



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

SISTEMA DE SELEÇÃO AUTOMÁTICA PARA LABORATÓRIOS DE
ACESSO REMOTO DA ÁREA DE MECATRÔNICA

GUIDO SOPRANO MACHADO

MANAUS-AM

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

GUIDO SOPRANO MACHADO

SISTEMA DE SELEÇÃO AUTOMÁTICA PARA LABORATÓRIOS DE
ACESSO REMOTO DA ÁREA DE MECATRÔNICA

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica, área de concentração Controle e Automação de Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. – Ing. Vicente Ferreira de Lucena Júnior

MANAUS-AM

2018

Ficha Catalográfica

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

M149s Machado, Guido Soprano
Sistema de Seleção Automática para Laboratórios de Acesso Remoto da Área de Mecatrônica / Guido Soprano Machado. 2018
85 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Vicente Ferreira de Lucena Júnior
Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Laboratório de Acesso Remoto. 2. Mecatrônica. 3. Seleção Automática. 4. RDP (Protocolo de Acesso Remoto). I. Lucena Júnior, Vicente Ferreira de II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

GUIDO SOPRANO MACHADO

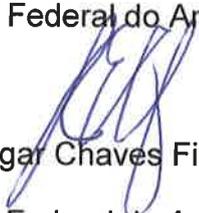
**SISTEMA DE SELEÇÃO AUTOMÁTICA PARA LABORATÓRIOS DE
ACESSO REMOTO DA ÁREA DE MECATRÔNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica na área de concentração Controle e Automação de Sistemas.

Aprovado em 08 de maio de 2018.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Vicente Ferreira de Lucena Júnior, Presidente
Universidade Federal do Amazonas


Prof. Dr. João Edgar Chaves Filho, Membro
Universidade Federal do Amazonas


Prof. Dr. Orlewilson Bentes Maia, Membro
Faculdade Martha Falcão

Dedico este trabalho à meus pais, Suely Soprano Machado e Juscelino da Costa Machado grandes incentivadores da minha vida, a minha grandiosa namorada Fabiana Aleluia de Cristo e a meu irmão Glauco Soprano Machado.

Agradecimentos

Inicialmente a Deus, por ter me concedido esta oportunidade de concluir mais uma etapa de minha vida.

A meus pais Juscelino da Costa Machado e Suely Soprano Machado, a minha namorada Fabiana Aleluia de Cristo e meu irmão, pela presença, apoio e incentivo.

Aos meus colegas de trabalho, especialmente aos professores Msc. Pricila Rodrigues, Msc. Marlos Rodrigues e toda equipe de mecatrônica do SENAI-AM.

Aos meus colegas do laboratório de Ambientes Inteligentes, especialmente ao colega Mario Alves pelo apoio e incentivo a minha pesquisa.

Ao orientador, professor Vicente Ferreira de Lucena Junior, por todo suporte durante o Mestrado.

A todos os professores e coordenação técnica do Programa de Mestrado em Engenharia Elétrica da UFAM por contribuírem direta e indiretamente para minha formação acadêmica.

Resumo

A utilização dos Laboratórios de Acesso Remoto será o foco desenvolvido neste trabalho, especificamente a utilização de plantas didáticas da linha MPS (*Modular Production System*) para a execução das atividades práticas dos alunos da área de mecatrônica. A partir dessa concepção foi implementado um sistema de seleção automática que cadastra as instituições que desejam compartilhar seus laboratórios com os estudantes que irão testar seus experimentos. Para as instituições terem um LAR (Laboratório de Acesso Remoto) cadastrado nesse sistema é necessário um laboratório com um computador e câmera de monitoramento com acesso à internet de banda larga, além de um controlador lógico programável para efetuar comandos no processo da planta da linha MPS. Com o cadastro realizado o aluno deve instalar o software da sua plataforma que foi construída para dar acesso aos LAR's realizando uma conexão por meio do protocolo RDP (*Remote Desktop Protocol*) ao ambiente escolhido pelo sistema. Essa seleção acontece devido a um algoritmo que verifica as características de cada laboratório para escolher o melhor ambiente para a execução da atividade do aluno, quando o LAR for escolhido é possível programar o controlador do experimento, simular ou executar sua aplicação na planta didática, além de visualizar o vídeo do processo em funcionamento. A seleção de laboratórios deste sistema acontece verificando as condições de cada ambiente, se está ativo ou inativo, ocupado ou livre e se a planta didática está de acordo com o experimento do aluno, após analisar estas condições do laboratório, ainda são examinadas a quantidade de alunos e o estado de conexão com a internet para poder escolher o melhor espaço de experimentos para o estudante. Esse processo de seleção resultou na criação de uma equação de escolha para buscar o laboratório de maneira eficaz, otimizar o uso dos laboratórios e a geração de um parâmetro chamado custo operacional que tem maior peso sobre a decisão do laboratório escolhido. Portanto, este trabalho pode contribuir para uma melhor escolha considerando parâmetros primordiais para a eficiência e eficácia do acesso remoto aos LAR's, a utilização dos LAR's de outras instituições, a diminuição do tempo de espera do aluno em executar seus experimentos e em formar uma rede de compartilhamento de laboratórios da linha MPS.

Palavras-chaves: LAR, Seleção, Mecatrônica, RDP

Abstract

The use of the Remote Access Laboratories will be applied in the work, specifically in the use of the plants of the discipline MPS (Modular Production System) for the execution of the practical activities of the students of the area of Mechatronics. From this conception an automatic selection system was implemented that registers institutions that wish to share their laboratories with the students who will test their experiments. For institutions to have a RAL (Remote Access Remote) registered in this system is necessary a laboratory with a computer and monitoring camera with broadband internet access, in addition to a programmable logic controller to perform commands in the plant process of the MPS line. With the registration made the student must install the software of his platform that was built to give access to the RALs making a connection through the RDP (Remote Desktop Protocol) protocol to the environment chosen by the system. This selection happens through an algorithm that verifies the characteristics of each laboratory to choose the best environment for the execution of the student activity, when the RAL was chosen it is possible to program the controller of the experiment, simulate or execute its application in the didactic plan, besides visualizing the video of the process in operation. The selection of laboratories of this system happens by verifying the conditions of each environment, if it is active or inactive, occupied or free and if the didactic plan is in agreement with the student experiment, after analyzing these conditions of the laboratory, the quantity of students and the state of internet connection to be able to choose the best space of experiments for the student. This selection process resulted in the creation of an equation of choice to efficiently search the laboratory, optimize the use of laboratories, and generate a parameter called operational cost that weighs more heavily on the decision of the chosen laboratory. Therefore this work can contribute to a better choice considering the main parameters for the efficiency and effectiveness of remote access to RALs, the use of RALs from other institutions, the reduction of the student's waiting time in performing their experiments and forming a network sharing of laboratories in the MPS line.

Keywords: RAL, Select, Mecatronics, RDP

Lista de Siglas

CLP	Controlador Lógico Programável
FPGA	<i>Field Programmable Gate Array</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IPX	<i>Internetwork Packet Exchange</i>
ISDN	<i>Integrated Service Digital Network</i>
LAR	Laboratório de Acesso Remoto
MPS	Sistema Modular de Produção
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
RDP	<i>Remote Desktop Protocol</i>
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
UFAM	Universidade Federal do Amazonas
WEB	Rede de Computadores de Alcance Mundial

Lista de Figuras

Figura 1 – Planta didática distribuição da linha MPS	17
Figura 2 - Proposta comercial da planta didática	18
Figura 3 - Exemplo de um Laboratório de Acesso Remoto.	21
Figura 4 - Pilha de protocolos do RDP	22
Figura 5 - Fluxo de um programa em C#	24
Figura 6 - Tela de desenvolvimento do Visual Studio 2013	25
Figura 7 - Algoritmo Guloso genérico	26
Figura 8 - Estrutura do framework Yii	27
Figura 9 – Visão geral do sistema.	34
Figura 10 - Elementos do LAR	35
Figura 11 - Controladores que podem ser implantados no LAR.....	36
Figura 12 – Elementos da plataforma do aluno.....	37
Figura 13 – Diagrama de atividade para a escolha do aluno.....	41
Figura 14 - Arquitetura do Sistema.	43
Figura 15 - LAR da UFAM.....	45
Figura 16 - Agendador de tarefas do Windows.....	48
Figura 17 - Custos calculados pelo módulo de custo	50
Figura 18 - Interface gráfica do módulo do servidor.....	51
Figura 19 - Diagrama de atividades do módulo do servidor	52
Figura 20 - Planta didática <i>puching</i>	53
Figura 21 - Ambiente de programação do aluno.....	54
Figura 22 - CLP CPX-CEC.....	55
Figura 23 - Imagem do processo didático capturado pela câmera	56
Figura 24 - Função de <i>login</i> plataforma do aluno	57
Figura 25 - Telas de <i>login</i> e interface do aluno.....	57

Figura 26 - Tela de exercícios do aluno	58
Figura 27 - Tela de envio de tarefa e função utilizada para fazer upload do arquivo	59
Figura 28 - Fluxo de escolha do processo	60
Figura 29 – Desenvolvimento para a escolha dos laboratórios	61
Figura 30 - Tela de conexão pelo RDP	62
Figura 31 - Tela de visualização da câmera	63
Figura 32 - Página inicial site do sistema.....	64
Figura 33 - Dados do cadastro do aluno.....	65
Figura 34 - Dados de cadastro do laboratório	65
Figura 35 - Ferramenta para geração do modelo de códigos para o banco de dados	66
Figura 36 - Tabelas do banco de dados do sistema	67
Figura 37 - Ambiente de teste	69
Figura 38 - Banco de dados antes da conexão do exemplo de aplicação	71
Figura 39 - Banco de dados depois da conexão do exemplo de aplicação.....	71
Figura 40 - Tela de resposta 1	72
Figura 41 - Banco de dados antes da seleção do laboratório.....	73
Figura 42 - Banco de dados depois da seleção do laboratório	73
Figura 43 - Tela de resposta 2	74
Figura 44 - Teste de condições elementares para a equação de seleção	75
Figura 45 - Teste de variação da quantidade de alunos nos laboratórios	76

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Comparativo entre trabalhos	31
Tabela 2 - Exemplo de cadastro da Instituição.....	39
Tabela 3 - Exemplo de cadastro do aluno	39

Sumário

Capítulo 1- Introdução	14
1.1 Motivação.....	15
1.2 Objetivos	19
1.2.1 Objetivo Geral	19
1.2.2 Objetivos Específicos.....	19
1.2.3 Estrutura da dissertação.....	19
2.1 Fundamentos Teóricos	20
2.1.1 Laboratórios de Acesso Remoto (LAR).....	20
2.1.2 Remote Desktop Protocol (RDP)	21
2.1.3 Linguagem de Programação C#	23
2.1.4 Algoritmos Gulosos.....	25
2.1.5 Framework Yii(Yes It Is).....	26
2.2 Trabalhos Relacionados	28
2.2.1 Comparação entre os trabalhos relacionados	30
2.6 Conclusão	32
Capítulo 3 – Concepção da Solução.....	33
3.1 Concepção geral	33
3.2 Laboratório de Acesso Remoto - LAR.....	35
3.2.1 Computador do LAR.....	35
3.2.2 Planta didática	36
3.2.3 Controlador da planta.....	36
3.2.4 Câmera	37
3.3 Plataforma do Aluno	37
3.4 Elemento Gerenciador.....	38
3.4.1 Plataforma Web.....	38

3.4.2 Módulo de custo	39
3.4.3 Módulo do Aluno	40
3.5 Descrição da Comunicação entre os elementos do sistema.....	41
3.3 Conclusão	43
Capítulo 4 – Implementação do Sistema Proposto.....	45
4.1 Implementação do Laboratório de Acesso Remoto - LAR	45
4.1.1 Computador do LAR.....	46
4.1.2 Módulo de custo	47
4.1.3 Módulo do servidor	50
4.1.4 Planta didática	53
4.1.5 Controlador da planta.....	54
4.1.6 Câmera	55
4.2 Plataforma do Aluno	56
4.3 Elemento Gerenciador.....	63
4.3.1 Site do sistema.....	63
4.3.2 Banco de dados.....	66
4.4 Conclusão	67
Capítulo 5 – Exemplo de aplicação, Testes e Avaliações do Sistema.....	69
5.1 Descrição do Ambiente de Teste.....	69
5.2 Exemplo de Aplicação	70
5.2.1 Avaliação do Exemplo de Aplicação	74
5.3 Descrição dos Testes	74
5.3.1 Avaliação dos Testes.....	76
5.5 Conclusão	77
Capítulo 6 – Considerações Finais	78
Referências.....	80
ANEXO A - Proposta Comercial N. 0926/2010 da empresa Festo	83

Capítulo 1- Introdução

A educação vem sofrendo inúmeras modificações sobre a questão do método de ensino e aprendizagem nas salas de aula. Um desses métodos é o ensino a distância, na qual a tecnologia é a grande responsável por este desenvolvimento de forma rápida e atrativa para os alunos (FRIEDMAN & DEEK, 2003). A utilização de novas ferramentas vai alavancando o ensino, principalmente porque a internet já traz inúmeros conceitos teóricos para qualquer assunto buscado, então as novas gerações querem maneiras de entender os conteúdos de forma concreta enxergando a solução do problema ou a utilidade prática do mesmo.

Neste trabalho será mostrado um importante elemento que contribuirá com o aprendizado dos estudantes, especialmente aqueles da área de engenharia porque necessitam utilizar laboratórios para comprovar o aprendizado de conceitos teóricos. Este elemento é um sistema de seleção automático para laboratórios de acesso remoto da área de mecatrônica que visa procurar ambientes mecatrônicos da linha MPS (*Modular Production System*) disponíveis para o aluno utilizar no momento de praticar seus experimentos.

Com esse sistema será possível o compartilhamento de laboratórios por instituições de ensino com o objetivo de estabelecer uma rede de conhecimento, dando uma alternativa para as escolas, faculdades e universidades que querem desenvolver uma formação integral compartilhando os custos e investimentos de máquinas e equipamentos.

Este sistema oferece um *site* para o cadastro de alunos e instituições. Com esse cadastro as instituições terão seus ambientes disponibilizados e os alunos poderão acessá-los. O sistema de seleção possui três componentes: o LAR (Laboratório de Acesso Remoto), a plataforma do aluno e o elemento gerenciador. O LAR é o responsável por receber os experimentos dos alunos, a plataforma dar acesso ao desenvolvimento dos experimentos criados pelo aluno e o elemento gerenciador fica responsável por guardar os dados manipulados pelo sistema.

A seleção de laboratórios deste sistema acontece por meio de um algoritmo que verifica as condições de cada ambiente, se está ativo ou inativo, ocupado ou livre e se a planta didática está de acordo com o experimento do aluno, após analisar estas condições do laboratório, ainda são examinadas a quantidade de alunos e o estado de conexão com a internet para poder escolher o melhor espaço de experimentos para o estudante.

Para a implantação deste trabalho foi utilizado como exemplo de aplicação o processo didático de injeção de moedas da linha MPS (Sistema Modular de Produção) da empresa FESTO para ser a planta didática do LAR, onde estes equipamentos foram alocados nas instituições: UFAM (Universidade Federal do Amazonas) e SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), onde o estudante pode ser direcionado para um ambiente ou outro de acordo com a equação de seleção do sistema.

1.1 Motivação

A Meta 2.11 do Projeto de Lei do Plano Nacional de Educação (PNE – 2011/2020) sugere a utilização pedagógica das tecnologias da informação e da educação. Percebe-se então que a junção da tecnologia digital com os recursos da telecomunicação, a qual origina a internet, evidencia diversas possibilidades de ampliar o acesso à educação.

O avanço de novas formas que tornem eficazes o ato de ensinar e aprender fortificam o modelo de Educação à distância que para Moran (2002) é o processo de ensino e aprendizagem mediado por tecnologias que facilitam o intercâmbio do conhecimento, no qual o estudante tem a flexibilidade do estudo, no conforto de seu lar e pode desenvolver suas atividades de acordo com o próprio ritmo de estudo.

Diante desse contexto, as características da educação a distância, especialmente a flexibilização do tempo e a utilização de ferramentas como softwares que auxiliam tanto os alunos quanto os professores a desenvolverem juntos o ato de ensinar e aprender, foram motivadoras para a proposta inicial deste trabalho, pois elas permitem o desenvolvimento de novas formas de raciocínio e percepções de temporalidade e localidade.

A flexibilização do tempo acontece devido à educação a distância permitir ao aluno administrar seu próprio ritmo de estudo de qualquer lugar com acesso à internet. Essa flexibilização aliada a tecnologia tem alavancado diversas estratégias de ensino para melhorar a qualidade e velocidade de aprendizagem do aluno, logo, observou-se que a utilização do tempo flexibilizado para explorar o máximo potencial das interatividades que envolvem a teoria aplicado a prática é uma importante estratégia educacional, principalmente nos cursos de engenharia.

A utilização de ferramentas tecnológicas na educação a distância tem como benefícios menores custos de instalação e a participação dos alunos na sala de aula de qualquer lugar que

eles estejam, seja de casa ou do escritório, utilizando seus computadores pessoais (PERDUKOVA&FEDOR, 2011).

MAIA (2002) avaliou itens de simuladores físicos e virtuais com o propósito de propiciar uma forma de aprendizagem em que parte se dar em laboratórios físicos e em laboratórios virtuais, tendo em vista que ambas partes estão inseridas no processo de ensino a distância.

Conforme pesquisa realizada por Agustín et. al. (2016) os laboratórios remotos e virtuais são temas frequentemente pesquisados por muitos anos no estado da arte porque eles desencadeiam diversas questões no processo de ensino e aprendizagem. O motivo da proposta deste trabalho está voltada para os experimentos remotos no intuito de desenvolver uma ferramenta que incentive a prática do estudo a distância.

Uma das questões recorrentes na pesquisa do estudo a distância é a utilização da tecnologia, Marchezan, Chella e Ferreira afirmam que

Ao associar a tecnologia da rede Internet com os instrumentos baseados em computador criam-se meios para o desenvolvimento de ambientes de aprendizado nos quais o aprendiz pode se envolver remotamente em atividades laboratoriais convencionais como se estivesse presente fisicamente no laboratório (2004, p.2).

Percebe-se que a maior parte dos experimentos remotos é voltada aos cursos de engenharia, especialmente a área de mecatrônica na qual os estudantes necessitam praticar processos reais utilizados na indústria para facilitar o seu processo de aprendizagem.

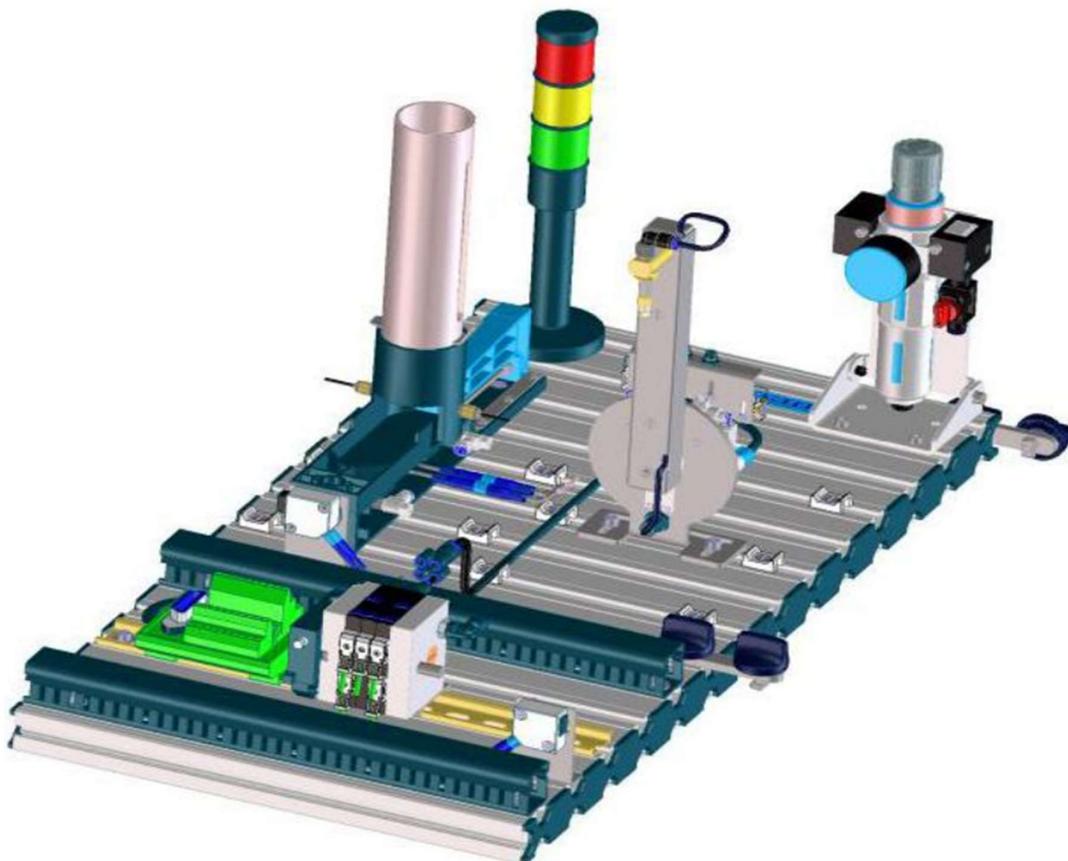
Nota-se que as atividades de experimentos nas áreas de automação e robótica são motivadoras para o ensino conforme afirmam Álvares e Ferreira:

Experimentos interativos em plantas/sistemas reais motivam os estudantes e também desenvolvem uma abordagem de resolução de problemas reais de Engenharia. Desta forma o ensino na área de Automação da Manufatura e Robótica e de muitas outras áreas das Engenharias requer, obrigatoriamente, atividades de laboratório que deverão ser executadas/ministradas de forma presencial ou sob a óptica do Ensino a Distância (EAD) através de mecanismos e metodologias que viabilizem a sua execução de forma remota, e para isto é fundamental a disponibilidade de laboratórios que permitam a realização de experimentos remotos (2015, p.2).

Dessa forma, a utilização de laboratórios na área de mecatrônica tornou-se o segundo ponto motivador deste trabalho, pois, de acordo com Shyr (2009), o laboratório é uma ferramenta potencial para todas as instituições, no entanto apresenta custos significativos e espaços físicos consideráveis.

Os laboratórios da área de mecatrônica utilizam plantas didáticas que motivam o aluno a prática de suas atividades. As plantas favorecem um aprendizado mais ativo do estudante, facilitando sua compreensão de conceitos teóricos que são abordados durante o processo de ensino. Pode-se observar a utilização dessa ferramenta didática na Figura 1.

Figura 1 – Planta didática distribuição da linha MPS



Fonte: Adaptada do Anexo A (2010).

A planta didática exibida na Figura 1 é chamada planta de distribuição e compõe a linha MPS, a qual é usada para prática de alunos da área de mecatrônica. Estima-se que o custo da unidade dessa planta tem o investimento de R\$ 36.550,00 (trinta e seis mil, quinhentos e cinquenta reais) de acordo com a proposta comercial ilustrada na Figura 2, N°0926/2010 (ANEXO A) dado pela empresa FESTO.

Figura 2 - Proposta comercial da planta didática

Investimentos

Quantidade: 01 (Um)

Preço Unitário: R\$ 36.550,00

Descontos Especiais

Para as escolas participantes do WorldSkills 2010, estamos concedendo os seguintes descontos especiais:

Preço Unitário: R\$ 24.854,00



Fonte: Adaptada do Anexo A (2010).

Percebe-se, com a Figura 2, que para as instituições de ensino tecnológico enfrentarem a situação de altos investimentos em laboratórios, devem traçar estratégias para que o aluno possa ter contato com a prática de máquinas, equipamentos e softwares da realidade industrial. Logo, a implantação de Laboratórios de Acesso Remoto (LAR) é umas das soluções encontradas para as escolas e universidades, especialmente na área de mecânica, executarem práticas com os alunos. Assim, com esse tipo de estratégia tornar-se possível compartilhar ambientes tanto virtuais quanto físicos e o custo na utilização dos instrumentos e equipamentos podem ser divididos entre todos os usuários.

Como último elemento motivador deste trabalho foram realizados estudos para criação de um sistema que procure LAR's disponíveis, no momento em que o aluno desejar testar suas experiências no menor tempo possível de escolha, onde LAR's são ferramentas de hardware e software que permitem ao aluno a utilização dos recursos reais de um ambiente experimental através do acesso remoto (ORDUÑA, 2015). Para que aconteça a utilização desses laboratórios é necessário que eles estejam disponíveis, ativos e que possuam infraestrutura para a prática dos alunos.

Diante desse contexto foram apresentados os principais pontos que motivaram a concepção deste trabalho, sendo o de maior relevância o custo de instalação e manutenção para realizar as práticas presenciais executadas pelos alunos dentro dos laboratórios das instituições de ensino.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Propor um sistema de seleção inteligente que permite o acesso remoto em ambientes didáticos da área de mecatrônica por meio de um mecanismo de escolha automática entre laboratórios físicos de localidades diferentes.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar e analisar sistemas de laboratórios existentes na literatura envolvendo a área de mecatrônica;
- Desenvolver uma sistema de cadastro para os laboratórios e alunos que desejam se cadastrar no sistema;
- Implementar uma interface gráfica para a navegação e utilização das ferramentas do aluno;
- Propor e construir um mecanismo que gerencie a escolha automática dos laboratórios a serem utilizados pelo aluno;
- Obter os resultados da utilização do sistema de escolha automático em instituições de ensino de localidades diferentes;
- Identificar melhorias para o sistema de gerenciamento com sugestões de trabalhos futuros.

1.2.3 Estrutura da dissertação

Essa dissertação está dividida em 6 capítulos, incluindo o capítulo introdutório:

- No **capítulo 2** são apresentados os fundamentos teóricos que envolvem as tecnologias utilizadas no desenvolvimento deste trabalho e uma avaliação dos trabalhos relacionados em relação aos objetivos desta dissertação.

- No **capítulo 3** é apresentado o sistema proposto que está dividido em: concepção, plataforma do aluno, Laboratório de Acesso Remoto, elemento gerenciador e conclusão.

- No **capítulo 4** mostra como foi a implementação do sistema proposto, quais foram as etapas utilizadas, o algoritmo de seleção e os softwares utilizados pelo sistema.

- No **capítulo 5** é apresentado a avaliação do sistema proposto.

- No **capítulo 6** são apresentados as considerações finais desta dissertação.

Capítulo 2 – Fundamentos e Trabalhos Relacionados

Neste capítulo são mostrados os fundamentos teóricos que envolvem as tecnologias utilizadas no processo de desenvolvimento deste trabalho e posteriormente uma avaliação de trabalhos selecionados em periódicos nacionais e internacionais relacionados aos objetivos desta dissertação. A busca por estes trabalhos foi realizada para entender melhor os sistemas de seleção existentes para laboratórios da área de mecânica e como é possível solucionar a problemática de alunos que desejam utilizar estes ambientes tecnológicos para explorar seus conhecimentos, mas devido seus custos elevados muitas instituições de ensino não possuem estes instrumentos de aprendizagem. As tecnologias que ajudam na concepção de um sistema de seleção automática são elencadas nas próximas subseções junto a construção de uma tabela comparativa entre os trabalhos aqui estudados.

2.1 Fundamentos Teóricos

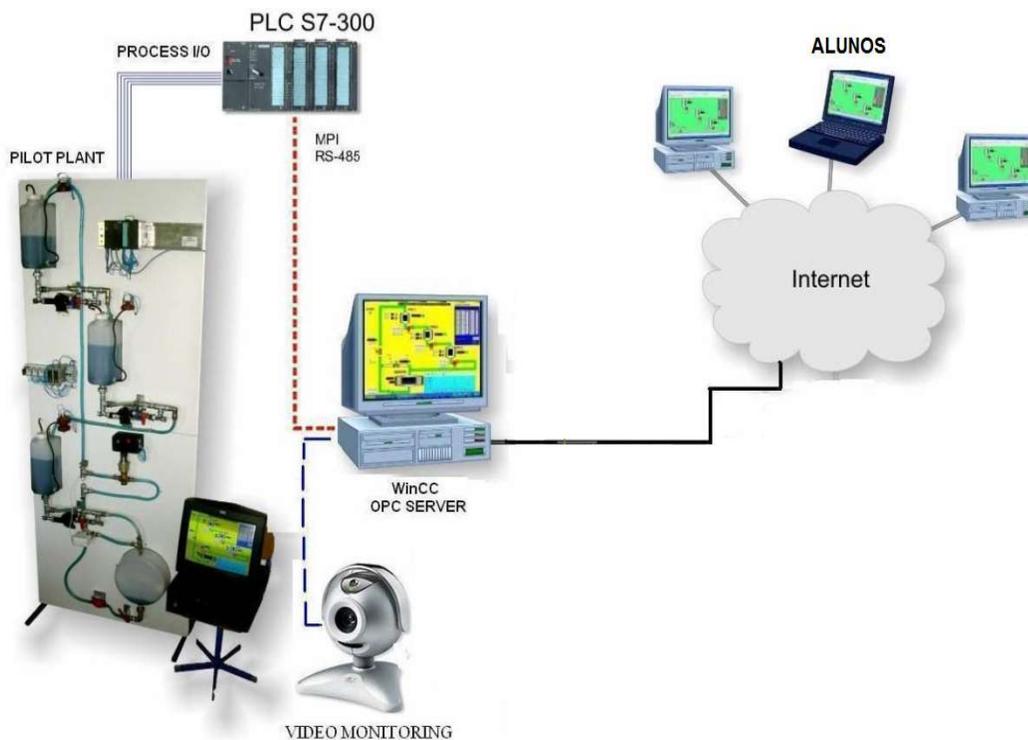
Para melhor entender o sistema proposto nesta dissertação são apontados alguns fundamentos teóricos e tecnologias que estão presente ao longo da evolução deste trabalho. Os conceitos que serão abordados são: Laboratórios de Acesso Remoto, protocolo RDP (*Remote Desktop Protocol*), Linguagem de Programação C#, Algoritmos Gulosos e o Framework YII (*Yes It Is*).

2.1.1 Laboratórios de Acesso Remoto (LAR)

Os LAR's ou também chamados de LR's são ferramentas de software e hardware que permitem aos estudantes acessar remotamente um experimento real que está conectado à internet (DZIABENKO, GARCÍA-ZUBIA & ÂNGULO, 2012), onde Laboratórios Remotos (LR) ou *online* podem ser do tipo físico e do tipo virtual ou simulados segundo Avila, Amaral e Tarouco (2013). Nesta dissertação será utilizado o termo LAR para designar laboratórios de

acesso remotos com equipamentos físicos, permitindo que o aluno possa visualizar o seu experimento sendo executado em tempo real, pois normalmente os LAR's possuem câmeras para visualização das experiências e um computador que processa os dados do experimento. Como exemplo é apresentado na Figura 3 a concepção dos componentes de um LAR.

Figura 3 - Exemplo de um Laboratório de Acesso Remoto.



Fonte: Adaptado de SALIHBEGOVIC & TANOVIC (2008).

Observa-se na Figura 3 que há uma planta didática sendo controlada pelo CLP S7-300 da empresa Siemens, onde o processo está sendo monitorado por uma câmera e o computador do laboratório recebe todas as informações para disponibilizar aos alunos por meio da internet.

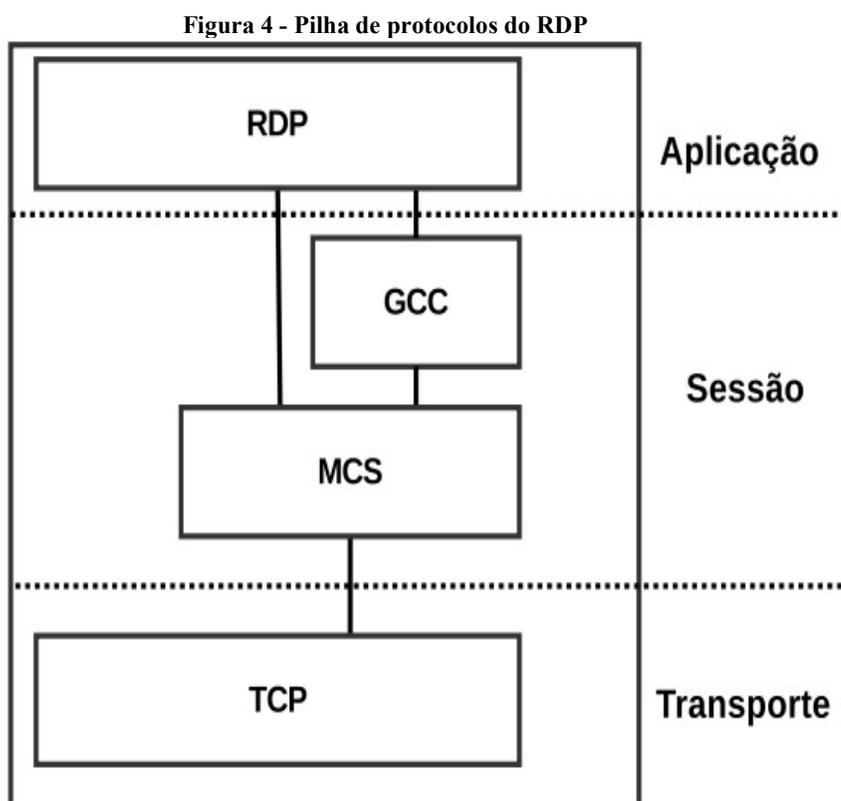
Para compreender como as informações são disponibilizadas para os alunos, na próxima seção é apresentado o protocolo de acesso remoto utilizado neste trabalho.

2.1.2 Remote Desktop Protocol (RDP)

O protocolo RDP (*Remote Desktop Protocol*) é uma tecnologia proprietária da empresa Microsoft, que estende a família T-120 de padrões de protocolos do ITU, este protocolo realiza

a troca de dados entre dispositivos por meio de multicanais e de forma serial, no qual foi criado para dar suporte a diferentes tipos de rede e múltiplos protocolos de rede. A arquitetura básica deste protocolo suporta mais 64000 mil canais para transmissão de dados, além de ser concebido para operar com várias tecnologias como os protocolos de rede ISDN, IPX, NetBIOS e TCP/IP, as versões mais recentes utilizam apenas TCP/IP (MICROSOFT, 2017). Para uma melhor compreensão, observa-se na Figura 4 que a pilha do protocolo RDP possui a composição dos seguintes componentes:

- a. MCS (*Multipoint Communication Service*): controla os níveis de prioridade, atribuição de canais e a segmentação de dados enviados
- b. GCC (*Generic Conference Control*): implementa e controla as seções, onde acontece o controle de conexões e desconexões, além de controlar os recursos fornecidos pelo MCS. O GCC utiliza o serviço de transporte do TCP/IP através do modulo Tdtcp.sys e o módulo que coordena e gerencia as atividades do protocolo RDP é o Wdtshare.sys (FALVO, 2014).



Fonte: FALVO (2014).

O protocolo RDP possui características que se relacionam de acordo com suas funcionalidades. Estas são:

- a. **Cores:** suporte a 24 bits de cores, dando uma paleta de 16,7 milhões de cores. (8, 15 e 16 bits de cor também são suportados.);
- b. **Segurança:** criptografia de 128 bits, usando o algoritmo de criptografia RC4. (Esta é a segurança padrão, clientes mais antigos podem usar criptografias menos fortes.);
- c. **Áudio:** permite que usuários executem um programa de áudio no computador remoto e ter o som redirecionado ao computador local;
- d. **Arquivos:** permite que se use arquivos locais na máquina remota;
- e. **Impressora:** permite que os usuários usem suas impressoras locais na sessão; remota como se fosse uma impressora local ou compartilhada na rede;
- f. **Comunicação:** permite que programas rodando dentro da sessão acessem portas locais seriais e paralelas diretamente;
- g. **Área de Transferência:** pode ser compartilhada entre os dois computadores.

Na próxima seção será explanado sobre a linguagem utilizada para o desenvolvimento deste sistema de seleção automática.

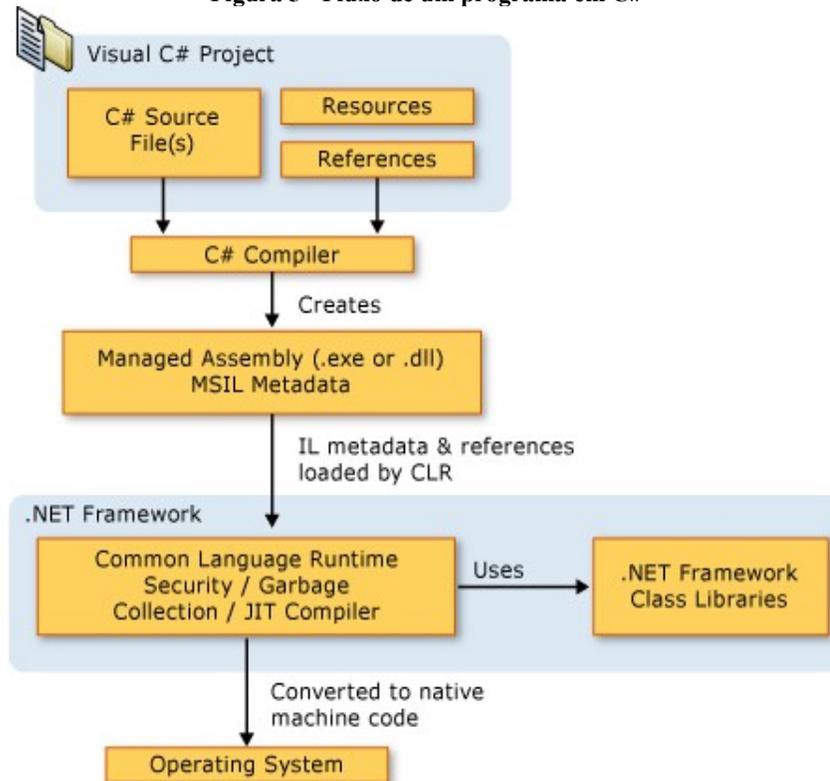
2.1.3 Linguagem de Programação C#

C# (*CSharp*) é uma linguagem de programação orientada a objetos desenvolvida pela *Microsoft* como parte da plataforma .Net, foi especialmente construída com a base da linguagem C++, mas sofreu influências de outras linguagens ao logo da sua construção. C# é usado para o desenvolvimento de aplicações para o sistema operacional Windows (aplicativos, serviços Web, aplicativos cliente-servidor, interações com banco de dados e outros). A sintaxe desta linguagem é altamente expressiva, simples e reconhecível para qualquer programador que já trabalhou com as linguagens C e C++.

A arquitetura para programas em C# são executadas no .Net *Framework*, o Windows possui um componente integral que inclui um sistema virtual chamado CLR (*Common Language Runtime*) e bibliotecas padronizadas de classes. A CLR nada mais é do que um padrão comercial, criado pela *Microsoft*, da CLI (*Common Language Infrastructure*), um padrão internacional de desenvolvimento, onde as linguagens e bibliotecas tem suas funcionalidades integradas. Por isso toda vez que um código-fonte é escrito em C#, acontece uma compilação numa linguagem intermediária (IL) e juntamente com os caracteres e bitmaps

são transformados em *assembly* (normalmente um arquivo .exe ou .dll), quando o programa é executado carrega-se o *assembly* no CLR e então o CLR executará a compilação JIT (*just in time*) para converter o código IL em instruções nativas da máquina, como mostra o diagrama da Figura 5(MICROSOFT, 2015).

Figura 5 - Fluxo de um programa em C#



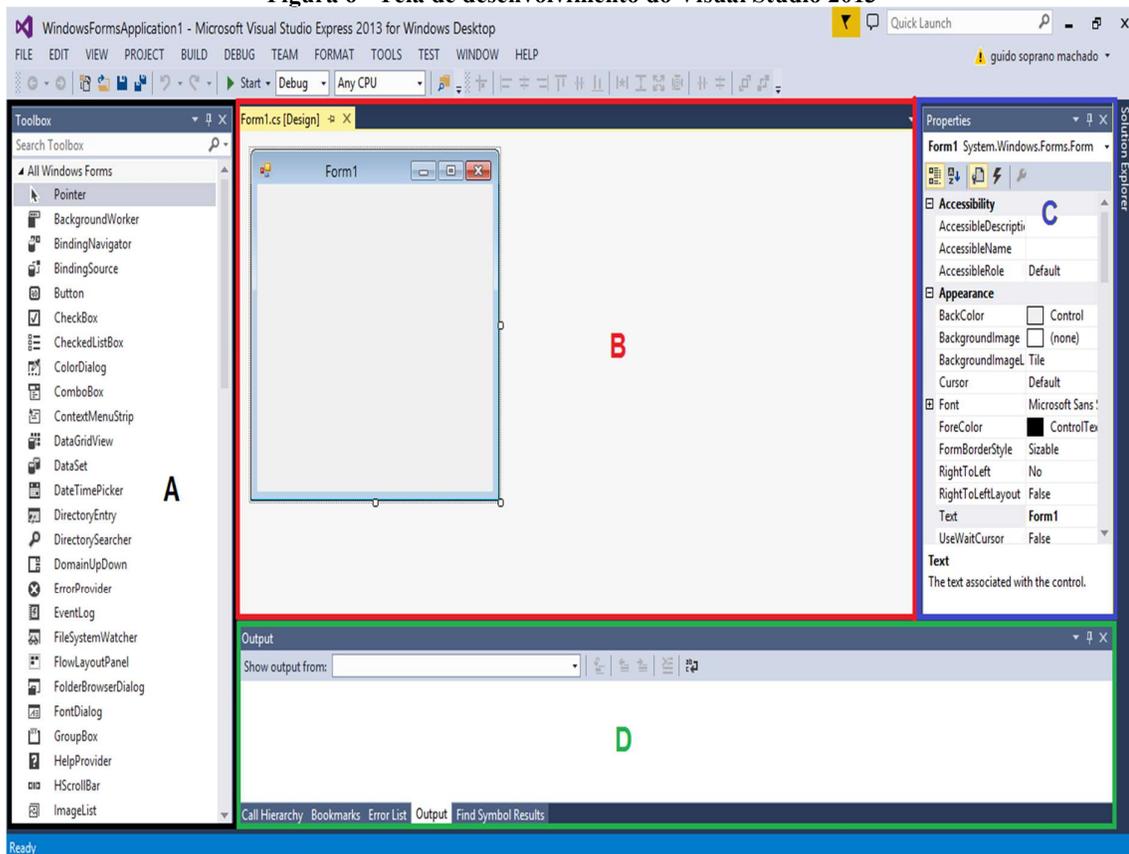
Fonte: <https://docs.microsoft.com/pt-br/dotnet/csharp/getting-started/introduction-to-the-csharp-language-and-the-net-framework>.

A C# é um poderoso instrumento de programação tendo como principal ambiente de desenvolvimento o programa *visual studio* da Microsoft, com este ambiente é possível programar em outras linguagens além do C# e ter diversas ferramentas prontas para serem integradas com programas Windows através de objetos gráficos disponibilizados pelo ambiente. Na Figura 6 é apontado algumas partes desse ambiente de programação marcados com os seguintes itens:

- A. **Toolbox:** onde é encontrado os elementos gráficos para criação de janelas do padrão Windows.

- B. Área de desenvolvimento:** espaço onde são desenvolvidos tanto as interfaces gráficas quanto os códigos-fonte.
- C. Propriedades dos objetos:** área onde são encontrados todas as propriedades de um objeto gráfico, por exemplo altura do botão ou o nome que ele vai receber no código-fonte.
- D. Monitor de saída:** espaço onde são exibidos os erros de compilação, avisos de perigos e chamada hierárquica dos arquivos.

Figura 6 - Tela de desenvolvimento do Visual Studio 2013



Fonte: próprio autor.

2.1.4 Algoritmos Gulosos

O algoritmo guloso é um método bastante poderoso e funciona muito bem para uma ampla faixa de problemas, pois sempre faz a melhor escolha no momento atual (CORMEN et al, 2012). Esses algoritmos são tipicamente usados para solucionar problemas de otimização, um exemplo é o algoritmo do grafo que escolhe a aresta mais promissora em qualquer instante

e nunca reconsidera a decisão. A Figura 7 apresenta um pseudocódigo genérico de um algoritmo guloso, onde um conjunto S inicializa vazio, logo após inicia uma função de seleção que a cada etapa de interação é verificado o melhor candidato de acordo com a função objetiva de decisão. A seleção termina quando todos os candidatos são verificados e é encontrado a melhor solução.

Figura 7 - Algoritmo Guloso genérico

```

Function Guloso (C: conjunto): Conjunto;
{C: conjunto de candidatos}
begin
  S := 0; {S contem conjunto solucao}
  while (C  $\diamond$  0) and not solucao (S) do
    begin
      x := seleciona (C);
      C:= C - x;
      if viavel (S + x) then S := S + x;
    end;
  if solucao (S) then return (S) else return ('Nao existe solucao');
end;

```

Fonte: ZIVIANI (2013).

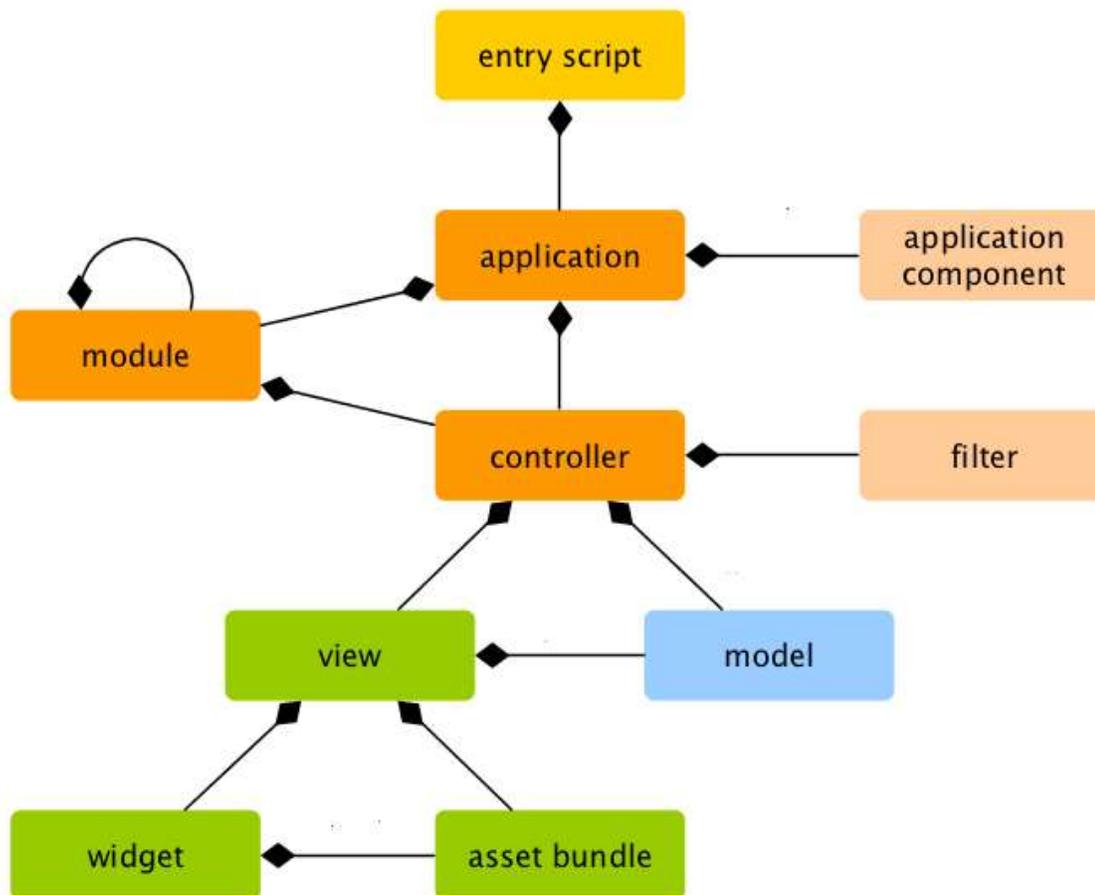
2.1.5 Framework YII(Yes It Is)

O YII é um framework para a linguagem PHP que oferece um desenvolvimento rápido, simples e moderno para aplicações web, seus desenvolvedores relatam que é o melhor framework, pois oferece uma arquitetura robusta para aplicações em larga escala e tem alta performance para todos os tipos de aplicações web.

O YII apresenta uma organização de códigos com o padrão de MVC (*Model View Controller*), escritos de maneira simples e elegante, não segue muitos padrões de design, possui construtores de consulta, *ActiveRecord* para banco de dados relacionais e NoSQL, suporte de armazenamento em cache de várias camadas, podendo substituir quase todas as partes do código do núcleo e sempre com alto desempenho (YII FRAMEWORK, 2018).

Na Figura 8 é exposto a estrutura de uma aplicação do framework YII.

Figura 8 - Estrutura do framework Yii



Fonte: Adaptada de www.yiiframework.com/doc-2.0/guide-start-workflow.html.

Cada aplicação possui um script de entrada web `index.php` que é o único script PHP acessível na Web no aplicativo. O script de entrada recebe uma solicitação e cria uma instância de aplicativo para lidar com ela. O aplicativo resolve o pedido com a ajuda de seus componentes e envia a solicitação para os elementos do MVC. *Widgets* são usados nas visualizações para ajudar a criar elementos de interface de usuário complexos e dinâmicos.

A grandiosa facilidade deste framework é geração das configurações de banco de dados na plataforma *phpmyadmin* utilizando uma ferramenta interna chamada de Gii, esta ferramenta é capaz de gerar os códigos-fonte do CRUD (*Create, Read, Update e Delete*) e os modelos necessários para a integração com o banco de dados.

2.2 Trabalhos Relacionados

Os trabalhos apresentados nesta seção foram selecionados por tratarem da conexão, seleção e gerenciamento dos LAR's, a contribuição da tecnologia envolvida em cada trabalho foi de fundamental importância para esta dissertação.

Em Maia (2002) é proposta uma ferramenta de aprendizagem de Automação e Controle discreto utilizando a modalidade de ensino à distância como o objetivo de melhorar o aprendizado prático. Foi apresentada a análise das características dos simuladores físicos e virtuais, baseado nessas características foi desenvolvido uma interface de acordo com um simulador físico, onde esta interface proporcionava simulações para programação de tarefas simples como a de partida de motores trifásicos. A contribuição deste trabalho foi a verificação dos itens dos simuladores físicos que melhoram o aprendizado do aluno, com isso foi evidenciado os itens relevantes para fazer parte deste sistema.

Shyr (2009) descreve um laboratório físico com uma planta mecatrônica que pode ser visualizado por uma câmera IP e tem um servidor web para embarcar o programa no CLP vindo de qualquer estudante com acesso à internet. Neste trabalho foi apresentado uma metodologia de teste para verificar se esta ferramenta ajuda os alunos no desenvolvimento do aprendizado, para isso foi dividido uma turma em dois grupos: um grupo não usou a ferramenta e o outro sim, após um teste foi constatado que as melhores notas saíram do grupo que utilizou a ferramenta. A contribuição de Shyr (2009) foi o resultado dos testes realizados com alunos com isso motivou a criação de ferramentas que podem melhorar o aprendizado, além da possibilidade de serem compartilhadas por instituições de ensino.

Sulani e Angel (2010) apresentaram no artigo *Programación a Distancia del PLC Simatic S7-300 para Realizar Prácticas Virtuales en Ingeniería*, a utilização do CLP S7-300 com variáveis controladas por rede em práticas virtuais com sistema supervisório, onde foram realizadas três atividades virtuais e uma prática usando um equipamento físico. Para a programação do aluno a distância foi utilizado um programa chamado escritório remoto que dar a possibilidade de um conexão remota para o servidor interligado ao CLP com uma planta hidráulica de controle de nível. Neste trabalho a ideia de acessar remotamente o computador do laboratório que estava alocado o experimento foi a contribuição para o sistema de seleção automático, pois o ambiente de programação do CLP S7-300 não é gratuito, então para o aluno ter como programar foi utilizado o software de programação do CLP, através do acesso remoto.

Em Perdukova e Fedor (2011), os autores apresentaram a criação de modelos de laboratórios virtuais que possuem uma arquitetura com um único servidor que permite o acesso remoto a 9 (nove) estações de trabalho, onde 4 (quatro) são exclusivos para o modo OFF LINE que realiza simulações e desenvolvimento do programa e os demais são interconectados com as entradas e saídas dos CLP's, pois cada estação tem à disposição uma planta didática de um processo mecatrônico. O elemento relevante foi a sua arquitetura que distribuiu computadores de acesso para alunos que desejavam somente simular suas atividades e computadores que estavam interligados aos experimentos reais.

Mendes e Martins (2014), no artigo *An Internet Remote Laboratory to teach Industrial Automation* descrevem um ambiente que contém um laboratório físico com duas opções ao aprendiz, a primeira é o acesso remoto por meio de uma VPN (*Virtual Private Network*) que possibilita ao aluno se conectar com o computador do laboratório para a utilização do software de programação do CLP e a segunda é a possibilidade de realizar modificações nas variáveis da CPU do CLP S7-1200 através dos comandos AWP (*Automation Web Programming*), esses comandos são providos pela empresa fabricante do CLP, onde o estudante poderá transmitir essas modificações através de páginas na web em HTML para o servidor alocado no ambiente de programação do S7-1200. Para as duas opções é permitido o acesso a webcam que visualiza o funcionamento, esta visualização é realizado por um programa chamado Yawcam. A importância de utilizar uma ferramenta de acesso remoto como uma VPN, demonstrada por Mendes e Martins (2014), para utilizar de todas as ferramentas do computador do laboratório de acesso remoto, foi a colaboração deste do trabalho.

Em Kalúz et al (2015) é apresentado o sistema MHSA (*Multipurpose Hardware and Software Architecture*) que tem como proposta oferecer diversas arquiteturas de laboratórios remotos, para isso foi construído uma interface que pode controlar diversos hardwares inclusive o CLP S7-1200 da empresa Siemens, onde foi demonstrado numa das aplicações o controle de temperatura, neste controle é possível realizar gráficos com a variável de processo, alterar parâmetros e verificar as imagens do processo. Na arquitetura dessa aplicação o computador que normalmente fica interligado ao CLP foi retirado para dar lugar ao INR, servidor que controla a comunicação das variáveis do controlador para a interface na web, onde as variáveis são inseridas num arquivo que é colocado no servidor INR, como se fosse a configuração de *tags* de um sistema supervisório e estas *tags* são responsáveis pelo funcionamento do CLP no processo. Este trabalho também fez uma avaliação da ferramenta junto a um grupo de estudantes que avaliou quatro aplicações para demonstrar sua eficiência nos experimentos, em todos os aspectos avaliados a maioria considerou muito bom e bom as atividades realizadas.

A visão mais completa de uma plataforma de aprendizagem que oferece diversas ferramentas para os alunos e desenvolvedores executarem seus experimentos foi a grande colaboração de Kalúz et al (2015) para este trabalho, pois no sistema MHSA pode ser visto uma flexibilidade entre diferentes arquiteturas, além de ferramentas como a geração de gráficos, gravação de *streams* de vídeo e geração de histórico.

Schauer et al (2015) apresentaram um sistema de gerenciamento para laboratórios de acesso remoto com o objetivo de criar um sistema experimental de escola na internet, este oferece a conexão a laboratórios físicos por meio de um sistema web desenvolvido em *Java Script* para ser uma escola, com isso o aluno possui uma classe virtual, um professor virtual e experimentos individuais que podem ser desenvolvidos na própria plataforma do sistema. A arquitetura construída neste sistema *web* foi a contribuição para o trabalho de seleção automática devido a estrutura de armazenamento de dados dos testes dos experimentos que os alunos realizavam.

Gutiérrez, Fernández e Mantilla (2016) apresentaram uma plataforma de ensino a distância para utilização do laboratório físico da planta de controle do Serviço Nacional de Aprendizagem da Colômbia. Esta plataforma possui um sistema de gestão para controle do horário de acesso, uma interface com aplicação cliente-servidor implementada em PHP para acessar as atividades didáticas, controle de notas e perfil de instrutor, uma câmera para a visualização do processo e uma arquitetura que pode conectar a planta física com CLP's de diferentes modelos e um sistema embarcado, para isso é utilizado um IP público sendo suas conexões gerenciadas por um servidor *Linux* com *IPtable* e um servidor *Windows* para a conexão remota. A conexão física entre uma única planta de controle de automação a três controladores que foram três dois CLP's e um *raspeberry pi*, onde o aluno podia escolher o controlador que iria programar para seu experimento remoto foi o elemento que contribuiu para o desenvolvimento da proposta deste trabalho.

2.2.1 Comparação entre os trabalhos relacionados

Na Tabela 1 é mostrado um resumo das características dos trabalhos relacionados, para um melhor entendimento deste comparativos foram realizados os seguintes questionamentos:

- A. Possui plataforma de Gestão?
- B. Realiza Conexão Remota ao laboratório físico?
- C. Possui câmera para visualização do processo?

- D.** Possui interface gráfica de navegação das ferramentas ao aluno?
- E.** A plataforma possui seleção automática a mais de um laboratório físico em localidades diferentes?

Tabela 1: Comparativo entre trabalhos

	A	B	C	D	E
Maia (2002)	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
SHYR (2009)	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO
SULANI & ANGEL (2010)	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO
PERDUKOVA & FEDOR (2011)	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO
MENDES & MARTINS (2014)	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO
KALÚZ et al (2015)	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO
SCHAUER et al (2015)	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO
GUTIÉRREZ, FERNÁNDEZ & MANTILLA (2016)	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO
ESTE TRABALHO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: Próprio autor.

2.6 Conclusão

Neste capítulo foram apresentados os fundamentos teóricos que envolvem as tecnologias utilizadas no desenvolvimento do sistema de seleção automático e logo em seguida, foram apresentados os elementos relevantes encontrado nos trabalhos relacionados. Os trabalhos relacionados foram selecionados de periódicos nacionais e internacionais, onde alguns destes trabalhos foram inseridos numa tabela com a indicação de algumas perguntas para facilitar o entendimento na comparação das características de todos os trabalhos. A característica de seleção automática dos laboratórios de acesso remoto não foi observada nos demais trabalhos, a partir dessa verificação a última pergunta da Tabela 1 tornou-se o foco desta pesquisa.

No próximo capítulo será apresentado como o trabalho foi pensado conceitualmente, dando origem a concepção para a solução do sistema de seleção.

Capítulo 3 – Concepção da Solução

Neste capítulo é apresentado a concepção deste trabalho, no qual foi planejado para atender os alunos que desejam testar seus experimentos nas plantas didáticas da área de mecatrônica no menor tempo possível. Na seção 3.1 é mostrada a concepção geral do sistema fazendo referência a fundamentação desta solução proposta, na seção 3.2 os componentes do laboratório de acesso remoto são apresentados com o objetivo de entender as suas funcionalidades dentro do sistema, a descrição de cada funcionalidade da plataforma do aluno acontece na seção 3.3, na seção 3.4 será conhecido como é feito o gerenciamento do sistema de acordo com os elementos que o compõem e no item 3.5 há uma descrição completa da comunicação de cada parte do sistema.

3.1 Concepção geral

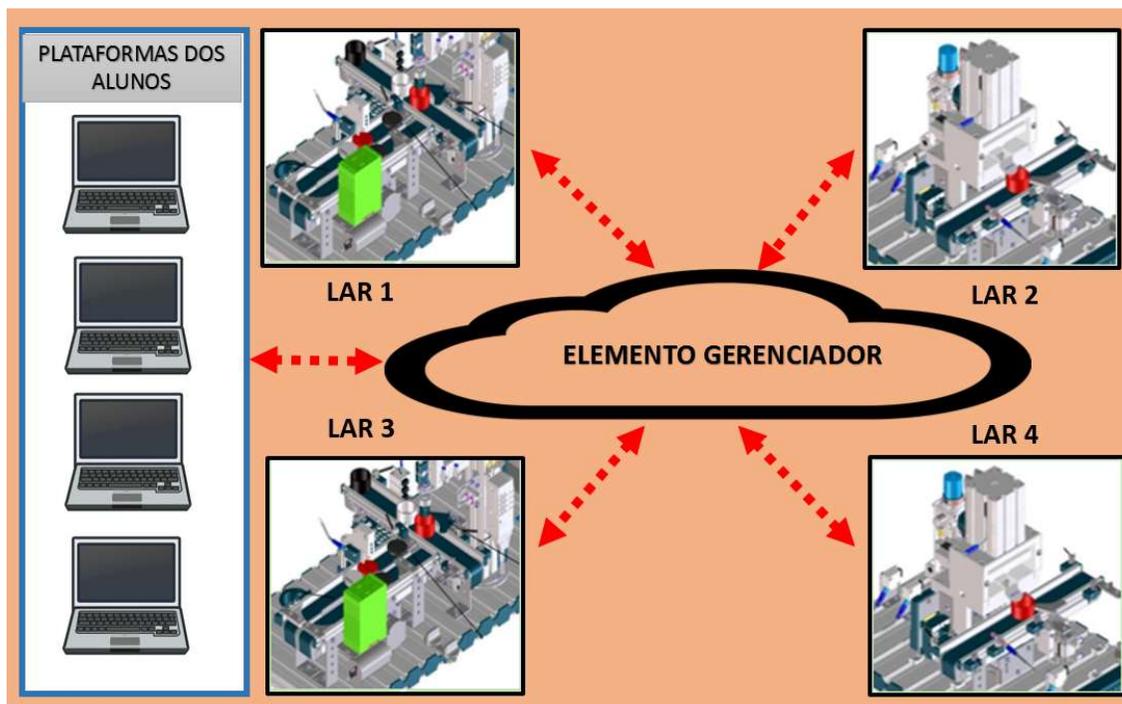
A concepção desse sistema fundamentou-se nos modelos do trabalho de GUTIÉRREZ, FERNÁNDEZ & MANTILLA (2016) e ORDUÑA et al. (2015). GUTIÉRREZ, FERNÁNDEZ & MANTILLA (2016) utilizaram um laboratório de acesso remoto para o estudo de alunos de algumas instituições da América Latina, os estudantes podiam acessar este ambiente de experimentos através de um sistema de gerenciamento que organizava o agendamento e a atividade que o aprendiz desejava praticar, para a concepção deste projeto foi pensado na eliminação da marcação de data e horários para a utilização de laboratórios, para isso foi necessário a criação de um cadastro de laboratórios que possuam a mesma infraestrutura, para que aconteça uma escolha automática entre todos os ambientes cadastrados disponíveis no momento que for solicitado. Portanto, quanto mais ambientes forem cadastrados nesta plataforma, o tempo de espera para a prática do aluno diminui, além de contribuir para a criação de uma rede de compartilhamento de equipamentos tecnológicos entre as instituições envolvidas neste sistema.

No trabalho de ORDUÑA et al. (2015) foi utilizada uma API para realizar a disponibilização de alguns laboratórios de acesso remoto de forma gratuita, para esta dissertação foi proposto que todas as instituições que desejem compartilhar suas plantas

didáticas, devem realizar um cadastro numa página web para fazer parte desta rede, então a partir daí todos os estudantes terão como acessá-lo de acordo com suas necessidades.

O sistema de seleção proposto é composto pelos seguintes elementos: o laboratório de acesso remoto, a plataforma do aluno e o elemento gerenciador. A Figura 9 mostra a visão geral do sistema.

Figura 9 – Visão geral do sistema.



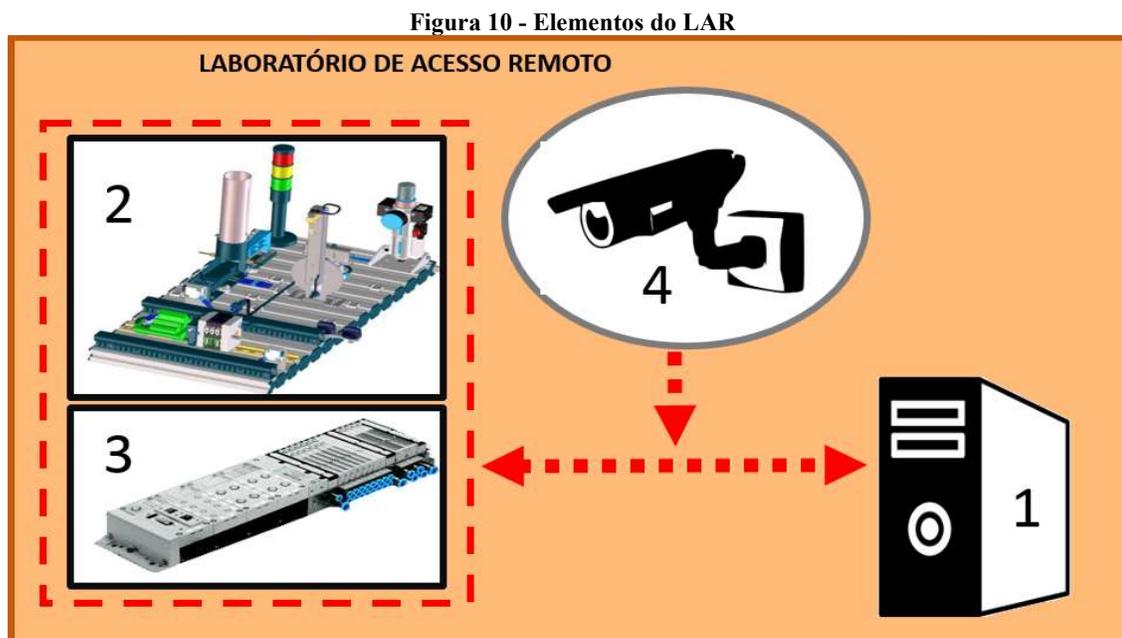
Fonte: Próprio Autor.

Observam-se na Figura 9 notebooks para representar os alunos no sistema proposto que deverão utilizar seus computadores pessoais de qualquer lugar com acesso à internet para conexão com os laboratórios de acesso remoto disponíveis na rede de cadastro do sistema. As setas da Figura 9 indicam o fluxo de comunicação que ocorrerá por meio da autorização do elemento gerenciador.

Nas próximas subseções será apresentado cada componente do sistema, descrevendo suas funcionalidades e características.

3.2 Laboratório de Acesso Remoto - LAR

O componente LAR é um ambiente composto por um computador, uma planta ou experimento didático, um controlador e uma câmera. Os LAR's ficam localizados nas instituições de ensino (escolas, faculdades e universidades) que desejam compartilhar seus equipamentos com este sistema. A Figura 10 apresenta os elementos que fazem parte do LAR.



Fonte: Próprio Autor.

Observa-se que os elementos da Figura 10 são: 1 - computador do LAR, 2 - planta didática, 3 – controlador da planta didática e 4 – câmera IP, onde as setas de fluxo indicam a comunicação entre computador do LAR e os demais elementos. Nas seções seguintes será detalhado cada uma das funcionalidades e características de cada elemento.

3.2.1 Computador do LAR

O computador do LAR tem o papel principal de funcionar como servidor para o acesso remoto dos alunos, mas também é onde será instalado todos os softwares necessários para programar ou simular experiências na planta didática.

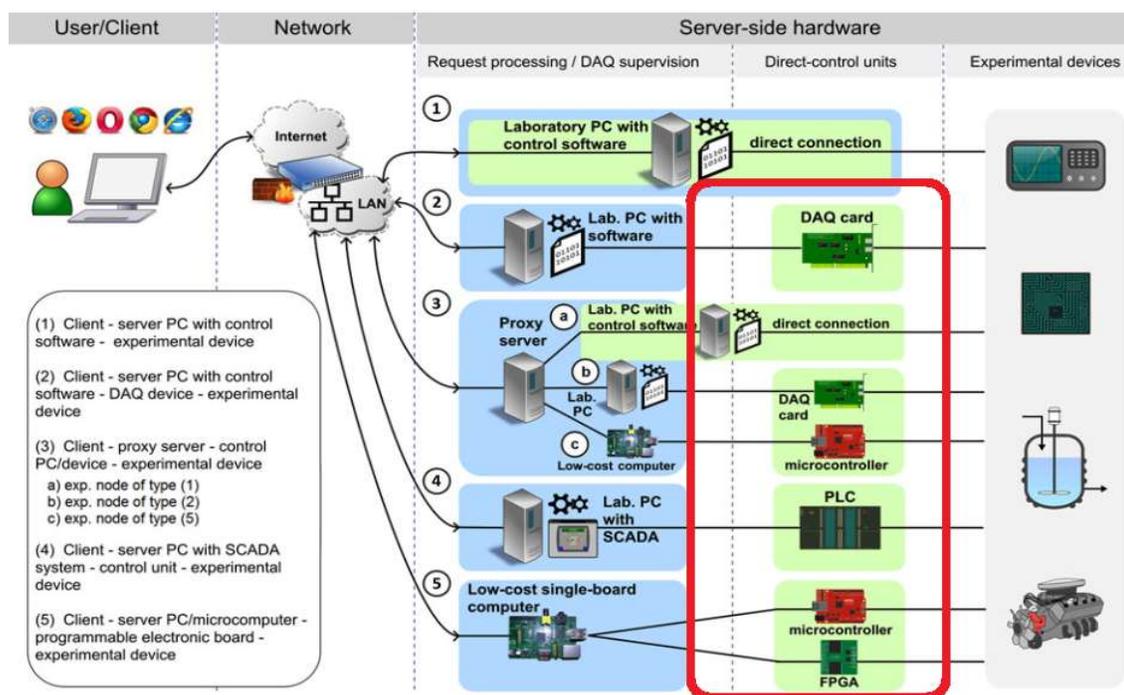
3.2.2 Planta didática

As plantas didáticas da área de mecatrônica são ferramentas de ensino voltadas para a prática dos alunos envolvendo sistema pneumáticos, elétricos e mecânicos. Elas são experiências de processos produtivos similares aos encontrados nas indústrias. No LAR esta planta será montada com o objetivo de desenvolver as capacidades técnicas de programação do aluno, tendo que fornecer as entradas e saídas (digitas ou analógicas) externadas para serem de fácil conexão com os controladores dos LAR's.

3.2.3 Controlador da planta

Equipamento responsável por receber o código de programação dos alunos e executá-los junto a planta didática. Ele pode ser um microcontrolador, FPGA, CLP ou PC industrial, esses controladores são mostrados na Figura 11, onde para a melhor compreensão foram destacados nesta ilustração.

Figura 11 - Controladores que podem ser implantados no LAR



Fonte: adaptada de KALÚZ et al (2015).

Observam-se na Figura 11 algumas arquiteturas utilizadas nos LAR's. Na primeira coluna é apresentado os clientes que são os alunos com acesso à internet. Na segunda coluna apresenta-se a estrutura de rede necessária para transmitir e receber as informações via internet. Em seguida tem-se a terceira coluna, onde é mostrado os servidores dos LAR's que tem a função de coletar os dados dos experimentos remotos. A quarta coluna mostra os controladores que geralmente são utilizados para os alunos praticarem suas atividades e por fim na quinta coluna são apresentados os experimentos desses laboratórios.

3.2.4 Câmera

A câmera é inserida no LAR com o objetivo de mostrar o funcionamento do processo que é executado na planta didática, onde o aluno poderá visualizar os erros e acertos no qual foram programados no controlador, esses vídeos podem ser gravados e utilizados para servirem como objeto de avaliação do docente.

3.3 Plataforma do Aluno

A plataforma do aluno é uma interface gráfica de navegação que vai propiciar o acesso a instrumentos necessários para que possa ser utilizado os LAR's, por isso esta plataforma foi dividida em cinco partes conforme mostra a Figura 12.

Figura 12 – Elementos da plataforma do aluno.



Fonte: Próprio Autor.

- a. **PROGRAMAÇÃO:** nesta parte da plataforma o aluno poderá desenvolver os seus programas e simulações de experiências;
- b. **EXERCÍCIOS:** nesta área é disponibilizado os exercícios que podem ser realizados pelos estudantes da plataforma;
- c. **ENVIAR TAREFA:** Se o aluno já desenvolveu sua programação anteriormente, nesta área é possível enviar seu programa até um LAR;
- d. **TESTAR APLICAÇÃO:** nesta parte o aluno pode executar seu programa num dos LAR's escolhido pelo elemento gerenciador;
- e. **VISUALIZAÇÃO DA CAMERA:** nesta área é possível visualizar a imagem do LAR escolhido para o teste da sua aplicação.

3.4 Elemento Gerenciador

O elemento gerenciador tem seu gerenciamento dividido em quatro partes: plataforma web, módulo de custo, módulo do aluno e módulo do servidor. Nas próximas subseções será apresentado cada elemento que compõem o elemento gerenciador.

3.4.1 Plataforma Web

O plataforma web é responsável por hospedar um website, guardar os cadastros realizados pelas instituições e alunos e guardar os arquivos de programas e exercícios que estão no sistema.

O website é meio de comunicação que as instituições de ensino e alunos tem para se cadastrarem nesse sistema. Existem dois tipos de cadastro, conforme o detalhamento abaixo:

- a. **Cadastro de Instituições:** para as instituições é necessário o preenchimento dos seguintes itens: Nome da instituição, IP público do computador do LAR, IP da câmera do LAR, planta didática do LAR, usuário e senha do LAR e horário disponível do LAR, conforme o exemplo apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Exemplo de cadastro da Instituição

Nome da Instituição	Universidade Federal do Amazonas
IP Público	200.129.152.91
IP da Câmera	201.172.16.46
Planta Didática	Distribuição
Usuário do LAR	Exec
Senha do LAR	123
Horário disponível	12:00 às 06:00

Fonte: Próprio Autor.

- b. Cadastro de Alunos:** para os alunos é necessário o preenchimento dos seguintes itens: nome do aluno, *email* (usuário), senha para acessar sua plataforma e número do telefone. Na Tabela 3 é exibido um exemplo de cadastro do aluno.

Tabela 3 – Exemplo de cadastro do aluno

Nome do Aluno(a)	Fabiana Aleluia de Cristo
<i>Email</i>	Fabiana.scj@hotmail.com
Senha	123456
Número do Telefone	92 982036272

Fonte: Próprio Autor.

Os cadastros são guardados para o módulo do aluno e do servidor requisitarem as informações quando necessário.

3.4.2 Módulo de custo

O módulo de custo está localizado nos computadores dos LAR's com o objetivo de informar a plataforma web se o laboratório possui conectividade ativa com a internet. Ele calcula o tempo de transmissão dos dados entre o LAR e o elemento gerenciador, verifica a

quantidade de alunos alocados em cada LAR no momento atual e atualiza o custo do laboratório executando a transmissão da soma de alunos mais o tempo de transferência de dados.

3.4.3 Módulo do Aluno

Esse módulo funciona diretamente com os elementos da plataforma do aluno, para cada requisição realizada o módulo toma uma ação de acordo com o pedido do estudante. As principais requisições de responsabilidade deste módulo são:

- a. **Login do aluno:** por meio de uma consulta no banco de dados da plataforma web, este módulo analisará a autenticação do aluno para verificar se a senha e *login* estão corretos e em seguida permitir o acesso a plataforma do aluno.
- b. **Verificação da atividade do aluno:** este módulo informa a plataforma web qual a atividade que o aluno está praticando, pois essa informação é fundamental para escolha do LAR.
- c. **Solicitação dos laboratórios ativos:** este módulo solicita a lista de LAR's ativos por meio de uma busca na plataforma web, essa informação é enviada a plataforma do aluno para em seguida ser iniciado o processo de alocação de alunos nos LAR's.
- d. **Solicitação dos laboratórios livres:** este módulo solicita a lista de LAR's livres de acordo com seus perfis por meio de uma busca na plataforma web, essa informação é encaminhada a plataforma do aluno para decisão de qual perfil será alocado o aluno.
- e. **Alocação de alunos no perfil de programação/simulação:** quando houver a solicitação da plataforma do aluno, este módulo autoriza a conexão no perfil de programação/simulação no LAR aonde houver o menor custo e a mesma atividade praticada pelo estudante.
- f. **Alocação de alunos no perfil de execução:** com o perfil de execução é possível testar o programa desenvolvido, por isso só pode ser conectado um estudante de cada vez, então quando houver a solicitação da plataforma do aluno, este módulo realiza uma busca verificando se o LAR está atendendo os critérios: ativo, livre para o perfil solicitado, mesma atividade e menor custo. De modo que se não for encontrado nenhum local disponível, o aluno entra numa fila de espera e informado quando terá um laboratório para testar sua aplicação.

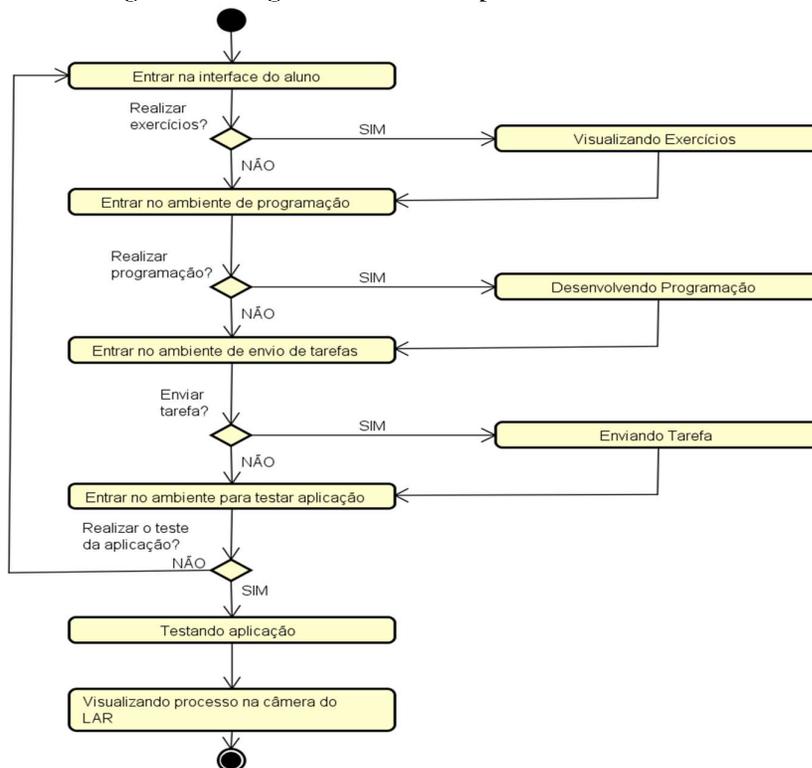
3.5 Descrição da Comunicação entre os elementos do sistema

A comunicação desse sistema inicia quando um aluno necessita utilizar um laboratório da área de mecatrônica para realizar um experimento, porém sua instituição não possui o equipamento adequado para a prática, então a partir daí o estudante seguirá os seguintes passos:

- a. **Realizar cadastro:** o estudante, por meio de uma página web, deve se cadastrar no sistema para ter acesso a sua plataforma;
- b. **Realizar login:** na plataforma do aluno, deve ser inserido o *login* e senha cadastrado para ser validado junto ao elemento gerenciador;

A partir desse momento o aluno pode escolher entre os elementos disponíveis em sua plataforma para dar continuidade na utilização do sistema. A Figura 13 exibe o diagrama de atividade com os caminhos que o aluno pode tomar, após realizar seu *login*.

Figura 13 – Diagrama de atividade para a escolha do aluno



Fonte: Próprio Autor.

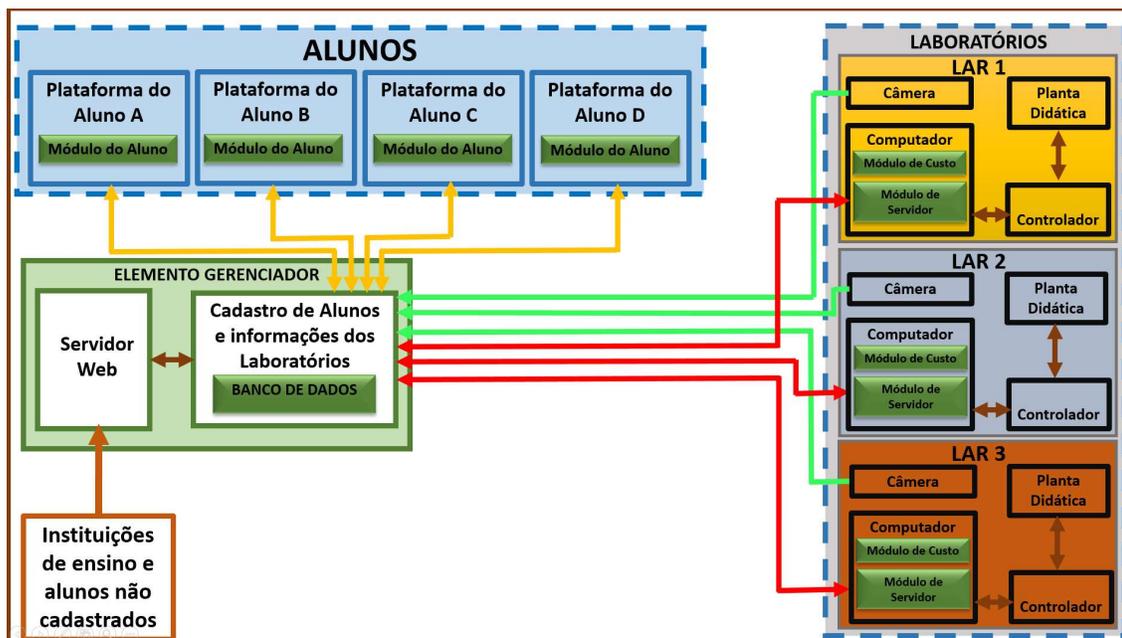
Percebe-se na Figura 13 que em todos os caminhos tomado pelo aluno é possível chegar ao final do fluxo de acordo com a necessidade do estudante ou retornar ao início para refazer o um novo fluxo do processo. Quando o estudante escolher uma dessas funcionalidades, o sistema da continuidade a comunicação entre os elementos de acordo com os seguintes caminhos:

- a. **Visualizando Exercícios:** a plataforma do aluno já possui alguns exercícios para serem desenvolvidos pelos alunos, entretanto se o aluno desejar é possível realizar download de outras atividades utilizando a comunicação entre plataforma do aluno e o elemento gerenciador. Para melhor entendimento as setas da cor amarelo escuro da Figura 14, mostram esta comunicação.
- b. **Desenvolvendo Programação:** para o desenvolvimento ou simulação de programas é necessário que os módulos dos servidores informem seus *status* do perfil de programação/simulação (ocupado ou livre) ao elemento gerenciador, então a comunicação do módulo do aluno com a plataforma web é estabelecida para buscar as informações deste perfil e também o menor custo entre os LAR's cadastrados no elemento gerenciador, para posteriormente a plataforma do aluno iniciar a comunicação com o LAR escolhido.
- c. **Enviando Tarefa:** se o aluno já tiver um experimento desenvolvido em seu computador pessoal, basta fazer um *upload* deste arquivo. Com isso há somente uma comunicação que acontece entre a plataforma do aluno e o banco de dados do elemento gerenciador.
- d. **Testando Aplicação:** a comunicação para testar os programas nas plantas didáticas é parecido com o processo de DESENVOLVENDO PROGRAMAÇÃO, porém o módulo servidor deve informar os status do perfil de execução para o elemento gerenciador, a partir desses status o módulo do aluno verifica o LAR livre neste perfil e o menor custo junto ao banco de dados, então a plataforma do aluno conecta ao melhor laboratório para executar seu experimento. Quando o estudante está conectado num LAR no perfil de execução a plataforma busca ao elemento gerenciador qual é a câmera deste ambiente, ficando disponível a visualização do vídeo da execução do experimento.

Todas essas comunicações são apresentadas na Figura 14, na qual devem ser observados os sentidos das setas e suas respectivas cores: cor laranja escuro é a comunicação do cadastro de instituições e alunos com servidor web, a cor amarela escuro representa a comunicação da plataforma do aluno com o elemento gerenciador, a cor vermelha são os

caminhos que o elemento gerenciador pode escolher para acessar os LAR's e a cor verde mostra a conexão das imagens da câmera com o elemento gerenciador.

Figura 14 - Arquitetura do Sistema.



Fonte: Próprio Autor.

A Figura 14 apresenta a arquitetura do sistema que foi elaborada para que o elemento gerenciador fosse o controle central de todos os processos, porém houve a necessidade de realizar uma comunicação distribuída dentro do sistema, então foi criado módulos de gerenciamento para melhorar a troca de dados entre os elementos.

3.3 Conclusão

Neste capítulo foi apresentada a concepção geral e os elementos que compõem esse sistema, detalhando o papel de cada elemento dentro desta arquitetura apresentada, além de expor a comunicação entre os componentes especificando a atividade de cada um e mostrando na Figura 14 a indicação do fluxo da troca de dados que acontece nesse sistema.

Com esta concepção foi possível perceber que os componentes mais importantes deste sistema que são: o LAR, a plataforma do aluno e o elemento gerenciador, onde juntos formam

um conjunto interessante para o desenvolvimento do aluno no momento da escolha de laboratórios para execução de suas práticas educacionais. Portanto, para verificar as minúcias do funcionamento dessa proposta, foi construído este sistema e apresentado no próximo capítulo desta dissertação.

Capítulo 4 – Implementação do Sistema Proposto

Neste capítulo são mostrados a implementação de cada componente desenvolvido neste trabalho, a descrição do funcionamento da arquitetura, bem como todas as ferramentas utilizadas do sistema proposto. As implementações serão divididas de acordo com cada um dos elementos: LAR, Elemento gerenciador e plataforma do aluno.

4.1 Implementação do Laboratório de Acesso Remoto - LAR

A implementação do LAR foi realizada nas dependências da Universidade Federal do Amazonas – UFAM. A Figura 15 apresenta os componentes reais que foram escolhidos para a implementação do sistema proposto, estes componentes são: o computador do LAR, a planta didática da plataforma MPS, o controlador da planta que será um CLP e para a câmera será utilizado um celular com aplicativo de câmera IP.

Figura 15 - LAR da UFAM



Fonte: Próprio autor.

Observa-se que para a implementação inicial do LAR faz-se necessário alguns pré-requisitos como: o computador e câmera do LAR tem que está conectado a uma rede de internet banda larga recebendo um IP ou domínio público e o ambiente tem que oferecer ar comprimido na pressão igual ou superior a 6(seis) bar para os sistemas pneumáticos da planta didática. Nas próximas subseções será descrito a implementação de cada componente do LAR.

4.1.1 Computador do LAR

O computador do LAR é o servidor de todas as ferramentas que o aluno precisa para realizar sua experiência, por isso foi instalado os seguintes itens:

- a. Sistema operacional *Windows Seven Ultimate*
- b. Ambiente de programação do CLP: *codesys V2.3*
- c. Softwares de auxílio ao elemento gerenciador: módulo de custo e módulo do servidor.

O Sistema operacional *Windows Seven Ultimate* foi escolhido porque a maioria dos ambientes de programação para CLP's foram desenvolvidos para as plataformas Windows. A instalação do ambiente de programação *codesys V2.3* foi de acordo com as características do controlador que está trabalhando junto ao processo didático, pois poderia ser instalado qualquer software que fosse utilizado para realizar experimentos de controle da planta didática.

Esta máquina do LAR, além da conexão com a internet também foi interligada fisicamente a uma rede local para comunicação com o CLP e foi configurada com as seguintes características:

- a. Liberação da porta de acesso remoto 3389.
- b. Foi cadastrado um IP público junto ao elemento gerenciador.
- c. Liberação das portas 21 para troca de arquivos em FTP, 3306 para troca de dados com o banco de dados MySQL e 8080 para a transmissão de imagens da câmera.
- d. Foi criado três perfis para simulação, com os usuários aluno1, aluno2 e aluno3, obrigatoriamente com senha que posteriormente serão cadastrados no elemento gerenciador.
- e. Foi criado um perfil de execução, com o usuário Exec, obrigatoriamente com senha que posteriormente será cadastrado no elemento gerenciador.

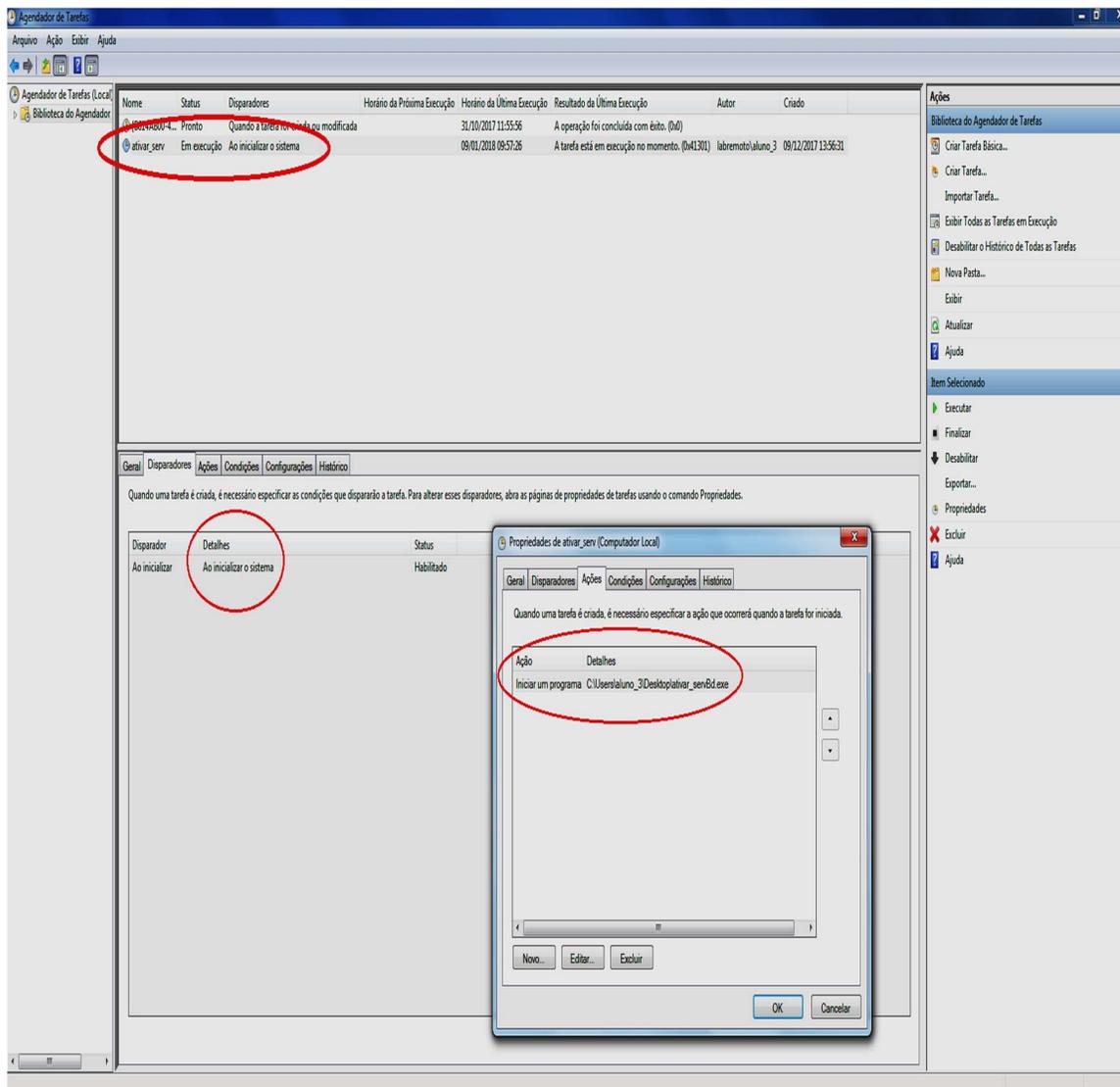
O perfil de programação/simulação foi utilizado para o aluno que deseja desenvolver ou simular seu programa, por isso esse perfil foi configurado com alguns bloqueios de acesso para não atrapalhar o perfil com a função de execução.

No computador do LAR também está embarcado duas aplicações: a primeira é o módulo de custo e por segundo o módulo de servidor. Esses dois módulos são também responsáveis pelo gerenciamento dos laboratórios.

4.1.2 Módulo de custo

O módulo de custo foi implementado no computador do LAR, na linguagem C# (Sharp), no compilador *Visual Studio*, não possui interface gráfica e utiliza o agendador de tarefas do *Windows* para iniciar esta aplicação, pois este módulo inicia ao ligar o computador e fica sendo executado a cada dois minutos devido o agendamento realizado. O programa desenvolvido tem duas funções principais: a primeira é que este programa informa se o laboratório está ativo ao banco de dados do elemento gerenciador e a segunda e mais importante para o sistema é que este módulo faz o cálculo do custo do laboratório em que está rodando este módulo, essas duas funcionalidades são executadas num ciclo periódico de dois minutos, ou seja, a cada intervalo de tempo deste ciclo o custo do laboratório é recalculado e o computador do LAR reafirma que está ativo na conexão com a internet. Na Figura 16 é mostrado a tela de agendamento da tarefa do programa, no qual o agendamento foi configurado para repetir a cada 2 minutos, executando o programa **modulo_custo.exe**.

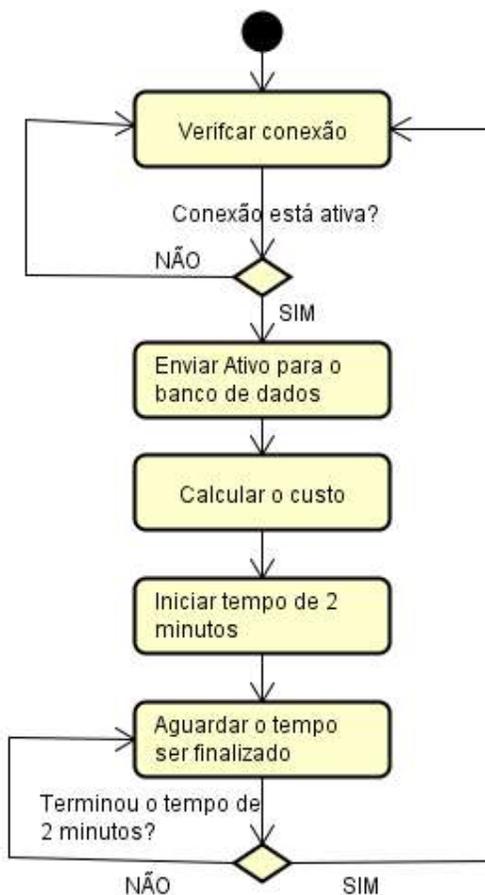
Figura 16 - Agendador de tarefas do Windows



Fonte: Próprio autor.

Para o melhor entendimento foi desenvolvido o diagrama de atividades do módulo de custo que explica o seu funcionamento. A Figura 17 apresenta a imagem deste diagrama.

Figura 17 - Diagrama de atividades do módulo de custo



Fonte: Próprio autor.

Com esse diagrama é possível compreender que o módulo de custo inicia o seu processo verificando se o laboratório está conectado à internet, para então enviar a palavra ativo ao banco de dados, se houver conexão o programa continua seu funcionamento calculando o custo do laboratório. Esse custo é calculado da seguinte maneira:

$$C = Q + TT$$

Equação 1

Na Equação 1, **C** significa o custo do laboratório, **Q** significa a quantidade de alunos e **TT** significa o tempo de transferência de dados. Para o cálculo do tempo de transferência de dados foi implementado a média aritmética entre o *upload* e o *download* de um arquivo de texto padrão. O módulo de custo solicita do banco de dados a quantidade de alunos.

Ressalta-se no módulo de custo que quanto maior o número de alunos o custo aumenta e este ambiente provavelmente não deve ser utilizado pelo sistema. Além de que quanto maior o Tempo de Transferência de dados é sinal de problemas com a conexão de internet, dessa maneira, o custo deve piorar e este laboratório deve ser evitado pelo sistema. Logo, se houver uma boa velocidade de rede e poucos ou nenhum aluno será um ótimo ambiente de escolha para o sistema, por isso os custos calculados pelo módulo de custo são enviados para o banco de dados do elemento gerenciador, isso ocorre a cada dois minutos e então os custos são recalculados se o laboratório ainda estiver ativo. Os custos enviados para o banco de dados são mostrados na Figura 17.

Figura 17 - Custos calculados pelo módulo de custo

Id	instituicao	ip_publico	porta_de_comunicacao	camera_ip	horario_inicial_do_funcionamento	horario_final_do_funcionamento	planta_didatica	nivel_de_aprendizagem	custo_por_aluno
2	ESCOLA_0	192.168.1.10	60000	162.45.87.65	05:00:00	00:00:00	Puching	1	18.5023
3	SENAI_2	192.168.0.178	3389	168.56.64.6	23:00:00	06:00:00	Puching	1	20.4766
4	SENAI_1	201.72.190.44	3389	201.72.190.41	00:00:00	00:00:00	Puching	1	6.7452
5	UFAM	200.129.152.91	3389	100.64.163.158	00:00:00	00:00:00	Puching	1	2.2405

Fonte: Próprio autor.

4.1.3 Módulo do servidor

O módulo do servidor também foi desenvolvido na linguagem C#, possui uma interface gráfica e foi instalado no computador do LAR com o objetivo de gerenciar os arquivos do aluno, gerenciar os perfis conectados e tempo de permanência no perfil de execução. Este programa é inicializado a partir do *login* do *Windows* seja em qualquer um dos perfis, o arquivo executável fica na pasta inicializar do sistema operacional, pois a partir desse momento o módulo do servidor informa o banco de dados do elemento gerenciador que está ocupado o perfil utilizado no momento e incrementa em mais um aluno o laboratório no qual está sendo executado a aplicação. Na Figura 18 é mostrado a interface gráfica do módulo do servidor.

Figura 18 - Interface gráfica do módulo do servidor

Fonte: Próprio autor.

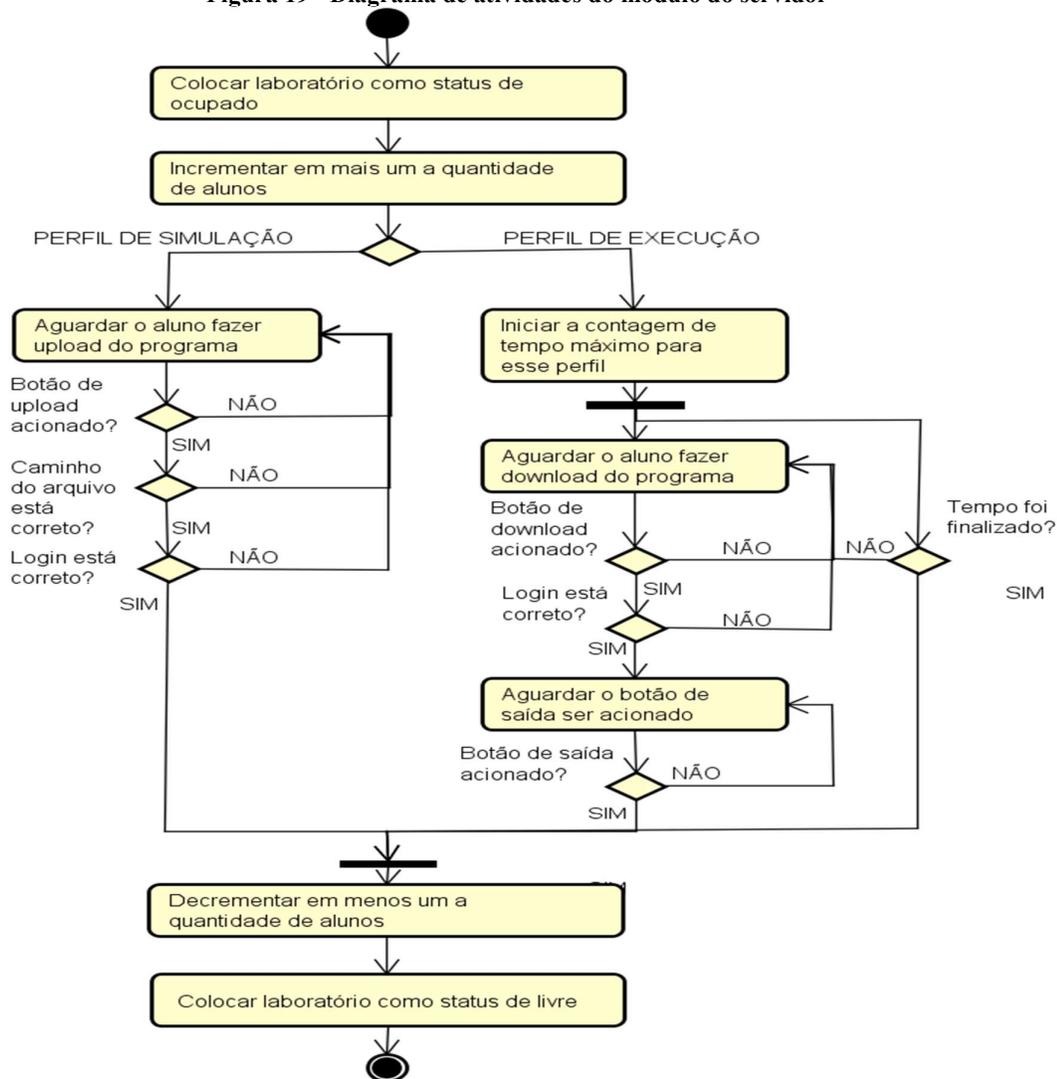
Após o incremento da quantidade de alunos, o módulo do servidor fica no aguardo para o acionamento dos botões acessíveis ao estudante. Têm-se então o surgimento da tela apresentada na Figura 18. Nessa tem-se as funções são descritas abaixo, considerando os números apresentados:

1. **Email/Senha:** quando o aluno desejar fazer o *download* ou *upload* de seu programa é necessário a inserção do *email* e senha cadastrados.
2. **Inserir Programa:** quando o aluno estiver no perfil de simulação/programação e terminar o seu desenvolvimento, aqui deve ser inserido o caminho do seu programa para *upload*.
3. **Upload do Programa:** quando for inserido o caminho do arquivo, deve ser clicado neste botão para iniciar o *upload* do arquivo, com isso o programa fica armazenado no servidor de arquivos do elemento gerenciador até o momento de sua execução.

4. **Download do programa:** quando o aluno desejar executar o seu programa, basta clicar neste botão para fazer o *download* do arquivo.
5. **Sair do Programa:** quando o aluno resolver não realizar nenhuma das atividades, basta clicar neste botão para sair do perfil utilizado e decrementar menos um estudante do laboratório.

Para cada botão acionado o programa toma uma ação, então para conhecer melhor as ações tomadas foi construído um diagrama de atividades mostrado na Figura 19.

Figura 19 - Diagrama de atividades do módulo do servidor

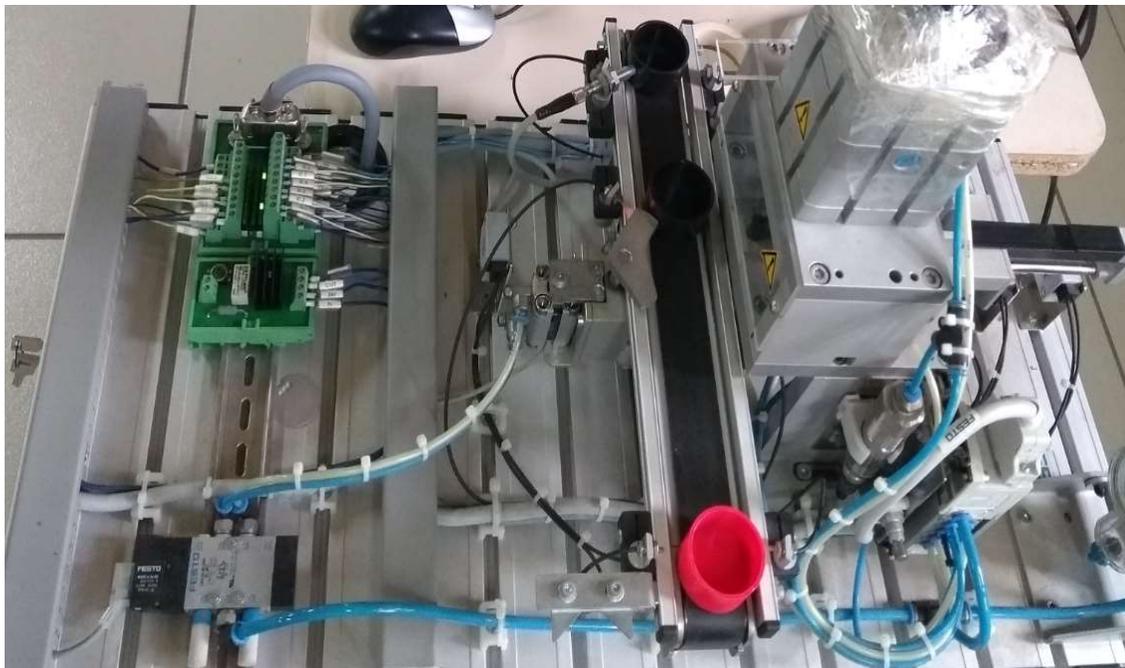


Fonte: Próprio autor.

4.1.4 Planta didática

As plantas didáticas que foram escolhidas para compor este sistema são as plataformas da linha MPS que estão mundialmente conhecidas e devido terem um padrão de montagem, funcionamento e de documentação para o apoio didático. Todos os sistemas da linha MPS podem ser utilizados nos laboratórios de acesso remoto deste sistema de gerenciamento, mas para a avaliação deste trabalho a planta que possui a tarefa didática de injeção de moedas (*puching*) será utilizada, neste processo as moedas são inseridas em potes que passam pela esteira, para isso a planta utiliza sistemas de motores, sensores e atuadores pneumáticos controlados pelo CLP. No momento da utilização dos LAR's o aluno tem a possibilidade de escolher qual processo que deseja praticar, por isso a instituição de ensino deve cadastrar previamente a planta didática no elemento gerenciador, assim como as entradas e saídas digitais utilizadas no processo. Na Figura 20 é apresentada a planta *puching*.

Figura 20 - Planta didática *puching*

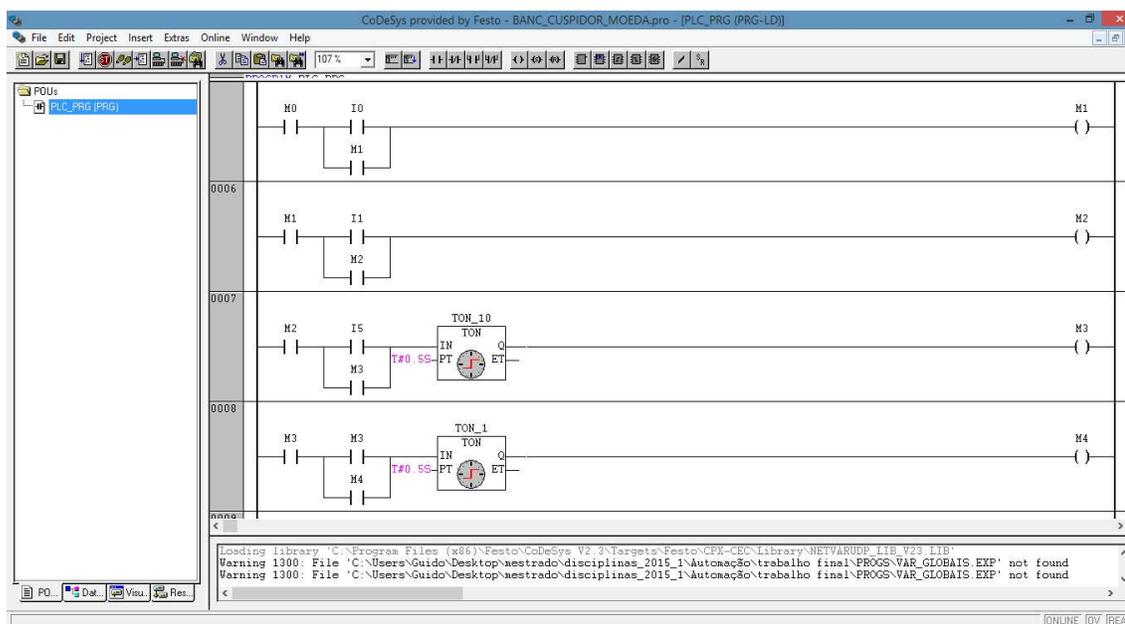


Fonte: Próprio autor.

4.1.5 Controlador da planta

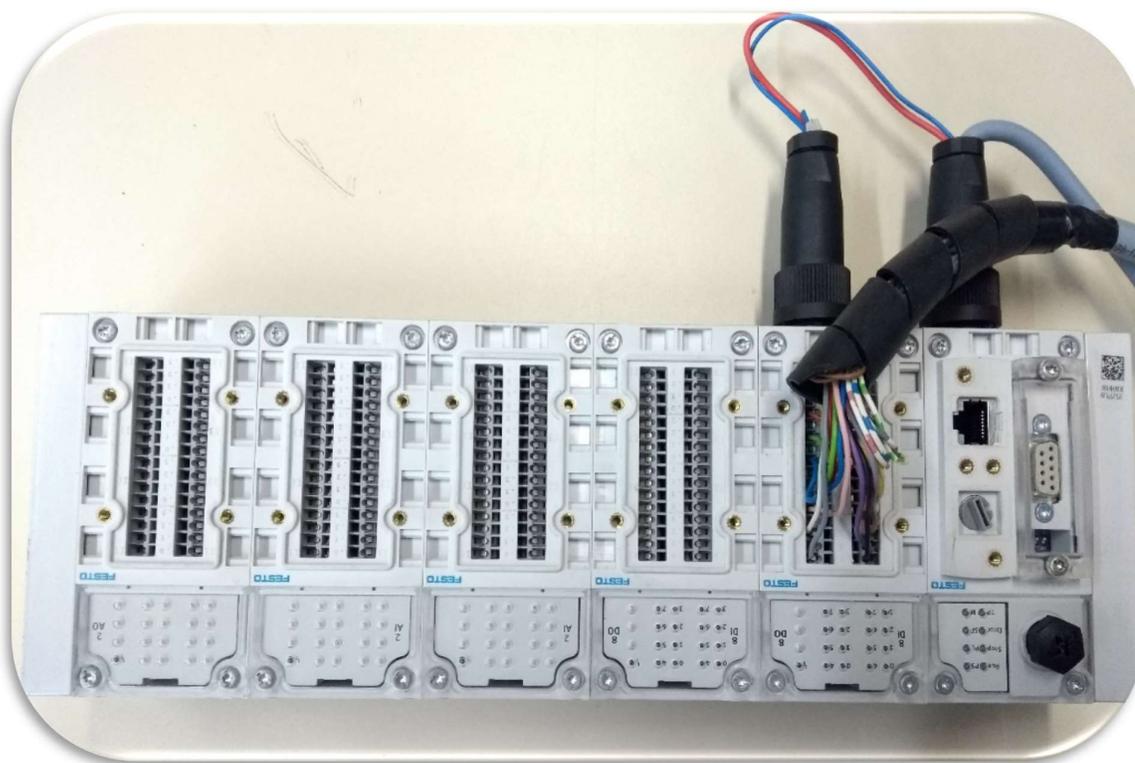
O controlador escolhido para esta implementação foi o Controlador Lógico Programável – CLP, por ser robusto e amplamente utilizado nos processos industriais, o CLP trabalha interligado a planta didática recebendo e enviando sinais de controle. Para este trabalho foi utilizado o controlador da família CPX-CEC da empresa FESTO, sendo através do software *codesys* V 2.3 o desenvolvimento da programação realizada pelos aprendizes. O ambiente de programação do CLP utilizado é exibido na Figura 21. Neste ambiente os alunos poderão desenvolver programas nas cinco linguagens da IEC 61131-3 que são Diagrama em Ladder (LD), Diagrama Funcional de Blocos (FBD), Texto Estruturado (ST), Lista de Instruções (IL) e Diagrama de Funções Sequenciais (SFC).

Figura 21 - Ambiente de programação do aluno



Fonte: Próprio autor.

No controlador CEC-CPX está sendo utilizado a porta de comunicação ethernet TCP-IP/Modbus para embarcar a programa do aluno no CLP e dois cartões do controlador um de entrada digital e outro de saída digital. Na Figura 22 é exibida a foto do CLP utilizado na implementação do LAR.

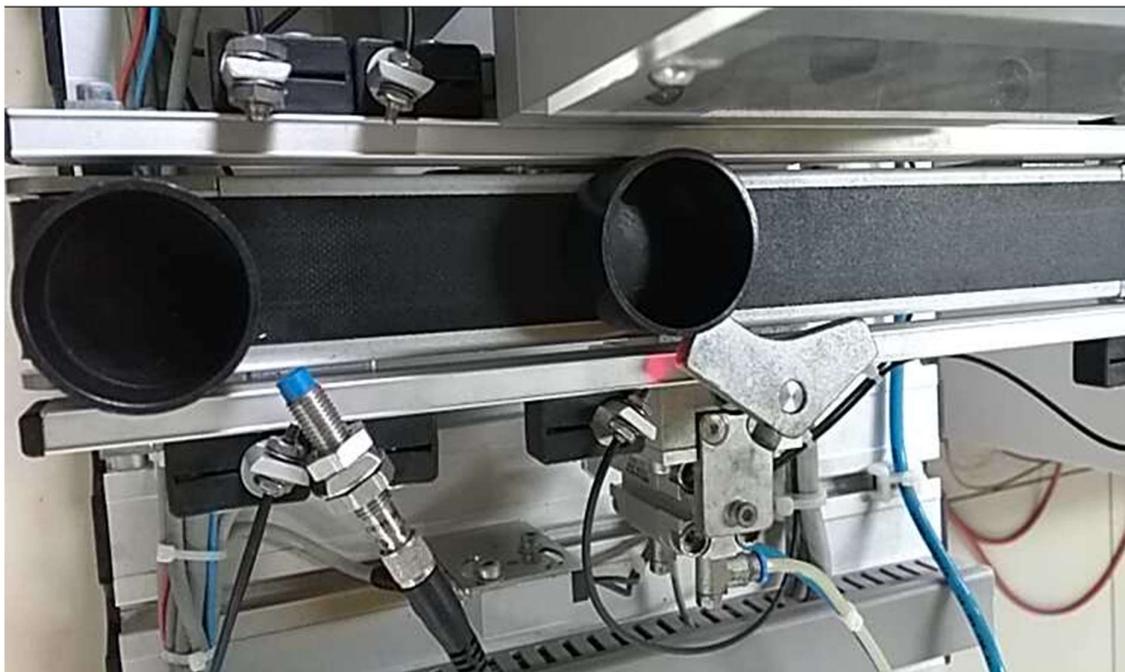
Figura 22 - CLP CPX-CEC

Fonte: Próprio autor.

4.1.6 Câmera

Para a implementação do LAR foi utilizado um celular com o aplicativo chamado IP webcam, foi testado com algumas câmeras, mas o aplicativo ainda tinha uma variedades de configurações atrativas e que deixaram a imagem bem melhor. No sistema implementado a câmera só entra em ação a partir de uma solicitação da plataforma do aluno e se o estudante este estiver utilizando o perfil de execução. A imagem é uma ferramenta importante para visualizar os sensores e atuadores do processo, bem como os potes que andam pela esteira quando acontece o funcionamento do programa do aluno. Uma amostra da imagem capturada pela câmera é apresentada na Figura 23.

Figura 23 - Imagem do processo didático capturado pela câmera



Fonte: Próprio autor.

4.2 Plataforma do Aluno

A implementação da plataforma do aluno também foi desenvolvida na linguagem C#(*sharp*), na qual para criar esta interface foram utilizados os elementos gráficos do ambiente visual *studio*, o que facilitou a construção de telas gráficas para o sistema Windows. A primeira parte deste desenvolvimento apresenta os elementos gráficos, no total de seis telas: tela de *login*, interface do aluno, tela de acesso remoto, tela de exercícios, tela de envio de tarefas e a tela de visualização da câmera.

A plataforma também conta com funções de programação que auxiliam os elementos gráficos e trabalham diretamente com o elemento gerenciador, para esse grupo de funções foi dado o nome de módulo do aluno, ao longo desta implementação da plataforma estas funcionalidades serão explicadas. Por isso inicialmente o módulo do aluno através da biblioteca `MySQL.Data.MySqlClient` utiliza seus métodos para enviar o comando `SELECT`, de padrão `mySQL`, para selecionar o usuário e senha do aluno no banco de dados e compara-los, como mostra a Figura 24 o trecho do código com a função `RealizarLogin`.

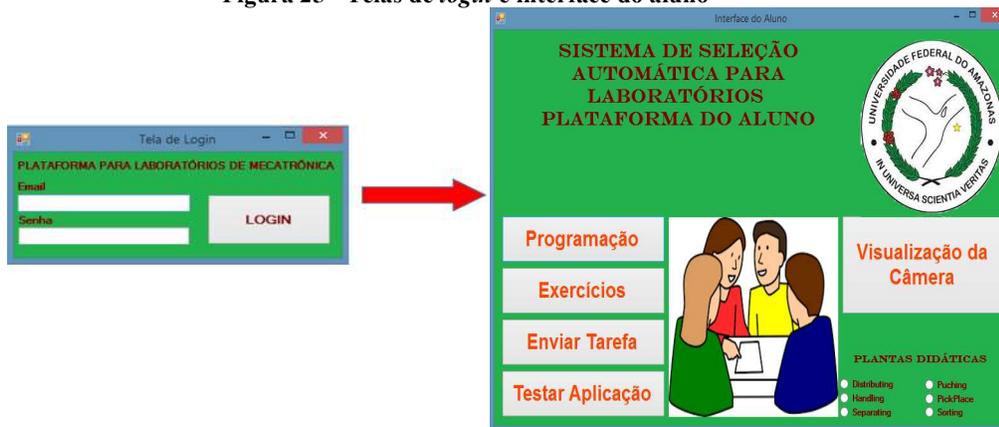
Figura 24 - Função de login plataforma do aluno

```
//função de login
public void RealizarLogin()
{
    string Email = txtEmail.Text;
    string Senha = txtSenha.Text;
    MySqlConnection Conexao = new MySqlConnection(Caminho);
    MySqlCommand Query = new MySqlCommand();
    Conexao.Open();
    Query.Connection = Conexao;
    Query.CommandText = "SELECT Email, Senha FROM cadastro WHERE email = '"+ Email +"' AND senha = '"+ Senha +"'";
    bool Verifica = Query.ExecuteReader().HasRows;
    //limpando espaços de digitação email e senha.
    txtEmail.Text = "";
    txtSenha.Text = "";
    if (Verifica == true)
    {
        MessageBox.Show("Logado");
        InterfaceAluno Interface = new InterfaceAluno();
        Interface.Show();
    }
    else
    {
        MessageBox.Show("Email ou Senha incorretos");
    }
    Conexao.Close();
}
```

Fonte: Próprio Autor.

O início desta plataforma é a tela de *login*, por meio dela é liberado o acesso as demais telas, sendo que a tela principal é a interface do aluno chamada pela função RealizarLogin, pois com ela é possível navegar por todas as ferramentas do estudante. A Figura 25 apresenta a tela de *login* e tela principal sendo chamada.

Figura 25 - Telas de login e interface do aluno



Fonte: Fonte: Próprio Autor.

Na tela interface do aluno foram criados botões para o estudante utilizar as funcionalidades da plataforma e alguns botões de seleção para o aluno poder informar qual a planta didática desejada para sua prática, a primeira interação desenvolvida foi a tela de exercícios, na qual esta mostra o exercício padrão da planta didática selecionada, com a possibilidade do aluno acompanhar seu desempenho marcando as ações que já foram desenvolvidas seu programa. A Figura 26 exhibe a tela de exercícios da planta *puching*.

Figura 26 - Tela de exercícios do aluno

ATIVIDADE 1 – Em uma fábrica a esteira de produção recebe dois tipos de potes, para os potes metálicos é necessário guardar duas moedas e para outros tipos de potes é necessário guardar apenas uma moeda. Deve ser desenvolvido um programa em linguagem Ladder para esta situação.

Marque a sequência que já conseguiu executar nos itens abaixo:

- Quando o pote chegar no sensor de início da esteira, ligue a esteira.
- O pote deve ser verificado se é metal ou não e deve ser ativado o bloqueador.
- Quando o pote chegar no sensor de início do bloqueador deve ser parado a esteira.
- Se o pote for metálico deve ser inserido duas moedas.
- Se o pote for de outro material deve ser inserido apenas uma moeda.
- Após a inserção das moedas deve ser ligado a esteira novamente.
- Deve ser desativado o bloqueador
- A esteira deve desligar quando o pote passar pelo sensor de fim de esteira.

Nota obtida:

LISTA DE ENTRADAS		LISTA DE SAÍDAS	
ENDEREÇO	DESCRIÇÃO	ENDEREÇO	DESCRIÇÃO
I0	Sensor de pote no início da esteira.	Q0	Motor da esteira.
I1	Sensor de pote no início do bloqueador.	Q1	Bloqueador de peças da esteira.
I2	Sensor de pote no fim da esteira.	Q2	Recuar cilindro do magazine de moedas.
I3	Sensor indutivo do início da esteira.	Q3	Accionar furador.
I4	Sensor de barreira para peças transparentes.	Q4	Accionar STOP de moedas.
I5	Sensor fim de curso do cilindro do bloqueador.	Q5	Soprar moedas.
I6	Sensor fim de curso cilindro do Furador recuado.	Q6	
I7	Sensor fim de curso do cilindro magazine de moeda.	Q7	

Fonte: Próprio Autor.

Quando o botão de enviar tarefa é clicado, apresenta-se uma nova janela que envia o arquivo do estudante até o servidor FTP do elemento gerenciador, para posteriormente no momento em que o aluno desejar executar seu programa já esteja disponível por meio do seu *login*. Para enviar o arquivo via FTP tem-se a função de *UploadFile* que utiliza as bibliotecas System.IO e System.NET. A Figura 27 mostra a tela de envio de tarefas e o código da função *UploadFile*.

Figura 27 - Tela de envio de tarefa e função utilizada para fazer upload do arquivo



```
public void UploadFile(string Adress, string filePath, string user, string pass)
{
    FtpWebRequest req = (FtpWebRequest)FtpWebRequest.Create(Adress + "/" + Path.GetFileName(filePath));
    req.Method = WebRequestMethods.Ftp.UploadFile;
    req.Credentials = new NetworkCredential(user, pass);
    req.UsePassive = true;
    req.UseBinary = true;
    req.KeepAlive = false;
    FileStream stream = File.OpenRead(filePath);
    byte[] buffer = new byte[stream.Length];
    stream.Read(buffer, 0, buffer.Length);
    stream.Close();
    Stream reqstrm = req.GetRequestStream();
    reqstrm.Write(buffer, 0, buffer.Length);
    reqstrm.Close();
    MessageBox.Show("sucesso");
}
```

Fonte: Próprio Autor.

Os botões Programação e Testar Aplicação da interface do aluno funcionam de maneiras semelhantes, a diferença é que quando o botão de Programação é acionado o módulo do aluno direciona este aprendiz para um perfil de simulação dentro do laboratório escolhido e o botão Testar Aplicação direciona o aluno para o perfil de execução dentro do ambiente escolhido. Por meio do chamado desses botões é que o módulo do aluno fará a escolha do melhor laboratório para uso do estudante, essa escolha será explicada a partir de agora seguindo as seguintes etapas:

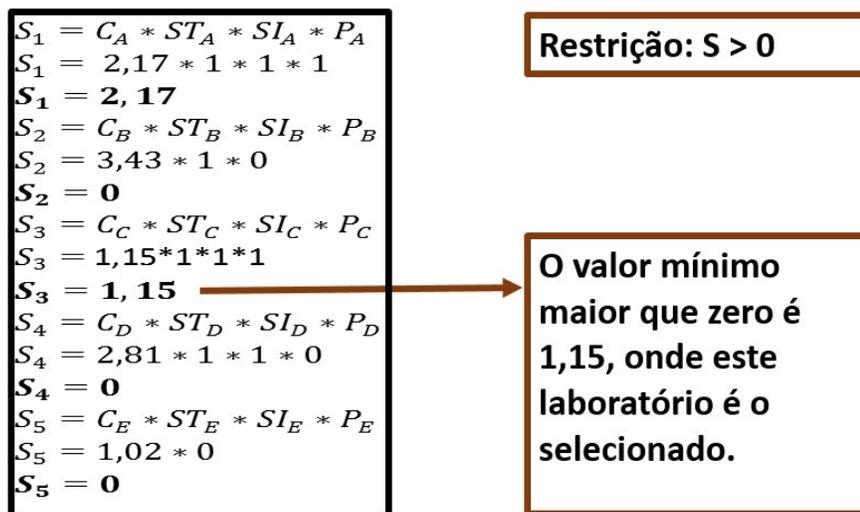
- a. **1º etapa:** a partir dos ambientes cadastrados no elemento gerenciador, o módulo do aluno verifica quais os laboratórios que estão ativos.
- b. **2º etapa:** são verificados dentre os laboratórios ativos os que estão livres.
- c. **3º etapa:** são verificados dentre os laboratórios livres os que estão com a mesma planta didática do aluno.
- d. **4º etapa:** são verificados dentre os laboratórios com a mesma planta o que tem menor custo.

Assim, o laboratório que passar por todas estas etapas será o escolhido como o melhor ambiente para execução da atividade do aluno. Para exemplificar essa seleção, na Figura 28 é

Onde $i = (1, 2, \dots, n)$ sendo n a quantidade total de laboratórios no sistema, S_i é a seleção do laboratório, C_i é o custo do laboratório resultante da Equação 1 deste trabalho, ST_i é o status do laboratório que pode ser 1 se estiver ativo ou 0 se estiver inativo, SI_i é a situação do laboratório que pode ser 1 se estiver livre ou 0 se estiver ocupado de acordo com o perfil escolhido pelo aluno e P_i é a planta didática que pode ser 1 se a planta for igual a do aluno ou 0 se for diferente. Após calculado a função objetivo, basta pegar o valor mínimo entre todos os laboratórios para ter o ótimo ambiente escolhido, como restrição desta equação sua solução tem que ser maior que zero.

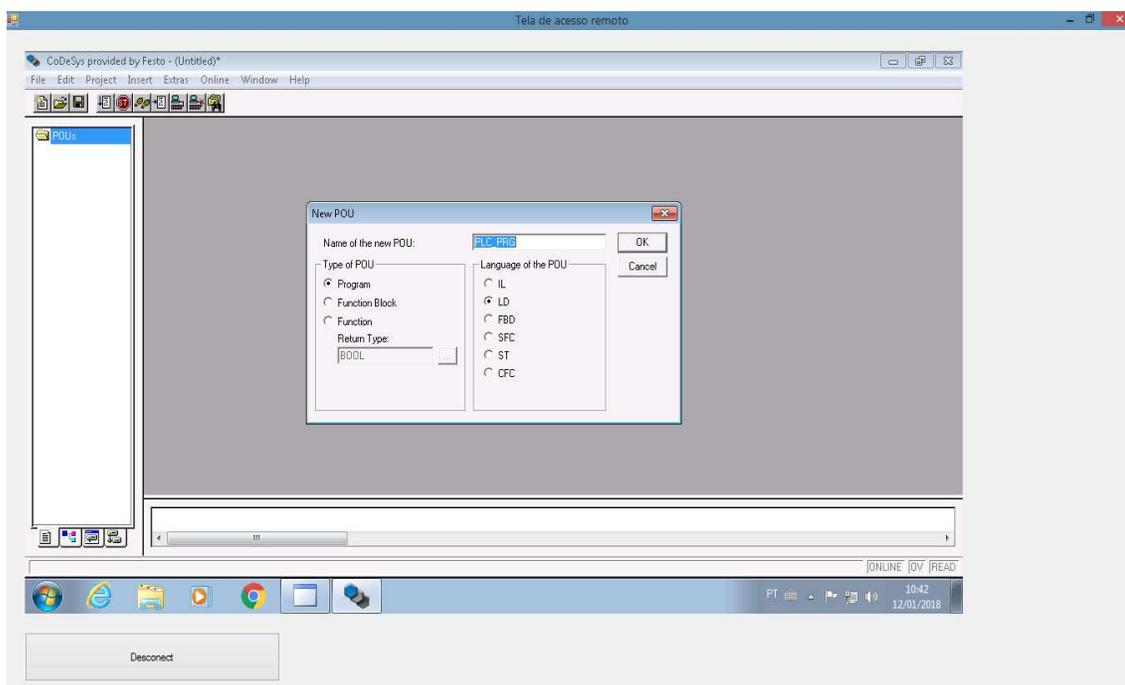
Para exemplificar a equação de seleção serão demonstrados, na Figura 29 as condições inseridas na para cada laboratório.

Figura 29 – Desenvolvimento para a escolha dos laboratórios



Fonte: Próprio Autor.

Com a escolha do laboratório realizada, a implementação continua com a comunicação do aluno com o seu ambiente, esta foi construída a partir do protocolo RDP que direciona o estudante até o computador que está instalado no LAR. Para isso, foi criada uma tela que mostra a seção remota com o computador do LAR. A tela onde acontece a conexão via acesso remoto é exibida na Figura 30.

Figura 30 - Tela de conexão pelo RDP

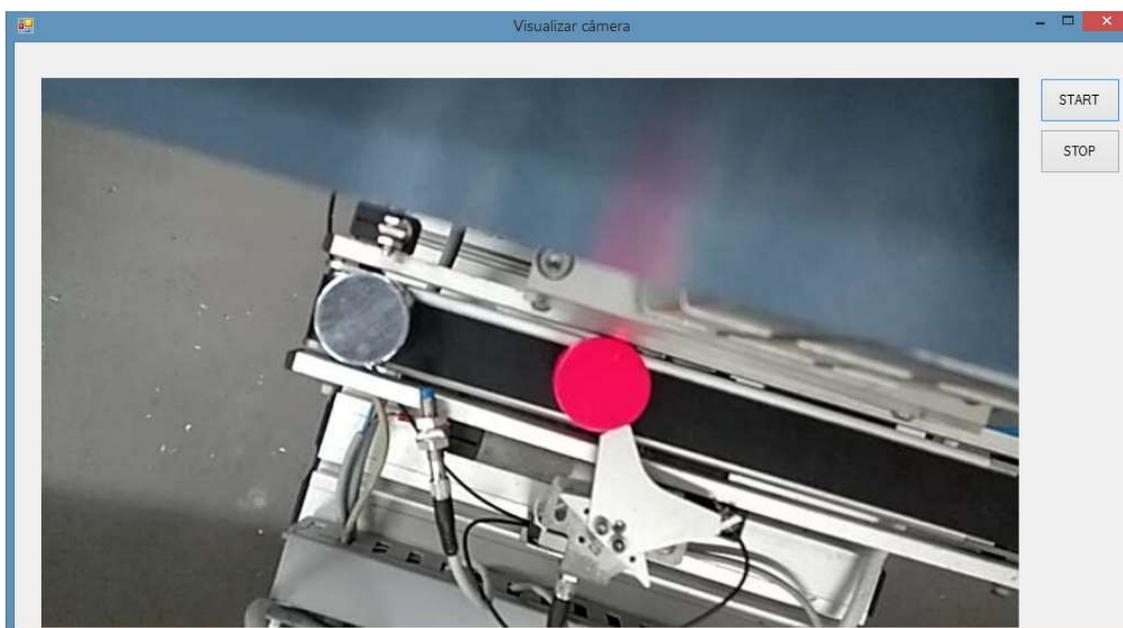
Fonte: Próprio Autor.

Para que aconteça essa conexão é feito a busca de algumas informações no banco de dados, para assim pôde realizar configurações do protocolo RDP. Para a busca de informações foi utilizado o comando *mysql select*, onde foi obtido o IP público para acesso ao LAR, os usuários e senhas cadastrados pela instituição de ensino. Com essas informações foi configurado o protocolo RDP através da biblioteca MSTSCLib, para conseguir uma melhor performance foi colocado o padrão de cores de 16 bits e ativado a compressão de símbolos.

Com a tela da Figura 30, o aluno pode desenvolver e executar seu programa como se estivesse no computador local do LAR como um usuário local e se estiver no perfil de execução pode acessar o CLP da planta didática que também está conectado à rede local do LAR.

Para finalizar a implementação da plataforma, o botão de visualização da câmera foi desenvolvido através de uma nova tela, onde tem os botões de start e stop de visualização da imagem, quando esta imagem é solicitado pelo aluno o módulo do aluno solicita o IP da câmera do LAR escolhido e por meio de um link do protocolo HTTP a imagem é gerada podendo ser visualizada na tela, como mostra a Figura 31.

Figura 31 - Tela de visualização da câmera



Fonte: Próprio Autor.

4.3 Elemento Gerenciador

O elemento gerenciador foi implementado utilizando um serviço de hospedagem de sites, dentro deste serviço foi usado o servidor FTP para guardar os arquivos do programa do aluno e arquivos de programação do site, foi usado também um servidor de bancos de dados MySQL para guardar dados referentes aos alunos, instituições e os processos utilizados dentro desse sistema. Por isso a implementação do elemento gerenciador do trabalho será dividida em duas partes: o site do sistema e o banco de dados.

4.3.1 Site do sistema

O site foi implementado utilizando o framework Yii na linguagem PHP, onde facilitou muito a parte estrutural do site, este ambiente teve o foco no cadastro tanto de laboratórios quanto de alunos, então para que isso ocorresse foi realizado uma página inicial simples e de fácil entendimento para não fugir do foco. A Figura 32 traz a página inicial do site.

Figura 32 - Página inicial site do sistema



Fonte: Próprio Autor.

A página inicial oferece dois botões, um para cadastro dos laboratórios das instituições e outro para cadastro dos alunos, assim como há também um menu de navegação na lateral esquerda da página para facilitar a navegação. Neste site também foi realizado um sistema de *login* para que cada usuário veja somente suas informações e o administrador pode ver todos os dados.

Os dados implementados necessários no processo de cadastro são exibidos nas Figuras 34 e 35. Na Figura 33 é exibido os dados necessários para o cadastro do aluno e na Figura 34 são apresentados os dados que a instituição de ensino deve cadastrar para disponibilizar o LAR no sistema.

Figura 33 - Dados do cadastro do aluno

ufam-automation.net/guidosoprano/labs_05_12/frontend/web/index.php?r=cadastro%2Fcreate

EGLAM Home Contact Login Signup

Home / Cadastros / Create Cadastro

Menu

- Home
- Laboratórios da plataforma
- Alunos da Plataforma

Create Cadastro

Nome
Guido Soprano Machado

Senha
23101989

Email
guidosoprano Machado@gmail.com

Celular
982019419

Foto

Create

Elemento Gerenciador de Laboratórios e Alunos UFAM 2018

Fonte: Próprio Autor.

Figura 34 - Dados de cadastro do laboratório

ufam-automation.net/guidosoprano/labs_05_12/frontend/web/index.php?r=laboratorios%2Fview

EGLAM Home Contact Login Signup

Home / Laboratorios / 4

Menu

- Home
- Laboratórios da plataforma
- Alunos da Plataforma

4

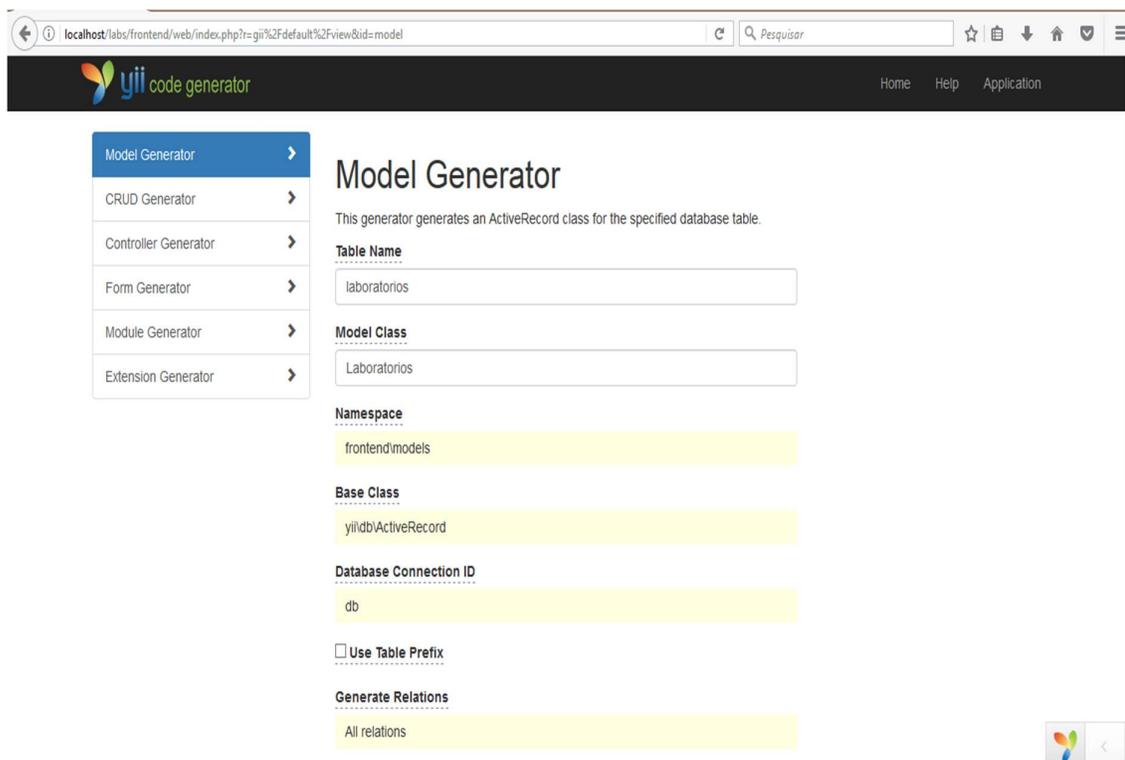
Update Delete

ID	4
Instituicao	SENAI_1
Ip Publico	201.72.190.44
Porta De Comunicacao	3389
Camera Ip	201.72.190.41
Horario Inicial Do Funcionamento	00:00:00
Horario Final Do Funcionamento	00:00:00
Planta Didatica	Puching
Nivel De Aprendizagem	1
Custo Por Aluno	1.819
Lab Livre	livre
User Exec	Exec
Senha Exec	123
User Proof Lab Livre	ocupado

Fonte: Próprio Autor.

Com esses dados cadastrados foi implementado a conexão entre a página web e o banco de dados MySQL por meio da ferramenta gii do framework foi gerado os códigos dos bancos de dados para as tabelas laboratorios, cadastro e *users*, assim como para integração com a página web e códigos do CRUD. Essa ferramenta é mostrada na Figura 35.

Figura 35 - Ferramenta para geração do modelo de códigos para o banco de dados



Fonte: Próprio autor.

4.3.2 Banco de dados

Este banco de dados foi implementado em três tabelas: *users* que são os usuários da página web, o cadastro onde fica alocado os dados dos alunos e laboratórios que são as informações sobre os laboratórios, estas tabelas podem ser vista na Figura 36.

Figura 36 - Tabelas do banco de dados do sistema

cadastro

Coluna	Tipo	Nulo
Id	int(10)	Não
nome	varchar(50)	Não
senha	varchar(50)	Não
email	varchar(100)	Não
celular	varchar(50)	Não
foto	blob	Sim
NomeArquivoAluno	text	Sim

laboratorios

Coluna	Tipo	Nulo
Id	int(10)	Não
instituicao	text	Não
ip_publico	text	Não
porta_de_comunicacao	text	Não
camera_ip	text	Não
horario_inicial_do_funcionamento	time	Não
horario_final_do_funcionamento	time	Não
planta_didatica	text	Não
nivel_de_aprendizagem	text	Não
custo_por_aluno	text	Não
labLivre	text	Não
userExec	text	Não
senhaExec	text	Não
userProg1LabLivre	text	Não
userProg1	text	Não
senhaProg1	text	Não
userProg2	text	Não
senhaProg2	text	Não
userProg3	text	Não
senhaProg3	text	Não
QuantAlunosProg	text	Não
userProg2LabLivre	text	Não
userProg3LabLivre	text	Não
status	text	Não

user

Coluna	Tipo
id	int(11)
username	varchar(255)
auth_key	varchar(32)
password_hash	varchar(255)
password_reset_token	varchar(255)
email	varchar(255)
status	smallint(6)
created_at	int(11)
updated_at	int(11)
grupo	varchar(255)

Fonte: Próprio Autor.

Na tabela laboratórios tem muitas colunas essenciais para o sistema dentre as quais temos as colunas userprog que podem ser geradas conforme a necessidade do laboratório para perfis de simulação, podendo ser no máximo de dez perfis, por isso existe a coluna QuantAlunosProg que guarda a quantidade de alunos no laboratório, outra coluna interessante é userprog1Lablivre que guarda o momento que o ambiente está livre ou ocupado naquele perfil, se estiver ocupado deve ser buscado o próximo perfil de simulação. A coluna custo_por_aluno é onde são inseridos os custos do laboratório, essa coluna é atualizada de dois em dois minutos, a coluna status guarda se o laboratório está conectado à internet, guardando ativo para conectado e inativo para não conectado.

4.4 Conclusão

Neste capítulo apresentou-se os requisitos do protótipo para orientar o desenvolvimento dos módulos. Em seguida foi realizada a descrição de como cada um dos

módulos foi desenvolvido sendo apresentados os casos de usos que mostram as interações de cada usuário na arquitetura e as ferramentas utilizadas bem como os ambientes de execução utilizados para construção de cada módulo da arquitetura proposta.

O objetivo deste capítulo deste capítulo foi apresentar de forma detalhada a implementação dos componentes que compõem a arquitetura proposta para que no próximo capítulo possa realizada a avaliação em um cenário proposto.

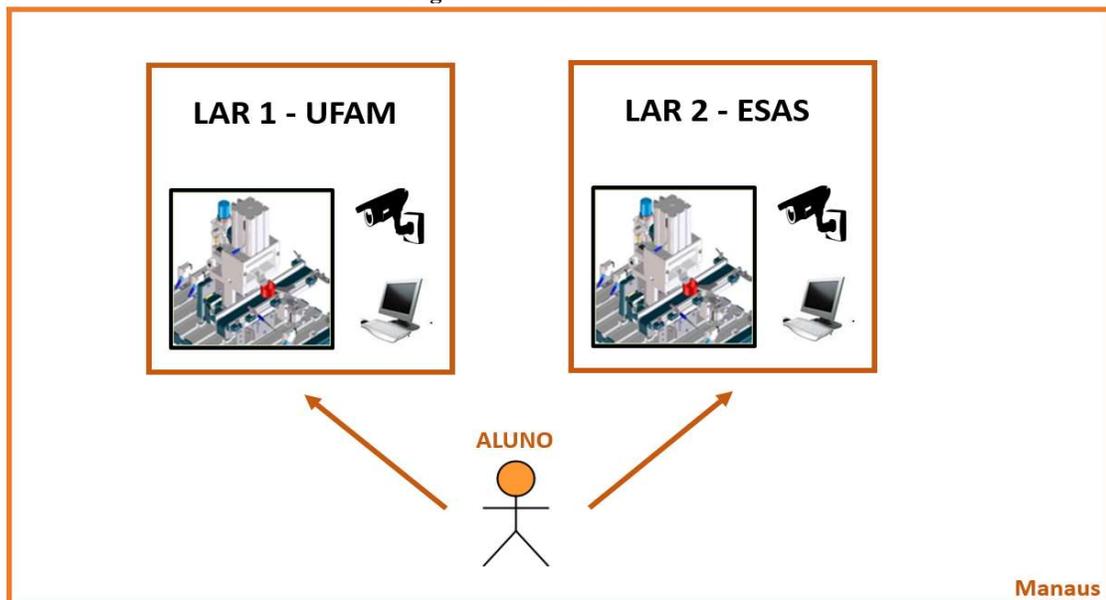
Capítulo 5 – Exemplo de aplicação, Testes e Avaliações do Sistema

Neste capítulo será apresentado os testes executados no sistema implementado a partir de um cenário de teste. O cenário criado vai abordar a escolha entre dois laboratórios de locais diferentes com a mesma infraestrutura, onde serão modificados as suas características para testar a seleção do melhor laboratório escolhido. Inicialmente será descrito o ambiente de teste para em seguida serem abordados os testes aplicados, finalizando este capítulo com a avaliação dos experimentos executados no cenário proposto.

5.1 Descrição do Ambiente de Teste

Nesta subseção é descrito o ambiente de teste implementado, esse ambiente contou com dois laboratórios o primeiro localizado na Universidade Federal do Amazonas - UFAM e o segundo na Escola SENAI Antônio Simões - ESAS, ambos trabalharam com a planta didática da linha MPS chamada *puching*, conforme ilustra-se na Figura 37.

Figura 37 - Ambiente de teste



Fonte: Próprio Autor.

Nos computadores dos LAR's foram instalados os softwares necessários para pleno funcionamento do sistema. As configurações também foram realizadas conforme item 4.1.1 deste trabalho. O sistema de ar comprimido das plantas didáticas foi estabilizado em 8 bar de pressão; *smartphones* foram utilizados como câmera IP através do aplicativo *Webcam IP* e para os CLP's foram utilizadas as mesmas alocações de entradas e saídas interligadas no processo da linha MPS. Ressalta-se que neste cenário de teste, todos os laboratórios possuíam banda larga para acesso à internet.

Para esse ambiente de teste um pseudo aluno acessou o sistema de sua casa que fica localizada na Zona Norte da cidade de Manaus, enquanto os laboratórios que podem ser escolhidos nos testes estão localizados na Zona Leste (UFAM) e na Zona Sul (ESAS).

Nas próximas seções serão abordados os testes utilizados na avaliação deste trabalho para melhor compreensão do sistema seleção automática dos laboratórios.

5.2 Exemplo de Aplicação

Como exemplo de aplicação será relatado os passos que o aluno realizou para utilizar o sistema deste trabalho. Inicialmente o aluno utilizou o sistema de seleção automática e em seguida cadastrou seus dados na página web do sistema, localizada no link <http://ufam-automation.net/guidosoprano>. Após o cadastro o aluno instalou em seu computador a plataforma do aluno, a partir da instalação ele pôde iniciar seus experimentos nos ambientes mecatrônicos disponíveis nos LAR's das instituições de ensino citadas no item 5.1 deste capítulo.

Ao iniciar o seu experimento, o aluno entrou na sua interface, foi para a área de exercícios e escolheu a atividade padrão das plantas *puching*, mas não possuía o software de programação do CLP, sendo obrigado a acessar o botão de programação da sua plataforma. Acionando esse botão foi iniciado o algoritmo de seleção para escolher o melhor ambiente para o desenvolvimento de sua atividade.

Neste momento o sistema havia no seu cadastro somente os laboratórios da UFAM e do SENAI_1, ambos estavam ativos e livres, nenhum aluno estava conectado no perfil de simulação e nem no perfil de execução. A Figura 38 apresenta a impressão do banco de dados no momento em que o aluno clicava no botão de programação da sua interface e a Figura 39 mostra o banco de dados depois da conexão do aluno no ambiente escolhido pelo sistema.

Figura 38 - Banco de dados antes da conexão do exemplo de aplicação

✓ A mostrar registros de 0 - 1 (2 total, A consulta demorou 0.0012 segundos.)

```
SELECT * FROM `laboratorios`
```

Id	instituicao	ip_publico	camera_ip	planta_didatica	custo_por_aluno	labLivre <small>mostra se sensor está ocupado</small>	userProg1LabLivre <small>Se existe labs livres para programação e simulação</small>	QuantAlunosProg <small>Quantidade de alunos no perfil de programação</small>	userProg2LabLivre <small>status do do perfil de simulação Prog1</small>	userProg3LabLivre <small>status do do perfil de simulação Prog3</small>	status <small>Informe se o laboratorio está ativo ou inativo</small>
4	SENAI_1	201.72.190.44	201.72.190.41	Puching	0,8035	livre	livre	0	livre	livre	ativo
5	UFAM	200.129.152.91	10.224.1.43	Puching	1,162	livre	livre	0	livre	livre	ativo

Fonte: Próprio autor.

Figura 39 - Banco de dados depois da conexão do exemplo de aplicação

✓ A mostrar registros de 0 - 1 (2 total, A consulta demorou 0.0013 segundos.)

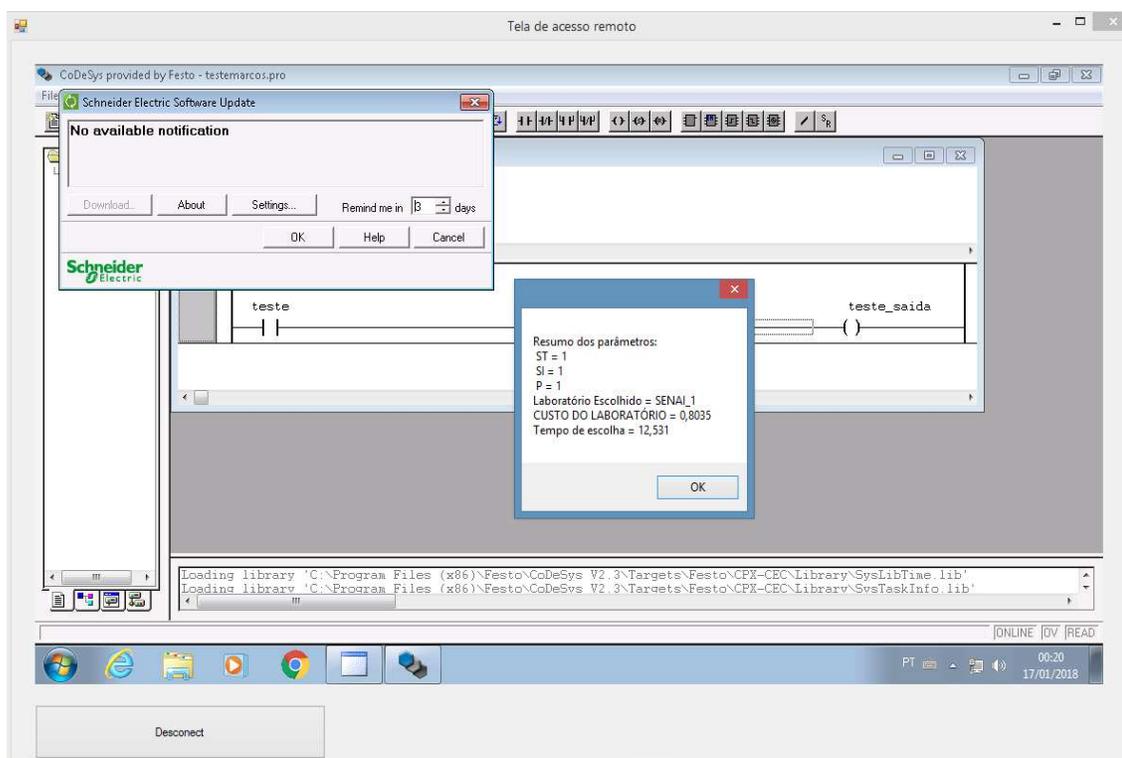
```
SELECT * FROM `laboratorios`
```

Id	instituicao	ip_publico	camera_ip	planta_didatica	custo_por_aluno	labLivre <small>mostra se sensor está ocupado</small>	userProg1LabLivre <small>Se existe labs livres para programação e simulação</small>	QuantAlunosProg <small>Quantidade de alunos no perfil de programação</small>	userProg2LabLivre <small>status do do perfil de simulação Prog2</small>	userProg3LabLivre <small>status do do perfil de simulação Prog3</small>	status <small>Informe se o laboratorio está ativo ou inativo</small>
4	SENAI_1	201.72.190.44	201.72.190.41	Puching	0,803	livre	ocupado	1	livre	livre	ativo
5	UFAM	200.129.152.91	10.224.1.43	Puching	1,154	livre	livre	0	livre	livre	ativo

Fonte: Próprio autor.

Como resposta para o aluno, o sistema retornou a tela apresentada na Figura 40 que contém os parâmetros da escolha e ao fundo a conexão realizada através do protocolo RDP já com o ambiente de programação para o estudante desenvolver sua tarefa.

Figura 40 - Tela de resposta 1



Fonte: Próprio Autor.

Neste exemplo de aplicação além dos parâmetros que são necessários para o algoritmo de seleção apresenta-se também como resposta ao aluno o tempo de escolha do laboratório, a medição de um novo parâmetro que inicia quando o estudante clica no botão de programação, então é disparado a marcação de um tempo até finalizar a escolha do melhor ambiente.

No momento em que o aluno finalizou o desenvolvimento da sua atividade, considerando que ele está no perfil de simulação, pôde fazer o upload do seu programa por meio do módulo do servidor que guarda este arquivo no servidor FTP para quando o aluno quiser testar ou terminar seu desenvolvimento, através do download no módulo do servidor.

Para testar o programa na planta didática física, o aluno clicou no botão testar aplicação e logo o sistema escolheu o melhor laboratório para a execução do experimento. A Figura 41 apresenta os dados utilizados no momento que antecede a seleção do aluno.

Figura 41 - Banco de dados antes da seleção do laboratório

✓ A mostrar registos de 0 - 1 (2 total, A consulta demorou 0.0027 segundos.)

```
SELECT * FROM `laboratorios`
```

id	instituicao	ip_publico	camera_ip	planta_didatica	custo_por_aluno	labLivre <small>mostra se sensor está ocupado</small>	userProg1LabLivre <small>Se existe lab livre para programação e simulação</small>	QuantAlunosProg <small>Quantidade de alunos no perfil de programação</small>	userProg2LabLivre <small>status do do perfil de simulação Prog2</small>	userProg3LabLivre <small>status do do perfil de simulação Prog3</small>	status <small>informa se o laboratório está ativo ou inativo</small>
4	SENAI_1	201.72.190.44	201.72.190.41	Puching	1,7955	ocupado	livre	1	livre	livre	ativo
5	UFAM	200.129.152.91	10.224.1.43	Puching	1,2245	livre	livre	0	livre	livre	ativo

Fonte: Próprio Autor.

A Figura 41 mostra que no momento da escolha do laboratório SENAI_1 já estava ocupado com um aluno no perfil de execução, logo o sistema teve que escolher o laboratório da UFAM como a melhor escolha devido não haver nenhum aluno no LAR dessa instituição. A Figura 42 apresenta o banco de dados posterior a escolha do laboratório do aluno.

Figura 42 - Banco de dados depois da seleção do laboratório

✓ A mostrar registos de 0 - 1 (2 total, A consulta demorou 0.0844 segundos.)

```
SELECT * FROM `laboratorios`
```

id	instituicao	ip_publico	camera_ip	planta_didatica	custo_por_aluno	labLivre <small>mostra se sensor está ocupado</small>	userProg1LabLivre <small>Se existe lab livre para programação e simulação</small>	QuantAlunosProg <small>Quantidade de alunos no perfil de programação</small>	userProg2LabLivre <small>status do do perfil de simulação Prog2</small>	userProg3LabLivre <small>status do do perfil de simulação Prog3</small>	status <small>informa se o laboratório está ativo ou inativo</small>
4	SENAI_1	201.72.190.44	201.72.190.41	Puching	1,7725	ocupado	livre	1	livre	livre	ativo
5	UFAM	200.129.152.91	10.224.1.43	Puching	2,3105	ocupado	livre	1	livre	livre	ativo

Fonte: Próprio Autor.

Como resposta da escolha do aluno o sistema exibiu a tela da Figura 43, onde o ambiente escolhido foi a UFAM como já era previsto, observa-se que o custo do laboratório não aparece, isso acontece devido a equação de seleção dar zero para o ambiente do SENAI_1 ($SI_{ESAS} = 0$), logo automaticamente, o algoritmo de escolha passa para o próximo laboratório, no caso a UFAM.

condições de cada teste. No primeiro teste foram modificadas as seguintes variáveis: ST- status, SI – situação e P – planta didática, onde considerou-se para este teste apenas um único aluno no sistema. A utilização da plataforma do aluno aconteceu por meio de conexão banda larga na Zona Norte de Manaus e a seleção ocorreu para o perfil de execução. Para este teste a modificação das variáveis foram efetuadas forçando os valores desejados no banco de dados do sistema e o tempo de escolha foi capturado da mesma forma do exemplo de aplicação, porém sendo iniciado com o clique no botão testar aplicação. A Figura 44 mostra os resultados para cada modificação das variáveis já citadas.

Figura 44 - Teste de condições elementares para a equação de seleção

CONDIÇÕES DOS CASO DE TESTE 1 - Condições Elementares											RESULTADO	
NUMERO	DESCRIÇÃO DO TESTE	DATA	HORÁRIO	Laboratório	ST	SI	P	C	TT (s)	QT alunos	Lab. Escolhido	Tempo de escolha
1	Variando o status do SENAI_1 para inativo	17/01/2018	20:49	SENAI_1	0	1	1	0,7875	0,7875	0	UFAM	10,218
				UFAM	1	1	1	1,154	1,154	0		
2	Variando o status Da UFAM para inativo	17/01/2018	20:55	SENAI_1	1	1	1	0,765	0,765	0	SENAI_1	7,187
				UFAM	0	1	1	1,1545	1,1545	0		
3	Variando a situação do SENAI_1 para ocupado	17/01/2018	21:02	SENAI_1	1	0	1	0,78	0,78	0	UFAM	6,484
				UFAM	1	1	1	1,1465	1,1465	0		
4	Variando a situação do UFAM para ocupado	17/01/2018	21:08	SENAI_1	1	1	1	0,788	0,788	0	SENAI_1	7,734
				UFAM	1	0	1	1,162	1,162	0		
5	Variando a planta didática para uma planta diferente da utilizada no SENAI_1	17/01/2018	21:19	SENAI_1	1	1	0	0,7875	0,7875	0	UFAM	5,64
				UFAM	1	1	1	1,147	1,147	0		
6	Variando a planta didática para uma planta diferente da utilizada na UFAM	17/01/2018	21:24	SENAI_1	1	1	1	0,7955	0,7955	0	SENAI_1	5,547
				UFAM	1	1	0	1,1385	1,1385	0		

Fonte: Próprio Autor.

No segundo teste foi verificado a variação da quantidade de alunos em cada laboratório, que teve como objetivo fazer uma análise entre os laboratórios envolvidos, considerando que a rede utilizada pelo aluno foi uma *wifi* de banda larga também na Zona Norte de Manaus e a conexão ocorreu para o perfil de execução, porém os demais conectados estavam no perfil de simulação. Este teste foi efetuado utilizando três máquinas para a conexão no perfil de simulação ao sistema, com isso foi possível a execução dos testes. A figura 45 apresenta o teste de variação da quantidade de alunos nos laboratórios, visando observar a escolha realizada pelo sistema e o cálculo de custo para laboratório.

Figura 45 - Teste de variação da quantidade de alunos nos laboratórios

CONDIÇÕES DO CASO DE TESTE 3 - Variação da quantidade de alunos										RESULTADO		
NUMERO	DESCRIÇÃO DO TESTE	DATA	HORÁRIO	Laboratório	ST	SI	P	C	TT (s)	QT alunos	Lab. Escolhido	Tempo de escolha
1	Um aluno já está conectado no SENAI_1	18/01/2018	10:13	SENAI_1	1	1	1	1,7955	0,7955	1	UFAM	34,297
				UFAM	1	1	1	1,17	1,1700	0		
2	Um aluno já está conectado na UFAM	18/01/2018	10:24	SENAI_1	1	1	1	0,78	0,7800	0	SENAI_1	31,656
				UFAM	1	1	1	2,6755	1,6755	1		
3	Dois alunos já estão conectados no SENAI_1	18/01/2018	10:39	SENAI_1	1	1	1	2,7875	0,7875	2	UFAM	28,265
				UFAM	1	1	1	1,1545	1,1545	0		
4	Dois alunos já estão conectados na UFAM	18/01/2018	10:52	SENAI_1	1	1	1	0,803	0,8030	0	SENAI_1	35,484
				UFAM	1	1	1	3,1545	1,1545	2		
5	Três alunos já estão conectados no SENAI_1	18/01/2018	11:27	SENAI_1	1	1	1	3,7725	0,7725	3	UFAM	34,031
				UFAM	1	1	1	1,326	1,3260	0		
6	Três alunos já estão conectados na UFAM	18/01/2018	11:10	SENAI_1	1	1	1	0,7875	0,7875	0	SENAI_1	32,828
				UFAM	1	1	1	4,1625	1,1625	3		

Fonte: Próprio Autor.

5.3.1 Avaliação dos Testes

Na avaliação do primeiro teste observou-se que a escolha dos laboratórios está de acordo com a equação de seleção, o teste foi realizado no período da noite e teve um tempo de escolha sempre de até 10 segundos e devido a isso foi realizado um novo teste no turno matutino, onde os tempos de escolha tiveram um aumento considerável. Logo, com isso, foi possível concluir que a conexão de internet pelo período da manhã estava mais lenta. Os tempo de escolha chegaram a ser maiores que 30 segundos e com esse teste pôde ser percebido que para tempos maiores que 35 segundos o sistema fica prejudicado não oportunizando condições para testar os experimentos dos alunos.

No segundo teste, conforme a tabela apresentada na Figura 45, foi observado que os tempos de transferências de dados dos laboratórios se mantiveram sem grandes alterações e o custo modificou conforme o número de alunos. Logo, nota-se que a escolha do ambiente foi realizada corretamente.

5.5 Conclusão

Neste capítulo foi apresentado um exemplo de aplicação que mostra o algoritmo de seleção funcionando de acordo com o previsto, isso ocorreu tanto para o perfil de execução quanto para o perfil de simulação. O exemplo de aplicação também foi importante para testar o cadastro de aluno e instituições, testar o módulo de custo verificando a periodicidade das atualizações de custo e status, testar o módulo de servidor realizando upload e download do arquivo de programação do aluno, além identificar as melhorias do sistema.

Os testes desenvolvidos neste capítulo confirmaram a eficiência do algoritmo nos diversos casos inseridos em testes e demonstraram que as atualizações de custo são essenciais para escolha do laboratório no momento exato, pois com o tempo de transferência de dados é possível saber como está a conexão do aluno, o fator que nos diz se a conexão do aluno está boa é o tempo de escolha. Com esse tempo é importante dizer que se ele estiver muito alto não é possível concretizar os experimentos.

Capítulo 6 – Considerações Finais

Nesta dissertação foi apresentado um sistema de seleção automática de laboratórios que mostrou a elaboração de uma equação de seleção para otimizar o uso dos mesmos, possibilitando a utilização de experimentos em equipamentos da área de mecatrônica num LAR para alunos de instituições que não possuem essa infraestrutura.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi muito importante estudar as características das plataformas de aprendizagem e dos sistemas de gerenciamento que aplicavam atividades em LAR's e isso favoreceu pensar na arquitetura como um elemento gerenciador para guardar todos os dados necessários de manipulação do sistema e a criação de módulos de gerenciamento isolados para trabalhar em conjunto para tudo funcionar de acordo com a proposta deste trabalho.

Com a implementação do sistema verificou-se que ter um custo para cada laboratório atualizado periodicamente trará sempre o melhor ambiente para o aluno no momento de escolha, isso porque a equação de seleção sempre depende do custo e de variáveis que são especificadas para as condições momentâneas, por isso o módulo de custo demonstrou que a sua funcionalidade é imprescindível para o funcionamento do algoritmo de seleção do sistema.

A plataforma do aluno foi identificada como um dos elementos importantes para a utilização dos LAR's, principalmente porque o aluno pode escolher entre somente desenvolver sua aplicação com simulações e executar o programa na planta didática real da linha MPS. A interface do aluno contém todas as ferramentas para realização de seus experimentos no LAR, especialmente a câmera IP que exibi a imagem no processo em funcionamento. Quando a conexão de internet dos LAR's ou do aluno está ruim é inviável a utilização da câmera neste momento, por isso nos testes apresentados na seção 5.3.1 observou-se que para tempos de escolha maiores de 35 segundos a câmera já apresenta imagens travadas e sem condições de visualizar o processo em tempo real.

A conexão via o protocolo RDP que permite a conexão de múltiplos usuários em um único computador foi eficaz, pois cumpriu com o papel de dar acesso ao ambiente de programação e permitiu utilizar as ferramentas do computador do LAR para executar os experimentos dos alunos na área de mecatrônica.

A implementação módulo do servidor funcionou como um organizador de gerenciamento de arquivos em que o aluno poderia solicitar ou guardar seus programas para utilizar no momento que fosse oportuno, além de controlar pontualmente o tempo de conexão do perfil de execução para dar a vez de utilização para os demais alunos.

Para concluir este trabalho, notou-se que os resultados obtidos foram extremamente positivos, pois o algoritmo de seleção apresentou em seus testes um ótimo desempenho para escolher o melhor laboratório do sistema. Recomenda-se que para trabalhos futuros esta equação possa ser usada com interfaces mais acessíveis aos alunos, como por exemplo, fazer um aplicativo para a utilização da plataforma do estudante em celulares e ampliar as áreas de conhecimento do aluno introduzindo novos laboratórios.

Referências

- AGUSTÍN, Caminero C. et. al. Virtual Remote Laboratories Management System (Tutores): Using Cloud Computing to Acquire University Practical Skills. IEEE TRANSACTIONS ON LEARNING TECHNOLOGIES, v. 9, n. 2, p. 133-145, abril-junho 2016.
- ÁLVARES, Alberto José e FERREIRA, João Carlos Espíndola. Metodologia para Implantação de Laboratórios Remotos via Internet na área de Automação da Manufatura. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/DkzAfw>>. Acesso em: 08 mar. 2018.
- AVILA, B.; AMARAL, É. M. H.; TAROUÇO, L. Implementação de Laboratórios Virtuais no metaverso *OpenSim*. RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 11, n. 1, p. 1–12, julho, 2013.
- CARDOSO, Dayane Carvalho e TAKAHASHI, Eduardo Kojy. Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 11, n. 3, 2011.
- CONGRESSO NACIONAL. Plano Nacional de Educação (PNE 2011-2020). Disponível em: <<https://www.camara.gov.br/sileg/integras/831421.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2018.
- CORMEN, Thomas H. et al. *Introduction to algorithms*. 3ed. Estados Unidos, 2009. 1292 p.
- EBEL, Frank. Manual de Montagem da *Station Verteilen*. FESTO *Didactic*, ago. 2001.
- FALVO, Marcio Rodrigo. Uma Avaliação Experimental do Uso de *Desktops* Virtuais RDP. 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), Universidade de São Carlos, São Carlos, 2014.
- FRIEDMAN, R.S. and DEEK, F.P., *Innovation and education in the digital age: reconciling the roles of pedagogy, technology, and the business of learning*. IEEE Transactions on Eng. Management, v. 50, n. 4, p. 403-412, 2003.
- GUTIÉRREZ W., FERNÁNDEZ M. & MANTILLA W.. *The Joint Training, a SENA Learning Model for Latin America*. IEEE Latin America Transactions, v.14, n. 6, p. 2997-3002, 2016.
- MAIA, José da Silva. Ferramenta para Aprendizagem de Automação e Controle Discreto: Controlador Lógico Programável (CLP) na modalidade *E-learning*. 2002. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

- MARCHEZAN, André Ricardo, CHELLA, Marco Tulio e FERREIRA, Elnatan Chagas. Laboratório Remoto aplicado ao Ensino de Engenharia Eletrônica. 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/Gxj3gR>>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- MENDES, Mário J. G. C. and Martins Luis. *An Internet Remote Laboratory to Teach Industrial Automation*, p. 144-149, 2014.
- MICROSOFT. *Remote Desktop Protocol*. Disponível em: <[https://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa383015\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa383015(v=vs.85).aspx)>. Acesso em: 26 dez. 2017.
- MICROSOFT. Introdução à linguagem C# e ao .NET *Framework*. 2015. Disponível em: <<https://docs.microsoft.com/pt-br/dotnet/csharp/getting-started/introduction-to-the-csharp-language-and-the-net-framework>>. Acesso em: 26 dez. 2017.
- MORAN, José. O que é educação a distância. Centro de Educação a Distância. SENAI, Rio de Janeiro, n. 5, p. 1-3, 2002.
- KALÚZ Martin, GARCÍA-ZUBÍA Javier, FIKAR Miroslav and CIRKA Lubos. *A Flexible and Configurable Architecture for Automatic Control Remote Laboratories*. *Transactions on Learning Technologies*, v. 8, n. 3, p. 299-310, set. 2015.
- O. Dziabenko, J. García-Zubia, and I. Angulo, “Time to play with a microcontroller managed mobile bot,” in *Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, IEEE. p. 1–5, 2012.
- ORDUÑA, Pablo. et al. *An Extensible Architecture for the Integration of Remote and Virtual Laboratories in Public Learning Tools*. *IEEE - Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, v. 10, n. 4, nov. 2015.
- PERDUKOVA D. and FEDOR P.. *A Virtual Laboratory for the study of Mechatronics*. *IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications*, p. 163-166, out. 2011.
- SALIHBEGOVIC Adnan and TANOVIC Omer. *Internet Based Laboratories in Engineering Education*. *Conference on Information Technology Interfaces*, p. 163-170, jul. 2008.
- SHYR, Wen-Jye, *Providing a laboratory for students everywhere*. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, v. 7, n. 2, p. 198-203, 2009.
- SULANI Danilles & ANGEL Custodio. *Programación a Distancia del PLC Simatic S7-300 para realizar para Realizar Prácticas Virtuales en Ingeniería*. *Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, p. WE1-1-WE1-10, jun. 2010.

ZIVIANI, Nivio. Projeto de Algoritmos, com Implementações em Pascal e C. 3 ed. São Paulo, Cengage Learning: 2013. 627 p.

YII FRAMEWORK. *The definitive guide to Yii2.0*. Disponível em: <<http://www.yiiframework.com/doc-2.0/guide-intro-yii.html>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

SCHAUER, Franz. et.al. REMLABNET II – *open remote laboratory management system for university and secondary schools research based teaching*. *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*. Bangkok, Thailand, p. 109-112, feb. 2015.

ANEXO A – Proposta Comercial N. 0926/2010 da empresa Festo

Item 01 – MPS - Banco de Ensaio: 14024215

Escopo de fornecimento

A) Estação de Distribuição (x1)

A Estação é montada em mesa móvel (trolley) com quatro rodízios, sendo dois travantes, com as mesmas dimensões da Estação (350x700 mm). Possui também um painel de botões na parte frontal.

A Estação é composta de:

- Um magazine de peças com atuador de dupla ação pneumático (curso: 80 mm, diâmetro 16 mm) com sensores indutivos de posicionamento e sensor óptico 24 VDC, por reflexão de luz, com fibra óptica para condução da luz, montado no magazine;
- Um módulo de transferência composto de atuador pneumático semi-rotativo 180° (totalmente ajustável), com dois fins de curso eletromecânico acoplados. Comprimento de 240 mm e altura de 110 mm;
- Um sensor de vácuo com ajuste de ativação e sinal de saída digital de 24 VDC;
- Um sensor óptico para recepção de sinais de confirmação da estação posterior;
- Um terminal de válvulas compacto composto de três válvulas, sendo uma válvula 5/2 vias simples solenóide, uma válvula 5/3 vias duplo solenóide centro aberto e uma válvula geradora de vácuo com expulsor incorporados;
- Um terminal de I/O com 8 Entradas e 8 Saídas, placa de circuito impresso e interface paralela de 24 pinos (centronics) para conexão com o PLC board;
- Uma unidade de tratamento de ar comprimido composta de filtro de ar, regulador de pressão através de manipulador com sistema de trava e válvula de abertura e fechamento para passagem de ar comprimido;
- Um sinalizador luminoso tipo semáforo, com três lâmpadas (vermelha, amarela e verde) para indicação de status da estação
- Todos os módulos estão montados em painel de alumínio extrudado de dimensões 350 x 700 x 32 mm, com rasgos eqüidistantes de 50 mm.

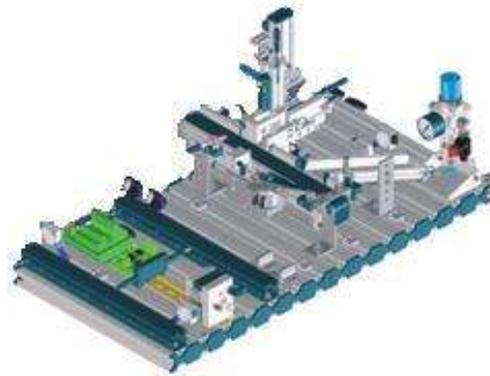


B) Estação de Teste (x1)

A Estação é montada em mesa móvel (trolley) com quatro rodízios, sendo dois travantes, com as mesmas dimensões da Estação (350x700 mm). Possui também um painel de botões na sua parte frontal.

A Estação é composta de:

- Uma esteira transportadora com curso de 350 mm;
- Um motor 24 VDC para o acionamento da esteira;
- Um relé para comando dos motores elétricos das esteiras com acionamento manual;
- Um módulo de teste de peça com sistema de transporte da esteira para base apropriada, composto por dois atuadores pneumáticos de dupla ação com sensores magnéticos de fim-de-curso, sensor analógico para teste de peças com saída a tensão (0 .. 10V) e a corrente (0 .. 20mA) e sensor óptico reflexivo;
- Um sensor óptico de barreira para detecção de peças no final da esteira e entrada da rampa, com sistema auxiliar de espelho para permitir as duas funções;
- Um emissor óptico para emissão de sinais de confirmação para estação anterior;
- Um sensor indutivo utilizado para detecção de peças metálicas;
- Um módulo conversor analógico/digital composto de uma entrada analógica na faixa de 0 – 10V, e duas saídas digitais ajustáveis por função *teach* (para peça boa e peça ruim);
- Um desviador ativo atuado pneumaticamente para seleção do fluxo de peças na estação;
- Um módulo de parada e liberação de peças, atuado pneumaticamente;
- Uma rampa para armazenamento de peças;
- Um terminal para conexões de 4 entradas e 4 saídas com conectores M8 de 4 pinos disponibilizadas em conector padrão multipolo de 15 vias;
- Um terminal de válvulas compacto composto de duas válvulas 5/2 vias simples solenóide. O terminal possibilita, opcionalmente, a conexão com protocolo de rede AS-interface ou Profibus DP;
- Um terminal de I/O com 8 Entradas e 8 Saídas, placa de circuito impresso e interface paralela de 24 pinos (centronics) para conexão com o PLC board;
- Uma unidade de tratamento de ar comprimido composta de filtro de ar, regulador de pressão através de manipulador com sistema de trava e válvula de abertura e fechamento para passagem de ar comprimido.
- Todos os módulos estão montados em painel de alumínio extrudado de dimensões 350 x 700 x 32 mm, com rasgos a cada 50 mm de distância.



C) Painel de Controle (x2)

Painel de controle desenvolvido para o comando das Estações MPS, montado em trolley exclusivo junto com a respectiva Estação.

Especificação Técnica:

- Material do Painel: Alumínio
- Botões pulsadores: 03
- Chave comutadora: 01
- Indicadores (LED): 04
- Interface para Controlador Lógico: Conector Centronics IEEE488, 8I/8O

**E) Jogo de Peças de Trabalho – 554301 (x1)**

Jogo de peças de trabalho, composto por peças coloridas, com tampas pretas para montagem das tarefas durante a Competição.

**F) I/O Simulation Box incluindo cabos – 170643 (x1)**

Simulador de entradas e saídas digitais com 08 chaves pulso/trava para sinal de saída, 08 led's para indicação de sinal de entrada.

**G) Jogo de Ferramentas – 539767 (x1)**

Jogo de ferramentas composto de chaves de fenda, alicates e demais itens necessários para serem utilizados na execução das tarefas durante a Competição.



Investimentos

Quantidade: 01 (Um)

Preço Unitário: R\$ 36.550,00

Descontos Especiais

Para as escolas participantes do WorldSkills 2010, estamos concedendo os seguintes descontos especiais:

Preço Unitário: R\$ 24.854,00