# Um Robô Enfermeira para o Monitoramento da Afasia

Vitor S. Ferreira<sup>1</sup>
Helena V. de O. Pereira<sup>1</sup>
Vinicius M. Caixeta<sup>1</sup>
Gean D. M. Paiva<sup>1</sup>
Isabela M. G. Mendes<sup>2</sup>
Piero Martelli<sup>1</sup>
José O. Ferreira<sup>1</sup>
Talles M. G. de A. Barbosa<sup>1</sup>

Resumo: O objetivo deste artigo é apresentar o projeto AudioBot. AudioBot é um sistema robotizado para o monitoramento de distúrbios do sistema fonoauditivo, tal como as afasias. Afasia é um distúrbio da linguagem caracterizado pela dificuldade da fala e da compreensão da fala. Neste trabalho argumenta-se que o AudioBot é especialmente útil aos fonoaudiólogos na aplicação de terapias para afasia no leito hospitalar. Para isso, AudioBot inclui uma interface para teleoperação e um mecanismo de mapeamento para detecção de obstáculos. Assim, o robô pode ser operado por uma pessoa a distância. Além disso, o AudioBot foi projetado para ser uma plataforma móvel reconfigurável e baseada em componentes, para que possa ser facilmente customizada para diferentes aplicações de robô enfermeira. Por outro lado, o hardware foi construído pela reciclagem de componentes eletrônicos oriundos de computadores pessoais inutilizados, reduzindo custos e tornando-se ecologicamente correto em comparação aos robôs de mesma natureza. Atualmente, AudioBot está sendo avaliado pela Santa Casa de Misericórdia, um hospital filantrópico da cidade de Goiânia.

Palavras-chave: Robótica, Afasia, Robô enfermeira.

Abstract: The purpose of this paper is to present the AudioBot project. AudioBot is a robot system specializing in monitoring disorders of the auditory system, such as Aphasias. Aphasia is a language disorder in which there is an impairment of speech and of comprehension of speech. We argue that AudioBot is especially useful to help the audiologists in applying the aphasia therapies at hospitals. In view of this, AudioBot includes a teleoperation interface and a mapping mechanism for obstacles avoidance. Thus, it can be easily operated by a person from a distance. Besides, AudioBot was designed to be a reconfigurable component-based mobile robot capable to adapt for supporting different nursing robot applications. On the other hand, AudioBot hardware platform was built by recycling old PC computer artifacts becoming cheaper and more ecology than others mobile robots. Nowadays, AudioBot are been evaluated by Santa Casa de Misericórdia de Goiânia, a philanthropic hospital from the city of Goiânia.

**Keywords:** Robotics, Aphasia, Nursing robot.

{mendes.isabella@gmail.com}

doi: 10.5335/rbca.2010.003

Departamento de Computação, Universidade Católica de Goiás, Caixa Postal 15.064 - 91.501-970 - Goiânia - GO - Brasil {vitorsantosferreira,lnavanessa,geandelon,hanzolff@gmail.com}, {martelli,jolimpio,talles@ucg.br}

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Santa Casa de Misericórdia de Goiânia, Av. Campinas, 1136 - Setor Americano do Brasil - 74.530-240 - Goiânia - GO - Brasil

### 1 Introdução

A afasia pode ser definida como a perda ou debilidade da função de linguagem causada por um prejuízo no cérebro. Em linhas gerais, é um enfraquecimento da capacidade para interpretar e formular símbolos linguísticos, usualmente causado por uma lesão cerebral. A afasia é uma desordem multimodal, isto é, manifestada por dificuldades de falar, ler e escrever, e envolve uma redução na capacidade de decodificar (interpretar) e codificar (formular) elementos linguísticos com significado [1]. Apesar da complexidade das manifestações afásicas, muitos pacientes são clinicamente semelhantes e pertencem a grupos identificáveis recorrentes [1]. O tratamento da afasia é iniciado pela classificação (diagnóstico) do paciente em um grupo. Em seguida, são executados os procedimentos, os quais são embasados na resolução dos problemas (exercícios) pertinentes ao tipo (grupo) de afasia apresentado pelo paciente.

A classificação desse distúrbio nos leitos de hospitais é parte fundamental para o tratamento dos pacientes, especialmente os pacientes acometidos por AVC (acidente vascular cerebral), popularmente conhecido por "derrame cerebral". A automatização do processo de classificação da afasia facilita o trabalho dos fonoaudiólogos, pois possibilita a aplicação dos procedimentos corretos de forma rápida para a reabilitação dos pacientes. Como consequências há diminuição do período de internação do paciente, com chances reais de melhora do estado clínico, e a possibilidade da prestação do serviço médico para uma maior quantidade de pessoas. Isso é particularmente importante para hospitais filantrópicos e públicos, que, em grande parte, dispõem de poucos recursos, como equipamentos e recursos humanos. Nessa direção, a adoção de uma plataforma móvel (um robô) torna-se um requisito importante, especificamente um robô enfermeira (Figura 1).

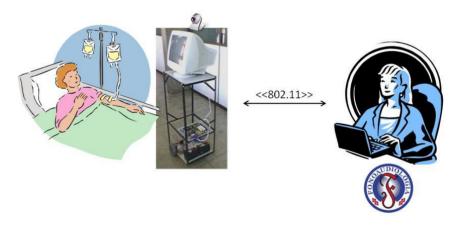


Figura 1. Visão geral do sistema

O "robô enfermeira" é um termo cunhado por Borenstein [2] para designar um sistema computacional móvel para o auxílio em procedimentos médicos. Assim, a classificação de afasias é uma aplicação pertinente para um robô enfermeira. Entretanto, além dos requisitos funcionais inerentes a essa aplicação, é importante ressaltar os requisitos da plataforma móvel. O projeto AudioBot tem como objetivo o desenvolvimento de um robô enfermeira para um conjunto de aplicações relacionadas ao domínio da fonoaudiologia. Como princípios norteadores desse projeto estão: (i) uma arquitetura de software baseada em componentes, que facilita o reúso e a reconfiguração da plataforma para diferentes aplicações; (ii) o reúso de componentes de hardware, que podem ser reaproveitados de computadores pessoais desativados, reduzindo os custos de desenvolvimento e o descarte desses componentes no meio ambiente; (iii) a adoção de licença General Public License (GPL) como forma de distribuição. Atualmente, o projeto AudioBot está sendo avaliado pela Santa Casa de Misericórdia de Goiânia, um hospital filantrópico sediado na cidade de Goiânia, para monitoramento de alguns perfis de pacientes que apresentam patologias ligadas a diferentes tipos de afasia. Dessa forma, espera-se que, por meio de um sistema de computação, o projeto AudioBot possa contribuir para o desenvolvimento regional.

O objetivo deste artigo é descrever um protótipo de robô enfermeira para diagnóstico da afasia de pacientes em leito hospitalar. Trata-se de uma proposta inovadora no âmbito da aplicação de uma plataforma robótica móvel para o diagnóstico de afasias. Cumpre mencionar que, até o momento, nas referências bibliográficas investigadas não foram encontradas aplicações de robôs enfermeiras na fonoaudiologia. Dessa

forma, na seção 2 é apresentada uma revisão bibliográfica sobre o tema, tendo como objetivo reportar ao leitor o atual estado da arte; na seção 3 são descritos detalhes do projeto da plataforma; na 4 são apresentados os protótipos implementados e, em seguida, as considerações finais e propostas para trabalhos futuros.

### 2 O robô enfermeira

A seleção de trabalhos para esta revisão procurou demonstrar a viabilidade desse tipo de abordagem para a automação de problemas hospitalares, envolvendo a utilização de robôs e robôs enfermeiras como propostas ou soluções de problemas atuais.

A população idosa do mundo está aumentando drasticamente e, junto com ela, o custo com os cuidados com a saúde [3]. O gradual envelhecimento populacional impulsionou o aumento nas pesquisas sobre como os dispositivos de assistência podem ser utilizados para aumentar a independência de pessoas idosas e reduzir as despesas com saúde [4]. Se a tecnologia de robótica puder ser usada para permitir que essa população permaneça independente, custos significativos serão economizados e a qualidade de vida destas será melhorada [3].

Muitos idosos têm problemas de mobilidade que causam uma perda de qualidade de vida. Os andadores são os aparelhos mais usados para auxiliar as pessoas a andar, com exceção da bengala [3]. O uso desses equipamentos, com sensores e atuadores, para o auxílio de usuários idosos é uma solução muito citada [4]. O Medical Automation Research Center do University of Virginia Medical Center desenvolveu um agente de assistência robótico baseado em andadores com rodas para auxiliar na mobilidade, com uma estratégia de controle compartilhado entre o andador robótico e o idoso, permitindo que a utilização do andador colabore em sua movimentação, segurança e facilitando suas caminhadas [3].

A equipe da Shoshin Distributed Systems Group na University of Waterloo construiu um Smart Walker e mostrou como incorporá-lo em um ambiente de computação ubíqua usando uma abordagem centrada em dados implementada com tecnologia Jabber. Também demonstrou que middlewares baseados em tecnologia Jabber são adequados para computação ubíqua de propósito geral [4].

O Swiss National Research Program investiga, desde 2001, o potencial que a tecnologia de informação oferece para melhorar os procedimentos e tratamentos médicos. Como parte desses esforços a equipe do Laboratoire de Production Robotique do Swiss Federal Institute of Technology vem trabalhando na cirurgia auxiliada por computador, que contribui para a redução dos custos na área de saúde ao possibilitar que uma equipe médica com menos integrantes possa realizar uma cirurgia em menos tempo do que utilizando os métodos tradicionais e uma equipe médica do tamanho tradicional. Propondo uma arquitetura para um sistema multimodal de tempo real, que prove uma interface adaptativa para cirurgias auxiliadas por computador. O sistema, denominado M/ORIS (Medical/Operating Room Interaction System), interpreta em tempo real os gestos do cirurgião e responde automaticamente a esses com a intenção do cirurgião e suas necessidades [5].

Os procedimentos cirúrgicos pouco invasivos revolucionaram a cirurgia e, com o advento dos robôs cirurgiões, que possuem uma incrível destreza, controle de tremor e uma interface ergométrica, possibilitam procedimentos cirúrgicos mais complexos. Em cirurgias pouco invasivas que utilizam robôs, o cirurgião usa um dispositivo robótico de interfaces para controlá-lo na realização dos procedimentos cirúrgicos. O robô cirurgião da Vinci é um exemplo desse tipo de sistema cirúrgico [6].

A telecirurgia permite a realização de procedimentos que podem salvar vidas por cirurgiões especialistas, sem a necessidade de que tenham de percorrer longas distâncias. A capacidade de operar remotamente um robô cirurgião possibilita a realização de procedimentos que normalmente não estariam acessíveis à maior parte da população e, também, prover a capacidade de operar soldados evitando os perigos dos campos de batalha. A equipe do BioRobotics Laboratory do Department of Electrical Engineering da University of Washington desenvolveu um protótipo, de baixo custo, de uma estação portátil de controle para experimentos em telecirurgia, que permite controlar robôs cirurgiões a longas distâncias [6].

O Workshop proposto em Creative Interactive Play for Disabled Children para prover diversão às crianças com dificuldades físicas, visuais, auditivas ou com deficiências mentais utiliza dispositivos interativos (brinquedos, animais e ferramentas educacionais), juntamente com ambientes colaborativos que lhes oportunizam divertimento. Destacam-se alguns projetos que compõem o Workshop: Huggable, uma plataforma de pesquisa em robótica para cuidados pediátricos; CuttingGame, um jogo de computador que visa avaliar e treinar a capacidade visual e motora de crianças pré-escolares; o IROMEC, que é um robô social para crianças

com impossibilidade de brincar; luva mágica, um sistema computacional para animar objetos, utilizado no estudo de reabilitação e, por último, brinquedos robóticos disponíveis para crianças com dificuldades motoras [7].

O projeto ASPICE visa ao desenvolvimento de um sistema que permite às pessoas com dificuldades neuromotoras, sem possibilidade de realizar nenhuma ação voluntária, comunicar-se com seus cuidadores ou familiares. O sistema roda num software controlador executado num computador pessoal. As Brain-Computer Interfaces são responsáveis por capturar os sinais eletrofisiológicos do sistema nervoso central para depois serem processados num modelo matemático. Esse modelo traduz os comandos mentais para controlar um cursor numa tela ou um dispositivo externo [8].

O robô humanoide COG foi construído e desenvolvido por Rodney Brooks e sua equipe do Massachusetts Institute of Technology para emular o processo do pensamento e vivenciar o mundo como um humano. A máquina tem lábios, órgãos sensoriais e semelhança física com o *homo sapiens*. A mente deste robô foi inspirada em estudos da neurociência e o processo de aprendizado é gradual e cumulativo [9].

Robôs de resgate para segurança da pátria ganharam atenção quando o desastre das torres gêmeas do World Trade Center em Nova Iorque aconteceu. Foram utilizados para procurar vítimas em tarefas que os seres humanos e cachorros não conseguiam executar, como, por exemplo, em espaços que eram apertados para um humano passar, em áreas que estavam em chamas ou não havia ar para respirar [10].

Vaucelle et al. construíram a primeira geração de dispositivos computadorizados para terapia do toque, apresentando dispositivos haptic que simulam o toque para percepção de relevo e ajudar na terapia para a saúde mental [11].

Kulyukin e Gharpure apresentaram um carro de compras para deficientes visuais para justificar que é mais simples projetar e evoluir a aplicação que contempla uma deficiência específica do que gastar recursos para personalizar uma estrutura genérica já existente [12].

Cheng et al. propuseram um sistema dinâmico de programação (agendamento) dos procedimentos para enfermeiros que trabalham em situações críticas de cuidados. Esses profissionais são frequentemente interrompidos em seus procedimentos, o que prolonga suas horas de trabalho. As ocorrências randômicas de determinados eventos, como chamadas de pacientes e variação no tempo de procedimento dos enfermeiros, agravam a situação, o que justifica o sistema [13].

O HIRO II é uma interface robótica baseada em cinco dedos táteis montados com a forma da mão humana. Os dedos robóticos são ligados por meio de esferas de ímã permanente articulados. É composto por um braço e uma mão e foi projetado para ser semelhante às mãos humanas, tanto na forma quanto na capacidade de movimentos [14].

Vale registrar que os avanços citados anteriormente são inquestionáveis. No entanto, a substituição completa do homem na automação de sistemas ainda não é possível, conforme o estado da arte atual. Nesta revisão de literatura não se encontrou referência a robôs que classificam a afasia, demonstrando que a proposta deste artigo pode contribuir para o desenvolvimento dos estudos nesta área.

## 3 Projeto AudioBot

Os robôs enfermeiras são todos os robôs que se movimentam em ambientes muito desordenados, em que o tempo de resposta e grandes velocidades não possuem muita importância e os dados do sistema são coletados em tempo de execução por meio de sensores [2]. A utilização de um software que usa engenharia de software baseada em componentes facilita a adaptação do sistema em ambientes diversificados e a atualização do hardware e do software de classificação de afasia, sem prejudicar a performance do sistema e de seus requisitos.

Os componentes de um robô podem ser separados em quatro categorias: sensores, analisadores, atuadores e drives. Os sensores são a primeira ligação entre o robô e o processo que ele automatiza. É importante observar que os sensores podem receber dados do ambiente ou de um operador humano. Quando a informação sobre o ambiente é coletada, precisa ser registrada, analisada e a decisão de qual ação o robô deve realizar no sistema deve ser feita. Essa função fica a cargo dos analisadores. Os atuadores e drives têm a função de atuar fisicamente sobre o processo automatizado [15]. Dessa forma, o sistema pode ser dividido em três componentes básicos: o componente de sensores, o componente de atuadores e o componente analisador (Figura 2) .

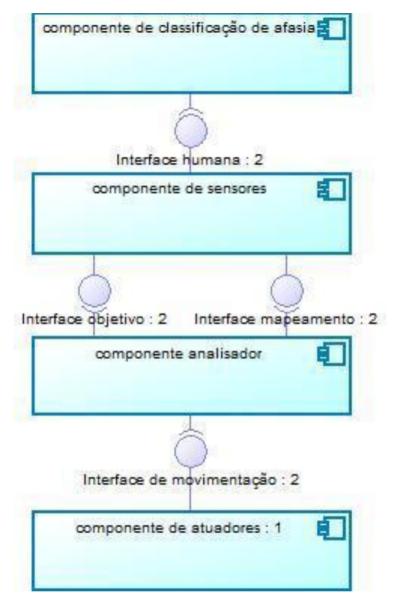


Figura 2. Componentes de um robô

O componente de sensores é dividido em dois componentes distintos. O primeiro, o componente de reconhecimento, tem como objetivos a interação do sistema com os sensores que coletam dados do ambiente e a transformação e separação desses dados em objetos de interesse do sistema ou em objetos que integram o ambiente. O segundo, denominado componente de interação humana, possui a função de proporcionar o relacionamento entre o sistema e o operador humano, recolhendo os dados fornecidos pelo homem para a navegação do sistema.

O componente de atuadores objetiva controlar a conexão do sistema com o ambiente para remover a atuação direta do componente analisador com atuadores específicos.

A abstração dos dados recebidos e enviados aos sensores e atuadores proporcionada pelos componentes de atuadores e o de sensores facilita a adaptação do software a novas gerações de dispositivos do mercado e também as outras plataformas robóticas.

O componente analisador é dividido em duas partes. A primeira é o componente de mapeamento, responsável por armazenar e gerar informações sobre a localização de todos os objetos do sistema e fornecer informações detalhadas sobre esses objetos e seus relacionamentos para a segunda parte do componente analisador, que é chamado de componente decisão. Esse é responsável por adquirir os dados do componente de

mapeamento, os dados do componente de aplicação e realizar uma escolha sobre como o robô irá se movimentar, considerando esses dados.

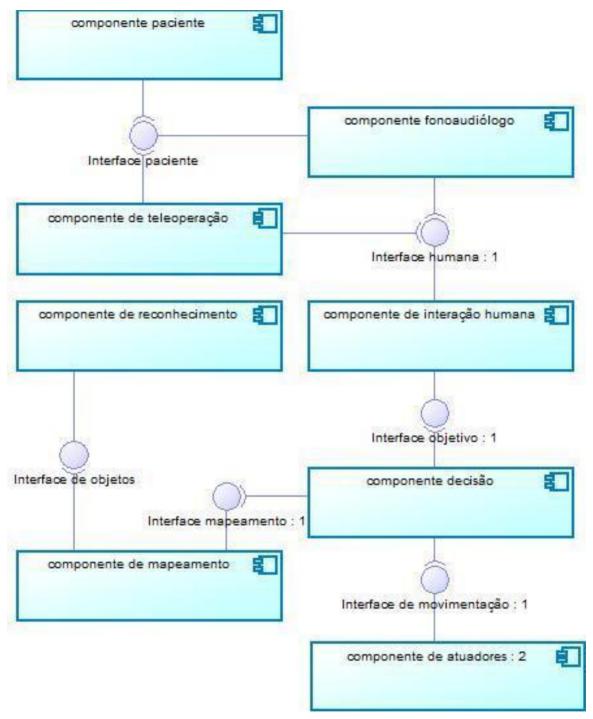


Figura 3. Diagrama de componentes do AudioBot

O AudioBot deve realizar a classificação de qual tipo de afasia o usuário possui e permitir que os fonoaudiólogos selecionem os pacientes que serão examinados. Essa funcionalidade é dada ao componente de classificação de afasia, dividido em três componentes: de diagnóstico, que objetiva realizar a aplicação do teste de classificação de afasia; fonoaudiólogo, que coordena os objetivos de destino do robô contatando o componente de interação humana, de acordo com a informação fornecida pelo profissional a respeito da localização e da prioridade de atendimento dos pacientes que serão examinados. O componente de teleoperação,

que permite a realização de classificação de afasia supervisionada sem a presença do fonoaudiólogo no local de realização da consulta. Os componentes e suas interfaces estão ilustrados na Figura 3.

A utilização de componentes, consequentemente, de Orientação a Objetos no projeto do software do robô demonstra o enfoque em reúso de software no robô enfermeira para diagnóstico de afasia. Pelo fato de Java possuir uma grande comunidade, aceitação no mercado e muitas objetos disponíveis nas bibliotecas, optou-se pela utilização de Java para a implementação do software do robô.

Para resolver o problema do mapeamento em um ambiente hospitalar, será utilizada a abordagem de mapeamento topológico apresentada por Kuipers e Byun, que consiste num conjunto de vértices e arestas. Os vértices representam locais facilmente reconhecíveis no ambiente e as arestas representam os caminhos que ligam esses vértices. Os vértices e arestas são definidos ao longo do trajeto do robô. Muitos pesquisadores chegaram à conclusão de que um mapa cognitivo está organizado em camadas sucessivas e que podem ser retiradas informações úteis e poderosas por meio de uma abordagem topológica [16].

A abordagem de grade de ocupação utiliza o sistema métrico para a geração do mapa que exige precisão para a descrição do ambiente. Quando os sensores apresentam um erro ao longo do tempo, esse erro se torna cada vez maior, o que pode ocasionar falhas [16]. No método topológico não há necessidade dessa precisão, pois ele trabalha de acordo com o ambiente [16].

O método topológico será implementado para mapeamento com marcações no ambiente hospitalar (códigos de barras) pelo componente de mapeamento.

O teste de Boston para o diagnóstico das afasias permite a obtenção de um perfil geral da linguagem do paciente em áreas como escala de severidade; compreensão auditiva; expressão oral; compreensão de linguagem escrita. Assim, este instrumento avalia várias modalidades de percepção e funções de processamento [17].

O diagnóstico é realizado aplicando-se o teste de afasia de Boston, o qual possui várias etapas, que precisam ser seguidas. No primeiro momento o fonoaudiólogo irá passar algumas informações técnicas para o AudioBot com base em dados fornecidos pelos pacientes e seus familiares, as quais são de caráter pessoal e informam ao sistema características do paciente, como humor, grau de instrução, reside com crianças, etc. Com essas informações o robô fonoaudiólogo irá processar os resultados e gerar uma matriz de resultados que englobe todas as características e experiências do paciente.

Chegando ao paciente, o AudioBot irá confirmar a identidade do paciente e passará as instruções do teste, que serão apresentadas em forma de sons e imagens na tela. A fase de adaptação do robô com o paciente consiste na averiguação da qualidade dos sons e das imagens e no ajuste do robô para uma maior interação com o paciente. Em seguida, o robô instruirá o paciente com as informações necessárias para a realização do teste. A interação do robô com o paciente se dará por meio de sons e imagens. Nas situações em que o paciente não compreende as instruções ou não esboça reação, o robô informará o profissional para que proceda ao exame pessoalmente.

Caso haja resposta positiva na etapa anterior, começa o Boston Diagnostic Aphasia Examination. A primeira etapa consiste no discurso espontâneo, que indicará de maneira precisa se o paciente tem condições de prosseguir com o diagnóstico. As perguntas são de cunho pessoal, sobre a localização do paciente, os dias da semana, sua profissão, número de filhos, entre outras informações. Essas perguntas testam a capacidade mental dos pacientes.

Estudos associam parafasias a problemas de nomeação. A segunda etapa do Boston Diagnostic Aphasia Examination é a nomeação. O sistema mostrará figuras na tela e perguntará ao paciente o nome delas; anotará o resultado e o processará de acordo com uma tabela predefinida. A seguir, mostrará uma figura e quatro opções de palavras que podem corresponder a essa imagem. Assim, o paciente deverá indicar qual palavra representa a figura.

A terceira etapa consiste num teste de repetição, que reproduzirá arquivos de sons contendo desde palavras monossilábicas a palavras mais complexas, alternando palavras reais e abstratas e repetição de dígitos isolados e em série.

A quarta etapa do teste de compreensão oral é mais complicada. A enfermeira robô mostrará algumas imagens e perguntará ao paciente sobre a localização de objetos e, em seguida, passará instruções e o paciente

deverá executá-las. As ordens vão das mais simples às mais complexas. Ele ainda deverá responder a um interrogatório cujas respostas serão sim ou não.

A quinta etapa é o teste de leitura. Para realizá-lo serão usados exercícios regulamentados que vão de palavras monossilábicas a frases e pequenos parágrafos. O objetivo desta é analisar se o paciente consegue entender o que está escrito e se consegue ler em voz alta. A sexta etapa consiste em teste de escrita. O paciente deverá ler uma sequência de palavras na tela do robô e escrevê-las (fazer cópia); após, o robô falará palavras monossilábicas até pequenos textos e o paciente deverá escrever o que foi ditado.

Com os dados coletados do paciente, são gerados vários gráficos de desempenho que são comparados com tabelas padronizadas pelo teste de Boston. Dessa forma, é gerado o resultado de quais tipos de afasia o paciente possui.

Para possibilitar ao fonoaudiólogo o controle do robô enfermeira, uma aplicação de teleoperação pela internet é proposta. Além do controle autônomo do robô, ele irá possibilitar a teleoperação, que atuará como um meio de comunicação entre o paciente e o profissional. Assim, caso a presença deste no local em que se encontra o paciente não seja possível, o robô será responsável por possibilitar essa interação.

O componente de teleoperação e o software cliente utilizam uma arquitetura cliente-servidor. O servidor é implementado no componente de teleoperação, que estará conectado à internet por meio de uma rede wireless. O cliente é um computador de uso geral que possui o software instalado. Quando a conexão com o servidor é estabelecida, é responsabilidade deste o envio para o cliente das imagens do local em tempo real. Os módulos responsáveis por isso são: o de Transferência de Conteúdo Multimídia, de Informações e o de Controle. O primeiro é responsável pela obtenção e envio das imagens no servidor e o cliente é responsável pela exibição das imagens. O segundo efetua a obtenção, tratamento e envio dos dados capturados no servidor enquanto o cliente recebe e exibe os dados recebidos. Por fim, o fonoaudiólogo envia comandos de navegação para a plataforma por meio do Módulo de Controle no software cliente. A estrutura modular permite a transferência de tipos de dados específicos para cada módulo, evitando, assim, o emprego de um escalonamento de pacotes complexo [18].

Para que o fonoaudiólogo controle o robô remotamente é necessário obter informações do ambiente advindas de imagens capturadas em tempo real. O vídeo capturado pelo robô possui uma taxa de 15 quadros por segundo, cada um do tamanho 352x288 pixels. Para efetuar a rápida transmissão dos pacotes, que possuem as informações de vídeo, algumas soluções de compressão, descompressão e envio desses dados foram necessárias. O Real-Time Transport Protocol (RTP) [19] define pacotes padronizados para o tráfego de áudio e vídeo na internet, juntamente com o algoritmo H.263 [20], utilizado para compressão e descompressão de áudio e vídeo. O servidor captura as imagens, comprime-as e envia-as via RTP. O software do cliente é responsável por efetuar a descompressão e a exibição para o fonoaudiólogo. O responsável por isso é de módulo de Transferência de Conteúdo Multimídia).

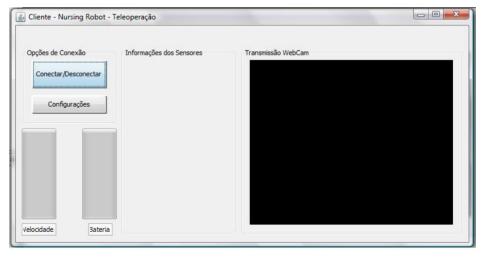


Figura 4. Interface de teleoperação com o fonoaudiólogo

Nos módulos de Informações e de Controle os dados são transportados via User Datagram Protocol (UDP), que não efetua o serviço de divisão das mensagens em pacotes nem de reorganização dos mesmos na

recepção, em contrapartida com o Transmission Control Protocol (TCP). Dessa forma, economiza tempo de processamento e de transmissão de dados. Assim, UDP é preferível em relação ao TCP nas aplicações de tempo real [21]. Com o objetivo de evitar obstáculos e facilitar a navegação, o Módulo de Informações envia os dados coletados pelo componente de sensores para a interface do cliente e, dessa forma, também informa a velocidade do robô. Os comandos de navegação informados pelo fonoaudiólogo utilizando as setas do teclado. Logo, o Módulo de Controle no software cliente envia esses comandos para o servidor. Após a recepção, o Módulo de Controle do servidor analisa os dados e os executa. A interface com o fonoaudiólogo é necessária para auxiliar o controlador da plataforma no processo de teleoperação ilustrada na Figura 4.

# 4 Protótipos e Testes

A construção de um protótipo de robô enfermeira é parte essencial da validação desse projeto no sentido de cumprir o requisito de mobilidade no ambiente hospitalar. O protótipo de robô desenvolvido chama-se AudioBot e possui a capacidade de se virar para os dois lados e de se movimentar para frente e para trás. Para tal utiliza dois motores DC e uma roda com grau de movimentação de 360°. O programa de diagnóstico de afasia é executado em um notebook embarcado, que, para se comunicar com o paciente, faz uso de caixa de som, do microfone e do monitor presentes no notebook. Para executar as funções de mobilidade é utilizado um computador embarcado; no caso específico, possui uma placa mãe e um processador Athlon XP de 1.3 Ghz e 512m de memória RAM. Para alimentar o robô foram utilizadas quatro baterias de 12v de chumbo/ácido. A estrutura de ferro que dá suporte ao notebook possui uma altura de 1 m e 7 cm, o que possibilita a visualização do monitor pelo paciente deitado na cama (Figura 5).



Figura 5. Interface de teleoperação com o fonoaudiólogo

Os testes do AudioBot, com uma câmera frontal (embarcada no notebook), quatro sensores ultrassom (na frente, atrás e dos lados) e outros quatro sensores infravermelhos (um em cada ponta do robô), foram realizados nos corredores da Universidade Católica de Goiás. Para os testes do software de mapeamento foram afixados alguns códigos de barras, impressos em folhas de papel A4, de forma que ficassem visíveis para a câmera. O

robô conseguiu verificar todos os pontos, que foram declarados como vértices pelo algoritmo, criando o grafo em lista de adjacência. As marcações no ambiente, juntamente com a abordagem topológica, resolveram o problema de mapeamento para o AudioBot de maneira satisfatória. O teste do software de locomoção (componente analisador) no AudioBot foi efetuado nos corredores da Universidade Católica de Goiás. Como resultado, verificou-se que o robô conseguiu se movimentar e entrar nas salas de aula sem bater em obstáculos ou pessoas.

O componente de teleoperação foi desenvolvido com algumas das funcionalidades mencionadas neste trabalho, tanto no software servidor como no software cliente. Utilizando a Application Programming Interface (API), Java Media Framework (JMF) [22], foi desenvolvido o software do servidor, responsável por efetuar a transmissão e o software do cliente, que receberá as imagens. Com o intuito de validar esse componente foi realizada a transmissão das imagens ao vivo entre o servidor e o cliente. Esse teste tinha dois objetivos: verificar a aplicabilidade do algoritmo de compreensão e descompressão H. 263 e a transmissão dos pacotes utilizando o RTP numa rede LAN. Ambos os objetivos foram alcançados com êxito, restando agora fazer o teste do RTP e do H.263 utilizando de fato a internet como meio.

O teste do software de diagnóstico de afasia em pacientes reais ainda não foi realizado em decorrência de um pequeno atraso na tramitação do processo de aprovação pelo Comitê de Ética da Santa Casa de Misericórdia de Goiânia. A equipe de pesquisadores responsáveis pelo projeto cumprirá todos os procedimentos éticos previstos na resolução 196/90. Vale ressaltar que os testes com software utilizando dados de entrada de pacientes fictícios, retirados da produção técnica de profissionais da área no sentido de garantir a semelhança de problemas vivenciados por pessoas reais, resultaram em diagnósticos que condizem com os tipos de afasia prestabelecidos pelos especialistas. Portanto, os testes foram considerados bem sucedidos, já que ficou demonstrado que o sistema conseguiu identificar o tipo de afasia de acordo com os dados fornecidos.

# 5 Considerações finais

O protótipo do AudioBot para classificar o tipo afasia de pacientes em leito hospitalar foi desenvolvido e o processo de validação está em andamento. Esta proposta sobre a utilização de uma plataforma robótica móvel no diagnóstico de afasias está em sintonia com as pesquisas que estão sendo realizadas e é pioneira na área da fonoaudióloga e na robótica.

Entre outras vantagens identificadas na literatura, destacam-se a contribuição deste experimento para o diagnóstico da afasia, a possível diminuição do número de profissionais envolvidos na tarefa e a consequente redução dos custos da internação em razão da rapidez do diagnóstico.

Os testes com o protótipo mostraram que o robô é viável para se locomover em ambientes altamente desordenados. Também ficou demonstrado que com dados controlados parte do processo de classificação de afasias pode ser automatizada. Assim, conclui-se que a possibilidade de o robô funcionar em ambientes reais é grande. Recomenda-se a experimentação do robô em ambientes e com pacientes reais como projetos futuros.

## Referências

- [1] MURDOCH, B. E. Acquired Speech and Language Disorders. Revinter, 1997.
- [2] BORENSTEIN, J.; KOREN, Y. A Mobile Platform For Nursing Robots. IEEE Transactions on Industrial Electronics, v. 32, n. 2, p. 158-165, 1985.
- [3] WASSON, G. et al. **An assistive robotic agent for pedestrian mobility**. Montréal, Quebec, Canada: AGENTS'01, May 28-June 1, 2001.
- [4] CHEN, H. et al. **Data-centric support of a smart walker in a ubiquitous-computing environment**. Breckenridge, CO: HealthNet'08 June 17, 2008.
- [5] GRANGE, S.; FONG, T.; BAUR, C. **MORIS a medical operating room interaction system**. State College, Pennsylvania, USA: ICMI'04, October 13-15, 2004.

- [6] SANKARANARAYANAN, G. et al. Portable surgery master station for mobile robotic telesurgery. Athens, Greece: ACM International Conference Proceeding Series, v. 318, 2003.
- [7] MARTI, P. et al. Creative Interactive Play for Disabled Children. Como, Italy: IDC 2009, June 3-5, 2009.
- [8] ALOISE, F. et al. The ASPICE Project: Inclusive design for the motor disabled. Venezia, Italy: AVI'06, May 23-26, 2006.
- [9] AHMAD, N. The Humanoid Robot Cog. New York, NY, USA: Crossroads, v. 10, Issue 2, 2003.
- [10] MURPHY, R. R. Rescue Robotics for Homeland Security. Communications of THE ACM, v. 47, n. 3, 2004.
- [11] VAUCELLE, C.; BONANNI, L.; ISHII, H. **Design of Haptic Interfaces of Therapy**. International Conference on Human Factors in Computing Systems, 2009.
- [12] KULYUKIN, V. A.; GHARPURE, C. Ergonomics-for-One in a Robotic Shopping Cart for the Blind. ACM SIGCHI/SIGART Conference on Human-Robot Interaction, 2006.
- [13] CHENG, M. et al. **Dynamic Scheduling based Inpatient Nursing Support: Applicability Evaluation by Laboratory Experiments**. International Workshop on Context-Awareness for Self-Managing Systems, 2009.
- [14] KAWASAKI, H. et al. **Development of Five-Fingered Haptic Interface: HIRO-II**. International Conference on Augmented Tele-Existence, 2005.
- [15] ASFAHL, C. R. Robots and manufacturing automation. Mineola, New York, USA: John Wiley & Sons, 1992.
- [16] KUIPERS, B. J.; BYUN, Y. T. A robust qualitative method for spatial learning in unknown environments. In Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-88). Los Altos, CA: Morgan Kaufman, 1988.
- [17] GOODGLASS; KAPLAN. Boston Diagnostic Aphasia Examinations, 1972.
- [18] BABIC, J.; BUDISIC, M.; PETROVIC, I. **Dynamic Window Based Force Reflection for Safe Teleoperation of A Mobile Robot via Internet**. Croácia: Proceedings of the IEEE, 2007.
- [19] SCHULZRINNE, H. et al. **RFC1889 RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications**. Disponível em: <a href="http://www.faqs.org/rfc1889.html">http://www.faqs.org/rfc1889.html</a>. Acesso em: jun. 2009.
- [20] ZHU, C. **RFC2190 RTP Payload Format for H.263 Video Streams**. Disponível em: <a href="http://www.faqs.org/rfcs/rfc2190.html">http://www.faqs.org/rfcs/rfc2190.html</a>. Acesso em: jun. 2009.
- [21] WANG, D. et al. Teleoperation System of the Internet-based Omnidirectional Mobile Robot with A Mounted Manipulator. Harbin: Proceedings of the IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 2007.
- [22] SUN MICROSYSTEMS. **JMF Java Media Framework**. Disponível em: <a href="http://java.sun.com/javase/technologies/desktop/media/jmf/">http://java.sun.com/javase/technologies/desktop/media/jmf/</a>>. Acesso em: jun. 2009.