

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO RECONHECIMENTO DE COMPORTAMENTO E COMANDO DE VOZ

Eron Santos Brunelli; Sérgio Murilo Ramos dos Santos;
Iago Batista Ramos Barbosa; Diego Oliveira Simão;
Tiago dos Santos Oliveira; Ubirajara de Oliveira da Costa;
Susan Bacelar de Souza; Márcio Renê Brandão Soussa;
Charles Lima Soares

RESUMO

A maioria dos projetos de automação residencial exige que os moradores utilizem dispositivos como *tablets* e *smartphones* para controlar as tarefas. Portanto, este projeto propõe a criação de um sistema capaz de automatizar tarefas por meio da própria percepção da casa, sem a necessidade do uso dos eletrônicos. Foram automatizadas atividades relacionadas com o momento de acordar do morador, o de assistir TV e de dormir. Um ambiente de simulação foi criado para permitir a realização de testes com o modelo e o seu comportamento foi registrado e analisado. Por fim, foram detectados alguns problemas com alguns equipamentos. Afora, o sistema demonstrou evidências da sua capacidade em automatizar rotinas dentro de uma residência baseado na percepção do comportamento do morador.

Palavras-chave: Automação Residencial; Arduino; *Raspberry Pi*; *Zigbee*; Sensor.

1 INTRODUÇÃO

Os avanços ocorridos nas últimas décadas, principalmente nas áreas de microeletrônica e redes de comunicação sem fio, têm proporcionado a possibilidade de aprimorar ferramentas de automação nas mais diversas áreas (BOHN et al, 2004). A evolução da indústria de hardware e em especial da microeletrônica, trouxe resultados muito significativos para o cenário atual, como a redução nos tamanhos e formatos dos dispositivos eletrônicos, como também nos custos e no consumo de energia.

Segundo Gomez e Paradells (2010), nos últimos anos as redes de sensores sem fio ganharam notoriedade e tornaram-se uma peça fundamental para a área de monitoramento remoto, pois através delas é possível identificar e endereçar unicamente os mais diversos objetos e comunicá-los com outros objetos de forma remota. Tecnologias que eram antes utilizadas exclusivamente nas indústrias, comércio e ambientes corporativos passaram a serem utilizadas também nos ambientes domésticos, dando origem ao termo domótica, que objetiva integrar a tecnologia com aspectos do ambiente residencial, proporcionando mais segurança, conforto e acessibilidade aos seus moradores.

Piyare e Lee (2013) definem domótica (ou automação residencial) como a inclusão de tecnologia no ambiente domiciliar com o propósito de prover conveniência, conforto, segurança

e eficiência energética para seus ocupantes. Kaur (2010) afirma que a domótica consiste no controle de alguns ou todos os dispositivos eletrônicos em uma residência. Ela afirma que os sistemas de automação residencial permitem controlar de modo centralizado o acionamento e desligamento de lâmpadas, aparelhos de ventilação, de ar condicionado, aquecedores, eletrodomésticos, dentre outros, com o objetivo de proporcionar aos moradores conforto, praticidade e segurança.

Na atualidade há uma gama de projetos e produtos disponíveis no mercado que permitem controlar remotamente dispositivos eletrônicos dentro de uma residência (KAUR, 2010) e muitos deles possuem uma característica em comum, que é o uso de um dispositivo controlador, como *tablets* e *smartphones*, que permitem ao usuário controlar as funcionalidades desejadas. Acreditamos ser possível propor um modelo de automação residencial onde a própria casa reconheça alguns comportamentos previamente definidos do seu morador e atue de forma eficiente, sem a necessidade de o morador interagir diretamente com os dispositivos.

Portanto, este trabalho tem como objetivo propor um modelo computacional capaz de controlar e automatizar algumas tarefas rotineiras de uma pessoa dentro do seu ambiente domiciliar, através da percepção da movimentação do morador. A ideia central é que o próprio ambiente consiga perceber, em determinados períodos do dia, alguns comportamentos típicos e sugestivos de alguma atividade específica do morador e conseqüentemente interagir em prol dele, no intuito de proporcioná-lo conforto e praticidade.

2. SISTEMAS EMBARCADOS

Um sistema é classificado como embarcado quando ele é dedicado a uma única tarefa e interage continuamente com o ambiente a sua volta por meio de sensores e atuadores (BALL, 2005). Dessa forma, sistemas embarcados são inteligentes, criados para desempenhar tarefas específicas e estão embutidos em um circuito integrado que trabalha independentemente de outras operações (CARDOSO; PACHECO; MONTEIRO, 2014). Todo sistema embarcado é composto por uma unidade de processamento, que é um circuito integrado, fixado a uma placa de circuito impresso (BALL, 2005).

3 PLATAFORMAS DE PROGRAMAÇÃO E PROTOTIPAGEM

Com a evolução e a miniaturização dos controladores, surgiram novas perspectivas para o seu uso. Porém, a programação feita diretamente nos controladores não é considerada uma tarefa trivial para pessoas que não tem conhecimentos mais aprofundados de eletrônica. Contudo, nos últimos anos surgiram algumas plataformas de prototipagem e programação *open*

source, que permitem pessoas que não são especialistas, possam também programar os microcontroladores de uma forma mais fácil e intuitiva.

McRoberts (2010) afirma que essas plataformas de computação embarcada facilitam a programação e o gerenciamento do envio e recebimento de dados de dispositivos eletrônicos externos. Duas dessas plataformas se destacam na atualidade, pela quantidade de projetos que as utilizam são: Arduino e *Raspberry PI*, ambas foram escolhidas para serem utilizadas neste artigo devido a diversidade de componentes compatíveis e, principalmente, pela familiaridade dos autores com as plataformas.

4 SENSORES

Um sensor é geralmente definido como um dispositivo que recebe e responde a um sinal ou estímulo. Desse modo, Fraden (2010) faz um refinamento desse conceito e o explica como aquele que recebe um estímulo e responde com um sinal elétrico. O entendimento de estímulo, então, consiste em uma quantidade, propriedade ou condição que é percebida e convertida em um sinal elétrico. O autor afirma que os sensores podem ser classificados de várias formas dependendo do propósito, podendo ser classificados de acordo com o seu material, como inorgânicos ou orgânicos e suas subcategorias. Podem também ser classificados de acordo com a forma de detecção, podendo ser biológica, química, elétrica, magnética, dentre outras e, ainda, de acordo com o estímulo, que pode ser acústico, ótico, elétrico, mecânico, dentre outros.

Segundo McRoberts (2010), os sensores não trabalham de forma isolada, pois são dispositivos que em conjunto com outros, como memória, processador, atuador, sempre compõem um sistema maior. Na atualidade, há uma grande variedade de sensores de ambientes, como ultrassônico, infravermelho, piezoelétrico, barreira, temperatura, umidade, dentre outros.

5 REDES DE SENSORES SEM FIO

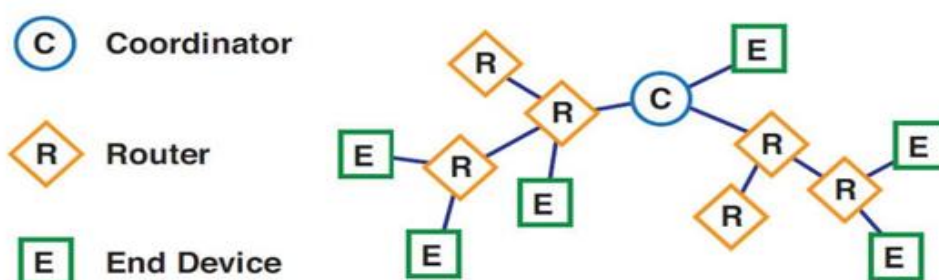
De acordo com Karl, Willig e Wolisz (2004), as Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) podem ser definidas como uma coleção de dispositivos com capacidade computacional, de sensoriamento e comunicação. Ruiz *et al* (2004) afirmam que diferentemente das redes de computadores tradicionais, as RSSF normalmente possuem um grande número de dispositivos distribuídos em um ambiente, bem como restrições de energia e devem possuir mecanismos para autoconfiguração, devido a problemas como falhas de comunicação e perda de nós.

Um nó em uma RSSF pode ser definido como um elemento computacional com capacidade de processamento, memória, interface de comunicação sem fio, além de um ou mais sensores acoplados. Ele costuma possuir pequenas dimensões, o que acarreta certas limitações,

tais como a capacidade da fonte de energia, o processador e o transceptor (RUIZ *et al*, 2004).

Neste contexto, uma tecnologia se destaca: a *zigbee*. De acordo com Farahani (2008), ela representa um padrão que define um conjunto de protocolos para redes de comunicação sem fio de curta distância, baixa taxa de transmissão e baixo consumo de energia. A arquitetura do *zigbee* permite definir um coordenador e um conjunto de módulos roteadores ou dispositivos finais (Figura 1).

Figura 1 – Arquitetura de funcionamento da tecnologia *zigbee*.



Fonte: Coletada pelos autores.

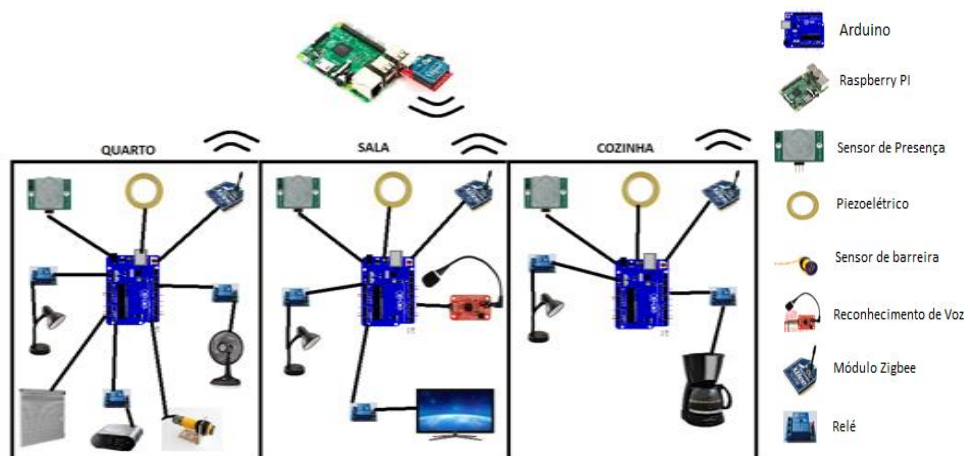
6 MATERIAIS E MÉTODOS

Um modelo computacional baseado em reconhecimento de comportamento e reconhecimento de voz foi projetado e posteriormente instalado nas dependências do Centro Universitário Jorge Amado (UNIJORGE). Neste ambiente, uma residência composta por um quarto, uma sala e uma cozinha foi simulada, o que permitiu a realização de testes com o modelo. Durante esse período, o comportamento do modelo foi monitorado, os resultados foram registrados e analisados e as falhas encontradas permitiram recalibrações.

6.1 Especificação do Modelo

O projeto de uso do modelo computacional foi concebido para monitorar casas com apenas um único morador e automatizar algumas tarefas rotineiras relacionadas ao momento de acordar, dormir e assistir televisão. Para tanto, foram monitorados três cômodos da residência: o quarto, a cozinha e a sala. A Figura 2 apresenta um desenho esquemático contendo os sensores e equipamentos presentes em cada um dos espaços da casa, como também a comunicação entre estes ambientes e o módulo centralizador do sistema, o *Raspberry PI*.

Figura 2 – Esquema do funcionamento do modelo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme aponta a figura 2, para a projeção do modelo é necessário que em cada cômodo da casa haja uma placa arduino interligada a todos os sensores presentes no ambiente e conectada também a um módulo *zigbee*, dispositivo que permite a comunicação sem fio entre o ambiente e o *Raspberry PI*, que representa o elemento centralizador dos comandos de automação e deve ficar instalado em algum local estratégico. Neste, há instalado um sistema operacional gratuito, o Linux, e um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) também gratuito, o MySQL. No SGBD, há um banco de dados com o propósito de armazenar dados pessoais, dos hábitos do morador, que possibilitem a automatização das tarefas.

No quarto, devem ser instalados os seguintes sensores e equipamentos: um sensor de barreira, instalado na parte inferior da cama, que é utilizado para identificar o momento de acordar ; um sensor PIR, instalado na parte superior do cômodo, que tem como finalidade identificar a presença da pessoa no ambiente; um piezoelétrico, instalado sobre a cama, que informa, quando pressionado, se a pessoa encontra-se sobre o referido móvel; um módulo de reconhecimento de voz, que captura e interpreta determinados comandos previamente gravados pela pessoa e um conjunto de relés que possibilita acionar e desligar automaticamente a persiana, o ventilador, a luminária e o aparelho de som.

Na sala, deve ser instalado um sensor infravermelho configurado com o receptor infravermelho da televisão, que permite ligar e desligar o referido aparelho; um sensor PIR, instalado na parte superior do cômodo, que tem como finalidade identificar a presença da pessoa no ambiente; um sensor piezoelétrico, instalado sobre o sofá, que informa, quando pressionado, que a pessoa encontra-se sobre o referido móvel; um módulo de reconhecimento de voz, que captura e interpreta determinados comandos previamente gravados pela pessoa e um relé que permite o acionamento automático da luminária.

Na cozinha, deve haver um sensor PIR instalado na parte superior do cômodo, que tem como finalidade identificar a presença da pessoa no ambiente e um relé que permite a acionamento da cafeteira automaticamente.

Como o modelo proposto faz uso de tecnologia de reconhecimento de voz, exige-se que o morador grave, previamente, no módulo de reconhecimento de voz, as seguintes palavras e sons: SIM, OK, NÃO e o bater de palmas.

6.2 Funcionamento do Modelo

O sistema utiliza duas variáveis que definem e informam a todo instante o comportamento da pessoa e da casa (ESTADO_PESSOA e ESTADO_CASA). O primeiro informa o comportamento da pessoa em um determinado momento e o segundo, o comportamento da casa. O modelo inicia-se supondo que o morador está dormindo e, portanto, o ESTADO_PESSOA possui valor igual a *Dormindo* e o ESTADO_CASA, valor igual a *Stand-by*.

Em relação ao momento do acordar, a cada intervalo de tempo predefinido, o *raspberry PI* verifica no banco de dados se o horário atual está compreendido entre o horário habitual de acordar da pessoa. Esta informação é previamente cadastrada no banco de dados. Em caso afirmativo, o *raspberry PI* envia a *string* “Quarto: Acordar” para o módulo coordenador *zigbee*, que a envia para os outros módulos *zigbee* presentes em todos os aposentos.

Quando o módulo *zigbee* do quarto captura essa *string*, ele aciona o relé conectado a um sistema de som, que o liga e faz tocar uma música, com o intuito de acordar a pessoa. A partir desse momento, o estado da casa passa de *Stand-by* para “*Acordando a Pessoa*” e o sistema fica aguardando alguma movimentação do sujeito pelo quarto.

Quando a pessoa se levanta e rompe o feixe infravermelho do sensor de barreira, o sistema entende que acordou e muda o estado da casa para *Stand-by* e o status da pessoa de “*Dormindo*” para “*Movimentando no Quarto*”. Neste momento, o arduino presente no quarto aciona alguns relés que desligam o som, acionam a abertura da persiana, desligam o ventilador e por fim, envia a *string* “Acordou” para o *raspberry PI*.

Ao receber essa *string*, o *raspberry PI* pergunta, através de um sistema de som, que pode ser ouvido em todos os aposentos da casa, se o morador deseja que a casa prepare o café e habilita o módulo de reconhecimento de voz do quarto para capturar a resposta do morador. Se alguma das seguintes palavras forem ditas: SIM, OK ou o bater de palmas, o *raspberry PI* envia uma *string* “Cozinha: Preparar Café” para os módulos *zigbee* de todos os aposentos e ao receber a referida *string*, o arduino da cozinha aciona o relé que liga a cafeteira e a mantém ligada por

um período de tempo pré-determinado no modelo. Quando a pessoa adentra a cozinha, o estado passa para “*Movimentando na Cozinha*”.

Quando a pessoa se encaminha para a sala e passa pelo raio de cobertura do sensor PIR, as luzes do ambiente são ligadas e o estado da pessoa passa para “*Movimentando na Sala*” e caso ela sente-se no sofá e a sua presença seja detectada pelo sensor piezoelétrico, o arduino da sala envia a *string* “Sentado no Sofá” para o *raspberry PI*, que emite um som perguntando se a pessoa deseja assistir TV. O módulo de reconhecimento de voz captura a resposta e se o morador responder SIM, OK ou bater palmas, então o aparelho é ligado e o estado da pessoa passa para “*Assistindo TV*”. Ao se levantar e mudar de aposento, o arduino utiliza-se do emissor infravermelho novamente para desligar a televisão e do relé para desligar as luzes da sala.

Em relação ao momento de dormir, quando a pessoa adentra ao quarto e deita na cama, a partir de um horário previamente cadastrado no banco dados, o *Raspberry PI* pergunta se deseja dormir. Caso a resposta seja SIM, OK ou o bater de palmas, então o arduino aciona os relés para fechar a persiana, ligar o ventilador e desligar a luz. Neste momento, o estado da pessoa passa para “*Dormindo*”.

7. SIMULAÇÕES REALIZADAS

O ambiente utilizado para a realização dos testes foi criado dentro das instalações da UNIJORGE e conforme pode ser visto na Figura 3, foi simulada uma casa contendo três cômodos: um quarto, uma sala e uma cozinha.

Figura 3 – Do lado esquerdo, quarto, composto por uma cama, uma luminária, uma persiana, um aparelho de som e um ventilador. Do lado direito, sala, composta por um sofá, uma luminária e uma televisão e a cozinha, contendo uma cafeteira e uma luminária.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Durante os testes, o sistema esteve interligado a um computador com um monitor que apresentava em tempo real informações importantes do sistema, como o local onde a pessoa se encontrava no momento, o estado da casa e o estado da pessoa (Figura 4).

Figura 4 – Tela de apresentação e monitoramento da simulação.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Vale a pena salientar que antes do início das simulações, foi escolhida uma pessoa para representar o morador da casa e gravadas no módulo de reconhecimento de voz as palavras: *sim*, *não*, *OK* e o som do *bater de palmas*, que também possui o sentido de *sim*.

Foram feitas diversas movimentações de uma pessoa, simulando as atividades de dormir, acordar, assistir TV e tomar café. Em algumas dessas situações, os sensores funcionaram adequadamente, mas em outras não, comprometendo o desempenho do sistema. Portanto, vale destacar os dois principais problemas encontrados.

O primeiro está relacionado com a baixa precisão dos sensores piezoelétricos instalados na cama e no sofá. Em diversos momentos, quando a pessoa sentava ou deitava nos referidos móveis, os sensores não detectavam a sua presença, comprometendo a automatização de algumas atividades como: assistir TV e dormir. Outro problema que foi possível observar, está relacionado com a não identificação do som emitido pela pessoa. Dependendo da entonação ou da frequência da voz, o módulo de reconhecimento de voz não conseguia identificar a fala, comprometendo também o funcionamento do sistema. Ademais, o sistema apresentou o comportamento desejado.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No início do projeto havia a expectativa, por parte dos autores, em criar um sistema de automação residencial que contemplasse uma variedade maior de cômodos de uma residência, automatizando diversas atividades rotineiras de um morador que vive sozinho. Parte desta expectativa foi alcançada, pois foi possível criar um sistema de comunicação sem fio que gerencia automaticamente a realização das atividades de dormir, acordar e assistir TV.

Das dificuldades encontradas no desenvolvimento deste trabalho, destaca-se a integração e sincronização das diversas tecnologias utilizadas, como *raspberry PI*, arduino, *zigbee*, reconhecimento de voz, *processing* e diversos sensores, como piezoelétrico, barreira, infravermelho e PIR.

Foram também detectadas algumas dificuldades no envio e recebimento de mensagens através dos módulos *zigbee*, principalmente quando os sinais saíam dos aposentos em direção ao *zigbee* coordenador, conectado ao *raspberry PI*. Isto ocorria porque quando o arduino encaminhava um sinal de um sensor para o *zigbee* e este encontrava-se em repouso, por vezes, acabava por não repassar a mensagem para o coordenador. Para solucionar este problema, decidiu-se enviar uma mesma mensagem três vezes, de forma consecutiva, fazendo com que o *zigbee* tivesse mais tempo para sair do modo de hibernação e conseguisse transmitir a mensagem ao destino em tempo hábil.

Por fim, foi perceptível a viabilidade técnica na criação de projetos de automação residencial, onde a própria casa consiga reconhecer comportamentos do morador, sem a necessidade do uso de dispositivos como *tablets*, *smartphones* e similares, mesmo havendo a necessidade de integrar e sincronizar uma grande variedade de tecnologias. Espera-se que este trabalho possa subsidiar novos projetos e produtos na área de automação residencial e casa inteligente.

REFERÊNCIAS

- BALL, Stuart. **Embedded Microprocessor Systems: Real World Design**. 3 ed. Estados Unidos: MCPros, 2005.
- BOHN, Jürgen et al. Living in a world of smart everyday objects - social, economic, and ethical implications. **Journal of Human and Ecological Risk Assessment**, v. 10, n. 5, p. 763-785, 2004.
- CARDOSO, Danielson Martins; PACHECO, José; MONTEIRO, Wellington Carlos Correa. Aplicação dos Sistemas Embarcados: uma análise teórica. *In: Seminário de Tecnologia Inovação e Sustentabilidade*, 3, nov. 2014.
- FARAHANI, Shahin. **Zigbee Wireless Networks and Transceivers**. Oxford: Newnes - Elsevier, 2008.
- FRADEN, Jacob. Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications. Nova York: Springer Science & Business Media, 2004.
- GOMEZ, Carles; PARADELLS, Josep. Wireless home automation networks: A survey of architectures and technologies. **IEEE Communications Magazine**, v. 48, n. 6, p. 92-101, 2010.
- KARL, H., WILLIG, A., WOLISZ, A.; **Eye source routing protocol for wireless sensor networks, Proceedings of the Work-in-Progress Session of the 1st European Workshop on Wireless Sensor Networks**. Berlim: TKN Group, 2004.

KAUR, Inderpreet. Microcontroller based home automation system with security. **International journal of advanced computer science and applications**, v. 1, n. 6, p. 60-65, 2010.

McROBERTS, Michael. **Beginning Arduino**. New York: Apress, 2010. Disponível em: <<http://spectrum.ieee.org/computing/software/the-2015-top-ten-programming-languages>>.

Acesso em: 19 mai.2015.

PIYARE, Rajeev; LEE, Seong Ro. Smart home-control and monitoring system using smart phone. **ICCA, ASTL**, v. 24, p. 83-86, 2013.

RUIZ, Linnyer Beatrys *et al.* **Arquiteturas para redes de sensores sem fio**. Tutorial do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos(SBRC). 2004.

Disponível em:

[http://www.inf.ufes.br/~zegonc/material/Redes%20de%20Sensores%20sem%20Fio/Arquiteturas%20para%20Redes%20de%20Sensores%20Sem%20Fio%20\(Linnyer%20UFMG\).pdf](http://www.inf.ufes.br/~zegonc/material/Redes%20de%20Sensores%20sem%20Fio/Arquiteturas%20para%20Redes%20de%20Sensores%20Sem%20Fio%20(Linnyer%20UFMG).pdf).

Acesso em: 31 mar. 2015.

XBEE. XBee and Zigbee basic concepts. Disponível em:

http://ftp1.digi.com/support/documentation/html/90001399/90001399_A/Files/XBee-concepts.html. Acesso em: 1 fev. 2016.