



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA



**VISÃO COMPUTACIONAL APLICADA AO MONITORAMENTO DE
ROBÔS MÓVEIS EM CENÁRIOS DE ROBÓTICA EDUCACIONAL**

MARCEL LEITE RIOS

MANAUS
Março de 2017

MARCEL LEITE RIOS

**VISÃO COMPUTACIONAL APLICADA AO MONITORAMENTO DE
ROBÔS MÓVEIS EM CENÁRIOS DE ROBÓTICA EDUCACIONAL**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Informática do Instituto de Computação da Universidade Federal do Amazonas como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Informática.

Orientador: Prof. Dr. José Francisco de Magalhães Netto

MANAUS
Março de 2017

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

R586v Rios, Marcel Leite
Visão Computacional Aplicada ao Monitoramento de Robôs
Móveis em Cenários de Robótica Educacional / Marcel Leite Rios.
2017
96 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: José Francisco de Magalhães Netto
Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do
Amazonas.

1. Robótica Educacional. 2. Ambientes de Tarefas. 3. Robótica
Móvel. 4. Visão Computacional. I. Netto, José Francisco de
Magalhães II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, pois nesta jornada me concedeu saúde e esclarecimento para superar os desafios enfrentados durante este mestrado. Depois de vários dias distante de minha família, a solidão era constante e a saudade só aumentava. Diante de tudo isso, Cristo me confortava, não deixou que eu desanimasse, me deu bom ânimo, me deu forças quando eu não mais tinha, foi e continua sendo o meu mantenedor, o meu refúgio e a minha fortaleza. A Ele, toda a honra e toda a glória.

Agradeço também à minha esposa, Mirian N. Rios que, no início deste mestrado, estava grávida e deu à luz a nossa filha Melissa N. Rios em Porto Velho quando eu estava nas aulas do mestrado em Manaus. Mesmo com todas as dificuldades enfrentadas e adversidades que passamos neste período, ela sempre me apoiou e, sem dúvidas, se hoje estou conquistando o título de mestre, este é metade meu e metade dela.

Agradeço à minha primogênita, Marina N. Rios que mesmo pequena sentiu saudades e sempre contava os dias para o meu retorno, fato que sempre partia meu coração. Prometi a ela nunca mais me afastar e sempre que eu voltava de viagem levava um pelúcia pra minimizar meu sentimento de culpa. Nina, você e a Mel são os meus maiores tesouros.

Agradeço também aos meus pais, Geraldo Rios e Vilma Rios, que me deram a base para o que sou hoje, acreditando no meu potencial, me apoiando nessa jornada do mestrado, me dando conselhos e fazendo orações para que tudo corresse bem.

Agradeço ao meu orientador, José F. M. Netto, pelas orientações e incentivo desde o início do mestrado. Mesmo sabendo da minha condição (de estar longe da família), foi compreensivo quando eu tinha que viajar e solidário quando eu precisava de apoio na pesquisa, sempre contribuindo para a qualidade deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas e amigos que conheci neste período, em especial: Adiel Wesley, Francisco Neto, Euler Vieira e Tiago Custódio. Obrigado pelas conversas que tivemos, pelos momentos de companheirismo e pela ajuda na luta que enfrentamos.

Por fim, agradeço ao Instituto Federal de Rondônia – IFRO por conceder o afastamento para que eu pudesse realizar este mestrado e aos professores do PPGI/UFAM que tive a oportunidade de ter contato, pela troca de experiências e conhecimentos adquiridos.

RESUMO

Uma preocupação frequente entre alunos e professores que trabalham com robótica educacional é sobre os resultados obtidos por meio de atividades práticas. Geralmente, os cenários robóticos são compostos por ambientes de tarefas que desafiam o conhecimento dos alunos, fazendo com que os mesmos programem robôs móveis com o objetivo de solucionar determinados problemas. Atualmente, as instituições de ensino e as competições de robótica educacional carecem de mecanismos que possam avaliar o desempenho de robôs móveis durante a realização dos desafios propostos. Neste trabalho, propomos o desenvolvimento de uma solução tecnológica utilizando Visão Computacional, cuja finalidade é monitorar e avaliar o comportamento de robôs móveis durante a realização de tarefas de Robótica Pedagógica. O sistema desenvolvido, denominado MonitoRE - Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional, foi testado sobre três categorias de ambientes de robótica pedagógica, obtendo resultados promissores. Nossa ferramenta utiliza um Método de Localização Absoluta com descritores baseado em cor e forma para analisar os ambientes de tarefas, mapeando a trajetória percorrida pelo robô, verificando a satisfação do mesmo nas tarefas propostas. Os experimentos realizados indicam que o método adotado é eficaz, alcançando resultados satisfatórios no monitoramento robótico. Além disso, foi constatado que professores e alunos sentiram-se mais motivados, demonstrando interesse em utilizar ambientes de tarefas monitorados, por facilitar a compreensão das dificuldades enfrentadas pelo robô móvel na realização das atividades, auxiliando no processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

Palavras-chave: **Robótica Educacional, Ambientes de Tarefas, Robótica Móvel, Visão Computacional.**

ABSTRACT

A frequent concern among students and teachers working with educational robotics is about the results gathered through practical activities. Generally, robotic scenarios are made of tasks that challenge students' knowledge, making them to setup a moving robot in order to solve certain problems. Currently, educational institutions and robotics competitions lack of mechanisms that can evaluate the robot's behavior during the accomplishment of the proposed challenges. In this work, we propose the development of a technological solution using Computational Vision, whose purpose is to monitor and evaluate the performance of mobile robots during the execution of Robotics Pedagogic tasks. The developed system, named MonitoRE - Monitoring System for Educational Robotics, was tested on three categories of pedagogic robotics environments, obtaining promising results. Our tool uses an Absolute Location Method with descriptors based on color and shape to analyze the task environments, mapping the path taken by the robot, evaluating the achievements in the proposed tasks. The experiments carried out indicate that the adopted method is effective, performing satisfactory results in robotic monitoring. In addition, it was found that teachers and students felt more motivated, demonstrating interest in using monitored task environments, because it ease the understanding of the difficulties faced by the moving robot in completing the activities, assisting students in the teaching-learning process.

Keywords: **Educational Robotic, Task Environments, Mobile Robotics, Computer Vision.**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapa Regional da Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR).....	19
Figura 2 – Demonstração de Robôs Móveis com LEGO Mindstorms NXT.	21
Figura 3 - Demonstração dos Métodos de Visão em Robótica.	24
Figura 4 – Visão Geral da Arquitetura Proposta.	38
Figura 5 - Ambiente de Tarefa para o Nível 01 - Marcadores.	40
Figura 6 - Ambiente de Tarefa para o Nível 02 - Resgate.....	41
Figura 7 - Ambiente de Tarefa para o Nível 03 – Centro da Terra.	42
Figura 8 - Diagrama de Caso de Uso – Administrador.	43
Figura 9 - Diagrama de Caso de Uso – Usuários.	44
Figura 10 - Diagrama de Sequência - Cadastrar Tarefa.	45
Figura 11 - Diagrama de Sequência - Selecionar Tarefa.....	46
Figura 12 – Processo de Extração das Características do Sistema de Visão.....	47
Figura 13 - Câmera WebCam Utilizada nos Experimentos.	48
Figura 14 - Segmentação de Cor nos Três Ambientes de Tarefas.....	49
Figura 15 - Aplicação de Máscaras sobre as Cores do Ambiente de Tarefa de Nível 02.	50
Figura 16 – Exemplo de Reconhecimento de Ações no Ambiente de Tarefa de Nível 2.	51
Figura 17 - Pseudocódigo do Sistema de Visão do MonitoRE.....	52
Figura 18 – Fluxograma do Pseudocódigo do Sistema de Visão do MonitoRE.	53
Figura 19 - Página de Acesso ao Sistema MonitoRE.....	54
Figura 20 - Página Inicial do Sistema MonitoRE.....	55
Figura 21 – Página de Cadastro de Professores.....	56
Figura 22 - Página de Cadastro de Equipes.....	57
Figura 23 - Página de Relatórios.	58
Figura 24 - Página de Monitoramento Robótico em Avaliação.	59

Figura 25 - Página de Monitoramento Robótico ao Término da Avaliação.....	60
Figura 26 – Gráfico sobre a Caracterização dos Usuários.....	66
Figura 27 – Gráfico sobre os Fatores da Avaliação Robótica.	67
Figura 28 – Gráfico sobre a Necessidade de Automação na Robótica.....	68
Figura 29 – Gráfico sobre Dispersão de Pixels na Obtenção das Máscaras de Cor.....	70
Figura 30 - Plataforma Robótica com Lego Mindstorms.....	71
Figura 31 - Gráficos sobre Experiência e Avaliação do MonitoRE.....	72
Figura 32 – Gráficos sobre Utilidade do Feedback e Utilização do MonitoRE.....	73
Figura 33 - Gráficos sobre Dinamismo e Motivação com o MonitoRE.....	73
Figura 34 - Gráficos sobre Contribuição para Aprendizado e Apoio ao Professor.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fases da Metodologia de Pesquisa.	15
Tabela 2 – Objetivo Conforme Paradigma GQM.....	27
Tabela 3 – Composição da População e Intervenção para Expressão de Busca.	29
Tabela 4 – Critérios de Inclusão e Exclusão.....	29
Tabela 5 - Trabalhos Correlatos sobre Estudo Robótico com Métodos Relativos.....	32
Tabela 6 - Trabalhos Correlatos sobre Estudo Robótico com Métodos Absolutos.....	35
Tabela 7 - PEAS para o Ambiente de Tarefa para Nível 01 – Marcadores.....	39
Tabela 8 - PEAS para o Ambiente de Tarefa para Nível 02 – Resgate.....	40
Tabela 9 - PEAS para o Ambiente de Tarefa para Nível 03 – Centro da Terra.	42
Tabela 10 – Taxa de Erro e Desvio Padrão do Sistema de Visão.	69

LISTA DE ABREVIATURAS

AEI	Ambiente Educacional Interativo
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
CASE	Computer-Aided Software Engineering
CSS	Cascading Style Sheets
EI	Espaço Inteligente
EKF	Filtro de Kalman Estendido
FPS	Frames Por Segundo
GPL	General Public License
GPS	Global Positioning System
GQM	Goal-Question-Metric
HSV	Hue, Saturation e Value
HTML	HyperText Markup Language
LSI	Laboratório de Sistemas Inteligentes
MATLAB	MATrix LABoratory
MLA	Método de Localização Absoluta
MLP	Multi-Layer Perceptron
MonitoRE	Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional
NXC	Not eXactly C
OBR	Olimpíada Brasileira de Robótica
OpenCV	Open Source Computer Vision
PBL	Problem-Based Learning
PEAS	Performance, Environment, Actuators, Sensor
RE	Robótica Educacional
RGB	Red, Green e Blue
RNA	Redes Neurais Artificiais
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
UKF	Filtro de Kalman Unscented
UML	Unified Modeling Language
VC	Visão Computacional

SUMÁRIO

Capítulo 1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Definição do Problema	12
1.2 Justificativa.....	13
1.3 Objetivos.....	14
1.4 Metodologia de Pesquisa	15
1.5 Estrutura da Dissertação	17
Capítulo 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	18
2.1 Robótica Educacional	18
2.2 Navegação de Robôs Móveis	20
2.3 Visão Computacional em Robótica	23
2.4 Considerações Finais	25
Capítulo 3. TRABALHOS CORRELATOS.....	27
3.1 Revisão Sistemática da Literatura	27
3.2 Estudo Robótico com Métodos Relativos	30
3.3 Estudo Robótico com Métodos Absolutos	32
3.4 Considerações Finais	35
Capítulo 4. SISTEMA DE MONITORAMENTO - MONITORE.....	37
4.1 Visão Geral do Sistema Robótico.....	37
4.2 Ambientes de Tarefas Propostos	39
4.3 Modelagem e Especificação do Sistema	43
4.4 Interface Gráfica e Funcionamento do Sistema.....	54
4.5 Tecnologias Utilizadas	61
4.6 Considerações Finais	64
Capítulo 5. TESTES E RESULTADOS DO SISTEMA	66
5.1 Resultados do Questionário de Pré-Teste.....	66
5.2 Resultados Experimentais do Sistema.....	68
5.3 Resultados do Questionário de Pós-Teste	70
5.4 Produção Científica	75
5.5 Considerações Finais	75
Capítulo 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	77
REFERÊNCIAS	80
Apêndice A – Artigos Produzidos.....	87
Apêndice B – Questionário de Pré-Teste.....	88
Apêndice C – Questionário de Pós-Teste.....	90
Apêndice D – Registros de Imagens do Projeto.....	92

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

A utilização da Robótica Educacional vem proporcionando oportunidades em diversas áreas do conhecimento, motivando pessoas de todas as idades e em diversas partes do mundo, impulsionando o interesse destas por tecnologias cada vez mais acessíveis. Com a inserção de novas tecnologias o ensino da Robótica Educacional tem se tornado uma necessidade no mundo moderno, pois envolve diversas áreas do conhecimento e estimula a interdisciplinaridade do ensino fundamental até o ensino superior.

Segundo Alimisis (2009), Robótica Educacional é uma dessas novas ferramentas inovadoras que atraíram o interesse da comunidade educacional do jardim de infância às universidades durante os últimos anos. Robótica Educacional é introduzida como uma ferramenta de ensino/aprendizado poderosa e flexível, estimulando alunos a controlarem o comportamento de modelos tangíveis usando linguagens de programação específica (gráfica ou textual) e envolvendo-os ativamente em atividades de resolução de problemas.

Neste contexto, existem diversas formas de desenvolver projetos em plataformas de Robótica Educacional, uma delas é por meio da Robótica Móvel, com a finalidade de explorar os mais variados conhecimentos visando satisfazer determinados desafios e tarefas. Conforme Oliveira e Marcato (2013), a Robótica Móvel apresentou um crescimento expressivo em suas linhas de pesquisas e implementações nas últimas décadas. Essas aplicações práticas, com robôs móveis, em diferentes atividades no cotidiano do ser humano, vêm demonstrando o quanto promissor é o papel desta área para o crescimento tecnológico.

Segundo Martins et al. (2011a), um dos grandes desafios na Robótica Móvel é o problema da Navegação Robótica Autônoma. Neste cenário, conhecer a localização exata do robô ou estimar sua posição e trajetória é uma tarefa primordial. A determinação da posição e orientação do robô (*pose*) pode ser fornecida por diferentes métodos de localização, que podem utilizar desde sensores proprioceptivos elementares como *encoders* nas rodas e direção, sensores inerciais, sensores absolutos (GPS), sensores externoceptivos (sonares, câmeras, lasers) ou até a combinação (fusão) dessas diferentes fontes sensoriais.

Diante deste contexto, esta dissertação apresenta um estudo sobre a utilização de técnicas de Visão Computacional aplicada a cenários (ambientes de tarefas) de Robótica Educacional – RE, gerando uma ferramenta para análise do comportamento de robôs móveis, denominada: MonitoRE – Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional. Esta solução tecnológica utiliza um Método de Localização Absoluta – MLA com descritores baseados em cor e forma para verificar a posição e trajetória do robô móvel, comparando com

os critérios (marcos artificiais) estabelecidos para cada ambiente de tarefa. Os ambientes de tarefas foram categorizados em três níveis de dificuldades, destinados a alunos do ensino médio, caracterizado de modo a permitir que tanto o robô móvel quanto o sistema MonitoRE consigam obter os parâmetros necessários para o processamento.

Os testes mostraram que é possível automatizar o processo avaliativo das tarefas/desafios de Robótica Educacional utilizando a solução proposta. Além disso, professores e alunos experimentaram e aprovaram o uso desta tecnologia como ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem em desafios e competições de robótica.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A robótica tem sido um elemento promissor no processo de aprendizagem, propondo-se a modificar a práxis pedagógica na escola, na perspectiva de um novo modelo de aprender e ensinar, fazendo uso de diversos recursos disponíveis no mercado para o desenvolvimento de projetos cujo foco está na robótica educacional (SOARES et al., 2015).

O Laboratório de Sistemas Inteligentes – LSI da Universidade Federal do Amazonas - UFAM é um ambiente de desenvolvimento de vários projetos tecnológicos voltados para a Educação. No campo da Robótica Educacional, o trabalho de Souza e Netto (2011) buscou desenvolver um Sistema Multiagente que auxiliasse usuários no telemonitoramento e na teleoperação de robôs por meio da Internet. Em seguida, o trabalho de Silva e Netto (2013) buscou promover um mecanismo que possibilitasse a configuração e montagem de cenários experimentais. Por fim, o trabalho de Almeida e Netto (2016) buscou desenvolver um sistema onde o aluno pudesse realizar a programação e a operacionalização do robô móvel por meio de um Ambiente Virtual de Aprendizagem - AVA.

No contexto das competições de robótica, conforme as regras estabelecidas pela organização da Olimpíada Brasileira de Robótica – OBR 2016 para a modalidade prática, os robôs são avaliados pelos juízes durante a realização de cada rodada, sendo que cada robô possui o tempo máximo de 5 (cinco) minutos para completar a tarefa, sendo este computado pelo próprio juiz. Caso o robô não consiga completar o percurso depois de decorrida a terceira tentativa, a melhor das três pontuações obtidas pelo robô será considerada pelo juiz.

Existem vários trabalhos e competições de Robótica Educacional, entretanto, ainda é preciso um método sistemático de elaboração e avaliação de práticas pedagógicas utilizando robótica. Em um currículo de cursos técnicos ou de graduação, a construção dessas práticas deve refletir o conteúdo programático envolvido, bem como os conceitos fundamentais que

devem ser aprendidos. Consequentemente, há a necessidade de criar meios avaliativos que sejam efetivos e que colaborem para obtenção de resultados fidedignos (BENITTI, 2012).

Neste sentido, pretende-se investigar a problemática apresentada visando responder a seguinte questão de pesquisa: É possível aprimorar a avaliação dos desafios ou ambientes de tarefas da Robótica Educacional mensurando, de forma automatizada, o desempenho de robôs móveis?

1.2 JUSTIFICATIVA

Realizar atividades pedagógicas com robótica, em algumas escolas, vem se constituindo uma prática, uma forma interdisciplinar de se promover o aprendizado de conceitos curriculares utilizando sistemas robóticos que integram o fazer como meio de aprender (D'ABREU; MIRISOLA; RAMOS, 2011).

Muitos trabalhos reconhecem que a popularização da Robótica Educacional incentiva o surgimento de projetos de pesquisa na área da Informática na Educação. Tais projetos, integrando robôs e programação na apresentação de conteúdo aos alunos, buscam avaliar o impacto e a influência dessas tecnologias no aprendizado (HEINEN et al., 2015).

De acordo com Fiorio et al., (2014) a robótica dentro do ambiente escolar oferece, tanto para o professor quanto para o aluno, oportunidades de experimentar novos ambientes de aprendizagem, proporcionando atividades que além de desafiar, tendem a motivar o aluno, uma vez que utiliza da criatividade e lógica do aluno na apresentação de soluções de hardware e software, a partir da resolução de uma situação-problema.

Uma das metodologias adequadas para o desenvolvimento de aulas com Robótica Educacional em sala de aula é por meio de oficinas de robótica, nas quais os alunos seguem um conjunto de passos: análise do desafio, montagem do protótipo robótico e programação do robô (SILVA, 2009).

Desta maneira, a Robótica Educacional oferece ao professor e seus alunos um ambiente para desenvolver atividades com vários níveis de dificuldade, de acordo com a configuração dos ambientes de tarefas. Segundo Rios e Netto (2016a), estes ambientes devem ser caracterizados e possuir regras que devem nortear o comportamento e a trajetória do robô móvel, no entanto, tais ambientes carecem de mecanismos que possam avaliar o desempenho robótico durante a realização de uma determinada tarefa.

Os trabalhos relacionados contribuíram para o processo de ensino-aprendizagem da robótica nas escolas, no entanto, poucos estudos contemplam a aplicação de métodos de localização de robôs móveis associados à Robótica Educacional. Nesse contexto, tanto as

instituições de ensino, como as competições de robótica na educação (modalidade prática) precisam de novas tecnologias educacionais que possam dar apoio ao professor ou ao juiz da competição sobre a avaliação da solução apresentada pelos alunos por meio do comportamento do robô móvel.

Diante do exposto, o objeto de estudo desta pesquisa consiste em compreender e estabelecer diversos ambientes de tarefas para Robótica Educacional, destinados a alunos do Ensino Médio. Tais ambientes fornecerão os parâmetros necessários para que uma solução tecnológica utilize Visão Computacional para realizar um monitoramento eficiente sobre o comportamento de robôs móveis, apoiando o processo avaliativo perante os alunos, professores e/ou tutores em instituições de ensino ou em competições de robótica.

1.3 OBJETIVOS

Para atingir o propósito desta pesquisa, descrevemos a seguir o objetivo geral e os objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver e avaliar uma solução tecnológica que monitore a trajetória de robôs móveis utilizando técnicas de Visão Computacional com a finalidade de dar apoio ao processo avaliativo sobre ambientes de tarefas no contexto da Robótica Educacional.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para atingir este objetivo geral, são enumerados os seguintes objetivos específicos:

1. Estabelecer ambientes de tarefas (cenários) de Robótica Educacional que proporcione a aplicação das técnicas de Visão Computacional;
2. Projetar e desenvolver uma solução tecnológica que conheça os critérios avaliativos (parâmetros) para cada ambiente de tarefa;
3. Criar um ambiente de competição interativo, vinculando a solução desenvolvida sobre ambientes de tarefas propostos, permitindo que os alunos manipulem os robôs sobre supervisão do sistema;
4. Analisar o interesse e a motivação dos alunos e professores a partir das experiências obtidas por meio do ambiente de competição interativo estabelecido no item 3 (três).

1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

De modo geral, esta pesquisa contemplou uma abordagem quantitativa e qualitativa. Na abordagem quantitativa foram gerados dados estatísticos sobre a precisão da solução tecnológica ao avaliar o comportamento do robô móvel em um dado ambiente de tarefa. Dentro dessa abordagem, a pesquisa ocorreu de forma experimental, realizando determinados experimentos em cenários robóticos. Além disso, a pesquisa foi realizada de forma empírica, submetendo o robô móvel e o sistema proposto a situações de tentativa e erro.

Na abordagem qualitativa foram obtidas as opiniões dos professores e alunos sobre os ambientes de tarefas estabelecidos, bem como, sobre a solução tecnológica apresentada neste trabalho. O procedimento de coleta de dados para a pesquisa de opinião ocorreu por meio de questionários de Pré-Teste (antes da utilização do sistema proposto) e de questionários de Pós-Teste (após a utilização do sistema proposto).

A metodologia de pesquisa deste trabalho foi organizada em quatro fases distintas e complementares, a saber: Concepção, Elaboração, Construção e Consolidação, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Fases da Metodologia de Pesquisa.

Fase	Tarefa	Insumo
Concepção	- Investigação do problema	- Revisão Sistemática da Literatura - RSL;
		- Conhecimento do Estado da Arte;
Elaboração	- Definir solução	- Questionários de Pré-Teste;
		- Estabelecer Ambientes de Tarefas;
		- Especificação da Linguagem de Programação;
Construção	- Desenvolver solução	- Estabelecer Critérios e Parâmetros p/ Sistema;
		- Desenvolvimento do Protótipo e da Solução;
Consolidação	- Avaliar solução	- Testar solução;
		- Questionários de Pós-Teste;

Na fase de **Concepção** foi realizado o levantamento bibliográfico sobre avaliação de desempenho robótico em cenários de Robótica Educacional. Para tanto, foi necessário a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura - RSL a fim de identificar os trabalhos desenvolvidos nos últimos quinze anos, assim como verificar as tecnologias utilizadas e resultados alcançados.

Na fase de **Elaboração**, após conhecer o estado da arte, foram estudados e testados diversos algoritmos de estratégia destinados a encontrar o menor caminho em mapas de grade, buscando compreender as melhores rotas para navegação dos robôs móveis em ambientes completamente observáveis. O estudo desses algoritmos contribuiu para a publicação de um artigo no “*1º ETC – Encontro de Teoria da Computação durante o XXXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC 2016)*”¹.

Ainda nesta fase, foram aplicados os questionários de Pré-Teste, levantando informações que auxiliaram na construção e configuração dos ambientes de tarefas de Robótica Educacional, estabelecendo os parâmetros necessários para: determinar o nível de dificuldade enfrentado pelo robô móvel; e monitorar o ambiente por meio do sistema proposto nesta pesquisa. O estudo e definição desses ambientes de tarefas contribuíram para a publicação de um artigo no “*VII Workshop de Robótica Educacional (WRE 2016), evento integrante ao XIII Latin American Robotics Symposium.- (LARS 2016)*”¹.

Na fase de **Construção**, foram estabelecidos os critérios e os parâmetros necessários para avaliação do desempenho robótico. Além disso, foram investigados os métodos de localização para robôs móveis, fazendo uso de Odometria para localizar e estimar a trajetória percorrida pelo robô em um dado cenário. Este estudo contribuiu para a publicação de um artigo no “*XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2016), evento integrante ao V Congresso Brasileiro de Informática na Educação - (CBIE 2016)*”¹.

Ainda nesta fase, foi desenvolvido o protótipo do sistema com Visão Computacional, monitorando ambientes de tarefas com três níveis de dificuldades, avaliando de forma automática a satisfação da atividade desempenhada pelo robô móvel. Este estudo contribuiu para a publicação de outro artigo no “*XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2016), evento integrante ao V Congresso Brasileiro de Informática na Educação - (CBIE 2016)*”¹. A linguagem de programação adotada para esta pesquisa foi Python 2.7 integrado com OpenCV 3.1 utilizando Sistema Operacional Linux (Ubuntu 14.04)².

Por fim, na fase de **Consolidação**, o protótipo foi testado e a partir daí, seu funcionamento foi aprimorado. Os experimentos e testes levantaram os dados necessários para a abordagem quantitativa. Em seguida, os questionários de Pós-Teste subsidiaram a abordagem qualitativa, levantando as opiniões dos professores e alunos que tiveram a experiência de utilizar um ambiente robótico monitorado.

¹Maiores detalhes sobre as produções decorrentes desta pesquisa, consultar a Subseção 1.5.

²Maiores detalhes sobre as Ferramentas Tecnológicas adotadas nesta pesquisa, consultar a Subseção 4.5.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Os demais capítulos desta dissertação estão organizados da seguinte forma:

Capítulo 2: Apresenta uma breve fundamentação teórica, tendo como objetivo principal mostrar teorias a respeito dos temas abordados nesta pesquisa. Neste contexto, será apresentada uma explanação a respeito de Robótica Educacional, Visão Computacional em Robótica e Navegação de Robôs Móveis.

Capítulo 3: Apresenta os trabalhos correlatos, contemplando trabalhos que possuem foco semelhante ou técnicas similares com ao deste projeto. Neste sentido, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura – RSL, demonstrando os resultados que estes trabalhos obtiveram e suas contribuições para o meio acadêmico.

Capítulo 4: Apresenta a solução tecnológica desenvolvida durante o projeto de mestrado, o MonitoRE – Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional, ambiente interativo que utiliza técnicas de Visão Computacional para avaliar o comportamento de robôs móveis em ambientes de tarefas de Robótica Educacional.

Capítulo 5: Apresenta os resultados obtidos na pesquisa, realizando a avaliação e testes do sistema proposto. Os testes realizados sobre a solução tecnológica ocorreram por meio de experimentos práticos e para a avaliação de usabilidade do sistema, foram aplicados questionários de Pré-Teste e Pós-Teste com alunos e professores.

Capítulo 6: Apresenta as conclusões deste trabalho, levando em consideração as contribuições, limitações e trabalhos futuros. Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas na realização deste documento.

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Este capítulo tem como objetivo contextualizar a proposta, apresentando teorias a respeito dos temas abordados na pesquisa que sustentam o desenvolvimento deste trabalho. Neste contexto, será realizada uma explanação a respeito de Robótica Educacional, Visão Computacional em Robótica e Navegação de Robôs Móveis. Ao final do capítulo são apresentadas as considerações finais, trazendo os conceitos apresentados para o contexto do trabalho.

2.1 ROBÓTICA EDUCACIONAL

A Robótica Educacional está presente em diversas instituições de ensino e pesquisa, sendo utilizada como um mecanismo para criar um ambiente de ensino mais interessante e atraente, auxiliando na interação entre aluno e professor por meio de ferramentas tecnológicas, construindo conhecimento e possibilitando um ambiente pedagógico repleto de recursos inovadores (ZANETTI; BONACIN, 2014).

O ambiente de Robótica Educacional conduz o aluno a uma representação do mundo real, onde questões científicas são levantadas e grupos são organizados em equipes que procurarão soluções. Naturalmente, se o robô não funcionar como o desejado, um subconjunto de uma metodologia de resolução de problemas multidisciplinar deve ser estruturado pelos estudantes, entre eles ou através da interação com o professor. Essa é a forma que o conhecimento é construído (RAMOS et al., 2007).

Os alunos devem pensar em como programar um robô móvel que tenha a capacidade de navegar em ambientes parcialmente desconhecidos. De acordo com Santos e Mendonça (2015), a Robótica Educacional oferece um ambiente de aprendizagem caracterizado pelo ensino da montagem de sistemas constituídos por modelos robóticos visando a resolução de problemas, onde muitos professores têm visto na robótica um recurso tecnológico para intervir no processo de ensino-aprendizagem.

A utilização da Robótica Educacional contribui para implementar nas escolas as ideias relacionadas ao construcionismo, onde os estudantes aprendem melhor atuando na prática. Papert argumentou que a utilização de plataforma robótica em sala de aula, permite uma abordagem construcionista para beneficiar a instrução e a aprendizagem do aluno (KHANLARI, 2016). Os kits educacionais, como LEGO Mindstorms, com seus materiais de construção (por exemplo, blocos, engrenagens e polias), sensores (luz, toque e som) e software de programação suportam uma abordagem construcionista e oferecem uma

oportunidade única para os alunos experimentarem projetos práticos, bem como, projetarem e construir seus próprios robôs (RESNICK et al., 1996). Segundo El-Howayek (2016) os projetos práticos com robótica aumentam o interesse e a motivação dos alunos.

Visando motivar e difundir as práticas de robótica nas escolas, conforme Azevedo, Aglaé e Pitta (2010), a Robótica Educacional dispõe de eventos em forma de competições, de caráter nacional e internacional, objetivando promover o conhecimento, bem como, informar e esclarecer a sociedade sobre o uso desta tecnologia educacional.

De acordo com Aroca et al. (2014), tendo em vista as vantagens que a robótica oferece às escolas, um grupo de professores de universidades brasileiras criou a Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR), com o objetivo de motivar alunos do ensino fundamental e médio a desmistificar e popularizar a robótica no Brasil e atrair talentos para cursos superiores nas áreas de ciências exatas e tecnologia. A OBR possui duas modalidades: a teórica, na qual os alunos realizam provas teóricas sobre robótica utilizando apenas conteúdos e conceitos pertinentes ao seu nível escolar e a modalidade prática, onde é dado um desafio e um grupo de alunos deve construir e programar um robô para superar este desafio (AROCA et al., 2014).



Figura 1 - Etapa Regional da Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR).

Desta forma, diversos autores como Bers (2007), Whitehead (2010), Samuels e Haapasalo (2012) afirmam que os projetos que envolvem Robótica Educacional fornecem oportunidades para que os estudantes de diferentes idades apliquem e utilizem conceitos, habilidades e estratégias aprendidas em sala de aula para resolver problemas do mundo real.

2.2 NAVEGAÇÃO DE ROBÔS MÓVEIS

A robótica abrange o estudo dos vários tipos de robôs, os quais podem ser agrupados em duas principais categorias: robôs manipuladores e robôs móveis. Na Robótica de Manipuladores se encontra o grupo de robôs cujas atividades são realizadas a partir de um ponto fixo. Na Robótica Móvel, se encontram os robôs que possuem a capacidade de se mover por uma grande área e habilidade de realizar suas atividades de maneira dinâmica, podendo ser autônomo ou não (SOUTO et al., 2015).

De acordo com Oliveira e Marcato (2013), a Robótica Móvel pode ser considerada a área da Robótica que trabalha com mecanismos com capacidade de se locomoverem pelo ambiente em que estão inseridos, não estando restritos a uma base fixa.

Existem várias formas de desenvolver projetos em plataformas de Robótica Educacional, uma delas é por meio da robótica móvel, cuja finalidade é explorar diversos ambientes, visando satisfazer determinados desafios e tarefas. O robô se torna uma ferramenta multidisciplinar e elemento motivador para o trabalho em equipe, oferecendo uma experiência única de aprendizado, integrando conteúdos de diversas disciplinas, fazendo uso de um ambiente estimulante e motivador para que alunos de todas as idades se envolvam no aprendizado de diversos assuntos (AROCA et al., 2014).

No contexto educacional os robôs móveis são amplamente utilizados por permitirem diversas possibilidades de atuação. Segundo Carvalho et al. (2009), os robôs móveis têm um lugar de destaque, pois não ficam restritos a um único local de operação e, por conta disto, têm uma aplicabilidade e versatilidade muito maior que os robôs manipuladores, que são mais frequentes nas fábricas.

Além disso, a navegação de robôs móveis também pode ser utilizada por meio de Ambientes Virtuais de Aprendizagem – AVA, permitindo que diversas pessoas, mesmo que distantes fisicamente dos cenários robóticos, tenham a possibilidade de experimentar a Robótica Educacional. De acordo com Souza e Netto (2011), um laboratório de acesso remoto oferece aos usuários a possibilidade de “se projetarem” virtualmente em um espaço físico remoto, utilizando um sistema de computador que lhe permite acesso a equipamentos presentes em um laboratório real.

No entanto, um dos grandes desafios para a comunidade de roboticistas é fazer com que os robôs móveis executem suas tarefas de forma eficiente e segura com o mínimo de interferência humana, isto é, que sejam autônomos (SOUZA, 2012).

No contexto de robôs móveis, a navegação pode ser considerada uma tarefa básica e, ao mesmo tempo, essencial que utiliza recursos computacionais, sensores e atuadores para realizá-la de forma adequada. Segundo Pedrosa, Medeiros e Alsina (2001), a navegação é o processo de, a partir de uma posição e orientação atuais, alcançar uma posição e orientação finais em um determinado intervalo de tempo percorrendo, de forma contínua, posições e orientações intermediárias que possibilite o desvio de obstáculos, quando estes existirem.

Uma das principais tarefas de um sistema de navegação de um robô móvel é a determinação da localização do robô, ou seja, determinar a sua posição e orientação no ambiente de trabalho (BEZERRA; ALSINA; MEDEIROS, 2004).

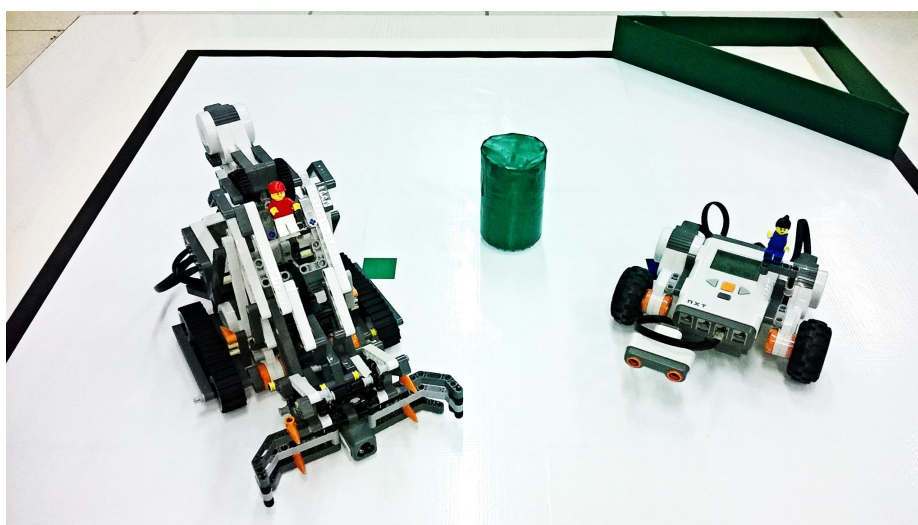


Figura 2 – Demonstração de Robôs Móveis com LEGO Mindstorms NXT.

Segundo Thrun, Burgard e Fox (2005), o problema de localização é um dos temas mais abordados no estudo da Robótica Móvel, e é de fundamental importância para a realização das tarefas que envolvam robôs móveis em ambientes reais. Esta tarefa consiste em estimar as coordenadas do robô em relação a um sistema de referência externa.

Pode-se afirmar que localizar um robô móvel consiste em determinar a sua posição e orientação no espaço em um determinado instante de tempo. Os métodos de localização de robôs móveis podem ser classificados em duas grandes categorias: métodos de localização relativa e métodos de localização absoluta (BORENSTEIN; EVERETT; FENG, 1996).

2.2.1 Métodos de Localização Relativa

Segundo Borenstein, Everett e Feng (1996), os métodos de localização relativa utilizam as localizações obtidas em instantes anteriores para estimar a localização atual do robô, sendo a Odometria e a Navegação Inercial as duas técnicas baseados neste princípio. Para calcular o valor da Odometria é considerado o valor da rotação do motor e, em alguns

casos, sua direção. Já na navegação inercial é realizada a união dos dados de rotação e aceleração para estimar o posicionamento do robô.

Devido ao seu baixo custo, a Odometria é um método de localização bastante utilizado em robôs móveis com rodas. Esse método utiliza sensores, *encoders* (codificadores) óticos, por exemplo, para medir a rotação das rodas do robô e a partir do modelo cinemático deste calcular a sua posição e orientação (BEZERRA; ALSINA; MEDEIROS, 2004).

A Odometria estima a localização do robô por meio do acumulo das rotações obtidas no deslocamento de em um determinado trajeto (RIOS; NETTO, 2016b). No entanto, conforme Vargas e Kurka (2012), as informações de rotação das rodas são sensíveis às influências do ambiente ou perturbações, gerando erros nos registros de deslocamento.

Os erros encontrados na estimação da posição de um robô por meio de Odometria podem ser classificados em sistemáticos e não sistemáticos. Sistemáticos são os erros inerentes à composição do robô, por exemplo: diâmetros das rodas desiguais e desalinhamento de rodas. Não sistemáticos são os erros não previstos, por exemplo: existência de objetos inesperados no caminho e derrapagens devido ao piso escorregadio, piso irregular e giros rápidos (BORENSTEIN; EVERETT; FENG, 1996).

Vários são os trabalhos existentes na literatura envolvendo a localização de robôs móveis. A maioria deles utiliza um método de localização relativa, geralmente Odometria, em conjunto com um método de localização absoluta, para corrigir periodicamente a posição relativa do robô (BEZERRA; ALSINA; MEDEIROS, 2003).

2.2.2 Métodos de Localização Absoluta

Os métodos de localização absoluta utilizam apenas as informações atuais dos seus sensores para determinar a localização do robô em relação a um referencial fixo absoluto. São exemplos desse tipo de método: o uso de balizas ativas, correspondência de modelos, marcos artificiais ou naturais (BORENSTEIN; EVERETT; FENG, 1996).

Segundo Vidal et al. (2013), várias soluções de localização e mapeamento de robôs móveis são baseadas na relação entre as medidas de sensores embarcados e os dados obtidos por seus atuadores, sendo o uso de Visão Computacional uma boa alternativa, pois é possível extrair marcos do ambiente e estimar a pose do robô.

Neste contexto, para que o robô possa se localizar em um dado ambiente, ele necessita de um mapa, ou seja, conjunto de objetos que representa esse ambiente. Esse mapa, em geral, é em forma de grade ou baseado em marcos. Na representação de mapas baseados em marcos, alguns objetos do mapa são simbolizados e estes servem como referência para

localização do robô móvel. Essa representação tem como vantagem facilitar a definição e inserção de novos marcos, além de reduzir a dimensão dos dados que serão tratados pelos algoritmos de localização (THRUN; BURGARD; FOX, 2005).

Geralmente os marcos estão em posições fixas e conhecidas em relação ao referencial do ambiente. As informações dos sensores são utilizadas para reconhecer os marcos e determinar as suas posições com relação ao referencial do robô. Conhecendo a posição dos marcos com relação ao referencial do ambiente e com relação ao referencial do robô, é possível determinar a posição do robô com relação ao referencial do ambiente (BEZERRA; ALSINA; MEDEIROS, 2004).

Os marcos são características distinguíveis que um robô pode reconhecer em seu ambiente, a partir dos dados coletados por seus sensores. Segundo Borenstein, Everett e Feng (1996), os marcos podem ser classificados de duas formas: marcos artificiais e marcos naturais. Os marcos artificiais são colocados em posições conhecidas no ambiente, sendo concebidos para detecção ótima, visando permitir a estimativa de posição, mesmo em condições ambientais adversas. Podendo ser definido como um conjunto de características, por exemplo, uma forma ou uma área específica. Os marcos naturais são pontos de referência distintivos do próprio ambiente. Não havendo a preparação do ambiente, no entanto, o ambiente deve ser conhecido com antecedência. A confiabilidade deste método não é tão elevada como de marcos artificiais.

2.3 VISÃO COMPUTACIONAL EM ROBÓTICA

A Visão Computacional é uma importante e promissora tecnologia de sensoriamento, aplicada a sistemas robóticos e de automação, uma vez que tenta reproduzir em máquinas um dos sentidos mais complexos, a visão. Os sistemas de visão computacional podem ser implementados em diversas áreas, compostos dos seguintes blocos funcionais: sensoreamento e digitalização da imagem, processamento e análise da imagem e a interação com a aplicação desenvolvida (VIANNA, 2009).

De acordo com Araújo, Mendonça e Freire (2008) visão robótica não é um problema trivial, pois envolve estudos em diversas áreas como processamento de imagens, visão computacional e reconhecimento de padrões, dentre outras. Uma forma de implementação do sistema de visão computacional, consiste em receber imagens do ambiente de operação do robô móvel adquiridas por uma *webcam* e processá-las, a fim extrair parâmetros como posição e orientação do robô móvel, e a detecção de possíveis obstáculos (CARVALHO et al., 2006).

Desta forma, na robótica móvel em geral, os métodos que utilizam visão computacional para estimar a posição podem ser divididos em: *on-board*, quando a câmera é posicionada a bordo do robô, e *off-board*, quando a câmera é posicionada fora do robô. Esses métodos normalmente são utilizados em ambientes pequenos e sem objetos que possam encobrir a visualização do robô, devido ao campo de visão limitado da câmera, como é o caso do futebol de robôs, onde os agentes se movem em uma superfície pequena e plana e a visualização da bola e dos robôs não é obstruída (CARVALHO-FILHO et al., 2009).

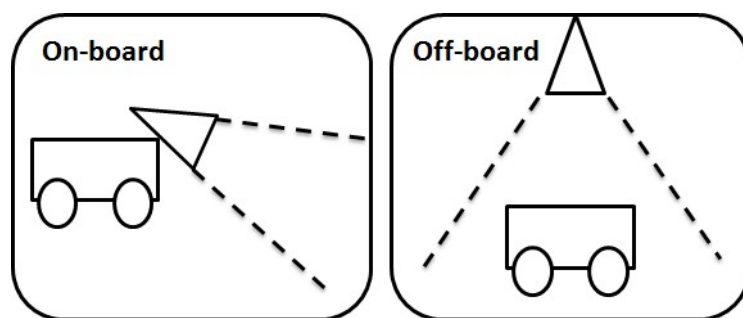


Figura 3 - Demonstração dos Métodos de Visão em Robótica.

Segundo Queiroz et al. (2015), nos últimos anos iniciaram-se pesquisas sobre como transferir o sensoriamento para o ambiente, permitindo o uso de robôs mais simples e mais baratos para a realização de diversas tarefas. Tais ambientes são chamados de espaços inteligentes. Um Espaço Inteligente (EI) pode ser definido como um ambiente equipado com sensores, que obtém informações sobre a área que observam (por meio de câmeras, microfones, ultrassom e etc.) e uma rede de atuadores (tais como robôs móveis) que permitem sua interação com os usuários e a modificação do próprio ambiente (QUEIROZ et al., 2015).

Neste tipo de ambiente a entrada de dados é realizada por uma câmera e um software de processamento de imagem. De acordo com Onofre et al. (2014), para o processamento da imagem, é necessária a captura, pré-processamento e o tratamento e melhoramento da imagem visando aplicações específicas como segmentação da informação, isolamento de parte da imagem, detecção de borda, parametrização, reconhecimento de padrões, entre outras características.

2.3.1 Reconhecimento de Características

Visando reconhecer as características do robô e de seu ambiente de tarefas, segundo Araújo, Mendonça e Freire (2008), um sistema de visão utiliza técnicas que se agrupam em três formas de reconhecimento: baseado em cores, baseado em forma, e baseado em cores e forma.

- **Sistema baseado em cor:** A câmera registra a cor da luz refletida pela superfície, que depende tanto da cor da superfície como da cor da iluminação. Sendo muito importante a estabilidade das cores registradas pela câmera (KONZEN; SCHNEEBELI, 2007).
- **Sistema baseado em forma:** A câmera registra determinadas formas geométricas, que normalmente são utilizadas para detectar unicamente cada robô. (GARCIA et al., 2007).
- **Sistema baseado em cor e forma:** Sistema híbrido que faz a identificação dos robôs e suas orientações através de reconhecimento baseado em forma e a individualização baseada em cores (MARTINS; TONIDANDEL; BIANCHI, 2007).

Embora o reconhecimento por formas permita o reconhecimento em aplicações onde se deseja detectar apenas alguns robôs, como é o caso do futebol de robôs, a detecção por cores permite uma solução simples e prática (ARAÚJO; MENDONÇA; FREIRE, 2008).

Para implementar as técnicas supracitadas, existem atualmente softwares com bibliotecas de funções específicas como é o caso da OpenCV - *Open Source Computer Vision Library*. A OpenCV é uma plataforma aberta que permite o desenvolvimento dessa capacidade de processamento de imagens em diferentes linguagens de programação, por esse motivo ela é amplamente utilizada no meio acadêmico (BARBOZA, 2009).

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Robótica Educacional está, gradativamente, mudando a forma como é realizado o processo de ensino-aprendizagem em diversas áreas do conhecimento, proporcionando uma relação direta entre a teoria e a prática. O professor e o aluno têm a oportunidade de acompanhar o comportamento de um determinado robô, conforme a lógica das instruções (programação) inserida em seu sistema computacional, obtendo um resultado completamente observável.

Neste contexto, a Robótica Móvel é a modalidade prática mais utilizada, principalmente a categoria dos robôs móveis com rodas, pois os mesmos possuem maior versatilidade para a realização de suas trajetórias em um determinado ambiente. Fazendo uso de sensores e atuadores, os robôs móveis realizam o processo de percepção-ação do ambiente, fundamental para nortear o seu comportamento na realização de tarefas e em suas missões de navegação.

Quanto à navegação de robôs móveis, são utilizados métodos de localização com a finalidade de situar o robô no ambiente em que está inserido. Tais métodos permitem calcular não apenas a posição, mas também a trajetória percorrida pelo robô móvel, auxiliando nas decisões que deverão ser tomadas para o cumprimento do desafio proposto.

Por fim, uma das formas de empregar um método de localização absoluta, ocorre por meio de Visão Computacional. Dispondo de uma câmera, é possível realizar o mapeamento do ambiente de tarefas, monitorando os movimentos do robô com a finalidade de verificar se o mesmo está atendendo os critérios estabelecidos para a atividade.

CAPÍTULO 3. TRABALHOS CORRELATOS

Este capítulo detalha a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), descrevendo seu objetivo, questões de pesquisa, estratégia de busca, idioma dos trabalhos investigados, métodos de busca das publicações e os procedimentos de seleção. Com base nestas especificações, os trabalhos relacionados foram organizados em Estudo Robótico com Métodos Relativos e Estudo Robótico com Métodos Absolutos.

3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Visando estabelecer um escopo para o campo de pesquisa, foi realizada uma revisão bibliográfica nos moldes da Revisão Sistemática da Literatura – RSL. A pesquisa foi restrita à análise de publicações no período de 2000 a 2016, considerando que muitas publicações, na área de Robótica, começaram a partir do século 21.

O mapeamento sistemático é um meio de categorizar e resumir informações existentes sobre uma questão de pesquisa de uma maneira imparcial. Essa RSL foi realizada em três etapas: protocolo da revisão sistemática, extração das informações e análise dos resultados. Além disso, foram analisadas publicações científicas, com o propósito de caracterizar e identificar os métodos empregados para análise de domínio de robôs móveis, buscando um eixo no contexto educacional.

3.1.1 Objetivo

O objetivo do protocolo da RSL foi definido conforme o paradigma GQM (*Goal-Question-Metric*) desenvolvido por Basili, Caldiera e Rombach (1994) que estabelece métricas a serem coletadas de forma a atender determinados objetivos. Esta RSL buscou identificar os trabalhos que utilizam métodos de localização para analisar as atividades desenvolvidas por robôs móveis, contemplando aspectos que possam estar relacionados ao processo de ensino-aprendizagem dos alunos, conforme demonstra a Tabela 2.

Tabela 2 – Objetivo Conforme Paradigma GQM.

Analisar	Publicações científicas através de um estudo baseado em revisão sistemática.
Com o propósito de	Identificar os métodos de localização utilizados na robótica móvel: odometria, processamento de imagem, localização e mapeamento simultâneos, entre outros.
Em relação a	Utilização dos métodos identificados para monitoramento ou medição de desempenho de robôs móveis na educação.
Do ponto de vista dos	Pesquisadores.
No contexto	Acadêmico.

3.1.2 Questões de Pesquisa

a) Questão principal:

- ✓ Como são utilizados os métodos de localização para monitorar e avaliar o comportamento de robôs móveis em tarefas de robótica educacional?

Buscando encontrar a resposta para a questão principal desta RSL, foram estabelecidas três questões complementares:

- Q1. Quais técnicas são utilizadas para analisar a interação robótica?
- Q2. Quais ferramentas são utilizadas para realizar o monitoramento robótico?
- Q3. Quais pesquisas têm sido desenvolvidas para apoiar o ensino da robótica?

3.1.3 Estratégia de Busca

Com a finalidade de estabelecer uma estratégia para o campo de pesquisa, foram determinados dois mecanismos de busca: a busca avançada e a busca manual. As buscas avançadas foram realizadas em bibliotecas digitais (*Scopus, IEEE Xplorer e ACM Digital Library*), as quais possuem máquina de busca que permite o uso de expressões lógicas. As buscas manuais foram realizadas em anais de conferências que possuem estudos relevantes na área de Informática na Educação e Robótica (*Frontiers in Education – FIE, Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE, Workshop de Informática na Escola – WIE, Workshop de Robótica na Educação – WRE*).

3.1.4 Idioma

No contexto dos artigos e trabalhos selecionados, foram escolhidos dois idiomas: Inglês e Português. O idioma Inglês foi o escolhido por ser adotado pela grande maioria das conferências e periódicos internacionais relacionados com tema da pesquisa. E o idioma Português foi escolhido com a finalidade de abranger, também, as publicações existentes no Brasil.

3.1.5 Métodos de Busca das Publicações

Para a composição da expressão de busca, foram utilizadas palavras-chaves que representam a população (P) e a intervenção (I) da pesquisa. A expressão de busca, também chamada de *string* de busca, basicamente consiste na seguinte estrutura: (P) AND (I), com os sinônimos da população e intervenção separados pela condição OR. A tabulação das palavras-chaves, em português, é apresentada conforme demonstra a Tabela 3.

Tabela 3 – Composição da População e Intervenção para Expressão de Busca.

População	Intervenção
Robótica Móvel / Robô Móvel	Análise/Medição de Desempenho
Robótica Pedagógica / Robótica Educacional	Rastreamento/Monitoramento Robótico
Competição de Robótica / Laboratório Remoto de Robótica Educacional	Odometria / Processamento de Imagem / Visão Computacional

A *string* geral, submetida às bibliotecas digitais selecionadas, é apresentada a seguir, no formato de expressão lógica, utilizando os operadores *OR* e *AND*. Ela foi devidamente ajustada para cada base de dados eletrônica e máquina de busca selecionada, de acordo com as características e especificidades das mesmas, conforme segue:

- ✓ **População:** ({educational robotics} OR {telerobotic} OR {tele-robotic} OR {telerobotic laboratory} OR {telerobotic laboratories} OR {tele-robotic laboratory} OR {tele-robotic laboratories} OR {robotic laboratory} OR {educational telerobotics environment} OR {robotics remote laboratory} OR {robotics remote laboratories} OR {remote robotic laboratory} OR {remote robotic laboratories} OR {remote robotics experiments} OR {remote robotic})
- ✓ **Intervenção:** ({odometry} OR {robotic tracking} OR {robotic performance measurement} OR {performance measurement} OR {robotic performance analysis} OR {computer vision} OR {image processing} OR {image-processing} OR {robotic management} OR {robotic control})

3.1.6 Procedimentos de Seleção e Critérios

O processo de seleção e avaliação dos artigos encontrados nas bibliotecas digitais foi embasado conforme os critérios de inclusão e exclusão adotados nesta revisão. Dessa forma, cada trabalho encontrado, a partir da busca avançada ou manual, foi avaliado de acordo com os critérios estabelecidos na Tabela 4.

Tabela 4 – Critérios de Inclusão e Exclusão.

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
(CI1) – Estar disponível em forma de artigo completo em uma biblioteca digital; (CI2) – Artigos que apresentem a análise ou o monitoramento de ambiente robótico; (CI3) – Artigos que abordem métodos ou técnicas sobre mapeamento robótico.	(CE1) – Artigos que não atendam aos critérios de inclusão; (CE2) – Artigos que apenas citam métodos de localização, mas não abordam como foco principal; (CE3) – Artigos duplicados do mesmo estudo em diferentes fontes; (CE4) - Artigos introdutórios que não apresentem resultados de implementação.

De acordo com a *string* de busca estabelecida para consulta nas bibliotecas digitais informadas, foi obtido um resultado inicial total de 213 (duzentos e treze) trabalhos. Em seguida, adotando os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, o primeiro filtro foi realizado fazendo a leitura do título, do *abstract*/resumo e das palavras-chaves de cada publicação. Ao final desta primeira etapa, foram selecionados 64 (sessenta e quatro) trabalhos para uma leitura mais detalhada. O segundo filtro consiste em fazer uma leitura completa dos trabalhos selecionados na etapa anterior, fazendo uso dos mesmos critérios de inclusão e exclusão. Ao final desta segunda etapa, foram selecionados 17 (dezesete) trabalhos, os quais foram completamente analisados e sumarizados.

Após a leitura dos artigos selecionados, os trabalhos foram organizados em duas categorias: Estudo Robótico com Métodos Relativos e Estudo Robótico com Métodos Absolutos. Esta taxonomia foi instituída por Borenstein, Everett e Feng (1996), que estabeleceu os Métodos de Localização Relativa para as técnicas que utilizam a própria arquitetura do robô (sensores proprioceptivos) para capturar dados do ambiente, simulando o comportamento robótico e os Métodos de Localização Absoluta para as técnicas que utilizam algum artefato externo ao robô (sensores externoceptivos) para analisar seu ambiente, fazendo uso de referencial fixo.

A seguir são analisadas as contribuições desses trabalhos, bem como as ferramentas utilizadas, fazendo a verificação de suas vantagens e limitações no contexto do monitoramento e navegação robótica.

3.2 ESTUDO ROBÓTICO COM MÉTODOS RELATIVOS

Souza, Medeiros e Gonçalves (2007) propõe uma melhoria no modelo dos sensores para mapeamento usando grade de ocupação, de forma que o mapa produzido terá incorporado às incertezas inerentes aos sensores de distância e ao sistema de Odometria do robô. Os experimentos foram realizados com o robô móvel, Pioneer 3-AT da *ActivMedia Robotics*, provido de dois *arrays* de sonares (um na dianteira e outro na traseira) e sistema de Odometria.

Molina et al. (2009) apresenta um método de medição e estimação de trajetória de robôs móveis visando contornar os tradicionais problemas de odometria. Fazendo uso de um sensor de fluxo óptico, foram observadas todas as possíveis formas de deslocamento do robô em um dado cenário. O método proposto obteve uma pequena diferença entre a contagem de transições de estado observada para uma mesma distância, sendo uma alternativa de baixo

custo ao uso de *encoders* convencionais, que apresentam alta variância para o ruído de estimação de velocidade.

Hees et al. (2009) apresenta um relato sobre uma abordagem de aprendizagem baseada em problemas (*Problem-Based Learning - PBL*), onde cenários PBL são aplicados na educação robótica, especificamente na competição de robô de resgate, em que o robô móvel deve utilizar seus diversos sensores para resgatar uma vítima. Então é proposto um curso onde os alunos recebem a descrição de um cenário de desastre e, com base nesse cenário, as equipes devem construir e programar um robô móvel para realizar a operação, utilizando técnicas de locomoção, manipulação e sensoriamento.

Barros e Lages (2012) apresenta o projeto de montagem de um robô para participar de uma competição de Robótica. Foram realizadas duas simulações para verificar o comportamento do robô utilizando o MATLAB. A primeira quanto à estabilização em um ponto e a segunda quanto ao rastreamento de trajetória. No rastreamento de trajetória, o deslocamento do robô, no plano cartesiano, sofreu variações que fizeram afasta-se da posição real percorrida. Este fato está associado ao sistema de medição — Odometria — utilizado no robô, sendo que melhores resultados podem ser obtidos na prática por meio de calibração.

Souto et al. (2015) apresenta uma pesquisa no contexto da navegação robótica, utilizando sensores da plataforma robótica móvel X80 da empresa Dr. Robot. O sistema de navegação para o Robô Móvel X80 consiste em determinar um caminho navegável, a partir de uma configuração inicial até uma configuração final, desviando dos obstáculos que estiverem no ambiente e percorrendo a menor distância. Para o sistema de navegação, foi utilizada a representação do ambiente através de Grade de Ocupação, associado ao algoritmo de função Manhattan e da localização do robô por meio dos *encoders* (odometria) para construir a trajetória.

Sadanand et al. (2015) apresenta a configuração de robôs manipuladores desenvolvidos pela MTAB integrado a um software de simulação chamado *RoboAnalyzer*, utilizados em projetos de ensino e pesquisa robótica nas universidades. Os robôs são programados usando o software MROBOT instalado em um computador, fazendo uso de um software de aprendizagem robótica foi mostrada que esta solução pode ser uma ferramenta eficaz para o ensino da robótica.

A Tabela 5 apresenta um breve resumo dos trabalhos mencionados nesta seção, enfatizando as características como: Nome dos Autores, Ferramentas Utilizadas, Plataforma Robótica e Soluções Apresentadas.

Tabela 5 - Trabalhos Correlatos sobre Estudo Robótico com Métodos Relativos.

Autores	Ferramenta Utilizada	Plataforma Robótica	Solução Apresentada
Souza, Medeiros e Gonçalves (2007)	Sonares e Odometria	Pioneer 3-AT da ActivMedia Robotics	Modelo Probabilístico de Sonar em Grade de Ocupação
Molina et al. (2009)	Sensor de Fluxo Óptico	-	Utilização filtro α - β alternativa para a uso de <i>encoders</i>
Hees et al. (2009)	Curso de Construção e Programação Robótica	-	Aprendizagem Baseada em Problemas para Montagem de Robô de Resgate
Barros e Lages (2012)	Simulações em MATLAB e uso de Odometria	CLP S7-1200 da SIEMENS	Sistema de Malha Fechada para Navegação Robótica
Souto et al. (2015)	Sistema de Odometria com dois <i>encoders</i> ópticos	Robô Móvel X80 (Dr.Robot)	Método de busca N8 para navegação do robô em Grade de Ocupação
Sadanand et al. (2015)	Software <i>RoboAnalyzer</i> e programação com MROBOT	Robô Manipulador MTAB	Software de simulação destinado ao ensino da robótica

3.3 ESTUDO ROBÓTICO COM MÉTODOS ABSOLUTOS

Quiles e Romero (2004) apresenta sistema de controle baseado em visão aplicado a um robô perseguidor de objetos determinados pela cor. O sistema de visão computacional baseado em cores é composto por dois módulos: módulo de visão (captura e processamento de imagens) e módulo de controle (coordenação do robô móvel) utilizando o simulador Saphira. O trabalho utiliza redes neurais artificiais (RNAs) aplicadas no desenvolvimento de um sistema de visão para o controle de um robô móvel Pioneer I.

Soares et al. (2007) apresenta um arcabouço utilizado na implementação de um sistema de coleta de dados em redes de sensores utilizando robôs móveis. Quanto à localização, a Transformada de Hough foi utilizada para identificação de marcos cilíndricos estacionários presentes no ambiente. A posição desses marcos e a odometria do robô fornecem os parâmetros de entrada para o Filtro de Kalman Unscented, que realiza a correção da pose do robô. Os resultados mostram que, após determinar uma trajetória de referência, a trajetória fornecida pelo Filtro de Kalman apresenta oscilações, mas em média está mais próxima da trajetória de referência do que a trajetória de odometria.

Santana e Medeiros (2007) apresenta um sistema capaz de localizar um robô móvel em um ambiente onde as linhas do chão formam uma grade bidimensional. O robô móvel possui uma câmera fixa e imóvel acoplada a sua estrutura. Para identificação das retas no chão foi adotada a Transformada de Hough, que associado à fase de predição, utilizando

odometria, serve de parâmetro para o sistema de localização para robôs móveis por meio do Filtro de Kalman Estendido.

Housten e Regli (2008) apresenta um trabalho que busca tornar mais acessível à robótica de baixo custo para usos educacionais, adicionando recursos de localização a uma plataforma robótica. O método, para realizar a localização em um ambiente desconhecido, utiliza uma câmera externa de posição fixa. A câmera foi conectada a um computador que tem acesso ao robô móvel Roomba via Bluetooth. Através da conexão Bluetooth, o computador é capaz de direcionar o Roomba e o algoritmo de localização utiliza um mapa topológico para encontrar um caminho entre a posição inicial e a posição atual do robô.

Carvalho-Filho et al. (2009) apresenta um sistema de estimação de posição e orientação para robôs móveis baseado em técnicas de Visão Computacional usando correspondência de imagens. Este sistema baseia-se na comparação de imagens adquiridas em diferentes instantes para determinar os deslocamentos angular e linear entre elas e, assim, estimar a trajetória do robô.

Souza (2012) apresenta um método de mapeamento robótico de ambientes internos e/ou externos, baseado em um sistema de visão com câmeras estéreo, usando uma representação inspirada em uma abordagem métrica probabilística do ambiente mapeado através de grade de ocupação com informações tridimensionais (mapa 2,5-D), chamada de grade de ocupação-elevação. Os experimentos foram realizados com o robô de drive diferencial Pioneer 3-AT, possibilitando a navegação em diferentes tipos de terrenos (*All Terrains*).

Cabré et al. (2013) apresenta um exemplo de aprendizagem baseada em projetos, combinando conhecimentos práticos de visão computacional e robótica com a finalidade de ajudar os estudantes de ciência da computação a adquirir novas habilidades tecnológicas no ambiente acadêmico. O sistema de visão (em MATLAB) deve detectar um pequeno objeto colocado, aleatoriamente, em uma superfície alvo e controlar um braço robótico educacional para buscá-lo e movê-lo para um destino pré-definido. Os resultados desta experiência demonstraram que o desenvolvimento de um caso de aprendizagem prática baseada na combinação de Visão Computacional e Robótica aumentou a motivação dos alunos e melhorou a assimilação de conceitos teóricos.

Hart et al. (2014) apresenta uma plataforma robótica de alta velocidade chamada RoSCAR para uso educacional e de pesquisa. O RoSCAR faz uso de um sensor proprioceptivo principal, onde foi fixado um disco codificador no eixo traseiro do carro, com

a finalidade de estimar a velocidade linear do robô móvel. Também foi utilizado um sensor exteroceptivo, uma câmera com a função de fazer o rastreamento do ambiente por meio da segmentação de cores e detecção de bordas. A plataforma de desenvolvimento adotado foi o MATLAB, fazendo uso do Sistema Operacional Ubuntu 12.04.

Rai, Rai e Rai (2014) apresenta um sistema de visão computacional para controle de um Braço Robótico Educacional (Braço Robótico Dexter ER-1) que pode realizar, em conjunto, a detecção de cor e manipulação de objetos. O sistema de visão, desenvolvido em MATLAB, faz uso de duas câmeras web HD 720p externas ao robô manipulador que permite ao sistema realizar a detecção e a manipulação autônoma de objetos colocados aleatoriamente em uma superfície. Essa plataforma é indicada para o ensino de diversos conceitos em cursos técnicos, bem como, para implementação e validação de algoritmos avançados sobre manipulação e captura de objetos.

Queiroz et al. (2015) descreve a aplicação de um Espaço Inteligente - EI para localizar e controlar um robô móvel. Fazendo uso de 11 câmeras distribuídas em dois laboratórios e no corredor que conecta ambos. Cada câmera está conectada a um servidor de imagem, cuja função é capturar e processar as imagens. O trabalho realiza a comparação de trajetória do robô (Pioneer P3-AT) utilizando Odometria, Visão Computacional e Filtro de Kalman Estendido - EKF.

Iscimen et al. (2015) apresenta um sistema que utiliza um robô de manipulação com visão computacional, usado em conjunto para projetar um sistema de braço robô inteligente que pode identificar objetos e executar determinadas tarefas. Os objetos na imagem são identificados usando métodos de processamento de imagem (usando MATLAB), classificados usando Redes Neurais Artificiais por meio do método *Multi-Layer Perceptron - MLP* e todas as coordenadas dos objetos detectados são determinadas no computador e enviadas para o robô de manipulação.

A Tabela 6 apresenta um breve resumo dos trabalhos mencionados nesta seção, enfatizando as características como: Nome dos Autores, Ferramentas Utilizadas, Plataforma Robótica e Soluções Apresentadas.

Tabela 6 - Trabalhos Correlatos sobre Estudo Robótico com Métodos Absolutos.

Autores	Ferramenta Utilizada	Plataforma Robótica	Solução Apresentada
Quiles e Romero (2004)	Simulador Saphira	Pioneer I da ActivMedia	Sistema de visão para identificação de objetos pela cor
Soares et al. (2007)	Sensor Sick LMS 200, Transformada de Hough e odometria	Pioneer P3-AT	Sistema de localização de robôs móveis com Filtro de Kalman Unscented
Santana e Medeiros (2007)	<i>Encoders</i> óticos e Transformada de Hough	-	Sistema de localização de robôs móveis com Filtro de Kalman Estendido
Housten e Regli (2008)	Codificação Java usando a API Java RoombaComm	Robô Aspirador Roomba iRobot	Sistema encontra o caminho percorrido por meio de Mapa Topológico
Carvalho-Filho et al. (2009)	General Procedure Outlined	-	Estimação de trajetória robótica por correspondência de imagens
Souza (2012)	Processamento de imagem com OpenCV	Pioneer 3-AT	Mapeamento do ambiente com grade de ocupação-elevação
Cabré et al. (2013)	Sistema de Visão com MATLAB	Service-Arm Type CS-113	Exemplo de Aprendizagem Baseada em Projetos
Hart et al. (2014)	Sistema de Visão com MATLAB	RoSCAR	Ambiente robótico para uso educacional e de pesquisas
Rai, Rai e Rai (2014)	Sistema de Visão com MATLAB	Braço Robótico Dexter ER-1	Sistema que realiza a detecção e a manipulação autônoma de objetos
Queiroz et al. (2015)	Comparação entre técnicas de localização relativa e absoluta	Pioneer P3-AT	Espaço Inteligente usando 11 câmeras e Filtro de Kalman Estendido
Iscimen et al. (2015)	Processamento de imagem com MATLAB	Robô de Manipulação	Redes Neurais Artificiais (Multi-Layer Perceptron)
Proposta	Sistema de Visão com Python e OpenCV	Independente de Plataforma	Sistema de Monitoramento Robótico Baseado em Cor e Forma

Ainda nesta tabela, é possível observar, na última linha, a proposta apresentada nesta dissertação de mestrado, posicionando o trabalho desenvolvido perante os demais, evidenciando as ferramentas utilizadas, a independência de plataforma e a as características prévias da solução implementada.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos mencionados nas seções anteriores apresentam contribuições significativas na área de robótica. Com base no levantamento realizado, foi possível identificar o estado da arte em que se encontram as pesquisas quanto às tecnologias empregadas, as metodologias utilizadas e ferramentas adotadas.

Os trabalhos foram classificados levando em consideração o método adotado para realizar o monitoramento robótico em determinados ambientes. Os trabalhos envolvendo métodos de localização relativa (Seção 3.2) basicamente utilizaram tecnologias pertinentes à arquitetura do robô como: sensores óticos, sonares, odometria e simulações, associadas a diversas metodologias. Foi possível perceber que estas tecnologias permitem analisar a

navegação ou movimentação robótica, porém são suscetíveis a erros sistemáticos (limitações dos próprios sensores) e a erros não sistemáticos (variações no ambiente de tarefa), havendo um esforço contínuo pelos pesquisadores em encontrar fórmulas matemáticas que reduzam a margem de erro, conforme o modelo cinemático do robô, entre a trajetória real e a estimada.

Os trabalhos envolvendo métodos de localização absoluta (Seção 3.3) utilizaram tecnologias de sensoriamento externo ao robô, na maioria dos casos uma ou várias câmeras digitais foram utilizadas com a finalidade de capturar instâncias da movimentação robótica, mapeando a trajetória percorrida pelo robô. Os resultados destes trabalhos mostraram que os métodos absolutos obtiveram maior precisão nos procedimentos de análise e mapeamento robótico quando comparados aos métodos relativos.

Buscando responder às questões de pesquisa (Seção 3.1.2), foi possível identificar as técnicas utilizadas para analisar a interação robótica em vários ambientes (Q1), bem como, as ferramentas adotadas para realizar o monitoramento dos robôs móveis e manipuladores (Q2). No entanto, constatou-se que essas ferramentas e técnicas nem sempre são utilizadas para apoiar o processo de ensino-aprendizagem por meio da robótica educacional. A maioria dos trabalhos retornados pela *string* de busca realizam pesquisas com análise e mapeamento robótico desassociado do contexto educacional.

Mesmo diante desse cenário, foi possível encontrar trabalhos como Sadanand et al. (2015), Rai, Rai e Rai (2014), Hart et al. (2014), Cabré et al. (2013), Hees et al. (2009) e Houston e Regli (2008) que buscam aprimorar o ambiente das instituições de ensino utilizando métodos de localização que aprimorem o desempenho dos robôs durante a realização de atividades na robótica na educacional.

Todos os trabalhos citados anteriormente contribuíram e motivaram o desenvolvimento desta dissertação. Como diferencial desta pesquisa, desenvolvemos a solução MonitoRE (Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional), que analisa a trajetória de robôs móveis avaliando as tarefas de robótica educacional.

CAPÍTULO 4. SISTEMA DE MONITORAMENTO - MONITORE

Este capítulo tem por objetivo apresentar a arquitetura proposta neste trabalho, explicando a configuração dos ambientes de tarefas (cenários robóticos), bem como, a modelagem e as funcionalidades do sistema, denominado MonitoRE (Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional). A Seção 4.1 apresenta uma visão geral sobre o sistema desenvolvido, explanando suas características e a organização do ambiente educacional. A Seção 4.2 apresenta a definição dos ambientes de tarefas, classificados em três níveis de dificuldade. A Seção 4.3 apresenta a modelagem do sistema por meio dos diagramas de caso de uso e diagramas de sequência, além da especificação técnica da solução. A Seção 4.4 apresenta o funcionamento da solução desenvolvida, explicando as operações existentes por meio das interfaces gráficas do sistema. A Seção 4.5 apresenta as ferramentas tecnológicas utilizadas para o desenvolvimento desta dissertação. E por fim, a Seção 4.6 apresenta as considerações finais sobre este capítulo.

4.1 VISÃO GERAL DO SISTEMA ROBÓTICO

O sistema MonitoRE foi desenvolvido buscando criar um Ambiente Educacional Interativo – AEI, onde professor e alunos poderiam contar com a supervisão de um sistema para apoiar as atividades de Robótica Educacional. O sistema conhece as características de cada ambiente de tarefa (cenário de desafio robótico), fazendo uso dos marcos artificiais existentes nos cenários, os quais determinam os critérios de navegabilidade do robô móvel.

A definição do termo “ambiente de tarefa” utilizado neste trabalho segue a especificação de Russel e Norvig (2013) que estabeleceu como sendo essencialmente os “problemas” para os quais os robôs móveis (agentes racionais) são as “soluções”. Havendo vários tipos de ambientes de tarefas, os quais afetam diretamente o projeto apropriado para a programação do robô. Os níveis de ambientes de tarefas serão especificados na Seção 4.2.

Os alunos, organizados em equipes com até 4 (quatro) integrantes, recebem do professor as regras e os critérios dos ambientes de tarefas. Com base nessas informações, as equipes devem se organizar para construir um robô móvel e planejar uma estratégia de navegação com o uso de sensores (percepção) e atuadores (ação), programando o robô para realizar as ações planejadas.

O professor, após determinar um prazo exequível, prepara o ambiente de tarefa em uma sala de aula com iluminação constante, utilizando uma estrutura para suportar uma câmera webcam que estará fixada verticalmente a uma altura de 1,50 m (um metro e

cinquenta centímetros) do ambiente de tarefa. A câmera, conectada ao MonitoRE, fará a captura de imagens (*frames*) para que o sistema faça o processo de segmentação e detecção dos marcos artificiais (características) existentes no ambiente de tarefa utilizando descritores baseados em cor e forma. A extração desses parâmetros permite ao sistema rastrear a trajetória do robô móvel verificando a satisfação do mesmo no desenvolvimento da atividade.

A visão geral da solução proposta pode ser observada na Figura 4.

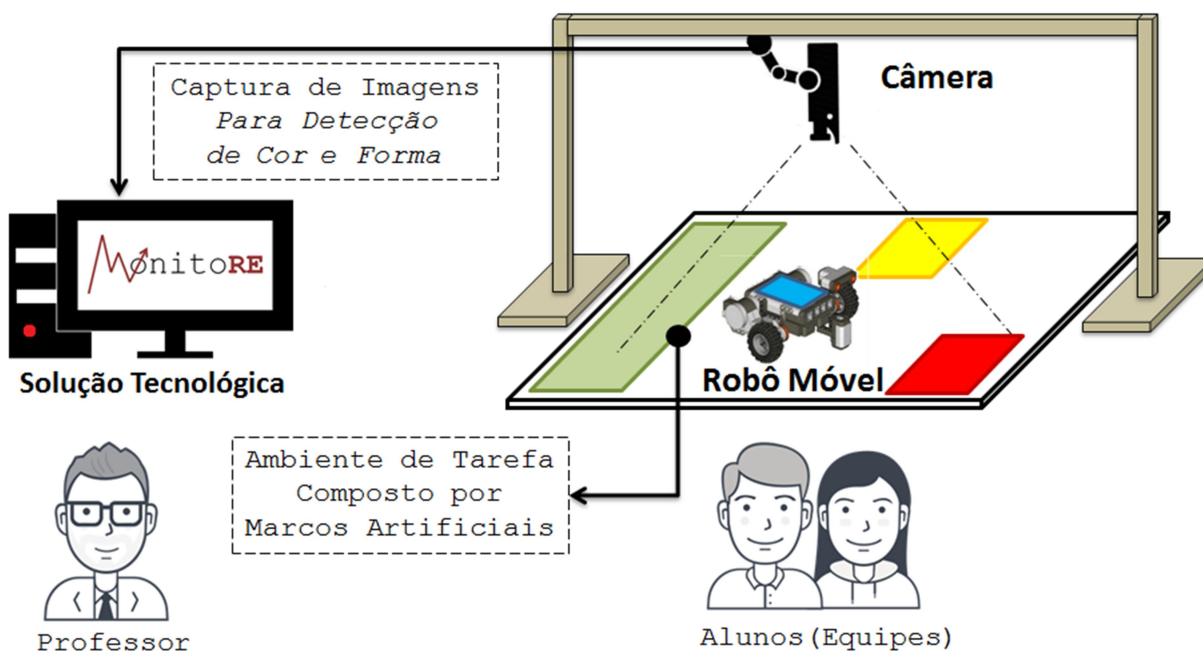


Figura 4 – Visão Geral da Arquitetura Proposta.

De acordo com a Figura 4, o ambiente de tarefa é composto por marcos artificiais, inclusive para o robô móvel, permitindo que o sistema MonitoRE identifique e avalie a sobreposição de cores e formas estabelecidas no ambiente. Desta maneira, professores e alunos podem utilizar qualquer tipo de Kit Educacional Robótico.

O MonitoRE foi desenvolvido com Tecnologia Web, fazendo uso de HTML e CSS para definição de layout, configuração e organização das páginas do sistema. A construção da parte lógica do sistema foi desenvolvida em linguagem de programação Python com apoio da biblioteca de Visão Computacional OpenCV. Para o armazenamento dos dados foi utilizado o SGBDR (Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacionais) PostgreSQL. Por fim, o Sistema Operacional utilizado para construção do sistema foi Linux (Ubuntu).

Um das preocupações desse projeto foi desenvolver uma ferramenta com tecnologias totalmente gratuitas, sem qualquer custo com *softwares* proprietários. Desta forma, todas as tecnologias empregadas neste projeto são classificadas como *software* livre, utilizadas conforme a *GPL – General Public License*.

4.2 AMBIENTES DE TAREFAS PROPOSTOS

Uma das iniciativas deste trabalho foi criar ambientes de tarefas que propiciem a aplicação de métodos avaliativos que sejam efetivos e que colaborem para a apresentação de resultados fidedignos. Além disso, torna-se uma tarefa primordial construir ambientes de tarefas que desafiem o conhecimento dos alunos, bem como, que favoreçam a análise da trajetória do robô móvel em suas missões de navegação.

Os ambientes de tarefas propostos neste trabalho são completamente observáveis e determinísticos, ou seja, segundo Russel e Norvig (2013) se os sensores de um agente (robô) permitem acesso ao estado completo do ambiente em cada instante, tal ambiente é dito completamente observável e se o próximo estado do ambiente é completamente determinado pelo estado atual e pela ação executada pelo agente, dizemos que o ambiente é determinístico.

Além disso, os ambientes de tarefas foram inspirados nas provas práticas da Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR), organizada pela RoboCup Brasil. Os cenários de desafios robóticos são compostos por uma chapa de madeira MDF branca, medindo 120 x 90 cm com 18 mm de espessura, caracterizados com marcos artificiais, classificando os ambientes de tarefas em três níveis de dificuldade, destinados a alunos do ensino médio.

Com o objetivo de especificar os ambientes de tarefas de forma tão completa quanto possível, foi adotado o padrão PEAS (*Performance, Environment, Actuators, Sensors* — Desempenho, Ambiente, Atuadores, Sensores) para cada ambiente de tarefa estabelecido nas subseções a seguir, além da definição dos critérios para navegação robótica.

4.2.1 Ambiente de Tarefa para Nível 01 - Marcadores

A configuração do Ambiente de Tarefa para Nível 01 – Marcadores é destinado aos alunos que estão iniciando suas estudos por meio da Robótica Educacional. Neste tipo de ambiente, o robô móvel utiliza apenas um sensor de cor para identificar as características (marcos artificiais) do cenário. A Tabela 7 apresenta a descrição de PEAS (Desempenho, Ambiente, Atuadores e Sensores) para o Ambiente de Tarefa para Nível 01 - Marcadores.

Tabela 7 - PEAS para o Ambiente de Tarefa para Nível 01 – Marcadores.

Medida de Desempenho	Ambiente	Atuadores	Sensores
Passar pelas cores pré-estabelecidas no ambiente de tarefa (<i>check point</i>).	Superfície plana, sem obstáculos e configurado por diversas cores.	Dois servo-motores para locomoção do robô móvel.	Um sensor de cor para identificação dos marcos artificiais.

A Figura 5 apresenta as características do Ambiente de Tarefa para Nível 01 - Marcadores, onde o robô móvel, marcado com a cor azul (identificado na figura com o número 1), deverá sair do ponto de partida de cor verde (identificado pelo número 2) e atingir as cores amarela (identificado pelo número 3), obtendo 25 (vinte e cinco) pontos, e vermelha (identificado pelo número 4), obtendo mais 25 (vinte e cinco) pontos e em seguida deve retornar para o início (identificado pelo número 2), obtendo mais 50 (cinquenta) pontos. Nesta atividade o robô móvel, se cumprir com todos os critérios, pode atingir 100 (cem) pontos.

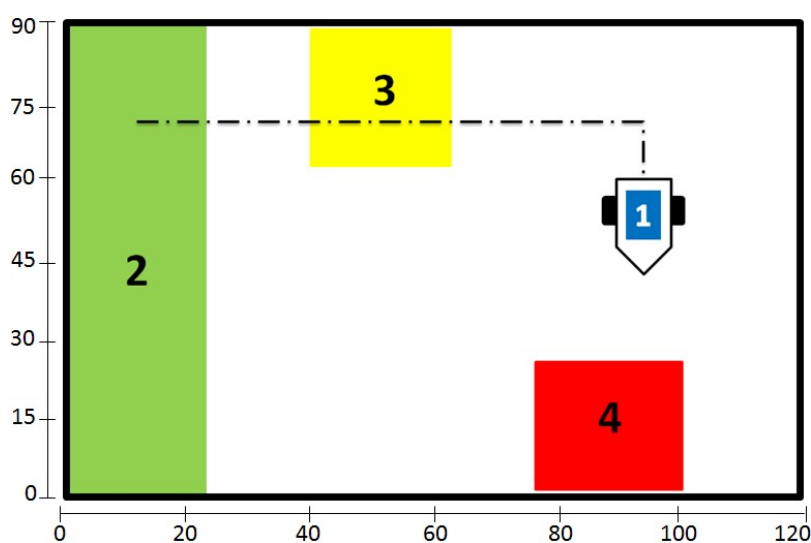


Figura 5 - Ambiente de Tarefa para o Nível 01 - Marcadores.

Antes da realização da tarefa, cada equipe possui até 2 (dois) minutos para calibrar o robô móvel no ambiente de tarefa. Por fim, o robô deve realizar a tarefa em, no máximo, 5 (cinco) minutos.

4.2.2 Ambiente de Tarefa para Nível 02 - Resgate

A configuração do Ambiente de Tarefa para Nível 02 – Resgate visa desafiar os alunos que estão na fase intermediária dos estudos na área de Robótica Educacional. Neste tipo de ambiente, o robô móvel deve utilizar uma garra para resgatar uma vítima em perigo e, por meio de seus sensores, navegar no ambiente deixando-a em um local seguro. A Tabela 8 apresenta a descrição de PEAS para o Ambiente de Tarefa para Nível 02 - Resgate.

Tabela 8 - PEAS para o Ambiente de Tarefa para Nível 02 – Resgate.

Medida de Desempenho	Ambiente	Atuadores	Sensores
Resgatar o objeto (<i>vítima</i>), deixa-lo no local adequado e retornar para o início.	Superfície plana com um objeto cilíndrico estacionário e uma área de resgate.	Dois servo-motores para locomoção do robô móvel e uma garra para resgate.	Um sensor ultrassônico para identificar o objeto e um sensor de cor.

A Figura 6 apresenta as características do Ambiente de Tarefa para Nível 02 – Resgate, onde um objeto precisa ser resgatado e colocado em um local pré-determinado. Neste desafio, o robô móvel, marcado com a cor azul (identificado na figura pelo número 1), deverá sair do ponto de partida de cor verde (identificado pelo número 2) e percorrer livremente o ambiente com a finalidade de encontrar e realizar o resgate de uma vítima, um objeto cilíndrico estacionário de cor vermelha (identificado pelo número 3). Em seguida, colocá-la em um local seguro, demarcação de cor amarela (identificado pelo número 4), obtendo 50 (cinquenta) pontos. Por fim, o robô deve retornar para o início (identificado pelo número 2) e obter mais 50 (cinquenta) pontos. A pontuação máxima a ser obtida pelo robô móvel nesta atividade é de 100 (cem) pontos.

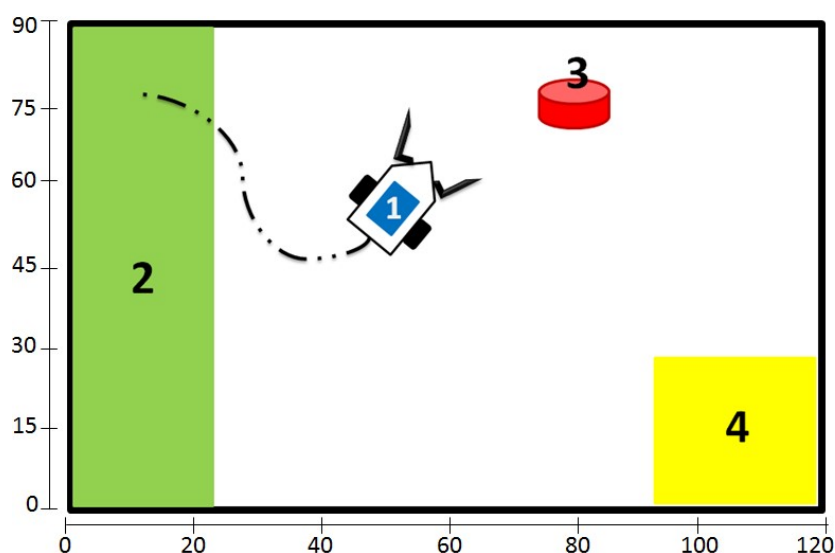


Figura 6 - Ambiente de Tarefa para o Nível 02 - Resgate.

A vítima é colocada no ambiente de tarefa em posições aleatórias, a critério do professor ou juiz da competição. As equipes têm até 2 (dois) minutos para calibração do robô móvel no ambiente de tarefa e, em seguida, até 5 (cinco) minutos para realização da tarefa pelo robô móvel.

4.2.3 Ambiente de Tarefa para Nível 03 – Centro da Terra

A configuração do Ambiente de Tarefa para Nível 03 – Centro da Terra foi adaptado de Silva (2015) e visa desafiar os alunos que estão estudando aspectos mais avançados na área de Robótica Educacional. Neste tipo de ambiente é apresentado um caminho considerado conhecido, por onde o robô móvel deve “viajar ao centro da terra” atuando de forma autônoma, com a finalidade de adquirir um artefato valioso (cubo de plástico) e retornar à “superfície” inteiro e trazendo o objeto tão desejado.

A Tabela 9 apresenta a descrição de PEAS para o Ambiente de Tarefa para Nível 03 – Centro da Terra.

Tabela 9 - PEAS para o Ambiente de Tarefa para Nível 03 – Centro da Terra.

Medida de Desempenho	Ambiente	Atuadores	Sensores
Realizar trajetória até o centro e retornar com o objeto.	Superfície plana com caminho em espiral e objeto estacionário.	Dois servo-motores para locomoção do robô móvel e uma garra para resgate.	Dois sensores de cor para navegação e um sensor ultrassônico para detectar o cubo.

A Figura 7 apresenta as características do Ambiente de Tarefa para Nível 03 – Centro da Terra, onde o robô móvel, marcado com a cor vermelha (identificado pelo número 1), a partir da entrada de cor amarela (identificado pelo número 3), deve seguir o caminho até o centro da espiral de cor verde (identificado pelo número 4), onde deverá capturar um objeto de cor azul (identificado pelo número 2). Em seguida, deve retornar com o objeto pelo mesmo caminho até a posição de partida, cumprindo com o desafio.

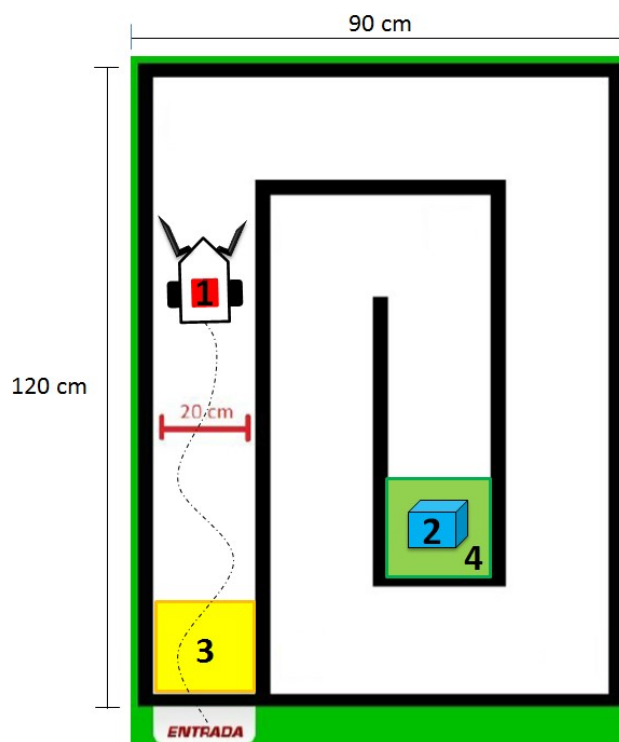


Figura 7 - Ambiente de Tarefa para o Nível 03 – Centro da Terra.

Nesta tarefa, o robô móvel obtém 50 (cinquenta) pontos quando consegue atingir o centro da espiral e mais 50 (cinquenta) pontos se conseguir trazer o objeto até o ponto de partida. Assim como nas outras tarefas, cada equipe possui até 2 (dois) minutos para calibragem dos sensores e até 5 (cinco) minutos para que o robô móvel realize a atividade.

4.3 MODELAGEM E ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA

Buscando compreender os requisitos para o desenvolvimento da solução tecnológica, foi construído um Projeto de Engenharia de Software levando em consideração as expectativas identificadas nas entrevistas realizadas com professores e alunos.

Basicamente, os artefatos gerados nesta etapa foram os Diagramas de Caso de Uso do Sistema (Subseção 4.3.1) e os Diagramas de Sequência do Sistema (Subseção 4.3.2), ambos os diagramas buscam explicar as funcionalidades previstas na solução MonitoRE, sendo o primeiro quanto ao ponto de vista do usuário e o segundo quanto aos processos internos do sistema.

A partir do Projeto de Engenharia de Software foram constituídas as especificações da solução tecnológica. O sistema utiliza técnicas de Visão Computacional para extrair informações sobre os ambientes de tarefas onde, a partir da definição da gama de cor para cada marco artificial existente no ambiente de tarefa, é realizado o processo de segmentação das imagens e comparação entre as máscaras de cor e forma (Subseção 4.3.3).

4.3.1 Diagramas de Caso de Uso do Sistema

O acesso ao sistema proposto neste trabalho pode ocorrer de duas formas: primeiro pelo administrador e segundo pelo professor (que também representa o árbitro ou juiz). A Figura 8 apresenta o Diagrama de Caso de Uso do Administrador.

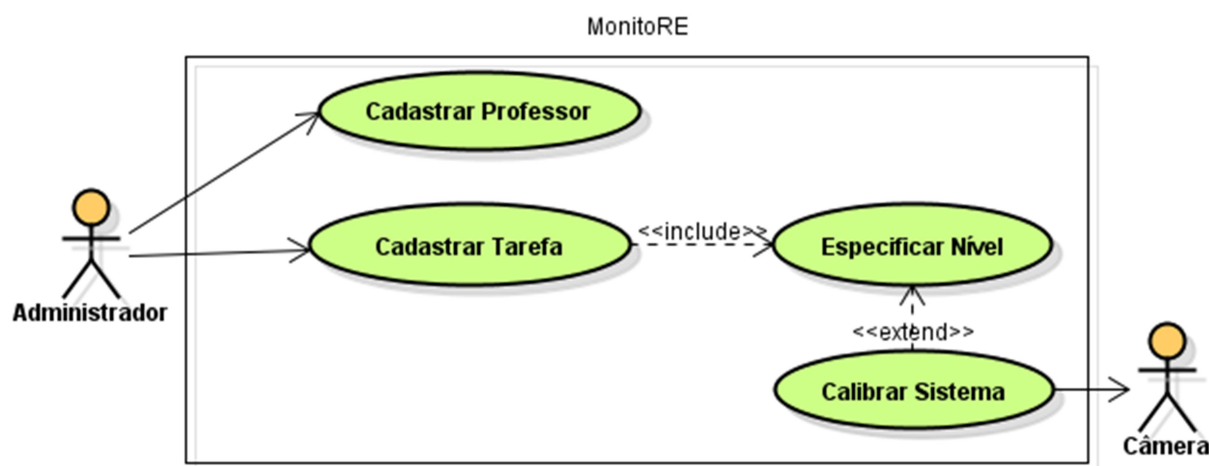


Figura 8 - Diagrama de Caso de Uso – Administrador.

Neste diagrama é possível observar que o Administrador acessa o sistema para cadastrar os professores e para cadastrar as tarefas de robótica educacional, sendo obrigatório especificar o nível em que a tarefa está classificada, conforme previsto na Seção 4.2 deste trabalho. Ao administrador também compete calibrar o sistema utilizando a câmera digital.

A Figura 9 apresenta o Diagrama de Caso de Uso dos Usuários, nesse contexto os usuários são todos os agentes externos que de alguma forma interagem com o sistema, podendo ser pessoa ou mecanismo. Desta forma, o diagrama abaixo apresenta as ações do professor, da câmera digital e dos alunos perante o sistema.

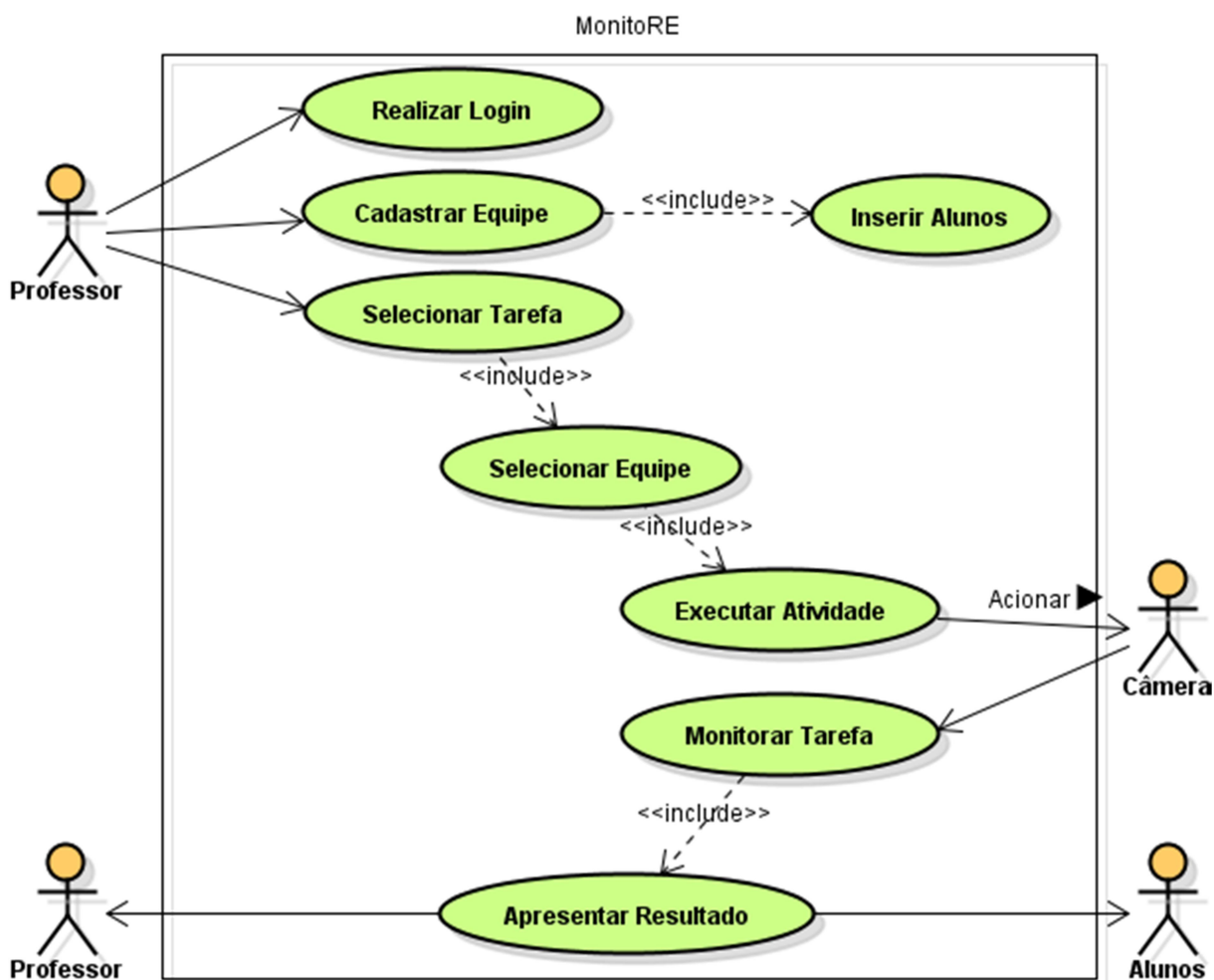


Figura 9 - Diagrama de Caso de Uso – Usuários.

Neste diagrama é possível observar que o professor é responsável por realizar o *login* no sistema, cadastrar cada uma das equipes e, obrigatoriamente, inserir os alunos da respectiva equipe. O professor também seleciona a tarefa a ser realizada, em seguida seleciona a equipe que irá desenvolver a tarefa e, por fim, inicia a execução da atividade.

A partir desse ponto o sistema aciona a câmera digital (conectada via USB) realizando o processo de monitoramento do ambiente de tarefa. Ao final, o sistema apresenta o resultado do comportamento apresentado pelo robô móvel no desenvolvimento da referida atividade para o professor e alunos.

O professor é o principal usuário para manipulação do sistema, mas os alunos possuem participação fundamental, verificando, juntamente com o professor, se o sistema está retornando informações relevantes sobre o comportamento robótico.

4.3.2 Diagramas de Sequência do Sistema

Buscando priorizar o detalhamento das principais funcionalidades do sistema, a construção dos Diagramas de Sequência do Sistema apresentados neste trabalho contemplou o funcionamento interno de dois importantes Casos de Usos: Cadastrar Tarefa e Selecionar Tarefa. O primeiro é realizado pelo administrador (conforme Figura 8) e o segundo é realizado pelo professor (conforme Figura 9).

A Figura 10 apresenta o Diagrama de Sequência para o caso de uso Cadastrar Tarefa.

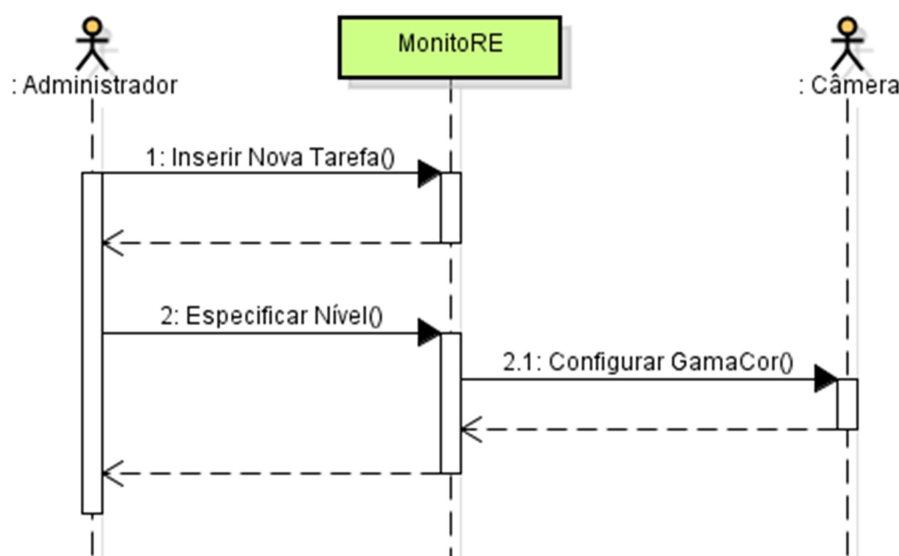


Figura 10 - Diagrama de Sequência - Cadastrar Tarefa.

Neste diagrama é possível observar que o administrador do sistema ao inserir uma nova tarefa deve especificar o nível do ambiente de tarefa, variando conforme a complexidade do mesmo. Para definição do nível do ambiente de tarefa, é recomendável que o administrador compreenda o processo de ensino-aprendizagem de acordo com a quantidade de sensores e atuadores necessários para realizar a tarefa que está sendo proposta.

Em seguida, o sistema MonitoRE permite habilitar a câmera digital para configurar a variação do espaço de cor, definido pela função *GamaCor()*. Esse procedimento é importante para calibração do sistema de Visão Computacional do MonitoRE, detectando as cores e as formas previstas no ambiente de tarefa que está sendo cadastrado, estabelecendo os parâmetros que serão utilizados como critérios de satisfação na atividade.

A Figura 11 apresenta o Diagrama de Sequência para o caso de uso Selecionar Tarefa, demonstrando aos processos dessa funcionalidade.

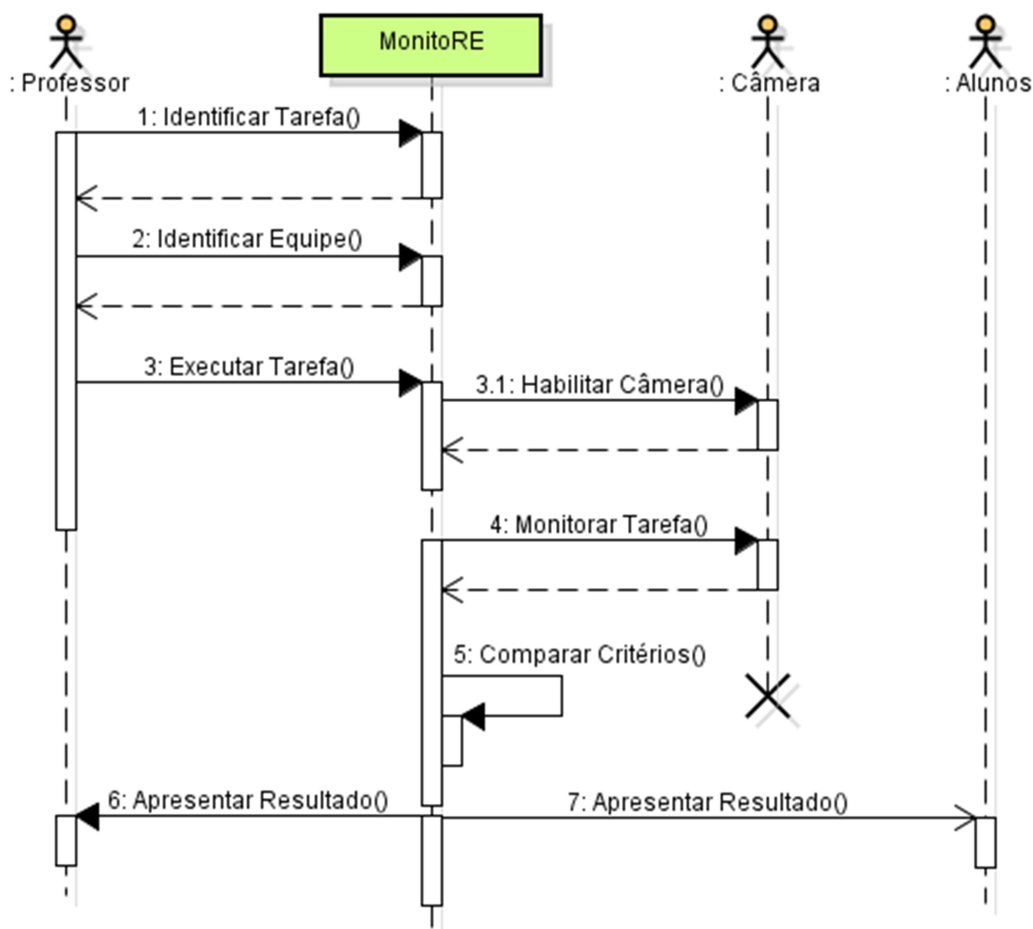


Figura 11 - Diagrama de Sequência - Selecionar Tarefa.

Neste diagrama é possível observar que o professor inicia o processo identificando a tarefa a ser realizada. Em seguida, o mesmo deve especificar a equipe que irá desenvolver a tarefa selecionada. O próximo passo consiste em executar a tarefa, nesse instante o sistema MonitoRE habilita a câmera digital conectada à máquina onde o sistema está operando. A partir daí, o sistema identifica os marcos artificiais existentes no cenário, inclusive do robô móvel, e começa a monitorar o ambiente de tarefa, comparando com os critérios estabelecidos para a atividade.

O monitoramento da atividade acontece em tempo real, onde todos os movimentos do robô móvel são analisados, criando um rastro da trajetória percorrida pelo robô. Por fim, o resultado apresentado ao professor e aos alunos é gerado com base nas condições de segmentação e correspondência de imagens, sendo possível verificar a ocorrência da sobreposição de formas e de cores no ambiente de tarefa.

4.3.3 Especificação do Sistema MonitoRE

O sistema desenvolvido, denominado MonitoRE, possui funcionalidades específicas, construído por meio de algoritmos polinomiais com o propósito de atender as peculiaridades do problema a ser solucionado. O objetivo do MonitoRE foi criar uma solução tecnológica, utilizando linguagem de programação Python em conjunto com a biblioteca OpenCV, para monitorar e analisar, em tempo real, as ações de um robô móvel em um dado ambiente de tarefa, apoiando professor e alunos nas atividades de Robótica Educacional.

Sendo assim, uma das propriedades mais relevantes do sistema consiste na implementação de técnicas de Visão Computacional, extraindo informações de imagens digitais a partir de uma câmera *webcam*. Segundo Costa et al. (2015), uma imagem é definida como uma função bidimensional $f(x,y)$, sendo x e y as coordenadas espaciais e a amplitude de f é chamada intensidade da imagem no local. Quando x , y e a amplitude são valores finitos e discretos, diz-se que a imagem é digital. Dessa forma, uma imagem digital pode ser considerada uma matriz, cujos índices de linhas e colunas identificam um ponto na imagem e o correspondente valor do elemento da matriz identifica o nível de cinza naquele ponto.

O sistema de visão do MonitoRE é composto de quatro fases: pré-processamento, segmentação, representação/descrição e reconhecimento/interpretação. A Figura 12 apresenta o processo de extração das características, demonstrando que as imagens obtidas pela câmera passam pelas quatro fases do sistema de visão e, em seguida, são comparadas com os critérios estabelecidos para o ambiente de tarefa, gerando o resultado para professor e alunos.

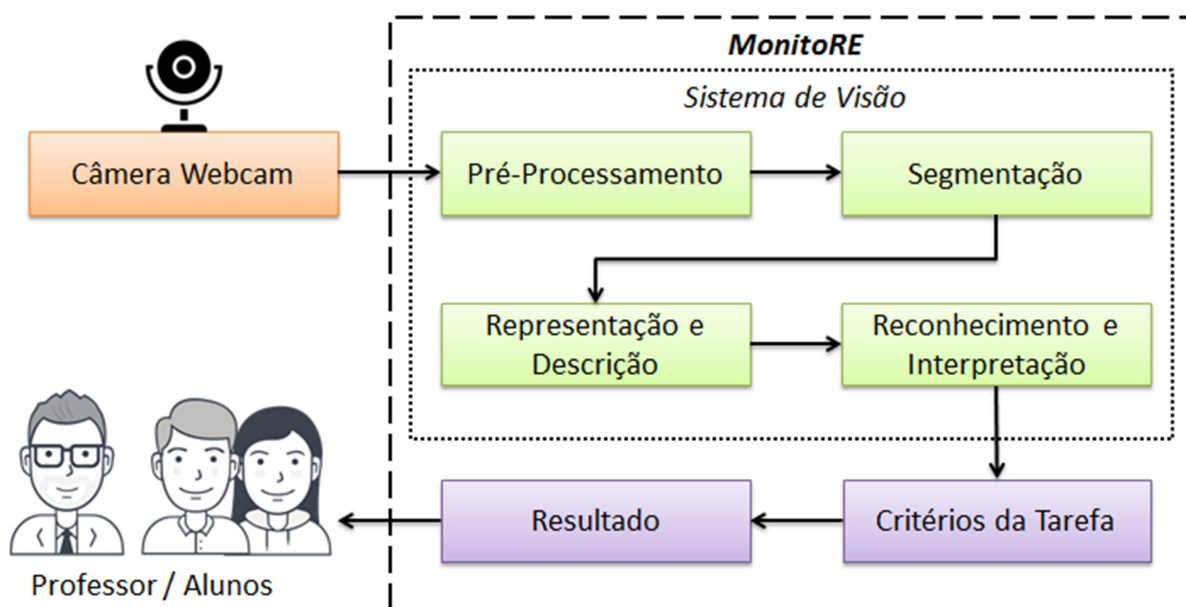


Figura 12 – Processo de Extração das Características do Sistema de Visão.

A fase do pré-processamento busca redimensionar os quadros (*frames*) de imagem para ter uma largura de 600 (seiscentos) pixels. Essa redução permite processar os quadros mais rapidamente, levando a um aumento na taxa de FPS (*frames* por segundo), sendo capaz de operar em uma taxa média de 30 (trinta) FPS. A câmera utilizada para o monitoramento dos ambientes de tarefas foi uma Webcam Aoni 12.0 Mega Pixels Photo Full HD 1080P, ilustrada conforme demonstra a Figura 13.



Figura 13 - Câmera WebCam Utilizada nos Experimentos.

A fase de segmentação de imagens foi realizada por um sistema de classificação de cores. Visando reduzir o ruído de alta frequência e focar nos marcos artificiais dentro dos *frames*, optou-se por converter o quadro para o espaço de cor HSV (*Hue, Saturation e Value* – Matiz, Saturação e Valor). De acordo Silva et al. (2004), o modelo de cores HSV baseia-se na percepção humana das cores e não nos valores computados do modelo RGB (do inglês *Red, Green e Blue*), onde as cores são combinadas com base nos valores das três cores primárias.

Segundo Araújo, Mendonça e Freire (2008), com base em um estudo comparativo entre diversos sistemas de cores constatou-se que o modelo HSV é mais adequado para segmentação baseada em cores. No entanto, são necessárias transformações não lineares para obtê-lo, o que pode demandar tempo de processamento, porém, com a biblioteca OpenCV, é possível efetuar a conversão RGB/HSV de forma rápida.

Destá forma, a técnica de binarização foi adotada como método para rastreamento de cores, criando limiares para cada uma das cores referentes aos marcos artificiais existentes nos ambientes de tarefas. De acordo com Costa et al. (2015), binarizar uma imagem é o ato de transformá-la em níveis de cinza e posteriormente converte-la para uma imagem binária, utilizando o valor de intensidade limiar para cada cor de interesse.

Após estabelecer os limiares, definindo um limite superior (valor máximo) e um limite inferior (valor mínimo) para cada cor existente no ambiente de tarefa, a função `cv2.COLOR_BGR2HSV` converte a imagem principal (em padrão BGR) para o padrão HSV, permitindo segmentar uma variedade de cores. A Figura 14 apresenta o resultado do processo de segmentação para os três ambientes de tarefas propostos, sendo a coluna A referente ao Nível 1, a coluna B referente ao Nível 2 e a coluna C referente ao Nível 3.



Figura 14 - Segmentação de Cor nos Três Ambientes de Tarefas.

O objetivo da segmentação é isolar as cores de cada marco artificial, onde a imagem segmentada resultante é composta por apenas duas cores: cor branca (identifica os marcos artificiais, que são as cores de interesse) e cor preta (apresenta as demais cores, que são irrelevantes para o sistema).

A próxima fase consiste em determinar um modelo para representar e descrever os dados obtidos na segmentação. Segundo Gonzalez e Woods (2000), os dados obtidos na fase de segmentação podem ser representados de duas formas: por fronteiras, utilizando as características do formato externo da área segmentada, ou por região, onde o interesse se concentra na área interna das formas capturadas.

Nesta etapa são adotadas as duas técnicas para representação de formas, onde a primeira delas estabelece máscaras para cada uma das cores identificadas. Essas máscaras recebem como parâmetro os limites superior e inferior de cada cor HSV, além de uma série de

erosões e dilatações visando remover os ruídos. Em seguida, a função *cv2.findContours* encontra os contornos das máscaras estabelecidas para cada cor segmentada.

O próximo passo consiste em estabelecer o formato do contorno que cobrirá completamente a área segmentada, podendo ser em forma retangular (*cv2.minAreaRect*) com possibilidade de rotação ou em forma circular (*cv2.minEnclosingCircle*) encontrando a circunferência do segmento. Ambas as formas dependem do formato do marco artificial que foi segmentado.

A segunda técnica busca calcular a área interna da forma, visando encontrar o centro da máscara aplicada. A função *cv2.moments* calcula área do objeto segmentado, extraindo dados úteis em busca de características como o centro de massa do objeto, denominado de centroide, os quais são invariantes a translação. A Figura 15 apresenta a aplicação das máscaras sobre as cores identificadas para cada marco artificial existente no Ambiente de Tarefa de Nível 2.

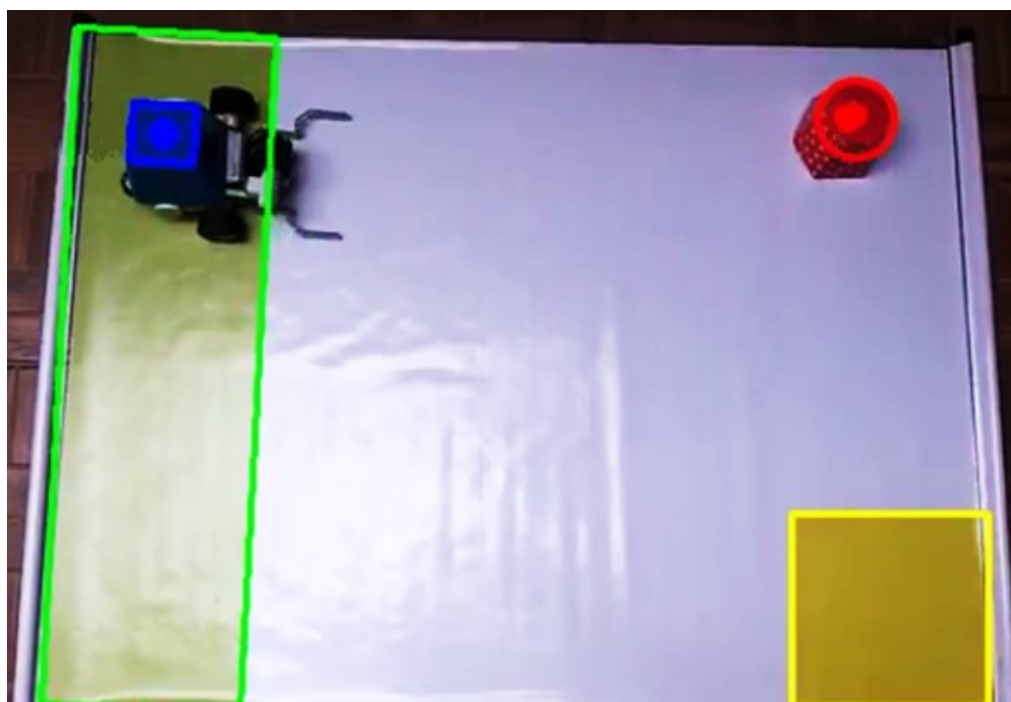


Figura 15 - Aplicação de Máscaras sobre as Cores do Ambiente de Tarefa de Nível 02.

A máscara quadrada, em azul, sobre o robô móvel e máscara circular, em vermelho, sobre o objeto/vítima possuem seus movimentos rastreados por meio do ponto central da respectiva cor. Já a máscara retangular, em verde, sobre o local de partida/chegada e a máscara quadrada, em amarelo, sobre o local de resgate são analisadas por meio do tamanho de sua área total.

A última fase é a de reconhecimento e interpretação, a qual é executada em conjunto com os critérios estabelecidos para os ambientes de tarefas. O objetivo é fazer com que o sistema interprete os dados obtidos nas etapas anteriores de forma correta, utilizando esses parâmetros para mensurar o desempenho do robô móvel na realização das atividades.

Neste sentido, foram criadas condições para analisar e comparar a sobreposição de máscaras, as quais representam as regiões de interesse. A verificação é realizada iterativamente para cada uma das máscaras, aplicando a função *cv2.countNonZero*, que segundo Araújo, Mendonça e Freire (2008), permite contar a quantidade de pixels existentes em cada cor, as quais fazem referência às regiões de interesse.

A partir disso, é possível verificar se a quantidade de pixels de uma máscara sofreu variação devido à sobreposição de outra máscara, essa verificação é utilizada pelo sistema para reconhecer a satisfação das ações do robô móvel sobre o ambiente de tarefa. A Figura 16 apresenta um exemplo de reconhecimento de ações no Ambiente de Tarefa de Nível 2.

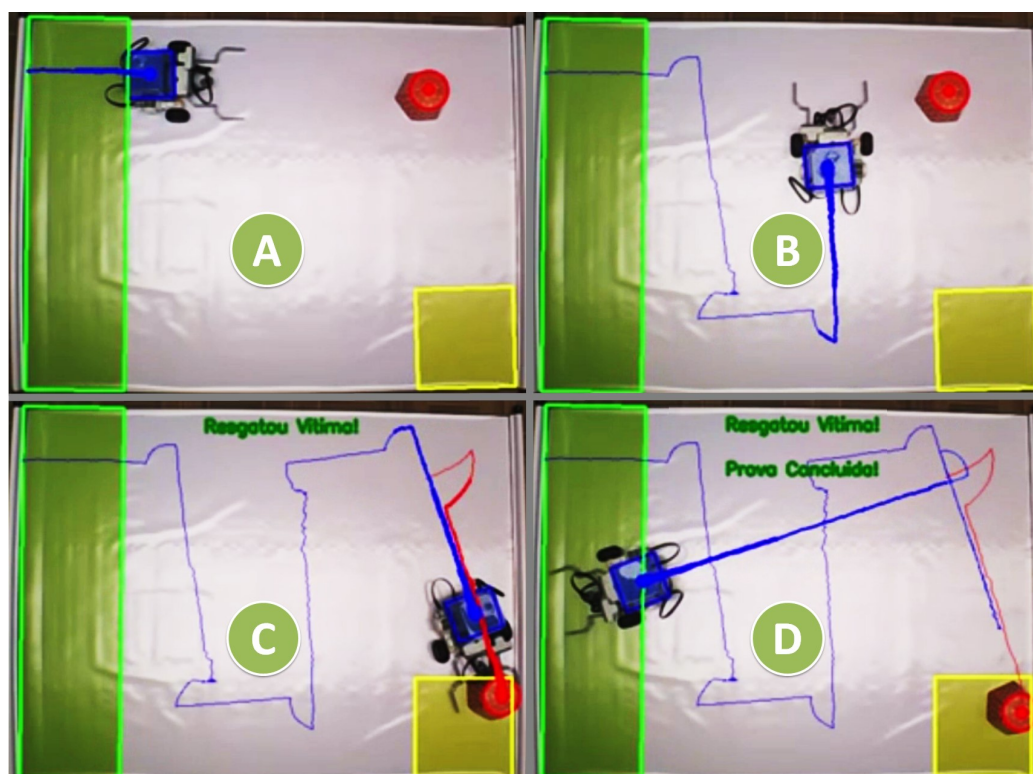


Figura 16 – Exemplo de Reconhecimento de Ações no Ambiente de Tarefa de Nível 2.

No quadro A e B, o sistema monitora o ambiente de tarefa rastreando a trajetória do robô móvel. No quadro C, o sistema reconhece o resgate da vítima (máscara circular vermelha) quando a mesma atinge a área indicada (máscara quadrada amarela). No quadro D, o sistema reconhece a sobreposição do robô móvel (máscara quadrada azul) sobre a área de partida e chegada (máscara retangular verde), informando que a prova foi concluída.

Buscando exemplificar a implementação das funções supracitadas, a Figura 17 apresenta o pseudocódigo com as principais funcionalidades do sistema de visão implementado na solução tecnológica do MonitoRE.

Pseudocódigo: Sistema de Visão - MonitoRE

```

1 Importar
2   | numpy, argparse, imutils e cv2
3 Entrada
4   | argumentos sobre vídeo e buffer
5   | limiar de cores (max, min)
6 Enquanto tempo < 5m Faça
7   | (grabbed, frame) = camera.read()
8   | frame = imutils.resize(frame, width=600)
9   | hsv = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)
10  | tamanho = limiar (hsv, max, min) / erosão / dilatação
11  | contorno = cv2.findContours (tamanho)
12  | Se contorno > 0 Então
13  |   | mascara = max(contorno, key=cv2.contourArea)
14  |   | formato = cv2.minAreaRect(mascara)
15  |   | molde = cv2.boxPoints(formato)
16  |   | dados = cv2.moments(mascara)
17  |   | centro = (int(dados["m10"]/dados["m00"]), int(dados["m01"]/dados["m00"]))
18  |   | cv2.drawContours(frame, [molde], 0, (0, 0, 255), 2)
19  |   | filapontos.appendleft(centro)
20  | Para i in xrange(1, len(filapontos)):
21  |   | Se (filapontos[i - 1] == 0) ou (filapontos[i] == 0) Então
22  |   |   | continue
23  |   |   | thickness = int(np.sqrt(args["buffer"]))
24  |   |   | cv2.line(frame, filapontos[i - 1], filapontos[i], (0, 0, 255), thickness)
25  |   | teste = cv2.countNonZero (tamanho)
26  |   | Se teste < 7000 Então
27  |   |   | checkpoint = "Marca Atingida!"
28  |   |   | pontuacao = 50
29  |   |   | cv2.putText(frame, checkpoint, (230, 50), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,
30  |   |   |   | 0.65, (0, 100, 0), 3)
31  |   |   |
32  |   | tempo++

```

Figura 17 - Pseudocódigo do Sistema de Visão do MonitoRE

Primeiramente, o sistema importa as bibliotecas necessárias para trabalhar com processamento de imagem, em seguida os parâmetros de entrada são os argumentos de vídeo, tamanho de *buffer* e os limiares de cor (limite superior e inferior). Depois, enquanto o tempo de execução for menor que 5 (cinco) minutos, o laço de repetição redimensiona os frames da câmera, converte o padrão RGB para HSV, constrói as máscaras para cada cor, determina o contorno das respectivas máscaras, verifica o tamanho da área a ser contornada, estabelece o formato retangular (mas também pode ser circular), obtém dados do tamanho da área,

estabelece o centro da área e desenha o contorno. Em seguida, para cada fila de pontos existentes, estabelece a espessura (*buffer*) para construção do rastro a ser deixado pela movimentação do centro da máscara especificada, estabelecendo uma cor desejada. Por fim, verifica-se a quantidade de pixels existentes nas máscaras do ambiente de tarefa e cria uma condição para comparar se a máscara está sofrendo modificações em função de sobreposição, notificando o sistema e atribuindo os pontos estabelecidos para a respectiva máscara.

A Figura 18 apresenta o fluxograma sobre o funcionamento do pseudocódigo do sistema de visão do MonitoRE.

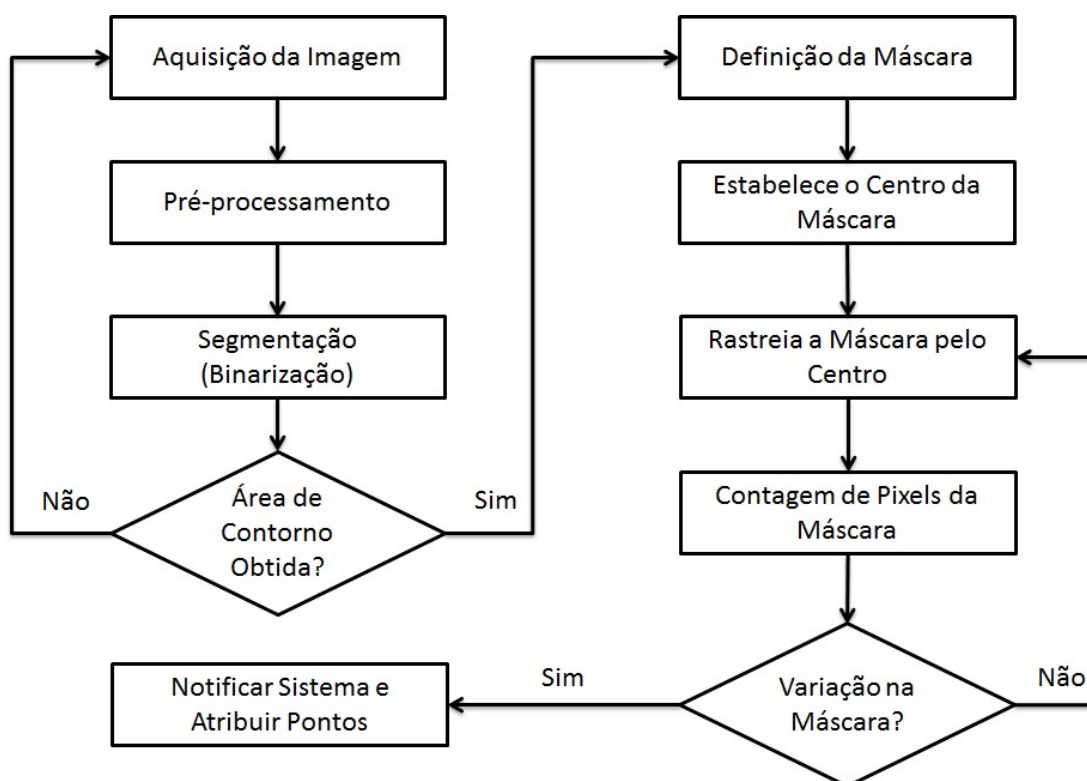


Figura 18 – Fluxograma do Pseudocódigo do Sistema de Visão do MonitoRE.

No fluxograma é possível perceber que a ação é iniciada com a aquisição da imagem fornecida pela câmera digital (agente externo). Em seguida o sistema realiza o pré-processamento da imagem e a segmentação da mesma buscando verificar se foi obtida alguma área de contorno, repetindo o processo em caso negativo ou, em caso positivo, o sistema define o formato da máscara, estabelecendo o centro da mesma para rastrear a movimentação do robô móvel e do objeto a ser resgatado quando este existir. Em seguida o sistema realiza a contagem de pixels para cada máscara, buscando verificar se houve variação sobre as mesmas. Em caso negativo, o sistema continua a rastrear a respectiva máscara, em caso positivo o sistema notifica a ocorrência de sobreposição e atribui os pontos na atividade.

4.4 INTERFACE GRÁFICA E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

Nesta seção são apresentadas as interfaces gráficas do sistema MonitoRE, demonstrando como ocorre o fluxo de acesso entre as páginas do sistema. O sistema pode ser acessado pelo Administrador e pelo Professor (Subseção 4.4.1). O Administrador tem a função de gerenciar o sistema, realizando inclusive o Cadastro de Professores (Subseção 4.4.2). O Professor tem a função de realizar o Cadastro de Equipes (Subseção 4.4.3), acompanhar Relatórios (Subseção 4.4.4) e gerenciar as atividades de monitoramento robótico (Subseção 4.4.5).

4.4.1 Página de Acesso ao Sistema MonitoRE

A forma de acesso ao sistema ocorre por meio da inserção dos números do CPF (Cadastro de Pessoa Física) e dos caracteres alfanuméricos da Senha do Administrador ou do Professor. A Figura 19 apresenta a página de acesso ao sistema MonitoRE.

Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional

MonitoRE

CPF
999.999.999-99
Ok!

Senha
.....
Ok!

ACESSAR

© 2016 MonitoRE - Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional
GSI - Grupo de Sistemas Inteligentes
UFAM - Universidade Federal do Amazonas

Figura 19 - Página de Acesso ao Sistema MonitoRE.

Em seguida, o sistema verifica no banco de dados a autenticidade das informações, identificando o tipo de perfil do usuário para estabelecer as permissões de acesso à página inicial do sistema. A Figura 20 apresenta a página inicial do sistema MonitoRE, cuja mesma contempla os aspectos gerais sobre o sistema.

MonitoRE

Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional

Marcel Rios
Sair


INÍCIO NÍVEL 1 NÍVEL 2 NÍVEL 3

MonitoRE


O Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional - MonitoRE foi desenvolvido com o objetivo de apoiar as atividades envolvendo robótica móvel em Instituições de Ensino, contribuindo para aprimorar a experiência de professores e alunos em meio aos ambientes de tarefas da Robótica Educacional. Dessa forma, os ambientes de tarefas foram classificados em três níveis de dificuldade.

- Nível 1 - apresenta o desafio dos marcadores, onde o robô móvel deve alcançar marcas coloridas no cenário;
- Nível 2 - apresenta o desafio de resgate, onde o robô móvel deve resgatar uma vítima e colocá-la em um lugar seguro;
- Nível 3 - apresenta o desafio da viagem ao centro da terra, onde o robô móvel devem "viajar" até encontrar um objeto valioso e trazê-lo de volta a "superfície".


Sendo assim, junte seus alunos e proponha os desafios! Os alunos deverão trabalhar em equipes (até 4 integrantes) para projetar e construir seus próprios robôs, além de planejar e executar uma estratégia para que o robô cumpra com os desafios de forma autônoma. Então, mãos a obra!



Cadastrar Professor



Cadastrar Equipes



Relatórios

© 2016 MonitoRE - Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional
GSI - Grupo de Sistemas Inteligentes
UFAM - Universidade Federal do Amazonas

Figura 20 - Página Inicial do Sistema MonitoRE.

Na parte superior direita da página inicial é apresentada a identificação de quem está acessando o sistema, juntamente com o botão de Sair. Abaixo do cabeçalho, a página disponibiliza um *menu* horizontal com a marcação no início e os três níveis de desafios robóticos (Nível 1, Nível 2 e Nível 3).

No corpo da página são apresentadas informações sobre os objetivos do sistema, explicando brevemente sobre cada um dos três níveis de ambientes de tarefas, incentivando o professor a reunir os alunos em equipes para solucionar os desafios propostos. Por fim, são apresentados os botões de Cadastrar Professor, Cadastrar Equipes e Relatórios. Sendo que o primeiro botão não fica disponível para o perfil Professor, apenas para o Administrador.

4.4.2 Página de Cadastro de Professores

O Administrador, após clicar no botão “Cadastrar Professor” na página inicial, terá acesso à página demonstrada conforme a Figura 21, permitindo realizar o cadastro de professores ou árbitros (juízes de competições de robótica educacional).

The screenshot shows the 'MonitoRE' interface. At the top, there is a dark red header with the text 'MonitoRE' and 'Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional'. On the right side of the header, there is a user profile icon for 'Marcel Rios' and a 'Sair' (Logout) button. The main content area is a white form titled 'Cadastro de Professor / Árbitro'. The form contains several fields, each with a green 'Ok!' status indicator above it:

- CPF:** 999.999.999-99
- Nome Completo:** Marcel Rios
- Formação Acadêmica:** Sistemas de Informação
- Telefone:** 99999-9999
- E-mail:** marcel.rios@email.com.br

At the bottom of the form, there are two buttons: 'SALVAR' (Save) and 'VOLTAR' (Back). The footer of the page contains copyright information: '© 2016 MonitoRE - Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional', 'GSI - Grupo de Sistemas Inteligentes', and 'UFAM - Universidade Federal do Amazonas'.

Figura 21 – Página de Cadastro de Professores.

Esta página exige que Administrador insira as seguintes informações sobre o professor: CPF (Cadastro de Pessoa Física), Nome Completo, Formação Acadêmica, Telefone para contato e E-mail pessoal. Essas informações são necessárias para que o sistema possa confirmar a autenticidade do cadastro, enviando uma mensagem de confirmação para o e-mail do professor que está sendo cadastrado no sistema MonitoRE.

Após realizar o cadastro de professor, este será o responsável por mobilizar os alunos com a finalidade de formarem equipes, tendo em vista a necessidade de construir uma plataforma robótica adotando uma estratégia de navegação autônoma para cumprir com os desafios robóticos.

4.4.3 Página de Cadastro de Equipes

O professor, após clicar no botão “Cadastrar Equipes” na página inicial, terá acesso ao formulário para inserir as informações pertinentes a cada equipe, as quais são compostas por até 4 (quatro) alunos. A Figura 22 apresenta a página para cadastro de equipe.

A imagem mostra a interface de usuário para o cadastro de uma equipe no sistema MonitoRE. O cabeçalho do sistema contém o nome 'MonitoRE' e o nome de usuário 'Marcel Rios' com um ícone de perfil e um botão 'Sair'. O título principal da página é 'Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional'. O formulário 'Cadastro de Equipe' possui os seguintes campos:

- Nome da Equipe:** Rondobot
- Nome da Escola:** Instituto Federal de Rondônia
- Tipo de Desafio:** Nível 1 - Marcadores
- Insira o Nome dos Alunos:** Heloisa, José, Adamastor, Roberta (insira 4 alunos).

Abaixo do formulário, há um botão 'ADICIONAR' e, na base, dois botões 'SALVAR' e 'VOLTAR'. O rodapé da página indica: © 2016 MonitoRE - Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional, GSI - Grupo de Sistemas Inteligentes, UFAM - Universidade Federal do Amazonas.

Figura 22 - Página de Cadastro de Equipes.

Nesta página o professor deve inserir todas as informações sobre as equipes que pretendem participar dos desafios robóticos, como: Nome da Equipe, Nome da Escola, Tipo de Desafio (Nível) e o nome dos alunos integrantes da respectiva equipe.

Caso o professor pretenda inserir outras equipes, poderá fazê-las clicando no botão adicionar, onde o sistema mostrará, logo abaixo do primeiro formulário de cadastro, um novo formulário em branco para inserção das informações de uma nova equipe.

Após digitar as informações pertinentes ao cadastro de cada equipe, o professor poderá confirmar a inserção dos dados clicando no botão “Salvar”, onde o sistema mostrará a mensagem sobre a operação realizada com sucesso. Caso contrário, o professor poderá retornar para a página inicial clicando no botão “Voltar”.

4.4.4 Página de Relatórios

O professor, após clicar no botão “Relatórios” na página inicial, terá acesso à página demonstrada conforme a Figura 23, obtendo informações sobre o desempenho das equipes que já foram monitoradas pelo sistema.

MonitoRE
Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional

Marcel Rios
Sair

Relatório

Data	Professor	Nível Tarefa	Nome da Equipe	Tempo	Realização	Pontuação
15/11/2016	Marcel Rios	01	Rondobot	2m36s	Parcial	50 pts
15/11/2016	Marcel Rios	01	Rondobot	4m15s	Parcial	25 pts
15/11/2016	Marcel Rios	01	Rondobot	1m47s	Parcial	50 pts
15/11/2016	Marcel Rios	02	Soldado Ryan	3m26s	Insuficiente	0 pts
15/11/2016	Marcel Rios	02	Soldado Ryan	2m53s	Parcial	50 pts
15/11/2016	Marcel Rios	02	Soldado Ryan	3m56s	Insuficiente	0 pts
15/11/2016	Marcel Rios	03	Buraco de Minhoca	5m	Insuficiente	0 pts
15/11/2016	Marcel Rios	03	Buraco de Minhoca	3m32s	Insuficiente	0 pts
15/11/2016	Marcel Rios	03	Buraco de Minhoca	4m28s	Insuficiente	0 pts
22/11/2016	Marcel Rios	01	Rondobot	3m15s	Parcial	25 pts

VOLTAR

© 2016 MonitoRE - Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional
GSI - Grupo de Sistemas Inteligentes
UFAM - Universidade Federal do Amazonas

Figura 23 - Página de Relatórios.

Nesta página o professor tem acesso ao relatório sobre o monitoramento robótico de todas as equipes, com as seguintes informações: data de realização da atividade, nome do professor que conduziu a tarefa, nível da tarefa monitorada, nome da equipe avaliada, tempo total gasto pelo robô móvel durante a tarefa, *status* sobre realização da tarefa, pontuação obtida na tarefa e botão para visualização do vídeo com o monitoramento da tarefa.

O maior benefício desta página de relatórios é a possibilidade do professor poder acompanhar a evolução das equipes, observando a variação das notas obtidas e ainda rever os vídeos avaliados pelo sistema MonitoRE.

4.4.5 Página de Monitoramento Robótico

Na página inicial do sistema MonitoRE é disponibilizado, por meio do *menu* horizontal, os três níveis de ambientes de tarefas, que proporcionam ao professor a escolha do desafio que pretende avaliar. A Figura 24 apresenta a página de monitoramento robótico para avaliação do Ambiente de Tarefa de Nível 1.

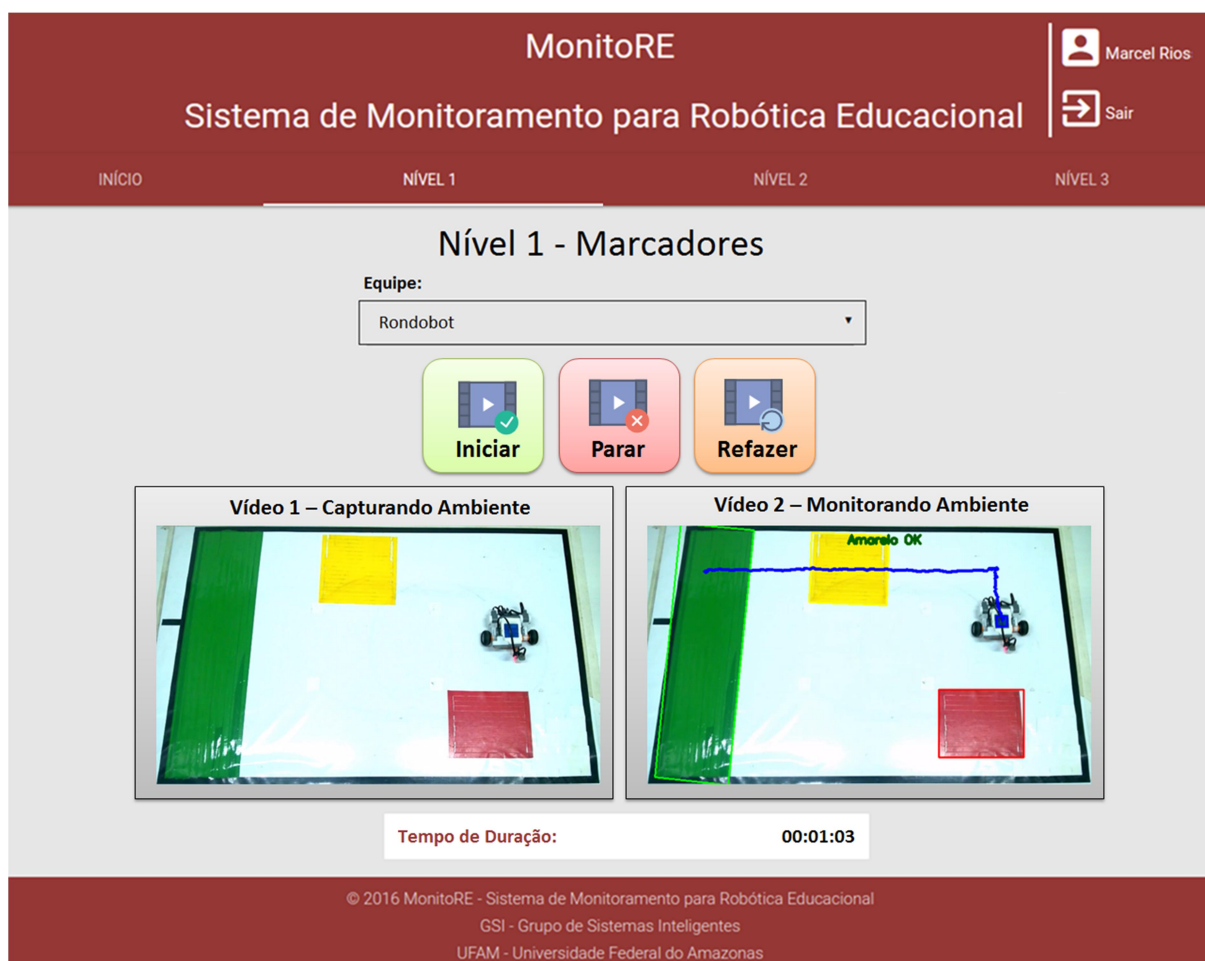


Figura 24 - Página de Monitoramento Robótico em Avaliação.

Esta página é idêntica para todos os ambientes de tarefas previstos no MonitoRE, a principal diferença consiste na lista de equipes para cada nível e nos critérios de avaliação. A página, durante seu carregamento, verifica a conexão com a câmera via USB, caso não encontre uma mensagem de erro é apresentada.

Para realizar as ações desta página, o professor deve preparar o ambiente de tarefa com a câmera posicionada e enquadrada sobre o mesmo. Em seguida, o professor deve escolher a equipe que irá competir naquele instante, selecionando o nome da mesma na página do sistema. Quando a equipe sinalizar para o início da tarefa, o professor deve clicar no botão “Iniciar” para que o sistema comece a realizar o processo de captura de imagens e

contagem do tempo, onde serão mostrados dois vídeos: o primeiro apresenta as imagens obtidas sem o processamento de imagens; e o segundo apresenta as imagens com o rastreamento proveniente das técnicas de Visão Computacional adotadas, monitorando o ambiente de tarefas e notificando, no próprio vídeo, o andamento da atividade.

A qualquer momento o professor pode clicar no botão “Parar” com finalidade de encerrar a execução do monitoramento robótico. Esta opção faz com que o sistema cancele a avaliação do monitoramento robótico, não havendo possibilidade de continuar com a avaliação. O botão “Refazer” permite que o sistema reinicie a página do respectivo ambiente de tarefa, limpando as informações carregadas anteriormente.

A Figura 25 apresenta o momento em que o sistema finaliza a avaliação e execução do monitoramento robótico no Ambiente de Tarefa de Nível 1.

MonitoRE

Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional

Marcel Rios
Sair

INÍCIO NÍVEL 1 NÍVEL 2 NÍVEL 3

Nível 1 - Marcadores

Equipe:
Rondobot

Iniciar Parar Refazer

Vídeo 1 – Capturando Ambiente

Vídeo 2 – Monitorando Ambiente

Tempo de Duração:	00:03:19	Salvar
Atividade Realizada:	Totalmente	
Pontuação Obtida:	100 pts	

© 2016 MonitoRE - Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional
 GSI - Grupo de Sistemas Inteligentes
 UFAM - Universidade Federal do Amazonas

Figura 25 - Página de Monitoramento Robótico ao Término da Avaliação.

O término da avaliação pelo sistema MonitoRE acontece sempre de forma automática e em três casos possíveis: o primeiro e melhor caso ocorre quando o robô móvel realiza totalmente a atividade dentro do tempo de 5 (cinco) minutos; o segundo ocorre quando o robô móvel, por algum motivo, sai do ambiente de tarefa e, conseqüentemente, do campo de visão do sistema; e o terceiro ocorre quando o robô realiza suas ações de forma demorada e atinge o tempo máximo de 5 (cinco) minutos. Em todos os casos, o sistema mostra o último instante do vídeo e apresenta na página o tempo de duração, o status de realização da atividade e a pontuação obtida até o momento em que ocorreu o término da avaliação.

Em seguida, o professor pode clicar no botão “Salvar” permitindo ao sistema que realize a gravação do segundo vídeo (com o rastreamento robótico) no banco de dados, o qual ficará disponível na página de relatórios. Desta maneira, caso o professor queria realizar outra avaliação, basta clicar no botão “Refazer” (se for sobre a mesma tarefa) ou então clicar nas opções do *menu* horizontal.

Terminadas as avaliações, o professor poderá clicar no botão “Sair”, no canto superior direito da página do sistema MonitoRE, para encerrar sua sessão de trabalho e ser reconduzido para a página de acesso (*login*) ao sistema.

4.5 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Nesta seção são apresentadas as tecnologias que foram utilizadas para o desenvolvimento tecnológico desta dissertação. Neste contexto, será realizada uma breve explanação, na mesma ordem em que aconteceram as etapas de desenvolvimento de software, primeiramente sobre a ferramenta de modelagem Astah Community (Subseção 4.5.1), em seguida sobre a linguagem de programação Python (Subseção 4.5.2), depois sobre a biblioteca de Visão Computacional OpenCV (Subseção 4.5.3) e, por fim, sobre o sistema gerenciador de banco de dados relacionais PostgreSQL (Subseção 4.5.4).

4.5.1 Ferramenta de Modelagem - Astah Community

Ao desenvolver este projeto, a primeira etapa a ser consolidada foi a de análise e projeto de Engenharia de Software, fazendo uso da Linguagem de Modelagem Unificada – UML por meio da ferramenta Astah Community.

A UML é acrônimo de *Unified Modeling Language*, é uma linguagem visual utilizada para modelar sistemas computacionais, tornando-se a linguagem padrão de modelagem de software adotada internacionalmente pela indústria de Engenharia de Software (GUEDES, 2004).

De acordo com Lima (2005), UML é a linguagem para especificação, construção, visualização e documentação de artefatos de um sistema de software, sendo uma linguagem gráfica para análise, especificação e construção de sistemas para representar projetos orientados a objetos utilizando uma notação padrão, comum a todos os ambientes e empresas.

Visando criar alguns dos diagramas estabelecidos pela UML, foi adotada a ferramenta CASE (do inglês: *Computer-Aided Software Engineering*) Astah Community, que possibilita construir projetos de software completos.

Segundo Seabra (2015), o Astah é uma ferramenta que permite criar diagramas voltados para a modelagem de sistemas utilizando a UML, sendo fácil para um iniciante, mas robusto o suficiente para projetar sistemas complexos.

De acordo com Lima (2016), o Astah é um software para modelagem UML que possui uma interface amigável dividida em várias seções, cada uma com sua respectiva finalidade. A versão *Community* é gratuita e disponibiliza nove tipos de diagramas para modelagem, permitindo exportar diagramas completos nos formatos JPEG e PNG.

Neste contexto, os Diagramas de Caso de Uso do Sistema e os Diagramas de Sequência do Sistema foram construídos nesta ferramenta.

4.5.2 Linguagem de Programação - Python

A próxima etapa consistiu em implementar a solução tecnológica, durante a fase de estudo sobre as ferramentas tecnológicas que poderiam dar suporte ao processamento de imagens digitais, foi cogitada a possibilidade de utilizar a plataforma Matlab, uma ferramenta bastante completa nesta área, porém trata-se de um software proprietário, onde exige-se o pagamento de licença para uso. Sendo assim, buscou-se uma tecnologia gratuita e que pudesse suportar as técnicas de visão computacional.

Dentre diversas linguagens de programação com potencial para realizar processamento de imagens, como por exemplo: C, C++, Python e Java, buscou-se por aquela que permitisse maior produtividade, encontrando viabilidade na linguagem de programação Python com OpenCV.

Segundo Borges (2014), Python é uma linguagem de altíssimo nível (em inglês, *Very High Level Language*) orientada a objeto, de tipagem dinâmica e forte, interpretada e interativa. Além disso, Python possui uma sintaxe clara e concisa, que favorece a legibilidade do código fonte, tornando a linguagem mais produtiva.

De acordo com Menezes (2014), a linguagem de programação Python é muito interessante como primeira linguagem de programação devido à sua simplicidade e clareza.

Embora simples, é também uma linguagem poderosa, podendo ser usada para administrar sistemas e desenvolver grandes projetos. Além disso, Python é software livre, ou seja, pode ser utilizada gratuitamente e vem crescendo em várias áreas da computação, como inteligência artificial, banco de dados, biotecnologia, animação 3D, aplicativos móveis (celulares), jogos e mesmo como plataforma web.

Desta forma, a escolha desta linguagem permitiu desenvolver um projeto desafiador, envolvendo o estudo e interpretação dos ambientes de tarefas, no contexto da Robótica Educacional, associados às técnicas de Processamento de Imagem utilizando Visão Computacional. No entanto, somente a utilização da linguagem Python não seria suficiente para suportar a implementação destas técnicas, sendo assim, foi adotada a biblioteca aberta de Visão Computacional - OpenCV.

4.5.3 Biblioteca de Visão Computacional - OpenCV

OpenCV (*Open Source Computer Vision*) é uma biblioteca de programação, de código aberto, desenvolvida inicialmente pela *Intel Corporation* que implementa uma variedade de ferramentas de interpretação de imagens, indo desde operações simples como um filtro de ruído, até operações complexas, tais como a análise de movimentos, reconhecimento de padrões e reconstrução em 3D (MARENGONI; STRINGHINI, 2009).

Segundo Kaehler e Bradski (2017), a biblioteca OpenCV foi projetada para proporcionar eficiência computacional e com um foco forte em aplicações em tempo real. Um dos objetivos do OpenCV é fornecer uma infraestrutura de visão computacional simples de usar, ajudando as pessoas a construir aplicativos de visão bastante sofisticados rapidamente.

Neste contexto, a biblioteca OpenCV foi utilizada em conjunto com a linguagem de programação Python, oferecendo uma variedade de funções que contribuíram para o avanço do desenvolvimento tecnológico do sistema MonitoRE.

4.5.4 Sistema Gerenciador de Banco de Dados - PostgreSQL

Após o desenvolvimento do sistema de monitoramento com Python e OpenCV, a última ferramenta tecnológica utilizada foi o PostgreSQL, um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD).

De acordo com Silberschatz, Korth e Sudarshan (1999), um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) é constituído por um conjunto de dados associados a um conjunto de programas para acesso a esses dados. O principal objetivo de um SGBD é proporcionar um

ambiente tanto conveniente quanto eficiente para a recuperação e armazenamento das informações do banco de dados.

Segundo Date (2003), um sistema de banco de dados é basicamente um sistema computadorizado de manutenção de registros. O banco de dados é um repositório ou recipiente para uma coleção de arquivos de dados computadorizados, cuja principal finalidade de um sistema de banco de dados é armazenar informações e permitir que os usuários busquem e atualizem essas informações quando as solicitar.

De acordo com Milani (2008), o PostgreSQL é um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) Relacional, utilizado para armazenar informações de soluções de informática em todas as áreas de negócios existentes, bem como administrar o acesso a estas informações. Além disso, o PostgreSQL não tem limite de tamanho para seus bancos de dados e possui drivers de conexão para várias plataformas e linguagens de programação, inclusive Python.

Desta forma, o PostgreSQL foi utilizado para armazenar os dados do sistema MonitoRE, contemplando os dados sobre professores, equipes, ambientes de tarefas e das atividades monitoradas. O SGBD gerencia o acesso aos dados, onde foi estabelecidos dois perfis de usuário: Administrador (*admin*) e Professor (*user*). Ao Administrador, por ser o usuário que gerencia o sistema MonitoRE, foi concedida a permissão para consultar, atualizar, inserir e excluir dados no SGBD. Ao Professor, por ser o usuário que atua diretamente com as atividades acadêmicas, foi concedida a permissão para consultar, atualizar e inserir dados no SGBD.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foram apresentadas as informações sobre o processo de construção do sistema MonitoRE, demonstrando a visão geral da proposta, onde foi estabelecido a arquitetura de um ambiente educacional interativo. Este ambiente deve permitir ao professor e alunos que utilizem recursos de Visão Computacional para monitorar as atividades de Robótica Pedagógica.

Neste sentido, foram estabelecidos três níveis de ambientes de tarefas, caracterizados de forma a avaliar o conhecimento dos alunos e ainda proporcionar um cenário completamente observável e determinístico, fazendo com que o sistema MonitoRE consiga avaliar a navegação do robô móvel nos ambientes estabelecidos.

A definição da modelagem do sistema permitiu compreender os requisitos de *software*, utilizando os diagramas de caso de uso e os diagramas de sequência para explicar as ações que serão realizadas no sistema por meio dos agentes externos. Em seguida, a

especificação do sistema contribuiu para detalhar o processo de implementação, explicando os principais comandos e métodos utilizados para a construção da solução tecnológica.

Finalizado a etapa de desenvolvimento, as interfaces gráficas do sistema deram ao usuário a possibilidade de interagir com um programa que analisa e gerencia as tarefas realizadas por robôs móveis, gerando relatórios sobre as atividades monitoradas nos três ambientes de tarefas propostos.

Contudo, a proposta deste trabalho foi viabilizar uma solução educacional que utilizasse ferramentas tecnológicas gratuitas, proporcionando aos alunos e professores a oportunidade de experimentar uma nova prática no processo de ensino-aprendizagem.

CAPÍTULO 5. TESTES E RESULTADOS DO SISTEMA

Este capítulo apresenta os resultados obtidos antes, durante e após a utilização do sistema MonitoRE, avaliando o impacto desta solução tecnológica no ambiente educacional robótico. Conforme a metodologia de pesquisa proposta (Seção 1.4), primeiramente foi elaborado e aplicado o Questionário de Pré-Teste (Seção 5.1) obtendo informações sobre as expectativas, oportunidades e demandas para o desenvolvimento acadêmico e tecnológico deste trabalho. Em seguida, após projetar e construir o sistema MonitoRE, o mesmo foi submetido a vários experimentos práticos (Seção 5.2) buscando avaliar a precisão do sistema de Visão Computacional implementado. Por fim, foi elaborado e aplicado o Questionário de Pós-Teste (Seção 5.3) obtendo informações sobre as experiências dos alunos e professores sobre a utilização de um ambiente robótico monitorado pelo sistema MonitoRE.

5.1 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO DE PRÉ-TESTE

Buscando identificar o perfil dos futuros usuários do sistema, bem como, levantar as necessidades e expectativas para o desenvolvimento da solução tecnológica, foi elaborado e aplicado o Questionário de Pré-Teste (Apêndice B) para os alunos e professores roboticistas do Curso Técnico de Informática e Eletrotécnica do Instituto Federal de Rondônia (IFRO).

Este questionário, de aplicabilidade geral, foi respondido por 16 (dezesesseis) alunos do 1º ao 4º ano do Ensino Médio e por 4 (quatro) professores, durante uma competição de robótica que ocorreu no mês de maio do ano de 2016, na cidade de Porto Velho/RO.

Primeiramente, buscamos caracterizar os entrevistados levantando informações sobre o gênero e sobre suas experiências acadêmicas. A Figura 26 apresenta os gráficos sobre a caracterização dos usuários, apontando a porcentagem quanto ao gênero e quanto ao tempo de experiência com robótica na escola.

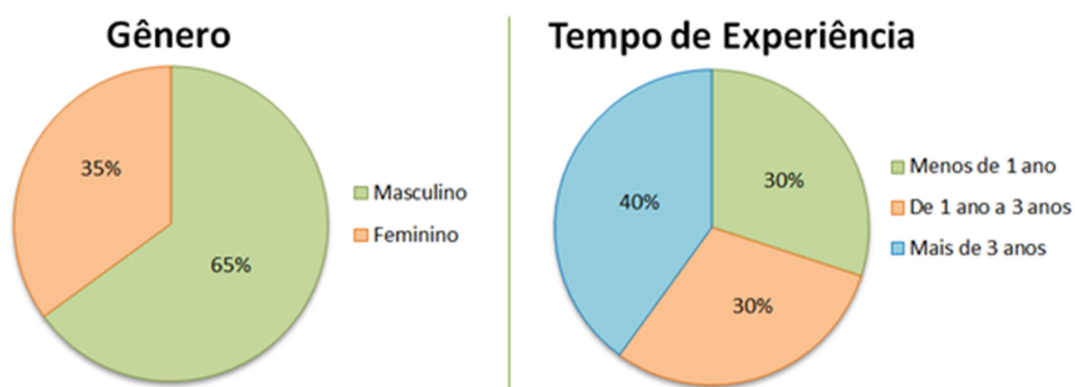


Figura 26 – Gráfico sobre a Caracterização dos Usuários.

O primeiro gráfico, sobre gênero, demonstrou que a maioria dos entrevistados são do sexo masculino (65% = 13 pessoas) e a minoria são do sexo feminino (35% = 7 pessoas). O segundo gráfico apontou que 40% dos entrevistados (8 pessoas) possuem experiência com robótica por mais de 3 (três) anos, 30% dos entrevistados (6 pessoas) possuem de 1 (um) a 3 (três) anos de experiência com robótica e 30% dos entrevistados (6 pessoas) possuem menos de 1 (um) ano de experiência com robótica.

Os entrevistados foram questionados sobre a possibilidade de ter vivenciado uma situação em que seu robô móvel foi avaliado de forma demorada ou duvidosa pelo juiz (árbitro da competição). Em seguida, os entrevistados responderam sobre os fatores que eles consideram decisivos para avaliar o nível de conhecimento dos alunos nos desafios de robótica educacional. A Figura 27 apresenta os gráficos com a resposta dos respectivos questionamentos.

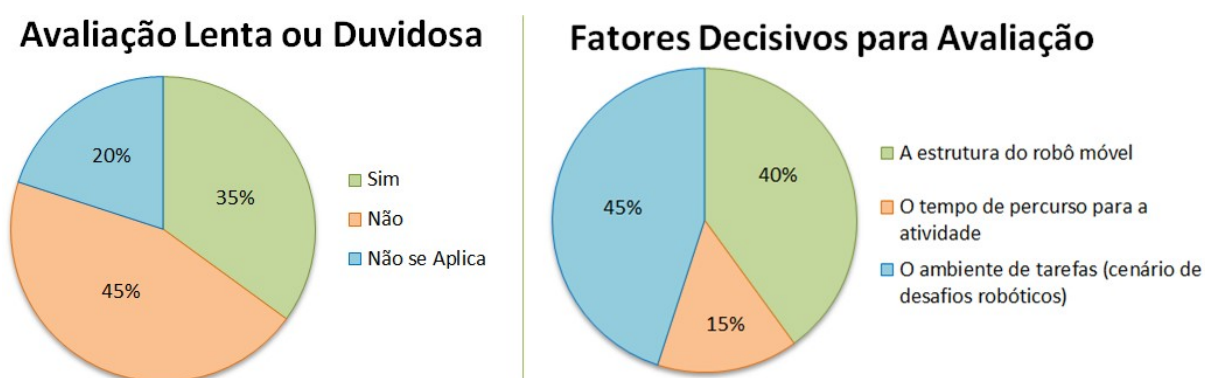


Figura 27 – Gráfico sobre os Fatores da Avaliação Robótica.

O primeiro gráfico, sobre o quesito avaliação lenta ou duvidosa, demonstrou que 45% dos entrevistados (9 pessoas) não passaram por essa situação, 35% dos entrevistados (7 pessoas) já tiveram seus robôs avaliados desta forma e 20% dos entrevistados (4 pessoas) não vivenciaram esta situação. O segundo gráfico, sobre os fatores decisivos para avaliar o nível do conhecimento dos alunos por meio de atividades de robótica, apontou que 45% dos entrevistados (9 pessoas) consideraram o ambiente de tarefa decisivo neste quesito, 40% dos entrevistados (8 pessoas) consideraram a estrutura do robô móvel decisivo neste quesito e 15% dos entrevistados (3 pessoas) consideraram o tempo de percurso para realização da atividade decisivo neste quesito.

Por fim, os entrevistados foram questionados sobre as expectativas com prática da robótica educacional, levantando hipóteses sobre a necessidade de utilizar mecanismos que pudessem apoiar o professor ou o árbitro (juiz) automatizando o processo de avaliação das tarefas de robótica educacional.

A Figura 28 apresenta os gráficos sobre a possibilidade de automação dos desafios de robótica educacional.

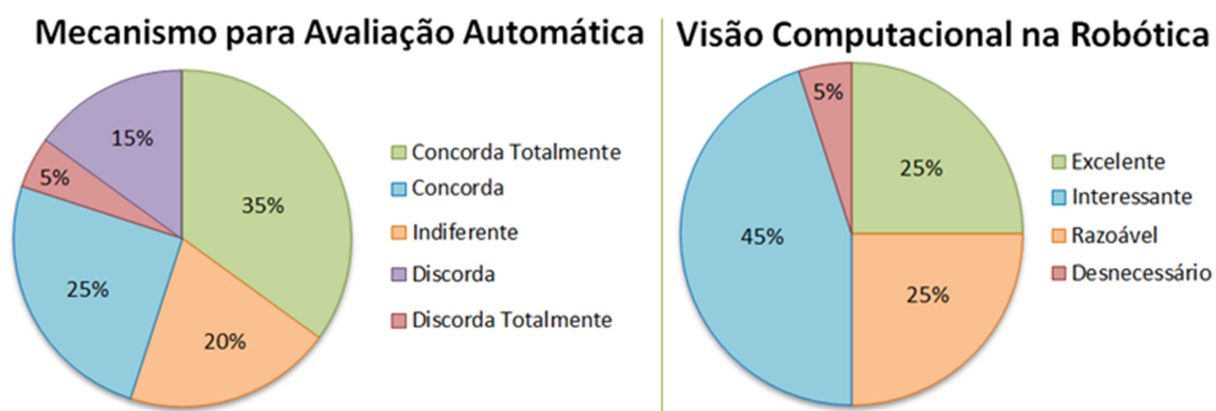


Figura 28 – Gráfico sobre a Necessidade de Automação na Robótica.

O primeiro gráfico, sobre a necessidade de criar mecanismos para automatizar as avaliações das tarefas com robótica, demonstrou que 35% dos entrevistados (7 pessoas) concordam totalmente com esta afirmação, 25% dos entrevistados (5 pessoas) concordam parcialmente com esta afirmação, 20% dos entrevistados (4 pessoas) são indiferentes a esta afirmação, 15% dos entrevistados (3 pessoas) discordam parcialmente desta afirmação e 5% dos entrevistados (1 pessoa) discorda totalmente desta afirmação.

No segundo gráfico, sobre o que os usuários achariam se em uma próxima competição de robótica existisse um sistema com visão computacional para avaliar o comportamento do robô móvel, foi demonstrado que 45% dos entrevistados (9 pessoas) consideraram interessante a proposta, 25% dos entrevistados (5 pessoas) acharam excelente a proposta, 25% dos entrevistados (5 pessoas) acharam razoável a proposta e 5% dos entrevistados (1 pessoa) achou desnecessário a proposta.

5.2 RESULTADOS EXPERIMENTAIS DO SISTEMA

As informações obtidas por meio do Questionário de Pré-Teste contribuíram para direcionar esta pesquisa, levando em consideração as opiniões de alunos e professores que já participaram de competições de robótica para o desenvolvimento de uma solução tecnológica aplicada ao contexto da Robótica Educacional.

Desta forma, após o desenvolvimento do sistema MonitoRE, foram realizados vários testes com a finalidade de avaliar a precisão do sistema de Visão Computacional implementado. A métrica utilizada para analisar o sistema de visão foi a da taxa de erro médio em relação à variação de *pixels* durante o rastreamento robótico com seu respectivo desvio

padrão, levando em consideração os ambientes de tarefas propostos sobre duas condições: iluminação invariante e iluminação variante.

Os experimentos foram realizados com uma câmera webcam, conforme descrito na Seção 4.3.3 deste documento, utilizando um Notebook modelo Acer Aspire V5-471-6888, com processador Intel Core i5-3337U CPU 1.80GHz, 8GB de memória principal (RAM), 500GB de memória secundária (HD) e sobre o Sistema Operacional Linux Ubuntu 14.04.

O resultado dos experimentos em cada ambiente de tarefa, colocados em situações de iluminação invariante e variante, são apresentados na Tabela 10. A Taxa de Erro representa a porcentagem de *frames* em que o robô móvel não foi detectado, afetando o processo de reconhecimento e interpretação do sistema de visão. O Desvio Padrão está associado à variação de *pixels* existentes na composição das máscaras, utilizadas como parâmetro no sistema de visão.

Tabela 10 – Taxa de Erro e Desvio Padrão do Sistema de Visão.

Ambiente de Tarefa	Iluminação Invariante		Iluminação Variante	
	Taxa de Erro (%)	Desvio Padrão (<i>pixel</i>)	Taxa de Erro (%)	Desvio Padrão (<i>pixel</i>)
Nível 1 - Marcadores	0,7	5,04	18,4	117,74
Nível 2 - Resgate	1,2	9,14	27,5	194,63
Nível 3 - Centro Terra	1,6	13,5	34,2	279,39

É possível observar que a iluminação invariante sobre os ambientes de tarefas permite que o sistema tenha uma precisão acurada, com baixa taxa de erro e com pouca oscilação no desvio padrão, onde os resultados foram promissores. No entanto, quando a iluminação é variante sobre os ambientes de tarefas, o sistema obteve um aumento significativo na taxa de erro, decorrente da variação dos valores de desvio padrão estabelecidos para as máscaras, comprometendo a precisão do sistema para reconhecimento da trajetória desenvolvida pelo robô móvel.

Neste sentido, a precisão do sistema depende diretamente da definição dos limiares de cor e da iluminação sobre o ambiente de tarefa. Visando reduzir essa dependência, foram adotados intervalos de limiares maiores para as cores dos ambientes de tarefas que sofrem maior variação com a incidência da luminosidade, além de estabelecer ambientes de tarefas com alto contraste de cores. De toda forma, as tarefas de Robótica Educacional com a supervisão do sistema MonitoRE devem ocorrer em um ambiente controlado, ou seja, em uma sala de aula ou em um laboratório que propicie iluminação invariante.

Ainda com base nos valores estabelecidos na Tabela 10, é possível observar a dispersão de *pixels* existentes em relação à média obtida para a definição das máscaras de cor (áreas de interesse), as quais são representadas por meio da Figura 29.

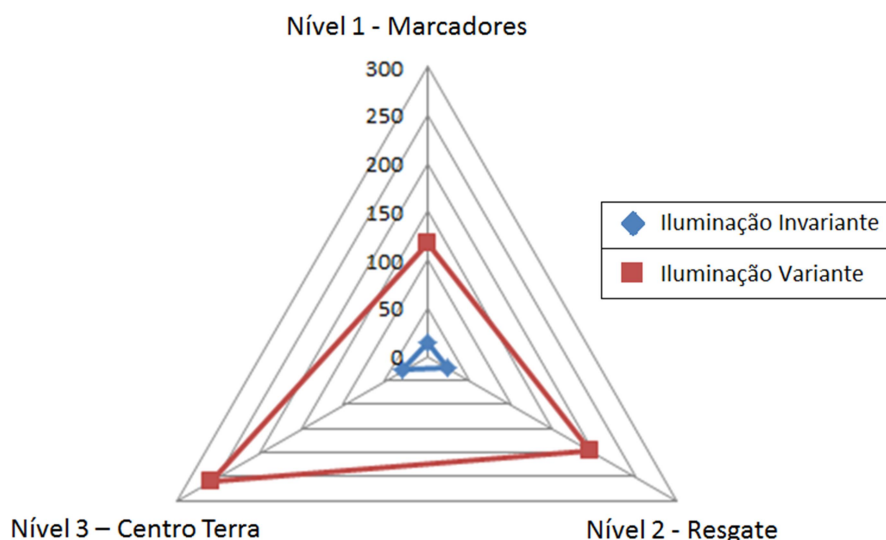


Figura 29 – Gráfico sobre Dispersão de Pixels na Obtenção das Máscaras de Cor.

Mesmo com a definição de cores bem estabelecida, a precisão do sistema visão sofreu com as variações de luz sobre os ambientes de tarefas. No entanto, quando houve constância de luminosidade a dispersão de *pixels* foi mínima. Outro fator observado foi quanto à utilização da câmera para captura de imagens, é indicado que se utilize uma câmera webcam de boa qualidade, com 720p ou 1080p para evitar que as imagens obtidas sobre os ambientes de tarefas possuam muita granularidade, comprometendo a extração das informações para o sistema.

5.3 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO DE PÓS-TESTE

Os experimentos demonstrados na Seção 5.2 contribuíram para identificar as características que um ambiente educacional deve ter para viabilizar a utilização do sistema MonitoRE. Neste sentido, foi utilizado um laboratório de robótica do Instituto Federal de Rondônia - Campus Porto Velho Calama, com a finalidade de oportunizar aos alunos e professores uma experiência prática com o sistema MonitoRE.

Primeiramente, foi reunida a maioria dos alunos e professores que participaram do Questionário de Pré-Teste, com a finalidade de explicar as regras e os critérios estabelecidos para os três níveis de ambientes de tarefas. Foi estabelecido um prazo de 45 (quarenta e cinco) dias para realização dos desafios, durante esse período as equipes formadas tiveram que desenvolver uma solução robótica com a finalidade de superar os desafios propostos.

Periodicamente, eram realizadas reuniões para obter dos alunos as dificuldades e os avanços do projeto robótico. Os alunos tiveram liberdade para escolher a plataforma robótica, desde que fosse possível identifica-la com a cor estabelecida para o desafio proposto. No entanto, devido ao curto prazo, foi indicado o tutorial desenvolvido por Kee (2015) para construção básica de um robô móvel do kit Lego Mindstorms NXT. A Figura 30 apresenta o modelo de plataforma robótica adaptada com uma garra estática.

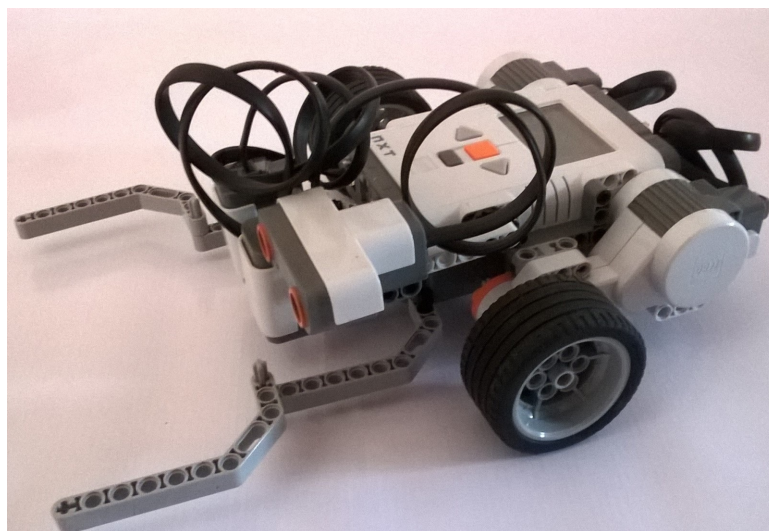


Figura 30 - Plataforma Robótica com Lego Mindstorms.

Basicamente, os alunos utilizaram dois tipos de linguagem de programação: a primeira foi a linguagem de blocos, nativa do próprio kit Lego e a segunda foi a linguagem NXC que permite programar o robô com comandos da linguagem de programação C adaptado para plataforma robótica educacional.

No dia previsto para a realização dos desafios robóticos, três equipes (cada uma com quatro alunos) compareceram para realizar as atividades. Todas as equipes foram inscritas no sistema MonitoRE e puderam realizar a calibração do robô móvel sobre os ambientes de tarefas antes de começar o monitoramento robótico, conforme estabelecido nos critérios das respectivas tarefas.

O Questionário de Pós-Teste foi elaborado com a finalidade de obter as opiniões de alunos e professores sobre a experiência de utilizar um ambiente de tarefa supervisionado pelo sistema MonitoRE. Este questionário foi respondido por 12 (doze) alunos do 1º ao 4º ano do Ensino Médio e por 4 (quatro) professores, após a realização do desafio robótico que ocorreu no mês de outubro do ano de 2016, na cidade de Porto Velho/RO.

Os alunos foram questionados sobre aspectos como: experiência de uso, precisão do sistema em avaliar seus respectivos robôs, *feedback* com informações úteis, grau de satisfação

em utilizar o sistema, motivação, aprendizado e importância do sistema no apoio das atividades de Robótica Educacional.

Desta forma, o primeiro questionamento foi com relação à experiência de utilizar um ambiente de tarefa supervisionado pelo sistema MonitoRE, Em seguida, os entrevistados foram questionados com relação a avaliação realizada pelo sistema sobre a performance do robô móvel durante o desenvolvimento da atividade no ambiente de tarefa. A Figura 31 apresenta os gráficos com os resultados sobre esses dois questionamentos.

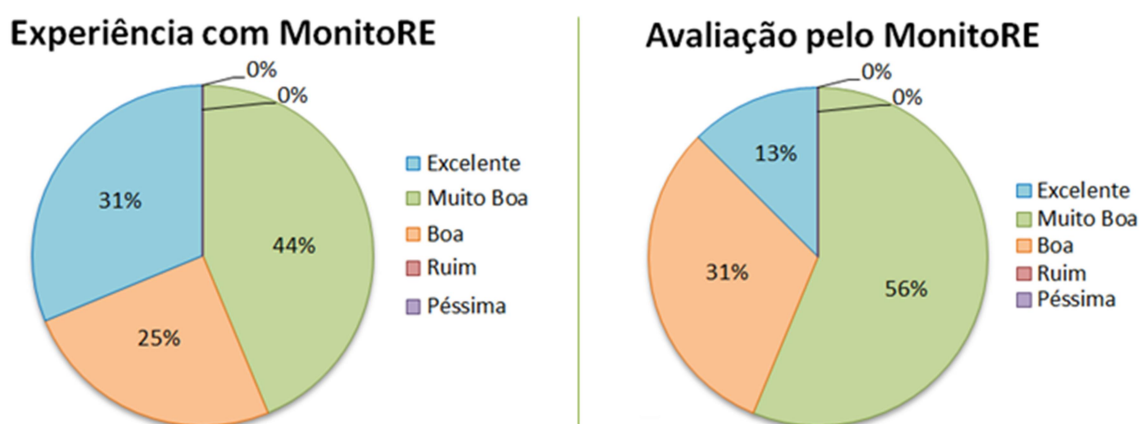


Figura 31 - Gráficos sobre Experiência e Avaliação do MonitoRE.

O primeiro gráfico, sobre a experiência de utilizar um ambiente monitorado, demonstrou que 44% dos entrevistados (7 pessoas) consideraram muito boa esta experiência, 31% dos entrevistados (5 pessoas) consideraram excelente esta experiência, 25% dos entrevistados (4 pessoas) consideraram boa a experiência obtida, sendo que nenhum entrevistado considerou ruim ou péssima a experiência com o sistema MonitoRE.

O segundo gráfico, sobre a avaliação do comportamento robótico pelo MonitoRE, demonstrou que 56% dos entrevistados (9 pessoas) consideraram muito boa a avaliação feita pelo sistema, 31% dos entrevistados (5 pessoas) consideraram boa a avaliação realizada pelo sistema, 13% dos entrevistados (2 pessoas) consideraram excelente a avaliação feita pelo sistema e nenhum entrevistado considerou ruim ou péssima a avaliação realizada pelo sistema MonitoRE sobre os ambientes de tarefas.

Os entrevistados foram questionados sobre a utilidade das informações retornadas (*feedback*) pelo sistema e sobre a utilização do MonitoRE nas próximas competições. A Figura 32 apresenta os gráficos com os resultados para estes dois questionamentos.

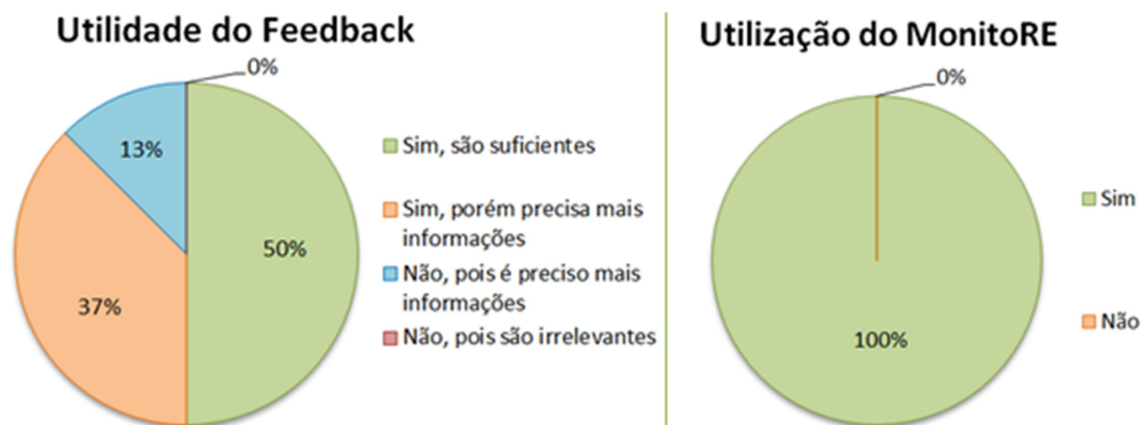


Figura 32 – Gráficos sobre Utilidade do Feedback e Utilização do MonitoRE.

O primeiro gráfico, sobre a utilidade das informações retornadas pelo sistema, demonstrou que 50% dos entrevistados (8 pessoas) consideraram as informações úteis e suficientes, 37% dos entrevistados (6 pessoas) consideraram as informações úteis, porém necessitando de mais detalhes, 13% dos entrevistados (2 pessoas) consideraram as informações insuficientes, precisando de mais informações para a avaliação e nenhum entrevistado considerou as informações fornecidas pelo sistema irrelevantes.

No segundo gráfico, sobre a utilização do sistema, foi demonstrado que 100% dos entrevistados (16 pessoas) utilizariam o sistema MonitoRE em uma próxima oportunidade para avaliar o comportamento de seus respectivos robôs móveis nos cenários de Robótica Educacional.

Os entrevistados foram questionados sobre a possibilidade do sistema MonitoRE proporcionar atividades mais dinâmicas e divertidas, verificando ainda a motivação dos mesmos em atuar nos ambientes de tarefas avaliados automaticamente. A Figura 33 apresenta o gráfico com os resultados sobre estes dois quesitos.

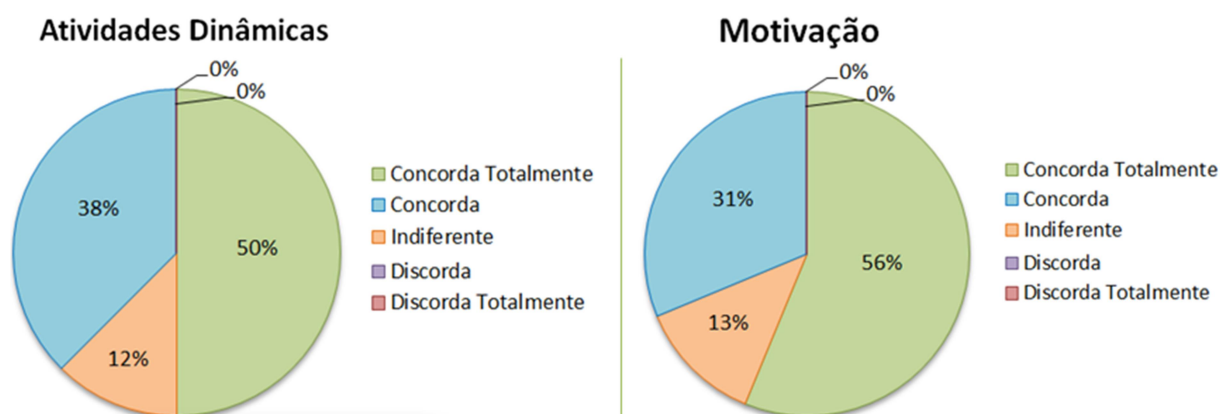


Figura 33 - Gráficos sobre Dinamismo e Motivação com o MonitoRE.

O primeiro gráfico, sobre o dinamismo que o sistema pode oferecer para as tarefas de robótica, demonstrou que 50% dos entrevistados (8 pessoas) concordaram totalmente com esta afirmação, 38% dos entrevistados (6 pessoas) concordam com esta afirmação, 12% dos entrevistados (2 pessoas) são indiferentes a esta afirmação e nenhum entrevistado discordou ou discordou totalmente sobre esta afirmação.

O segundo gráfico, sobre a motivação em utilizar um ambiente monitorado, apontou que 56% dos entrevistados (9 pessoas) concordam totalmente com esta afirmação, 31% dos entrevistados (5 pessoas) concordam com esta afirmação, 13% dos entrevistados (2 pessoas) são indiferentes a esta afirmação e nenhum entrevistado discordou ou discordou totalmente sobre esta afirmação.

Por fim, os entrevistados foram questionados sobre a contribuição que o sistema MonitoRE pode proporcionar ao aprendizado dos alunos, além da possibilidade do sistema apoiar o professor nas próximas competições de Robótica Educacional. A Figura 34 apresenta os gráficos com os resultados sobre estes dois questionamentos.

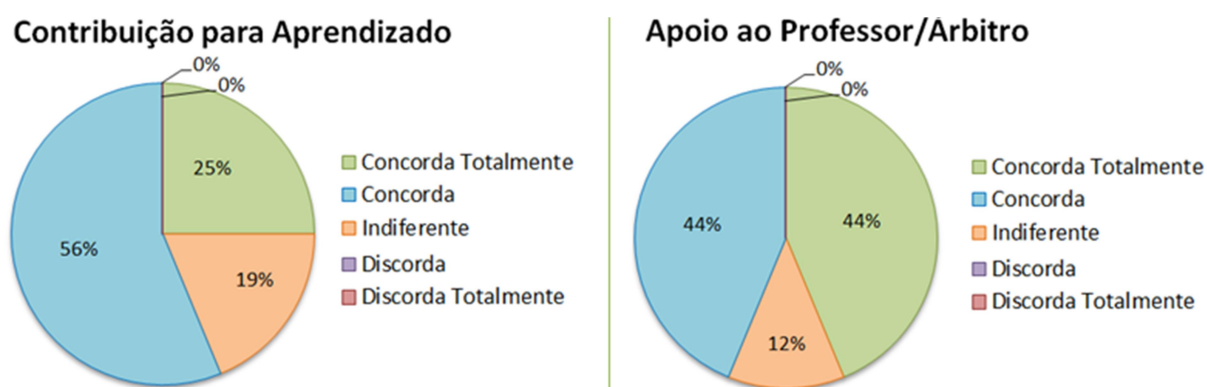


Figura 34 - Gráficos sobre Contribuição para Aprendizado e Apoio ao Professor.

No primeiro gráfico, sobre a possibilidade do sistema MonitoRE contribuir para o aprendizado dos alunos, foi demonstrado que 56% dos entrevistados (9 pessoas) concordaram com esta afirmação, 25% dos entrevistados (4 pessoas) concordaram totalmente com esta afirmação, 19% dos entrevistados (3 pessoas) consideraram indiferente a contribuição do sistema no aprendizado dos alunos.

No segundo gráfico, sobre a possibilidade do sistema MonitoRE apoiar professores e árbitros nas tarefas de Robótica Educacional, foi demonstrado que 44% dos entrevistados (7 pessoas) concordaram totalmente com esta afirmação, 44% dos entrevistados (7 pessoas) concordaram com esta possibilidade, 12% dos entrevistados (2 pessoas) são indiferentes a esta afirmação.

5.4 PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Durante o desenvolvimento desta pesquisa de mestrado, foram publicados 4 (quatro) artigos em importantes eventos na área da Computação e da Robótica Educacional, além da aprovação do resumo para um evento internacional, conforme segue:

RIOS, Marcel L., NETO, Francisco S. S. NETTO, J. F. M., (2016). “**Análise e Comparação dos Algoritmos de Dijkstra e A-Estrela na Descoberta de Caminhos Mínimos em Mapas de Grade**”. In: XXXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação - 1º ETC - Encontro de Teoria da Computação. Porto Alegre/RS (Aceito para Publicação).

RIOS, Marcel L., CUSTÓDIO, Tiago P., NETTO, J. F. M., (2016). “**Definição de Cenários em Robótica Educacional para Análise do Comportamento de Robôs Móveis Utilizando Processamento de Imagem**”. In: *XIII Latin American Robotics Symposium – LARS 2016*. 7º Workshop de Robótica na Educação – WRE 2016. Recife/PE (Aceito para Publicação).

RIOS, Marcel L., NETTO, J. F. M., (2016a). “**Análise da Trajetória de Robô Móvel Utilizando Odometria como Técnica para Navegação em Ambientes de Robótica Educacional**”. In: V Congresso Brasileiro de Informática na Educação – CBIE 2016. XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE 2016. Uberlândia/MG (Aceito para Publicação).

RIOS, Marcel L., NETTO, J. F. M., (2016b). “**Uma Abordagem Utilizando Visão Computacional para Monitoramento de Robôs Móveis em Ambientes de Tarefas na Robótica Educacional**”. In: V Congresso Brasileiro de Informática na Educação – CBIE 2016. XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE2016. Uberlândia/MG (Aceito para Publicação).

RIOS, Marcel L., NETTO, J. F. M., (2017). “**Computational Vision Applied To The Monitoring Of Mobile Robots In Educational Robotic Scenarios**”. In: *Frontiers In Education – FIE 2017*, Indianapolis, Indiana, USA (Resumo Aprovado).

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos questionários e dos testes realizados, descritos nas seções anteriores, mostraram a aplicabilidade do estudo apresentado nesta dissertação. Com base nas informações obtidas por meio dos questionários de Pré-Teste e Pós-Teste, associado aos experimentos realizados com o sistema, foi demonstrada a viabilidade da utilização do

sistema MonitoRE em uma instituição de ensino. O Apêndice D apresenta outras imagens sobre a execução deste projeto.

O Questionário de Pré-Teste apresentou informações sobre o perfil dos alunos e professores, identificando ainda suas experiências e expectativas sobre a construção de um ambiente educacional monitorado por um sistema com Visão Computacional. Os resultados deste questionário mostraram que a maioria dos entrevistados são do sexo masculino e já tiveram algum tipo de experiência com Robótica Educacional, onde cerca de 1/3 (um terço) dos entrevistados já passaram por situações em que seus robôs móveis foram avaliados de forma duvidosa ou demorada pelo árbitro.

Foi relatado ainda que a definição dos ambientes de tarefas são decisivos para avaliar o conhecimento dos alunos por meio do desenvolvimento da solução robótica. Por fim, a maioria dos entrevistados concordaram com a necessidade de criar um mecanismo para avaliar o comportamento robótico de forma automática, considerando esta proposta interessante.

Os experimentos realizados com o sistema MonitoRE avaliou o monitoramento robótico sobre duas condições: Iluminação Invariante e Iluminação Variante. Os resultados foram mensurados de duas formas: Taxa de Erro e o Desvio Padrão. O primeiro identificou a porcentagem de quadros de imagens em que o robô móvel não foi detectado pelo sistema de visão e o segundo identificou a variação de pixels, com base nos limiares estabelecidos, na composição da máscara de cor. Os resultados mostraram que o sistema MonitoRE possui maior eficiência quando executado sobre um ambiente controlado, ou seja, com iluminação constante e invariante.

O Questionário de Pós-Teste apresentou informações sobre a utilização do sistema MonitoRE pelos alunos e professores. Os resultados deste questionário mostraram que a maioria dos entrevistados consideraram muito boa a experiência com o sistema e a forma como o mesmo avalia os ambientes de tarefas. Foi relatado ainda que as informações retornadas pelo sistema são úteis, tornando as atividades com robótica mais dinâmica, contribuindo para a motivação dos alunos. Por fim, a maioria dos entrevistados concordaram que o sistema MonitoRE pode contribuir para o aprendizado dos alunos e apoiar o professor nas tarefas de Robótica Educacional.

CAPÍTULO 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Nesta dissertação foi apresentada uma solução tecnológica que utiliza técnicas de Visão Computacional para analisar o comportamento de robôs móveis em ambientes de tarefas no contexto da Robótica Educacional. A esta solução tecnológica, demos o nome de MonitoRE – Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional, totalmente projetada e construída por meio de softwares livres. Além disso, nosso propósito foi de utilizar esta solução como um instrumento de apoio ao processo de ensino-aprendizagem, investigando a motivação dos alunos e o interesse dos professores que trabalham com robótica em atuar sobre um ambiente de competição interativo.

Para chegar até este produto final, várias pesquisas foram realizadas buscando levantar os trabalhos existentes sobre avaliação de desempenho robótico no contexto da Robótica Educacional, constatando-se a oportunidade de exploração científica. Também foram necessários vários estudos a cerca dos algoritmos de mapeamento e navegação robótica, investigando as estratégias adotadas para rastrear um objeto, estimar sua trajetória ou ainda conhecer o menor caminho entre dois pontos em um ambiente desconhecido.

Neste sentido, observou-se a necessidade de estabelecer as circunstâncias ambientais em que os robôs móveis deverão enfrentar. Desta maneira, foram realizadas diversas consultas com a finalidade de levantar as informações necessárias para projetar e construir, o que chamamos de Ambientes de Tarefas, destinados à Robótica Educacional. A configuração destes ambientes nos permite estabelecer níveis de dificuldade, exigindo dos alunos uma estratégia diferenciada tanto na montagem do robô como na programação do mesmo.

Por fim, era preciso estabelecer uma técnica que pudesse analisar a trajetória dos robôs móveis sobre os ambientes de tarefas estabelecidos, investigando os métodos de localização relativa e os métodos de localização absoluta. Quanto à primeira categoria de métodos, foram realizados experimentos práticos com Odometria, constatando que este tipo de técnica apresenta erros acumulativos, que variam conforme o tipo do sensor óptico utilizado e conforme ambiente a ser navegado. Quanto à segunda categoria de métodos, foram realizados experimentos práticos com Visão Computacional, por meio de uma câmera digital, conseguindo localizar e estimar a trajetória de objetos de forma mais precisa.

As informações coletadas nas etapas supracitadas foram de extrema importância para nortear a construção deste trabalho, cujo mesmo está apoiado sobre a área de Visão Computacional com sua aplicação prática na área de Robótica Educacional. Desta forma, a solução desenvolvida busca aprimorar a experiência educacional utilizando esta duas áreas.

Neste sentido, foram realizadas pesquisas de campo, utilizando questionários de Pré-Teste e de Pós-Teste, além dos experimentos realizados com o sistema MonitoRE.

O Questionário de Pré-Teste contribuiu para identificar as opiniões de alunos e professores sobre suas experiências com robótica, contemplando questões relacionadas aos desafios robóticos e conhecendo as expectativas sobre a possibilidade de utilização de um sistema de monitoramento com Visão Computacional.

As informações levantadas por meio deste questionário foram importantes para justificar este trabalho, mostrando que a maioria dos entrevistados possuem interesse em utilizar um ambiente educacional robótico, em que professores e/ou árbitros pudessem contar com o apoio de um mecanismo de avaliação automática.

Vale ressaltar, no entanto, sobre a presença do ser humano nas tomadas de decisões, como foi relatado por um dos entrevistados: “Como no futebol, eu acredito que mesmo com a possibilidade de erro do árbitro, ainda assim a sua presença é essencial, desta forma ter sistemas computacionais para auxiliar no processo e para dar estatísticas, é saudável, desde que não tirem a emoção de estar sendo arbitrado por um juiz, o homem sempre no controle das máquinas, nunca o inverso”.

Desta forma, os requisitos levantados subsidiaram o desenvolvimento do sistema MonitoRE, que foi construído com a finalidade de apoiar o processo de ensino-aprendizagem durante as atividades inerentes a Robótica Educacional. Integrado ao sistema, estão os Ambientes de Tarefas, os quais foram amplamente discutidos e inspirados nas modalidades práticas das competições de robótica como a *RoboCup*, modalidade Resgate Junior, que ocorre por meio da Olimpíada Brasileira de Robótica - OBR.

Na fase de experimentação e testes foi mostrado que o sistema possui limitações quanto à luminosidade do ambiente, interferindo diretamente no processo de identificação das características do robô móvel e do ambiente de tarefa. Por este motivo, o local para realização das atividades sobre os ambientes de tarefas deve possuir iluminação artificial e constante, evitando a dependência da luz natural do dia, que varia conforme a rotação da Terra em relação ao Sol.

A partir do Questionário de Pós-Teste, foi demonstrado que a maioria dos entrevistados aprovaram a utilização do sistema MonitoRE para avaliar os ambientes de tarefas propostos. Foi relatado por um dos entrevistados: “Este sistema é simples e proporciona uma visão dinâmica dos movimentos do robô, isto me ajuda a entender como estão sendo executadas as linhas de código que programei”.

Outro aspecto elogiado pelos entrevistados foi com relação ao resultado em tempo real das atividades, mencionando a importância das informações apresentadas pelo sistema como: trajetória realizada pelos robôs móveis, pontuação obtida, tempo de duração e status da tarefa. Além disso, a página de relatórios apresenta o histórico com todas as informações referentes às atividades realizadas.

Por tanto, os resultados mostraram que este trabalho apresenta avanços na área da Robótica Educacional, contribuindo com uma nova abordagem para a avaliação robótica, onde a solução tecnológica (MonitoRE) e os de ambientes de tarefas são os produtos deste estudo. Desta forma, o professor tem nas mãos uma nova ferramenta para a prática educacional.

As etapas da construção deste trabalho estão registradas por meio de quatro artigos, todos publicados em eventos da área de Computação e de Robótica Educacional, os quais encontram-se detalhados no Apêndice A, havendo ainda a possibilidade de publicação dos resultados obtidos neste trabalho em outros congressos.

Como trabalhos futuros, pretende-se disponibilizar esta tecnologia na internet, permitindo que mais pessoas consigam utilizar esta ferramenta para monitorar seus respectivos ambientes de tarefas em tempo real. É possível ainda, agregar ao sistema MonitoRE a função de “*upload*” de vídeos, permitindo que alunos e professores realizem a gravação do comportamento robótico, de um smartphone por exemplo, e enviem para que o sistema realize o monitoramento. Por fim, pretende-se aprimorar as técnicas de Visão Computacional implementada, buscando alternativas que permitam que o sistema MonitoRE seja executado diretamente em *smartphones*, desta forma o usuário poderia monitorar os ambientes de tarefas utilizando a câmera do celular em tempo real.

Neste sentido, espera-se que este trabalho contribua para viabilizar o estudo de outras técnicas e ambientes de tarefas, permitindo ao professor e seus alunos uma nova experiência por meio de uma variedade de atividades que são permeadas por tecnologias inovadoras, facilitando o processo de ensino e aprendizado.

REFERÊNCIAS

- ALIMISIS, D. **Robotic Technologies as Vehicles of New Ways of Thinking About Constructivist Teaching and Learning: The TERECoP Project [Education]**. Robotics Automation Magazine, IEEE, v. 16, n. 3, 2009.
- ALMEIDA, T.; NETTO, J. F. **Laboratório Remoto de Robótica como Apoio ao Ensino de Programação**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Amazonas (UFAM), 2016.
- ARAÚJO, G.; MENDONÇA, M.; FREIRE, E. **Reconhecimento Automático de Objetos Baseado em Cor e Forma para Aplicações em Robótica**. XVII Congresso Brasileiro de Automática, 2008.
- AROCA, R.; AGUIAR, F.; AIHARA, C.; TONIDANDEL, F.; MONTANARI, R.; FRACCAROLI, E.; SILVA, M.; ROMERO, R. **Olimpíada Brasileira de Robótica: relatos da primeira regional em São Carlos-SP**. Workshop de Robótica Educacional - WRE, p. 35-41, 2014.
- AZEVEDO, S.; AGLAÉ, A.; PITTA, R. **Minicurso: Introdução a Robótica Educacional**. 62º Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), 2010.
- BARBOZA, D. P. S. **Estudo da Biblioteca OpenCV**. Departamento de Eletrônica e de Computação - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2009.
- BARROS, T.; LAGES, W. **Robô Detector de Focos de Incêndio Desenvolvido para uma Competição de Robótica**. Workshop de Robótica Educacional - WRE, 2012.
- BASIL, V. R.; CALDIERA, G.; ROMBACH, H. D. **The Experience Factory**. In: **Encyclopedia of Software Engineering**. New York: John Wiley & Sons, 1994.
- BENITTI, F. B. V. **Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review**. Computers & Education, p. 978-988, 2012.
- BERS, M. **Project InterActions: A multigenerational robotic learning environment**. Journal of Science Education and Technology, p. 537-552, 2007.
- BEZERRA, C.; ALSINA, P.; MEDEIROS, A. **Um Sistema De Localização Para Um Robô Móvel Baseado Em Odometria E Marcos Naturais**. Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI, 2003.

- BEZERRA, C.; ALSINA, P.; MEDEIROS, A. **Localização de Um Robô Móvel Usando Odometria e Marcos Naturais**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 2004.
- BORENSTEIN, J.; EVERETT, H. R.; FENG, L. **Where am I? Sensors and methods for mobile robot positioning**. University of Michigan, v. 119, p. 120, 1996.
- BORGES, L. E. **Python para desenvolvedores**. 3 Edição ed. [s.l.] São Paulo: Novatec, 2014.
- CABRÉ, T. P.; CAIROL, M. T.; CALAFELL, D. F.; RIBES, M. T.; ROCA, J. P. **Project-Based Learning Example: Controlling an Educational Robotic Arm with Computer Vision**. IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, v. 8, n. 3, p. 135–142, 2013.
- CARVALHO-FILHO, J.; MOLINA, L.; BENSEBAA, K.; CARVALHO, E.; FREIRE, E. **Estimação de Posição e Orientação para Robôs Móveis**. Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI, 2009.
- CARVALHO, E.; SÁ, A.; SANTOS, E.; FREIRE, E.; MATOS, L.; LUCIANO, B. **Estimação de Parâmetros para Navegação de Um Robô Móvel a Partir de Dados Obtidos por Um Sistema de Visão Computacional**. XVI Congresso Brasileiro de Automação, p. 3457–3462, 2006.
- COSTA, Y.; HILÁRIO, R.; MEIRELES, P.; SOUZA, J.; LOPES, C.; COCOTA JÚNIOR, J. **Implementação de Algoritmo de Reconhecimento de Padrões para Orientação de um Robô da Plataforma LEGO ® Utilizando Kinect ®**. Workshop de Robótica Educacional - WRE, p. 64–69, 2015.
- D'ABREU, J.; MIRISOLA, L.; RAMOS, J. **Ambiente de Robótica Pedagógica com Br_GOGO e Computadores de Baixo Custo: Uma Contribuição para o Ensino Médio**. Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE, p. 100–109, 2011.
- DATE, C. J. **Introdução a Sistemas de Banco de Dados**. [s.l.] Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- EL-HOWAYEK, G. **Introducing Computer Engineering Major for First Year Students Using Robotic Projects**. Frontiers in Education - FIE, 2016.
- FIORIO, R.; ESPERANDIM, R.; SILVA, F.; VARELA, P.; LEITE, M.; REINALDO, F. **Uma Experiência Prática da Inserção da Robótica e Seus Benefícios Como Ferramenta Educativa em Escolas Públicas**. Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE, p.

1223–1232, 2014.

GARCIA, R.; SHIROMA, P.; CHAIMOWICZ, L.; CAMPOS, M. **Um Arcabouço Para Localização De Enxames De Robôs**. Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI, 2007.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de Imagens Digitais**. [s.l.] Edgard Blucher Ltda, 2000.

GUEDES, G. **UML Uma Abordagem Prática**. [s.l.] São Paulo: Novatec, 2004.

HART, K.; MONTELLA, C.; PETITPAS, G.; SCHWEISINGER, D.; SHARIATI, A.; SOURBEER, B.; TREPAN, T.; SPLETZER, J. **RoSCAR: Robot Stock Car Autonomous Racing**. Workshop on Mobile Augmented Reality and Robotic Technology-Based Systems, p. 3–8, 2014.

HEES, F.; JESCHKE, S.; NATHO, N.; PFEIFFER, O. **Developing a PBL-based Rescue Robotics Course**. Automation, Communication and Cybernetics in Science and Engineering, p. 231–240, 2009.

HEINEN, E.; KRYNSKI, E. M.; MARCZAL, D.; FILHO, P. L. **RASPIBLOCOS: Ambiente de Programação Didático Baseado em Raspberry Pi e Blockly**. Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE, p. 567, 2015.

HOUSTEN, D.; REGLI, W. C. **Low-Cost Localization for Educational Robotic Platforms via an External Fixed-Position Camera**. In: AAAI Workshop - Technical Report, 2008.

ISCIMEN, B.; ATASOY, H.; KUTLU, Y.; YILDIRIM, S.; YILDIRIM, E. **Smart Robot Arm Motion Using Computer Vision**. Elektronika Ir Elektrotechnika, v. 11, n. 12, p. 3–8, 2015.

KAEHLER, A.; BRADSKI, G. **Learning OpenCV 3**. [s.l.] O'Reilly Media: Sebastopol, CA, 2017.

KEE, D. **Damien Kee - Technology in Education**. Disponível em: <<http://www.damienkee.com/>>. Acesso em: 7 ago. 2016.

KHANLARI, A. **Robotics Integration to Create an Authentic Learning Environment in Engineering Education**. Frontiers in Education - FIE, p. 1–4, 2016.

KONZEN, A.; SCHNEEBELI, A. **O Problema da Constância de Cor em Visão Computacional**. Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente – SBAI, 2007.

- LIMA, A. da S. **UML 2.0 do Requisito à Solução**. [s.l.] São Paulo: Érica, 2005.
- LIMA, D. de. **Modelos Softwares com Astah Community**. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/astah-community.html>>. Acesso em: 10 dez. 2016.
- MARENGONI, M.; STRINGHINI, D. **Tutorial: Introdução à Visão Computacional usando OpenCV**. RITA - Revista de Informática Teórica e Aplicada, p. 125–160, 2009.
- MARTINS, M. F.; TONIDANDEL, F.; BIANCHI, R. A. C. **Towards Model-based Vision Systems for Robot Soccer Teams**. Robotic Soccer. 1 ed. Vienna: I-Tech Education and Publishing, p. 95–108, 2007.
- MARTINS, R.; BUENO, S.; MIRISOLA, L.; PAIVA, E.; FERREIRA, P. **Localização em Robótica Terrestre: Fusão Entre Odometria por Múltiplos Encoders e GPS**. Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI, v. X, p. 1043–1048, 2011.
- MENEZES, N. N. C. **Introdução à Programação com Python: Algoritmos e Lógica de Programação para Iniciantes**. [s.l.] São Paulo: Novatec, 2014.
- MILANI, A. **PostgreSQL: Guia do Programador**. [s.l.] Novatec: São Paulo, 2008.
- MOLINA, L.; MOURA, M.; CARVALHO, E.; FREIRE, E. **Estimação De Posição E Velocidade De Robôs Móveis Com Restrições Holonômicas Utilizando Sensores De Fluxo Óptico E Filtro Alfa-Beta**. Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI, 2009.
- OLIVEIRA, L.; MARCATO, A. **Controle de Trajetória Baseado em Visão Computacional Utilizando o Framework ROS**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), 2013.
- ONOFRE, W.; NEVES, D.; GUERRA, G.; FERNADES JÚNIOR, R.; MORAIS, A. **Proposta de Arquitetura de Robô para Ambiente de Competição**. XII Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica - Uberlândia MG, 2014.
- PEDROSA, D.; MEDEIROS, A.; ALSINA, P. **Sistema de Navegacao para Robos Moveis Autonomos**. Journal of Chemical Information and Modeling, v. 53, p. 160, 2001.
- QUEIROZ, F.; COVRE, V.; FERNANDES, M.; PEREIRA, F.; VASSALLO, R.; BASTOS-FILHO, T. **Localização e Guiagem de Um Robô Móvel em Um Espaço Inteligente**. Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI, v. 53, p. 160, 2015.

QUILES, M. G.; ROMERO, R. A. F. **Um Sistema de Visão Computacional Baseado em Cores Aplicado ao Controle de um Robô Móvel.** IV Congresso Brasileiro de Computação - CBComp, p. 379–383, 2004.

RAI, N.; RAI, B.; RAI, P. **Computer Vision Approach for Controlling Educational Robotic Arm Based on Object Properties.** Proceedings on 2014 2nd International Conference on “Emerging Technology Trends in Electronics, Communication and Networking”, 2014.

RAMOS, J.; NEVES, O.; D’ABREU, J.; FIGUEIREDO, D.; TANURE, L.; HOLANDA, F.; AZEVEDO, H. **Iniciativa para Robótica Pedagógica Aberta e de Baixo Custo para Inclusão Social e Digital no Brasil.** Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI, 2007.

RESNICK, M.; MARTIN, F.; SARGENT, R.; SILVERMAN, B. **Programmable Bricks: Toys to Think With.** IBM Systems Journal, p. 443–452, 1996.

RIOS, M. L.; NETTO, J. F. M. **Uma Abordagem Utilizando Visão Computacional para Monitoramento de Robôs Móveis em Ambientes de Tarefas na Robótica Educacional.** Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE, 2016a.

RIOS, M. L.; NETTO, J. F. M. **Análise da Trajetória de Robô Móvel Utilizando Odometria como Técnica para Navegação em Ambientes de Robótica Educacional.** Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE, 2016b.

RUSSEL, S.; NORVIG, P. **Inteligência artificial.** 3^a ed. [s.l.] Elsevier, 2013.

SADANAND, O. M. R.; SAIRAMAN, S.; SAH, P. H. B.; UDHAYAKUMAR, G.; CHITTAWADIGI, R. G.; SAHA, S. K. **Kinematic Analysis of MTAB Robots and Its Integration with RoboAnalyzer Software.** Proceedings of the 2015 Conference on Advances In Robotics, 2015.

SAMUELS, P.; HAAPASALO, L. **Real and Virtual Robotics in Mathematics Education at The School–University Transition.** International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, p. 285–301, 2012.

SANTANA, A.; MEDEIROS, A. **Localização de Um Robô Móvel Baseada em Odometria e Marcos Naturais Utilizando Filtro de Kalman Estendido.** Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI, 2007.

SANTOS, M.; MENDONÇA, A. **Aprendendo as Relações Métricas do Triângulo**

Retângulo com Robótica: Perspectiva do Planejamento de Ensino. Workshop de Robótica Educacional - WRE, p. 28–33, 2015.

SEABRA, B. **O que é o Astah? #PostTécnico.** Disponível em: <<http://www.startupsstars.com/2015/10/o-que-e-o-astah-posttecnico-por-bruno-seabra/>>. Acesso em: 5 jan. 2017.

SILBERSCHATZ, A.; KORTH, H. F.; SUDARSHAN, S. **Sistema de Banco de Dados.** [s.l.] São Paulo: Makron Books, 1999.

SILVA, A. F. D. **Roboeduc: Uma Metodologia de Aprendizado com Robótica Educacional.** 2009. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 2009.

SILVA, F.; BARROS, E.; GUIMARÃES, L.; AZEVEDO, V.; ROCHA, V.; SILVA, A.; CANDEIAS, A. L. **Programa Desenvolvido em Matlab Para Processamento De Imagem Digital.** I Simpósio de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2004. Disponível em: <[http://www.contabeis.ufpe.br/cgtg/ISIMGEO/CD/html/Fotogrametria e Sensoriamento Remoto/Artigos/f036.pdf](http://www.contabeis.ufpe.br/cgtg/ISIMGEO/CD/html/Fotogrametria_e_Sensoriamento_Remoto/Artigos/f036.pdf)>.

SILVA, L. R. **Torneio Juvenil de Robótica: Difundir Desafios Sempre. Viagem ao Centro da Terra: Mais do que um desafio, uma verdadeira viagem a um mundo de novos conhecimentos!** Disponível em: <<http://torneiojrobotica.org/sp/>>. Acesso em: 7 mar. 2016.

SILVA, M.; NETTO, J. F. **Configuração de Cenários Experimentais em Laboratório à Distância Usando Sistema Multiagente.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Amazonas (UFAM), n. 1, p. 1–5, 2013.

SOARES, A.; GOMES, É.; GONÇALVES, L.; VILAS BOAS, J.; REVOREDO, S. **A Preparação para a Olimpíada de Robótica como Projeto Educacional e seus Efeitos na Vida dos Estudantes.** Workshop de Robótica Educacional - WRE, p. 94–99, 2015.

SOARES, M.; NETO, V.; DUTRA, D.; CAMPOS, V.; CAMPOS, M. **Um Arcabouço para Utilização de Robôs Móveis na Coleta Eficiente de Dados em Redes de Sensores Sem Fio.** Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI, 2007.

SOUTO, J. R.; MAIA, R.; SOUZA, A.; SANTANA, B. **Um Sistema de Navegação Para o Robô Móvel X80.** Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI, 2015.

SOUZA, A. A. de S. **Mapeamento Robótico 2,5-D com Representação em Grade de Ocupação-Elevação.** Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 2012.

SOUZA, A.; MEDEIROS, A.; GONÇALVES, L. **Algoritmo de Mapeamento Usando Modelagem Probabilística**. Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI, 2007.

SOUZA, M. B.; NETTO, J. F. **Arcabouço de um Ambiente Telerobótico Educacional Baseado em Sistemas Multiagente**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Amazonas (UFAM), p. 680–689, 2011.

THRUN, S.; BURGARD, W.; FOX, D. **Probabilistic Robotics (Intelligent Robotics and Autonomous Agents)**. [s.l.] The MIT Press, 2005.

VARGAS, J.; KURKA, P. R. **Localização e Navegação de Robô Autônomo Através de Odometria e Visão Estereoscópica**. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), v. 53, p. 160, 2012.

VIANNA, M. E. **Calibração de Sistemas de Visão Computacional para Aplicação em Automação e Robótica**. Dissertação de Mestrado - Pontífica Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG), 2009.

VIDAL, F.; ROSA, P.; NETO, A.; OLIVEIRA, T. **Solução Fastslam Com Atualização De Marcos Utilizando Multilayer Perceptron**. Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI, v. 53, p. 160, 2013.

WHITEHEAD, S. H. **Relationship Of Robotic Implementation On Changes In Middle School Students' Beliefs And Interest Toward Science, Technology, Engineering And Mathematics**. Indiana University of Pennsylvania, 2010.

ZANETTI, H.; BONACIN, R. **Uma Metodologia Baseada em Semiótica para Elaboração e Análise de Práticas de Ensino de Programação com Robótica Pedagógica**. Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE, p. 1233–1242, 2014.

APÊNDICE A – Artigos Científicos Produzidos e Submetidos durante o Mestrado

Neste apêndice listamos os artigos científicos completos produzidos, submetidos e aceitos no decorrer do Mestrado.

RIOS, Marcel L., NETO, Francisco S. S. NETTO, J. F. M., (2016a). “**Análise e Comparação dos Algoritmos de Dijkstra e A-Estrela na Descoberta de Caminhos Mínimos em Mapas de Grade**”. In: XXXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação - 1º ETC - Encontro de Teoria da Computação. Porto Alegre/RS (Aceito para Publicação).

RIOS, Marcel L., CUSTÓDIO, Tiago P., NETTO, J. F. M., (2016d). “**Definição de Cenários em Robótica Educacional para Análise do Comportamento de Robôs Móveis Utilizando Processamento de Imagem**”. In: XIII Latin American Robotics Symposium – LARS 2016. 7º Workshop de Robótica na Educação – WRE 2016. Recife/PE (Aceito para Publicação).

RIOS, Marcel L., NETTO, J. F. M., (2016b). “**Uma Abordagem Utilizando Visão Computacional para Monitoramento de Robôs Móveis em Ambientes de Tarefas na Robótica Educacional**”. In: V Congresso Brasileiro de Informática na Educação – CBIE 2016. XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE2016. Uberlândia/MG (Aceito para Publicação).

RIOS, Marcel L., NETTO, J. F. M., (2016c). “**Análise da Trajetória de Robô Móvel Utilizando Odometria como Técnica para Navegação em Ambientes de Robótica Educacional**”. In: V Congresso Brasileiro de Informática na Educação – CBIE 2016. XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE 2016. Uberlândia/MG (Aceito para Publicação).

RIOS, Marcel L., NETTO, J. F. M., (2017). “**Computational Vision Applied To The Monitoring Of Mobile Robots In Educational Robotic Scenarios**”. In: *Frontiers In Education* – FIE 2017, Indianapolis, Indiana, USA (Resumo Aprovado).

APÊNDICE B – Questionário Pré-Teste - Perfil do Usuário

O objetivo deste questionário é identificar o perfil dos futuros usuários do MonitoRE, sistema responsável por monitorar e avaliar o comportamento dos robôs móveis nos ambientes de tarefas (cenários robóticos) estabelecidos. A identificação do perfil do usuário permite identificar as experiências e as expectativas dos alunos e professores perante o ambiente de estudo da pesquisa.

1. Informe seu gênero:

- (a) Masculino.
- (b) Feminino.

2. Indique sua idade:

- (a) De 12 a 14 anos.
- (b) De 15 a 17 anos.
- (c) De 18 a 20 anos.
- (d) Mais de 21 anos.

3. Indique seu grau de escolaridade:

- (a) Ensino Fundamental Incompleto.
- (b) Ensino Fundamental Completo.
- (c) Ensino Médio Incompleto.
- (d) Ensino Médio Completo.
- (e) Superior Incompleto.
- (f) Superior Completo.

4. Você acha que a Robótica na Educação pode incentivar e colaborar para o entendimento de importantes conceitos na informática?

- (a) Sim
- (b) Não

5. Quanto tempo de experiência você tem com Robótica Educacional?

- (a) Menos de 1 ano
- (b) De 1 ano a 3 anos
- (c) De 3 anos a 6 anos
- (d) Mais de 6 anos

6. Qual fator você considera ser mais importante para avaliar o nível de conhecimento dos alunos no desenvolvimento das tarefas de Robótica Educacional?

- (a) A estrutura do robô móvel
- (b) O tempo de percurso para atividade
- (c) O ambiente de tarefas (cenário de desafios robóticos)
- (d) Outro: _____

7. Em uma escala de 1 a 5, o ensino da Robótica Educacional nas escolas e nas universidades pode ser considerado necessário ou essencial para motivar os alunos?

Se você Discorda Totalmente, marque "1" / Se você apenas Discorda, marque "2" / Se você acha Indiferente marque "3" / Se você apenas Concorda, marque "4" / Se você Concorda Totalmente, marque "5".

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

8. Em uma escala de 1 a 5, as Competições de Robótica propiciam um ambiente que estimula o aprendizado dos alunos na Robótica Educacional?

Se você Discorda Totalmente, marque "1" / Se você apenas Discorda, marque "2" / Se você acha Indiferente marque "3" / Se você apenas Concorda, marque "4" / Se você Concorda Totalmente, marque "5".

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

9. Em uma escala de 1 a 5, a prática da Robótica Educacional, bem como, das Competições de Robótica, necessitam de mecanismos que possam avaliar o desempenho do robô móvel de forma automatizada?

Se você Discorda Totalmente, marque "1" / Se você apenas Discorda, marque "2" / Se você acha Indiferente marque "3" / Se você apenas Concorda, marque "4" / Se você Concorda Totalmente, marque "5".

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

10. Em uma próxima competição de robótica, o que você acharia se existisse um sistema, com visão computacional, para avaliar o comportamento do robô móvel, auxiliando o árbitro da competição?

- (a) Desnecessário, não iria contribuir em nada.
- (b) Razoável, poderia realizar as mesmas observações de um Juiz.
- (c) Interessante, o sistema julgaria de forma mais precisa, dando apoio ao Juiz.
- (d) Excelente, o sistema poderia apresentar estatísticas sobre a tarefa realizada.

APÊNDICE C – Questionário Pós-Teste - Usabilidade do Sistema MonitoRE

O objetivo deste questionário é coletar informações sobre as experiências dos usuários em relação ao uso do MonitoRE – Sistema de Monitoramento para Robótica Educacional. Neste sentido, buscou-se saber se a metodologia proposta auxiliou os professores e alunos durante o desenvolvimento das tarefas nos cenários de Robótica Educacional.

1. Como você classifica sua experiência em utilizar um ambiente de tarefa (cenário robótico) monitorado pelo MonitoRE?

- (a) Péssima
- (b) Ruim
- (c) Boa
- (d) Muito Boa
- (e) Excelente

2. Durante a realização das atividades nos ambientes de tarefas (cenários robóticos), o MonitoRE avaliou o comportamento do robô móvel de forma:

- (a) Péssima
- (b) Ruim
- (c) Boa
- (d) Muito Boa
- (e) Excelente

3. O MonitoRE é um sistema que apresenta um feedback (retorno de informações) sobre a avaliação do robô nos ambientes de tarefas, essas informações são úteis?

- (a) Não, pois são irrelevantes
- (b) Não, pois é preciso mais informações
- (c) Sim, porém é preciso mais informações
- (d) Sim, as informações são suficientes para a avaliação

APÊNDICE D – Registro de Imagens das Atividades com Robótica Educacional



Desafio Tecnológico - Competição Viagem ao Centro da Terra



Avaliação Convencional de Desafios de Robótica Educacional



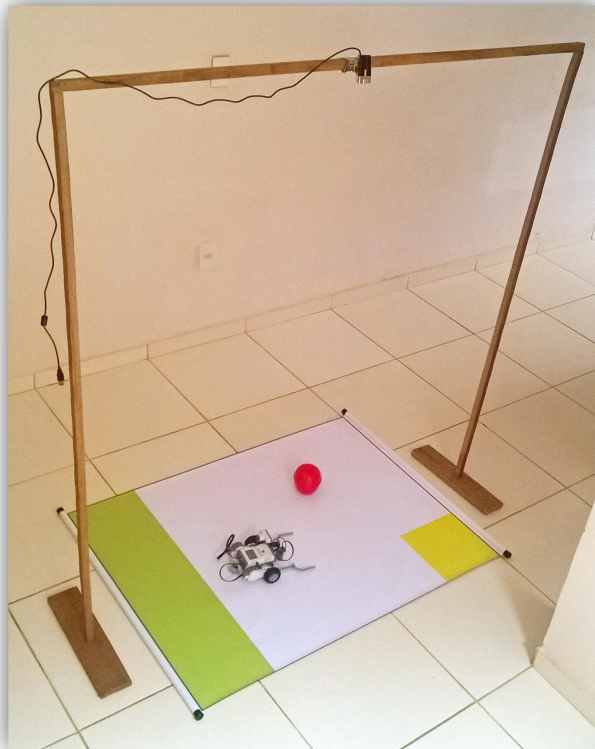
The Pathfinder – Equipe Campeã no Desafio Robô de Resgate



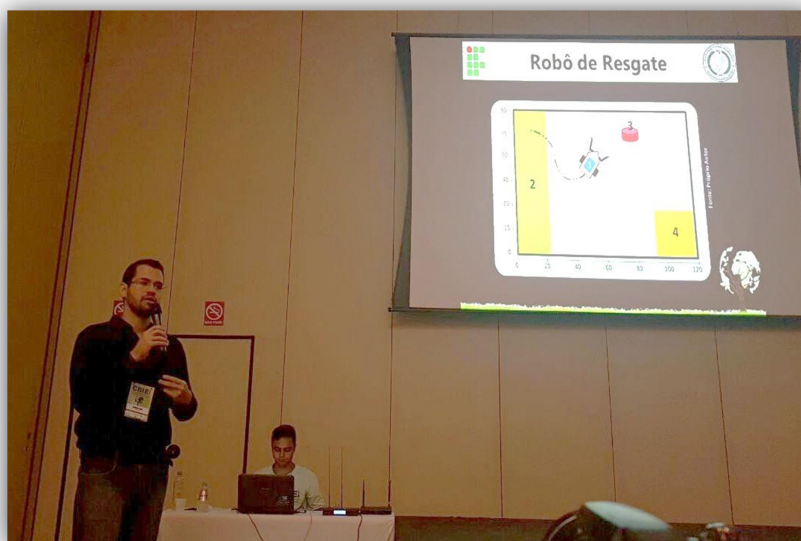
Experimentos Robóticos com Odometria – Laboratório GSI/UFAM



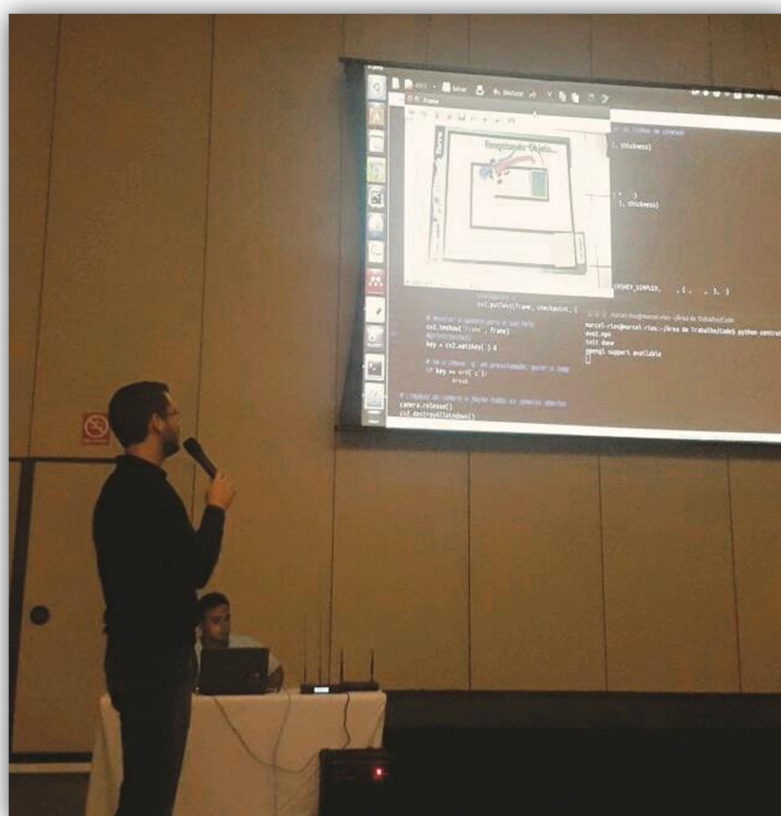
Testes com Visão Computacional em Robótica – Laboratório IFRO



Estrutura para os Experimentos com Visão Computacional



Apresentação dos Resultados Preliminares no Congresso Brasileiro de Informática na Educação - CBIE 2016



Apresentação dos Resultados Preliminares no Congresso Brasileiro de Informática na Educação - CBIE 2016



Apresentação dos Resultados Preliminares no Congresso Brasileiro de Informática na Educação - CBIE 2016