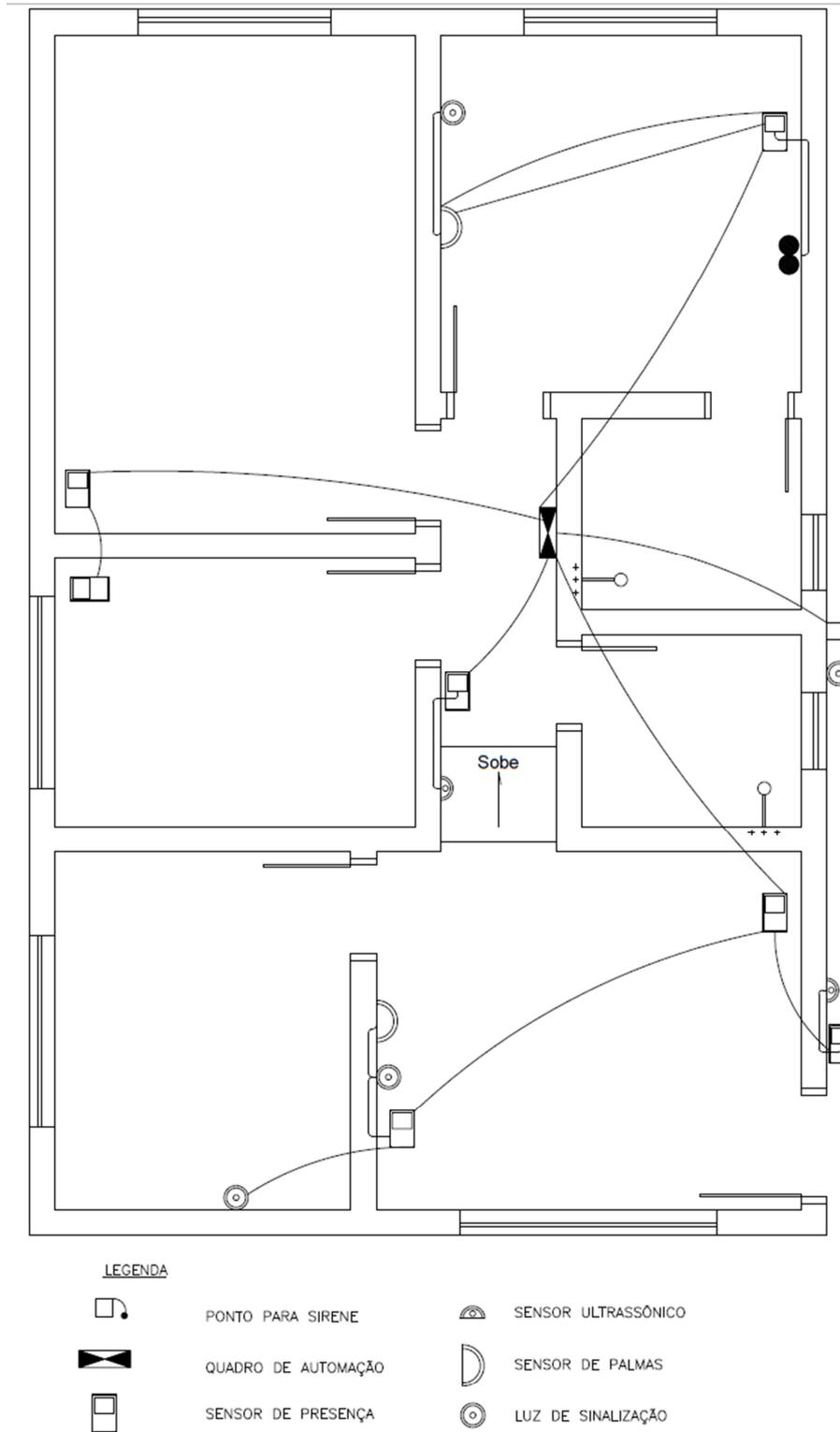
Figura 30 - Alteração da escada por rampa



Fonte: Elaboração Própria

Para os sensores, quadro e atuadores um projeto deve ser feito com base nos pontos de tomadas, iluminação e demais elementos e devem ser inseridos de tal forma a abranger o ambiente todo ou o que vai ser automatizado (assistido). Para a planta desse projeto foram inseridos os elementos conforme a Figura 31.

Figura 31 - Lay out de projeto de automação



Fonte: Elaboração Própria

Como os sensores acelerômetro e de voz ficam associados ao paciente, os demais estão instalados dentro da perspectiva de cobrir todo o ambiente. A tabela 4 detalha a lista de materiais e seus valores em Reais.

Tabela 4 - Relação de materiais

Equipamento	Unidade	Quantidade	R\$
Acelerômetro	PÇ	1	26,00
Arduino Mega	PÇ	1	60,00
Bluetooth	PÇ	3	65,00
Cabos de sinal CAT 5	m	100	65,00
Célula de Carga	PÇ	4	52,00
Contingência	UN	1	723,00
Conversor Célula de Carga	PÇ	1	8,00
Mão de obra	Hh	120	1500,00
Miscelâneas	UN	1	200,00
Quadro de comando	PÇ	1	300,00
Reconhecedor de Voz	PÇ	1	140,00
Sensor de palmas	PÇ	2	24,00
Sensor Presença	PÇ	8	80,00
Sensor Ultrassônico	PÇ	2	12,00
Sirene	PÇ	1	25,00
UPS 600 VA	PÇ	1	220,00
Total			3500,00

Fonte: Elaboração Própria

Para a aplicação desse projeto tanto o investimento, a logística e as ações na edificação devem ser muito bem projetados antes de implementadas. Cabe um bom gerenciamento de projeto, pois é esperado que nesse ambiente as condições de vida e os sentimentos dos envolvidos estejam difíceis, como não se trata de uma reforma para uma ampliação e sim uma adequação do meio há resistência em se desfazer de móveis, alterar a arquitetura e criar um ambiente que pode ser parecido com o de hospital.

4 UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Uma possibilidade interessante para esse trabalho Inteligência Artificial (IA) em função de seu potencial. O reconhecimento de padrões, o aprendizado de máquina (AM) capaz de manipular de forma coerente a informação, abre a possibilidade de gerenciamento inteligente dos sensores e do paciente. Sem sombra de dúvida, a capacidade que a IA traz leva este trabalho para um outro conceito, o de supervisão assistida do paciente.

A Inteligência Artificial pode ser definida como a habilidade de aprender, reagir e tomar decisões corretas (Kasabov, 1996). Russell e Norvig (2013) classificam as definições de IA emitidas por livros acadêmicos sobre o tema de acordo com dimensões mostradas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, significando que muitos pesquisadores não baseiam a definição de inteligência no ser humano, mas em uma definição de racionalidade, que usa como linguagem a lógica. Em linhas gerais, a pesquisa em IA é baseada em “agentes inteligentes”, que é qualquer sistema capaz de perceber o ambiente externo e executa ações que maximizam suas chances de ser bem-sucedido ao cumprir uma tarefa.

O Aprendizado em Máquinas visa habilitar sistemas computacionais a aprenderem padrões sem uma programação explícita para isto (Quadro 8). É um método usado para conceber modelos e algoritmos complexos com o objetivo de realizar previsões.

Quadro 8 - DIMENSÕES DAS DEFINIÇÕES DE IA

	Pensar	Agir
Homem	Pensar como humanos	Agir como humanos
Racionalidade	Pensar racionalmente	Agir racionalmente

Fonte: Prof. Dr. Waldemar Bonventi Jr.

Como um sistema gerenciado por AM toma decisões baseado nas experiências aprendidas (Mitchell, 1997), que é um software implementado, tem a necessidade então do domínio do problema que pode ser de forma implícita ou explícita (Pila apud Rezende & Pugliesi, 2001, p. 1). Mitchell define, em linhas gerais, que "um programa de computador é dito aprender com a experiência E em relação a alguma classe de tarefas T e medida de desempenho P se este desempenho em tarefas em T , conforme medido por P , melhora com a experiência E ."

As tarefas de aprendizagem em máquinas são tipicamente classificadas em três grandes categorias, dependendo da natureza do "sinal" ou "feedback" de aprendizado disponível para um sistema de aprendizagem (Russell, Norvig, 2013). Estes são:

Aprendizagem supervisionada: o sistema recebe entradas de exemplo e os resultados desejados, fornecidos por um "tutor", e o objetivo é aprender uma regra geral que mapeie entradas para saídas.

Aprendizagem não supervisionada: nenhum rótulo é dado ao algoritmo de aprendizagem, deixando-o sozinho para encontrar a estrutura dos dados de entrada. A aprendizagem não supervisionada pode ser um objetivo em si (descobrir padrões ocultos em dados) ou um meio para um fim (recurso de aprendizagem).

Aprendizagem por reforço: um sistema interage com um ambiente dinâmico em que deve executar um determinado objetivo (como dirigir um veículo ou jogar um jogo contra um oponente). Ao programa é fornecido um *feedback* em termos de recompensas e punições.

Entre a aprendizagem supervisionada e não supervisionada existe a aprendizagem semi-supervisionada, onde o tutor dá um sinal de treinamento incompleto: um conjunto de treinamento com alguns (frequentemente, muitos) dos resultados errados.

No âmbito deste trabalho, é interessante o uso de algoritmos de IA em reconhecimento de padrões de fala, locomoção e hábitos diários rotineiros como comer, tomar banho e ver TV. A utilização de um sistema inteligente pode prever situações e tomar decisões com o objetivo de antecipar acidentes, evitar alarmes indevidos e demonstrar quanto esse paciente é ativo ou sedentário dentro de um ensinamento por parte de um fisioterapeuta ou médico.

O reconhecimento de padrões é um ramo de aprendizado em máquinas que se concentra no reconhecimento de padrões e regularidades em dados, embora seja, em alguns casos, considerado quase sinônimo de aprendizagem em máquina. Os sistemas de reconhecimento de padrões são, em muitos casos, treinados a partir de dados previamente rotulados (aprendizagem supervisionada), mas quando não há dados rotulados disponíveis, outros algoritmos podem ser usados para descobrir padrões desconhecidos anteriormente (aprendizado sem supervisão). Os conceitos de reconhecimento de padrões, aprendizado de máquina, mineração de dados e

descoberta de conhecimento em bancos de dados (KDD) são difíceis de separar, pois se sobrepõem em grande parte no seu escopo (Bishop, 2006).

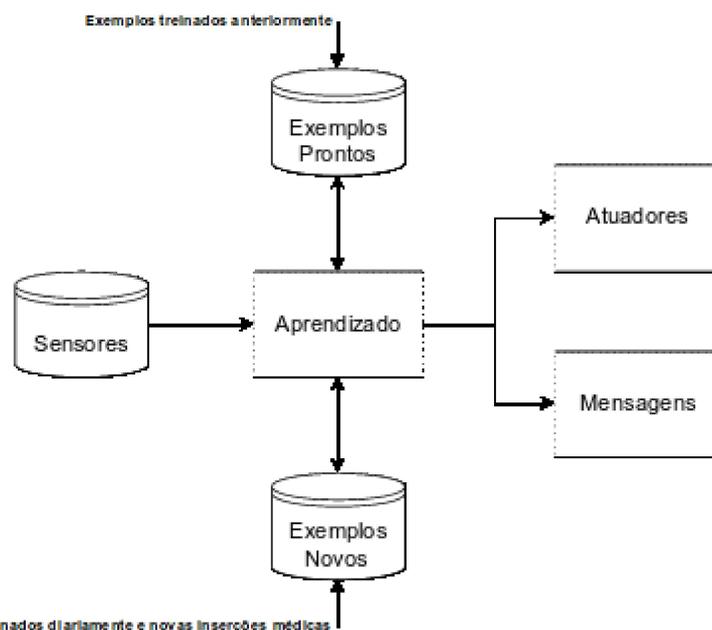
O entendimento do problema de forma explícita utiliza um especialista sobre IA, que conhece técnicas sobre a construção de sistemas inteligentes e sabe o que ferramentas pode utilizar como softwares, modelos matemáticos, discussões em grupos e questionários.

Sobre a aquisição de forma implícita, Pila (2001, p. 1) defende

A aquisição do conhecimento implícito é mais complexa, pois envolve, pois, envolve conhecimento que não seja fornecido explicitamente pelo especialista do domínio. A realização da aquisição do conhecimento implícito é tarefa de uma área da Inteligência Artificial chamada Aprendizado de Máquina.

Para um dia em que o paciente está desanimado, o aprendizado da fala com nuances de tristeza, palavras de desânimo ou irritação podem ser um bom uso do sensor de voz. Já para a utilização do acelerômetro pelo fato do paciente se locomover menos e com a interação dos sensores de presença que podem informar o quanto tempo o paciente fica em cada ambiente demonstram que ele se locomove menos e com base nos padrões treinados ou pré-definidos por um especialista médico leva a identificar o estado físico e até mesmo de humor do paciente (Figura 32).

Figura 32 - Fluxograma aprendizado IA



Fonte: Elaboração Própria.

As redes neurais artificiais (RNAs) são sistemas de computação inspirados nas redes neurais biológicas que constituem cérebros animais (HAYKIN, 2001). Esses sistemas aprendem (melhoram progressivamente o desempenho) para executar tarefas considerando exemplos, geralmente sem programação específica para tarefas. Por exemplo, no reconhecimento de imagens, eles podem aprender a identificar imagens que contenham um dado objeto, analisando imagens de exemplo rotuladas manualmente como "contém o objeto" ou "não contém o objeto". A RNA ajusta a intensidade das conexões entre os neurônios (treinamento) para identificar o mesmo objeto em outras imagens.

Uma RNA é baseada em uma coleção de unidades conectadas (neurônios artificiais), análogo aos neurônios de um cérebro biológico. Cada conexão pode transmitir um sinal de um neurônio para outro. O neurônio receptor pode processar o(s) sinal(is) recebido(s) e, em seguida, sinalizar os neurônios conectados após ele. Os neurônios podem ter estados de ativação ou não, geralmente representados por números reais, tipicamente entre 0 e 1 (*bits*). Os neurônios e as conexões também podem ter um peso que varia à medida que a aprendizagem avança, o que pode aumentar ou diminuir a força do sinal que envia ao neurônio à frente. Além disso, eles podem ter um *limiar de disparo*, tal que, somente se a soma dos sinais recebidos estiver acima desse limiar, é enviado adiante.

Normalmente, os neurônios são organizados em camadas. Diferentes camadas podem executar diferentes tipos de transformações em suas entradas. Os sinais viajam desde a primeira (entrada) até a última camada (saída), possivelmente depois de atravessar as camadas várias vezes. Em redes artificiais com múltiplas camadas ocultas, as camadas iniciais podem detectar primitivas (por exemplo, a pupila em um olho, a íris, cílios, etc.) e sua saída é alimentada para camadas mais profundas que realizam generalizações mais abstratas (por exemplo, olho, boca) e assim por diante até as camadas finais executar o reconhecimento de objeto complexo (por exemplo, rosto).

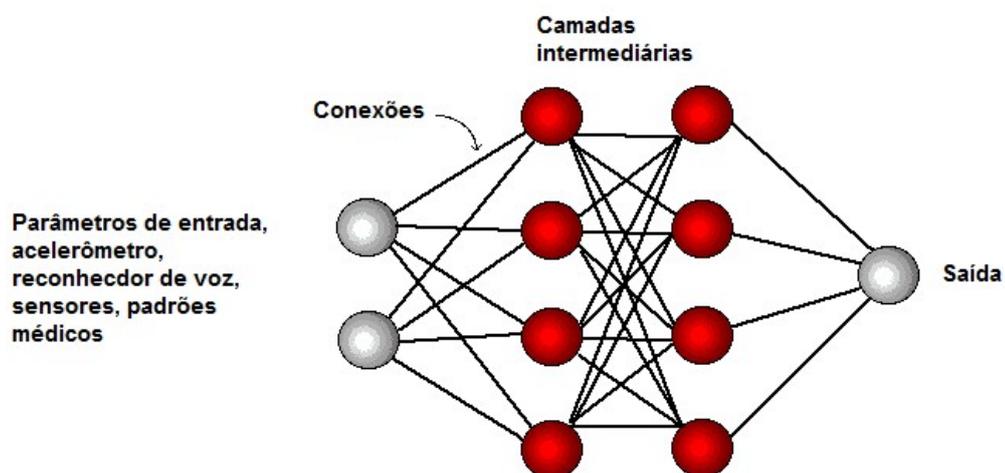
A Figura 33 mostra um exemplo de arquitetura de RNA, contendo dois neurônios de entrada (recebendo sinais vetoriais em duas componentes), quatro neurônios em cada camada intermediária (ou oculta) e um neurônio na camada de saída. O sinal de saída pode ser contínuo ou discreto. Se na saída for um sinal binário, a RNA pode ser usada como classificador, discriminando entre duas classes (0 ou 1).

No caso do monitoramento de um paciente com deficiência de locomoção e riscos de queda, este desenvolve um padrão de deslocamento que pode ser obtido pelo acelerômetro e aprendido pela RNA. Tem-se de forma ilustrativa o comportamento para um dia com facilidade de deslocamento. Um deslocamento para um momento de dificuldade ou desânimo e outro parâmetro de deslocamento é o que um especialista médico pode definir como esperado para o paciente no quadro em que se encontra, e esses três padrões vão compor a base do aprendizado e quando treinados podem fornecer o status do paciente. Com os parâmetros inseridos e o algoritmo implementado, a resposta de saída pode prever se o paciente caiu, está triste ou motivado. Como a implementação não ocorreu na prática espera-se que o Arduino tenha limitações de processamento para a rede necessitando de outro hardware.

Outra aplicação no projeto está relacionada ao reconhecimento de padrões de voz, para discriminar uma fala normal, cansada, sonolenta ou de pânico, incluindo também gritos e gemidos, conforme o estado em que o paciente se encontra dentro da evolução clínica da doença.

No caso do tapete com sensores de pressão postado no chão ao lado da cama, uma rede neural pode aprender padrões relativos aos sinais recebidos em caso de queda, pisão, descida suave, caminhada, ausência ou presença de uma outra pessoa ao lado da cama, como o cuidador, etc.

Figura 33 - Exemplo de Rede Neural



Fonte: Elaboração Própria

Em resumo, uma RNA é capaz de ser treinada para reconhecer diferentes padrões de ocorrência dos sinais recebidos pelos diversos sensores propostos neste projeto (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). A solução que permite um maior controle na implementação é dedicar uma RNA a cada sensor, que serão treinadas para padrões específicos do sensor a qual se conecta.

A implementação do processamento dos diversos sinais pelas RNAs é uma proposta para trabalho futuro, em uma etapa de aperfeiçoamento do protótipo inicial. Este será inicialmente testado nas condições descritas anteriormente, com o processamento simples do sinal, sendo a inclusão de RNAs uma sofisticação do projeto.

5 CONCLUSÃO

Este projeto para atender todas as necessidades do paciente para o aspecto de supervisão e segurança, deve ter seus sensores ajustados e aferidos o que torna indispensável a presença do cuidador.

Este projeto permite o monitoramento do paciente de forma a auxiliar o cuidador e seus parentes na rotina diária.

Os sensores de voz e acelerômetro, que ficam presos ao paciente são o maior desafio deste projeto, necessitam da adesão do paciente para utilizá-los, abrindo um campo de estudo sobre automação de vestir.

A implementação deste projeto traz condição de segurança e de supervisão ao paciente, porém não dispensa a presença do cuidador. A ideia é trazer o mesmo conceito de automação industrial aplicada a supervisão dos equipamentos e das pessoas.

Os envolvidos devem ser treinados para entenderem o funcionamento do sistema e seus objetivos, bem como identificar seus alarmes.

Deve haver um responsável técnico para prover suporte ao funcionamento correto ao projeto que deve ocorrer em dois atos, monitoramento local e remoto, o que abre uma possibilidade de negócio para esse projeto além da venda do produto.

Este projeto pode ser testado com outros tipos de CPUs, sensores e atuadores, depende da robustez da automação, do algoritmo implementado, dos desafios do ambiente e das necessidades do paciente.

O desenvolvimento de um aplicativo para celular dentro do campo de *IoT*, também abre a oportunidade de novos estudos através deste projeto.

Um sistema de *call center* onde essa supervisão pode ser feita a distância surge como uma oportunidade de negócio podendo ser contratado como um serviço similar a supervisão por alarme residencial.

Empresas que fornecem serviços de ambulância, suporte a doentes, fisioterapeutas podem ser integrados como parte dessa solução de supervisão ao paciente.

O ambiente hospitalar pode ser também uma possibilidade de aplicação desse projeto, como hoje a supervisão de pacientes que não necessitam de equipamentos de suporte a vida é feita apenas por campainhas a utilização do modelo aplicado tem o potencial de maximizar o atendimento dos profissionais de saúde.

A forma de comunicação cabeada e por rádio deve passar por testes de qualidade do sinal entregue e podem precisar de repetidores e ou amplificadores.

A fase de equipotencialização dos equipamentos, o aterramento e a filtragem dos ruídos precisam ser estudadas com profundidade, para o quão sensíveis os equipamentos são à interferência eletromagnética (EMI) e distorções harmônicas.

Este projeto foi aplicado para uma enfermidade, podendo ser ajustado a outros tipos de doenças parkinsonianas e a outros tipos de enfermidades. Deve ser adequado e customizado para cada aplicação.

6 REFERÊNCIAS

ABNT. “**Instalações Elétricas em Baixa Tensão - NBR ISO: 5410-2004.**” Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 30 de Setembro de 2004. 209.

ARDUINO. 11 de setembro de 2017. <https://www.arduino.cc/>.

ARDUINO E CIA. 15 de maio de 2017.
<http://www.arduinoocia.com.br/2014/06/sensor-presenca-modulo-pir-dyp-me003.html>.

BARSANO, Paulo Roberto. **Controle de riscos prevenção de acidentes no ambiente ocupacional.** São Paulo, SP: Érica, 2014.

BERSCH, Rita. s.d.
http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf.

BITENCOURT, Paulo Cesar Trevisol. “**Paralisia Supranuclear Progressiva.**” s.d.: 6.

CARVALHO, Vanderson Neri. “**Paralisia Supranuclear Progressiva (Síndrome de Steele - Richardson - Olszewski) Associada a Crises Generalizadas: Estudo de Caso.**” Revista científica FMC, 2011: 19.

CHRISTOPHER, M. **Pattern recognition and machine learning.** 2006.

COTRIM, Ademaro. **Instalações Elétricas.** 5ª. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2009.

ELECHOUSE. “**Voice Recognition Module V3.**” Maio de 2014.

FERREIRA, Catarina G. “**Análise entre as diferenças entre a utilização de acelerômetros de pulso e cintura em idosos na sala de hidroginástica.**” Porto, 2013.

GIMENEZ, Salvador P. **Microcontrolador 8051.** São Paulo, SP: Pearson, 2005.

GROOVER, Mikell P. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura.** São Paulo: Pearson, 2010.

GUIA MINHA SAÚDE ESPECIAL. “**PARKINSON.**” PARKINSON, 2016: 97.

HAYKIN, Simon S. **Redes Neurais Princípio e Prática.** Porto Alegre, RS: Bookman, 2001.

KLEINA, Claudio. **Tecnologia Assistiva em Educação Especial e Educação Inclusiva.** 1ª. Curitiba: Inersaberes, 2012.

—. **Tecnologia Assistiva em Educação Especial e Educação Inclusiva.** Curitiba: Intersaberes, 2012.

MANZANO, Andre Luiz N. G. **TCC Trabalho de Conclusão de Curso**. São Paulo: Érica, 2014.

MARCONDES, Marcos A. S. **Fundamentos de Instalações Elétricas**. Curitiba, PR: Intersaberes, 2017.

MONK, Simon. **30 Projetos com Arduino**. 2ª. Porto Alegre, RS: Bookman, 2014.

— **Programação com Arduino**. 2ª. Porto Alegre, RS: Bookman, 2017.

— **Programação com Arduino II**. 1ª. Porto Alegre, RS: Bookman, 2015.

— **Projetos com Arduino e Android**. 1ª. Porto Alegre, RS: Bookman, 2014.

NICOLOSI, Denys E. C., e Rodrigo B. BRONZERI. **Microcontrolador 8051 com Linguagem C**. 2ª. São Paulo, SP: Érica, 2008.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. São Paulo: Pearson, 2010.

OLIVEIRA, Claudio L. V., e Humberto A. Z. PIOVESANA. **Arduino Descomplicado**. 1ª. São Paulo, SP: Érica, 2015.

PILA, Adriano Donizete. **“Computação Evolutiva Para a Construção de Regras de Conhecimento com Propriedades Específicas.”** São Carlos, SP, Maio de 2007.

— **“Seleção de Atributos Relevantes para Aprendizado de Máquina Utilizando a Abordagem Rough Sets.”** São Carlos, SP, Abril de 2001.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Predial e Residencial: Uma Introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

Redes, GSM, GPRS, EDGE e UMTS. São Paulo: Érica, 2015.

RESNICK, Robert, e David HALLIDAY. **Física I**. 5ª. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2002.

RUSSEL, Stuart J., e Peter NORVIG. **Inteligência Artificial**. Rio de Janeiro, RJ: Elseiver, 2013.

SALLES, Carlos T. P., e Adriano SILVA. **“Uso de Redes Neurais Artificiais para Estimar Parâmetros de Produção de Galinhas Reprodutoras Pesadas em Recria.”** Dezembro de 2001: 8.

STEVAN, Sergio L. Jr., e Rodrigo S ADAMSHUK. **Automação e Instrumentação Industrial com Arduino**. 1ª. São Paulo, SP: Érica, 2015.

TANENBAUN, Andrew S. **Organização Estruturada de Computadores**. 6ª. São Paulo, SP: Pearson, 2013.

THOMSEN, Adilsom. FilipeFlop. 11 de setembro de 2017.
<https://www.filipeflop.com/blog/sensor-ultrassonico-hc-sr04-ao-arduino/>.

VASCONCELOS, Leandro C., e Marcelo I. AKIRA. **Fundamentos de Redes**. Goiânia: Terra, 2003.

Vida de Silício. 11 de setembro de 2017. <https://portal.vidadesilicio.com.br/entradas-e-saidas-analogicas/>.

VIEIRA, Gisele B. **Introdução a Fisioterapia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

VIEIRA, Silvani V. "**Domótica: Um recurso de tecnologia assistiva**." 11 de Setembro de 2017. <http://www.unifra.br/eventos/sepe2011/Trabalhos/2163.pdf>.

YAMAWAKI, Sergio Y. "**CREA - PR**." 11 de Setembro de 2017. http://www.confes.org.br/media/Tecnologias_Assistivas_Sergio_Yamawaki.pdf.

ANEXO A – INFLUÊNCIAS EXTERNAS

As influências externas são descritas na NBR 5410:2004 a partir da página 18.

Tabela 1 — Temperatura ambiente

Código	Classificação	Faixas de temperatura		Aplicações e exemplos
		Limite inferior °C	Limite superior °C	
AA1	Frigorífico	- 60	+ 5	Câmaras frigoríficas
AA2	Muito frio	- 40	+ 5	
AA3	Frio	- 25	+ 5	-
AA4	Temperado	- 5	+ 40	-
AA5	Quente	+ 5	+ 40	Interior de edificações
AA6	Muito quente	+ 5	+ 60	-
AA7	Extrema	- 25	+ 55	
AA8		- 50	+ 40	

NOTAS

- 1 As classes de temperatura ambiente são aplicáveis apenas quando não houver influência da umidade. Caso contrário, ver 4.2.6.1.2.
- 2 O valor médio em um período de 24 h não deve exceder o limite superior menos 5°C.
- 3 Para certos ambientes pode ser necessário combinar duas faixas de temperatura. Por exemplo, instalações ao ar livre podem ser submetidas a temperaturas entre - 5°C e + 50°C, correspondentes a AA4 + AA6.
- 4 Instalações submetidas a temperaturas diferentes das indicadas devem ser objeto de prescrições particulares.

Fonte: NBR 5410:2004

Tabela 2 — Condições climáticas do ambiente

Código	Características						Aplicações e exemplos
	Temperatura do ar °C		Umidade relativa %		Umidade absoluta g/m ³		
	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior	
AB1	- 60	+ 5	3	100	0,003	7	Ambientes internos e externos com temperaturas extremamente baixas
AB2	- 40	+ 5	10	100	0,1	7	Ambientes internos e externos com temperaturas baixas
AB3	- 25	+ 5	10	100	0,5	7	Ambientes internos e externos com temperaturas baixas
AB4	- 5	+ 40	5	95	1	29	Locais abrigados sem controle da temperatura e da umidade. Uso de calefação possível

Fonte: NBR 5410:2004

Tabela 3 — Altitude

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AC1	Baixa	≤ 2 000 m	Para alguns componentes, podem ser necessárias medidas especiais a partir de 1 000 m de altitude
AC2	Alta	> 2 000 m	

Fonte: NBR 5410:2004

Tabela 4 — Presença de água

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AD1	Desprezível	A probabilidade de presença de água é remota	Locais em que as paredes geralmente não apresentam umidade, mas podem apresentá-la durante curtos períodos, e secam rapidamente com uma boa aeração
AD2	Gotejamento	Possibilidade de gotejamento de água na vertical	Locais em que a umidade se condensa ocasionalmente, sob forma de gotas de água, ou em que há presença ocasional de vapor de água
AD3	Precipitação	Possibilidade de chuva caindo em ângulo máximo de 60° com a vertical	Locais em que a água forma uma película contínua nas paredes e/ou pisos
AD4	Aspersão	Possibilidade de "chuva" de qualquer direção	A aspersão corresponde ao efeito de uma "chuva" vinda de qualquer direção. São exemplos de componentes sujeitos a aspersão certas luminárias de uso externo e painéis elétricos de canteiros de obras ao tempo
AD5	Jatos	Possibilidade de jatos de água sob pressão, em qualquer direção	Locais em que ocorrem lavagens com água sob pressão, como passeios públicos, áreas de lavagem de veículos, etc.
AD6	Ondas	Possibilidade de ondas de água	Locais situados à beira-mar, como praias, <i>piers</i> , ancoradouros, etc.
AD7	Imersão	Possibilidade de imersão em água, parcial ou total, de modo intermitente	Locais sujeitos a inundação e/ou onde a água possa se elevar pelo menos a 15 cm acima do ponto mais alto do componente da instalação elétrica, estando sua parte mais baixa a no máximo 1 m abaixo da superfície da água
AD8	Submersão	Submersão total em água, de modo permanente	Locais onde os componentes da instalação elétrica sejam totalmente submersos, sob uma pressão superior a 10 kPa (0,1 bar, ou 1 mca)

Fonte: NBR 5410:2004

ANEXO B – GRAU DE PROTEÇÃO IP DO EQUIPAMENTO

GRAU DE PROTEÇÃO

NEMA x IEC

NEMA	IP20	IP22	IP54	IP55	IP66	IP67
1	●					
2		●				
3				●		
3R		●				
4					●	
4X					●	
6						●
12			●			
13						●

2º Numeral

Grau de proteção contra água

1º Numeral		Gau de proteção contra objetos sólidos		2º Numeral								
		Gau de proteção contra água										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8		
Não protegido		IP 00	IP 01	IP 02	IP 13	IP 34	IP 54	IP 65	IP 66	IP 67	IP 68	
Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 50mm		IP 10	IP 11	IP 12	IP 13	IP 34	IP 54	IP 65	IP 66	IP 67	IP 68	
Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 12mm		IP 20	IP 21	IP 22	IP 23	IP 34	IP 54	IP 65	IP 66	IP 67	IP 68	
Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 2,5mm		IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34	IP 54	IP 65	IP 66	IP 67	IP 68	
Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 1mm		IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44	IP 45	IP 46	IP 66	IP 67	IP 68	
Protegido contra poeira depresso: 200mm de coluna d'água Máxima aspiração de ar: 80 vezes o volume do invólucro						IP 54	IP 54	IP 55	IP 56			
Totalmente protegido contra a poeira. Mesmo procedimento de teste		6										

Fonte: <http://www.omegatrafo.com.br/ip.pdf>