

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ**

Felipe da Cunha dos Santos

**ARQUITETURA FLEXÍVEL PARA CRIAÇÃO E
GERENCIAMENTO DE LABORATÓRIOS REMOTOS**

Araranguá

2016

Felipe da Cunha dos Santos

**ARQUITETURA FLEXÍVEL PARA CRIAÇÃO E
GERENCIAMENTO DE LABORATÓRIOS REMOTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Computação.

Araranguá

2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Santos, Felipe

Arquitetura flexível para criação e gerenciamento de laboratórios remotos / Felipe Santos ; orientador, Wilson Gruber ; coorientador, Lucas Boeira. - Araranguá, SC, 2016. 104 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá. Graduação em Engenharia de Computação.

Inclui referências


1. Engenharia de Computação. 2. Laboratórios Remotos. 3. Experimentos físicos. 4. Sistema web. 5. Tecnologia da Informação e Comunicação. I. Gruber, Wilson. II. Boeira, Lucas. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Computação. IV. Título.

Felipe da Cunha dos Santos

ARQUITETURA FLEXÍVEL PARA CRIAÇÃO E GERENCIAMENTO DE LABORATÓRIOS REMOTOS


Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado aprovado para a obtenção do Título de "Bacharel em Engenharia de Computação", e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Computação.

Araranguá, 04 de agosto 2016.



Prof. Dr. Anderson Luiz Fernandes Perez
Coordenador
UFSC - Campus Araranguá

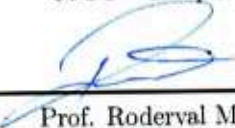
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Vilson Gruber
Orientador
UFSC - Campus Araranguá



Profª. Eliane Pozzebon, Dra.
UFSC - Campus Araranguá



Prof. Roderval Marcelino, Dr.
UFSC - Campus Araranguá

Dedico meu TCC aos meus pais e toda minha família por me ajudar a tornar meu sonho real, me proporcionaram forças para que eu não desistisse de ir atrás do que eu buscava para minha vida. Muitos obstáculos foram impostos para mim durante esses últimos anos, mas graças a vocês eu não fraquejei. Obrigado por tudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, ao qual permite que todas as coisas se concretizem. Agradeço também a todas as pessoas que diretamente ou indiretamente, contribuíram para a construção de meus valores éticos e morais, meu pai e minha mãe, minha irmã e minha família, todos os mestres atuais e do passado, agradeço também aos meus amigos desta vida acadêmica e todos os que compartilharam ao menos um pouco do que sabem comigo. Não deixarei de agradecer a todas as pessoas pela compreensão de quando minha presença não foi possível e quando meu foco e atenção mostraram-se voltados com exclusividade para elaboração deste trabalho, obrigado Pai e Mãe por tudo.

RESUMO

Durante os últimos anos diferentes tipos de soluções e modelos para acesso a laboratórios reais de forma remota têm sido discutidas e implementadas por diversas pessoas e instituições ao redor do mundo. Laboratórios remotos implementam um importante recurso e sua utilização está em expansão no mundo acadêmico devido a constante evolução da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) que está ocorrendo. São ambientes que exploram e aplicam tecnologias para facilitar a disponibilização de conteúdo na internet, fornecendo soluções de organização e gerenciamento de recursos. A proposta deste projeto, é o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de laboratórios remotos que integra equipamentos de experimentos de laboratórios reais possibilitando a interação com o mesmo. Trata-se de uma arquitetura ao qual se integra laboratórios remotos e que se adapta a diferentes tipos de equipamentos de experimentos reais. A arquitetura permite a criação de laboratórios remotos e através de um painel de instrumentação virtual que cada experimento deverá possuir, enviará comandos para interagir com o equipamento real. As TICs selecionadas para elaboração e construção do sistema e utilizadas foram tecnologias de *software* livre para a estrutura, a criação de novas ferramentas e a utilização dessas tecnologias facilitam o desenvolvimento e a criação de novas funcionalidades. Na arquitetura desenvolvida se aborda uma maneira de ensino através da experimentação remota, permite o ensino de habilidades práticas para capacitar o estudante a ganhar experiência na condução de equipamentos de experimentos reais. As vantagens da integração e disponibilização *online* destes tipos de experimentos nesta arquitetura é a segurança ao usuário, pois envolve equipamentos que podem ocasionar acidentes quando operado de forma inadequada.

Palavras-chave: Laboratório Remoto. Sistema web. Experimentos físicos. TIC.

ABSTRACT

During the last years different solutions and models for access to real labs remotely have been discussed and implemented by various people and institutions around the world. Remote laboratories implement an important resource and its use is expanding in the academic world due to the constant evolution of the Information and Communication Technology (ICT) that is taking place. Are environments that explore and apply technologies to facilitate the availability of content on the Internet, providing organizational solutions and management features. The purpose of this design is the development of a laboratory remote management system that integrates real laboratory experiment equipment allowing interaction with the same. This is an architecture which integrates remote laboratories and adapts to different types of actual equipment experiments. The architecture allows the creation of remote laboratories and through a virtual instrument panel that each experiment should have, send commands to interact with the actual equipment. ICT selected to design and system construction and were used open source technologies for the structure, the creation of new tools and the use of these technologies facilitate the development and creation of new features. In architecture developed to address a way of teaching through remote experimentation, allows the teaching of practical skills to enable the student to gain experience in conducting actual experiments equipment. The advantages of integration and on-line availability of these types of experiments in this architecture is the security to the user because it involves equipment that can cause accidents when operated improperly.

Keywords: Remote laboratory. web system. physics experiments. ICT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Tipos de Laboratórios.....	24
Figura 2	Moodle versão 3.0.....	27
Figura 3	iLabs(MIT).....	28
Figura 4	WebLab Deusto página inicial mostrando os experimentos.	29
Figura 5	LabShare página de exibição de um experimento.	29
Figura 6	Senha encriptada no banco de dados.	40
Figura 7	Uso de linguagens de programação do lado do servidor para websites.....	43
Figura 8	Um fluxo de execução de uma aplicação Yii.....	47
Figura 9	Arquitetura do SGLR.....	51
Figura 10	Modelo para criação de LR.	52
Figura 11	Página de escolha de qual laboratório utilizar.	53
Figura 12	Comunicação entre os segmentos.....	53
Figura 13	Interface gráfica do editor Bluefish.	58
Figura 14	Interface gráfica do MySQL Workbench.....	59
Figura 15	Projeto lógico do banco de dados para agendamento de experimentos.	60
Figura 16	Adição de novas classes para apoio ao ensino aprendido.	61
Figura 17	Utilização de IDE para desenvolvimento.....	63
Figura 18	Composer um gerenciamento de dependências para PHP.	64
Figura 19	Página Inicial do Gii.....	66
Figura 20	Criação de um modelo.	67
Figura 21	Arquivos gerados com o módulo Gii.....	68
Figura 22	Plugins adicionais para animações.....	69
Figura 23	Desenvolvimento da interface gráfica do PAE.....	70
Figura 24	Interfaces gráficas do PAE.	70
Figura 25	Recebimento de Notificação por e-mail.	72
Figura 26	Microcomputador Raspberry Pi.....	73
Figura 27	Raspberry Pi e componentes eletrônicos da MDTEC. . .	74
Figura 28	Esquema eletrônico.	75
Figura 29	Dispositivos para aquisição de dados na MDTEC.....	76
Figura 30	Posicionador de Corpo de Prova.	76

Figura 31	Região de compressão da MDTEC.	77
Figura 32	Diagrama de sequência para utilização da MDTEC.	78
Figura 33	Estrutura de comunicação do PIV da MDTEC.	79
Figura 34	Modelo de PIV da MDTEC para acesso de dispositivos móveis (visualização de duas abas).	82
Figura 35	Modelo do PIV da MDTEC para acesso de computadores.	82
Figura 36	Envio de notificação de erro para o administrador.	83
Figura 37	Envio de uma aquisição de dado para o servidor central via HTTP.	83
Figura 38	Respostas para um pedido de controle da MDTEC.	85
Figura 39	Usuários cadastrados para realização da ER.	88
Figura 40	Ocupação dos horário da agenda da MDTEC.	88
Figura 41	Alguns dos ensaios realizados na MDTEC.	89
Figura 42	Gráfico com as aquisições de dados da MDTEC.	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
EAD	Ensino À Distância
ER	Experimentação Remota
IHM	Interface Homem-Máquina
LR	Laboratório Remoto
MDTEC	Máquina Didática Teleoperada de Ensaio de Compressão
MVC	Modelo, Visão e Controle
PHP	Pré-processador de Hipertexto
PIV	Painel de Instrumentação Virtual
SCADA	Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados
SGLR	Sistema de Gerenciamento de Laboratórios Remotos
SQL	Structured Query Language (Linguagem de Consulta Estruturada)
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
Yii	Yes it Is (Sim Ele É)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	OBJETIVOS	20
1.1.1	Objetivo Geral	20
1.1.2	Objetivos Específicos	20
1.2	JUSTIFICATIVA	20
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	22
2	LABORATÓRIOS REMOTOS	23
2.1	TIPOS DE ARQUITETURAS	23
2.2	EXEMPLOS DE ARQUITETURAS	26
2.3	EXPERIMENTAÇÃO REMOTA	28
2.4	TICS	31
2.4.1	Evolução das TICS	32
2.4.2	TICS no Ensino e Aprendizagem	33
3	ARQUITETURA PROPOSTA	37
3.1	MODELOS E TECNOLOGIAS	37
3.1.1	Sistemas cliente-servidor	37
3.1.2	Programação Estruturada	38
3.1.3	Programação Orientada a Objetos	38
3.1.4	Modelo, Visão e Controle	39
3.1.5	Interface Gráfica	39
3.1.6	Banco de dados relacional	39
3.1.6.1	Gestão dos dados	40
3.1.6.2	Segurança dos dados	40
3.1.7	Tecnologias de <i>Softwares</i>	41
3.1.7.1	Servidores <i>Web</i>	41
3.1.7.2	Servidor de Banco de Dados	42
3.1.7.3	Linguagens de Programação	42
3.1.7.4	Outras linguagens e recursos	44
3.1.7.5	Bibliotecas	45
3.1.7.6	Estrutura de desenvolvimento	45
3.2	REQUISITOS DA ARQUITETURA	48
3.3	ELABORAÇÃO DO MODELO	49
3.3.1	Ensino e aprendizagem	55
4	SERVIDOR CENTRAL	57
4.1	AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO	57
4.2	MODELO DE BANCO DE DADOS E IMPLEMENTAÇÃO	59
4.3	IMPLEMENTAÇÃO DO SERVIDOR CENTRAL	62

4.3.1	Desenvolvimento	62
4.3.1.1	Etapa 1	65
4.3.1.2	Etapa 2	66
4.3.1.3	Etapa 3	67
5	EQUIPAMENTO DE EXPERIMENTO	73
5.1	ARQUITETURA DE <i>HARDWARE</i>	74
5.2	CONFIGURAÇÃO E COMUNICAÇÃO COM HARDWARE	77
5.3	PAINEL DE INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL DA MDTEC	79
5.4	TROCA DE INFORMAÇÕES COM O SERVIDOR CENTRAL	82
6	RESULTADOS	87
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS	91
	REFERÊNCIAS	93

1 INTRODUÇÃO

Durante os últimos anos diferentes tipos de soluções e modelos para acesso a laboratórios reais de forma remota tem sido discutidas e implementadas por diversas pessoas e instituições ao redor do mundo. São aplicações resultantes da combinação de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) que integram laboratórios reais ou virtuais e disponibilizam experimentos *online*¹ (TAWFIK et al., 2014).

Laboratórios Remotos (LR) são ambientes que exploram e aplicam tecnologias no sentido de facilitar a disponibilização de conteúdo, fornecendo soluções de organização e gerenciamento de recursos para oferecer serviços sem a necessidade de presença física. A integração de recursos *online* possibilita o desenvolvimento de atividades de ensino permitindo assim aos alunos e usuários que possam direcionar sua aprendizagem para alcançar os resultados desejados. Nestes últimos anos, tem havido uma crescente busca por modelos de construção de ambientes dedicados as necessidades de instituições acadêmicas, bem como nas indústrias para aproveitar das vantagens desses ambientes (FROYD; WANKAT; SMITH, 2012).

Os modelos de LR atuais implementam diversos recursos mas geralmente são plataformas fechadas que usuários sem vínculos com essas instituições ou empresas não podem utilizar. Há ambientes implementados sem levar em conta a acessibilidade para dispositivos móveis que estão presente nas mãos de muitas pessoas restringindo certos dispositivos.

Existem propostas que exigem do utilizador a necessidade de se adequar as informações provenientes destes ambientes para que possam utilizar de seus serviços. Há também a implementação de recursos adicionais em ambientes já estabelecidos, que de certo modo deixa o desenvolvimento restrito as tecnologias estabelecidas pela arquitetura e infraestrutura² já existente, teríamos que saber nossas limitações e tecnologias disponíveis para propor uma solução que se adapta ao modelo (SANCRISTOBAL et al., 2010).

A implementação de uma nova arquitetura permite que se crie uma solução com a finalidade de estar alinhado com as estratégias e o modelo de negócio da instituição (TAWFIK et al., 2014). Analisando os recursos disponíveis se codifica somente o que é necessário para sua utilização evitando o acúmulo de tecnologias diferentes.

¹disponível para acesso imediato a uma página de internet, em tempo real.

²é o alicerce interno de uma empresa, a base da disponibilização do negócio

1.1 OBJETIVOS

A seção seguinte tem como objetivo de elucidar o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho de conclusão de curso.

1.1.1 Objetivo Geral

Implantar uma arquitetura adaptável e customizável para criação e gerenciamento de laboratórios remotos de experimentos reais.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Elaborar e desenvolver uma arquitetura adaptável, customizável e eficiente baseada em *software* livre.
2. Permitir que equipamentos de experimentos possam ser adicionados a arquitetura.
3. Criar um ambiente que armazene e possibilite às aquisições de dados obtidas através da experimentação remota.
4. Utilizar recursos de acessibilidade disponíveis para dispositivos móveis (1).
5. Desenvolver a integração de um experimento, a Máquina Didática Teleoperada de Ensaio de Compressão (MDTEC) (2).

1.2 JUSTIFICATIVA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) torna-se importante porque promove um modelo de arquitetura baseado na seleção de TICs para o desenvolvimento e disponibilização de equipamentos de experimentos remotamente, proporcionando a criação de laboratórios remotos. A arquitetura desenvolvida funciona como um integrador de experimentos de laboratórios e os disponibiliza *online*, proporcionando a Experimentação Remota (ER) e formando assim um LR. Os capítulos seguintes mostram como foi criada a arquitetura que oferece seus serviços através de um sistema *web* que gerencia a execução de experimentos físicos dos laboratórios e promove o ensino e aprendizagem através de atividades.

O projeto deste TCC foi desenvolvido no Laboratório de Telecomunicações (LabTel) tendo surgido da necessidade de um ambiente independente para poder gerenciar experimentos físicos remotamente e poder criar assim novos LRs. Hoje na UFSC em Araranguá no mesmo espaço físico do Labtel existe um equipamento de experimento que está sendo disponibilizado *online*, trata-se da Máquina Didática Teleoperada de Ensaio de Compressão (MDTEC), este equipamento faz parte de uma tese de doutorado que está sendo desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Metalurgia, Materiais e Minas da Universidade Federal do Rio Grande Sul. A integração do experimento da MDTEC nesta arquitetura forma um LR chamado Laboratório *Online* de Conformação Mecânica (LabCONM) e disponibilizá-lo é um dos objetivos específicos deste TCC. A solução para a Interface Homem-Máquina também foi desenvolvida para adequação de sua integração. Mas esse não seria o único equipamento de experimento que será integrado ao sistema, existe a necessidade de adicionar novos equipamentos de experimentos ao longo do tempo.

Experimentos de fenômenos físicos em laboratórios práticos e tradicionais requerem a presença física do usuário, espaço e financiamento para compra, instalação e manutenção de equipamentos e em seguida hospedar os alunos (WEIGHTMAN et al., 2007). Para um melhor aproveitamento de recursos se torna um fato relevante em projetos o compartilhamento das alternativas tecnológicas para os métodos tradicionais de ensino em laboratório. Nos experimentos reais de laboratório a execução do experimento e a aquisição dos dados são essenciais, porém os controles e o interfaceamento para a aquisição de dados geralmente é feita de modo experimental e pouco intuitiva à usuários comuns. Na MDTEC durante o período de construção e desenvolvimento os dados eram extraídos via conexão de rede local através de um terminal de acesso.

As vantagens da integração e disponibilização *online* destes tipos de experimentos é a segurança ao usuário, pois envolve equipamentos que podem ocasionar acidentes quando operado de forma inadequada. A arquitetura contém módulos que ajudam o ensino de forma didática mostrando como operar o determinado equipamento.

O projeto se estabeleceu no desenvolvimento da arquitetura com aplicação das TICs. Manteve o foco em seleção de *softwares* com soluções relevantes a aplicação, para planejamento da arquitetura dos sistemas que se comunicam, junto com a integração e execução do ambiente que disponibiliza os experimentos dos laboratórios. Para a MDTEC, o desenvolvimento de uma interface gráfica para controle simplificado

deste equipamento e a parte de comunicação para envio dos dados e recepção de comandos de controle para ser gerenciado através da arquitetura implantada.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A organização deste projeto é composta desta introdução, no qual se apresentam o contexto, o problema, a justificativa e os objetivos, utilizados para o seu desenvolvimento.

O capítulo 2 mostra os resultados da pesquisa em utilização de LRs juntamente com os fatores e características que motivam a sua aplicação. Define a utilização de TICs para este contexto, juntamente com o estudo de plataformas de ensino e aprendizagem.

O capítulo 3 é descrito a proposta de uma nova arquitetura para a criação e gerenciamento de LR, abordando um modelo conceitual e o impacto do *software*, explica quais as tecnologias foram selecionadas.

O capítulo 4 explica onde as tecnologias selecionadas são aplicadas para o desenvolvimento do servidor central do SGLR, explica sobre como foi feita a criação deste segmento.

O capítulo 5 mostra um exemplo de implementação detalhada de um equipamento de experimento que forma o LR, detalhes sobre a criação do Painel de Instrumentação Virtual (PIV) e o controle de processo e etapas de integração deste com o servidor central.

O capítulo 6 demonstra a utilização da arquitetura, os benefícios educacionais que a arquitetura proposta conseguiu fornecer. Recebimento de avaliação das experiências de ER por parte dos alunos.

O capítulo 7 conclui o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) resumindo as principais contribuições e a sugestão para trabalho futuro.

2 LABORATÓRIOS REMOTOS

Laboratórios Remotos (LR) ou *online* podem ser do tipo físico e do tipo virtual ou simulados segundo Ávila, Amaral e Tarouco (2013), Oliveira et al. (2014), sendo diferentes tipos de modelos de implementações aonde o emprego de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) o proporcionam. O objetivo de um LR é poder proporcionar aos alunos o conhecimento sobre princípios de funcionamento de determinada área, seja física ou virtual, para dar-lhes meios de estudar as características de como os experimentos físicos se comportam (GLOTOV et al., 2013).

Os laboratórios na internet têm sido bastante vantajosos em envolver os alunos em atividades interativas, pois preparam e ensinam a utilizar as tecnologias antes de conduzir um experimento de laboratório mais abrangente e real. Atualmente existem diversos LR empregados nas mais diversas áreas ao redor do mundo, propondo serviços e soluções com objetivos distintos LIMA (2013), áreas tais como: engenharia elétrica Lopes (2007), Tawfik et al. (2014), engenharia mecânica e engenharia de controle (SAENZ et al., 2015).

2.1 TIPOS DE ARQUITETURAS

Os ambientes virtuais de aprendizagem são *softwares* que auxiliam na disponibilização de cursos pela internet, são destinados a compartilhamento de recursos para potencializar e desenvolver novos métodos de ensino. Além de conteúdo digital tais como documentos e arquivos existem também a possibilidade de disponibilização de serviços mais elaborados como o de laboratórios *online* (LIMA, 2013).

Como o avanço das TICs e o acesso à informação se tornou muito mais rápida possibilitaram o evolução e o emprego destas em ambientes em diversas áreas do conhecimento. As tecnologias atuais apresentam a cada dia novas possibilidades para tornar processos mais elaborados, criativos e simples, em busca de novas combinações e associações, conectando soluções desconexas para ampliar a capacidade de atuação destas tecnologias em diferentes linguagens ou recursos (FIUZA et al., 2014).

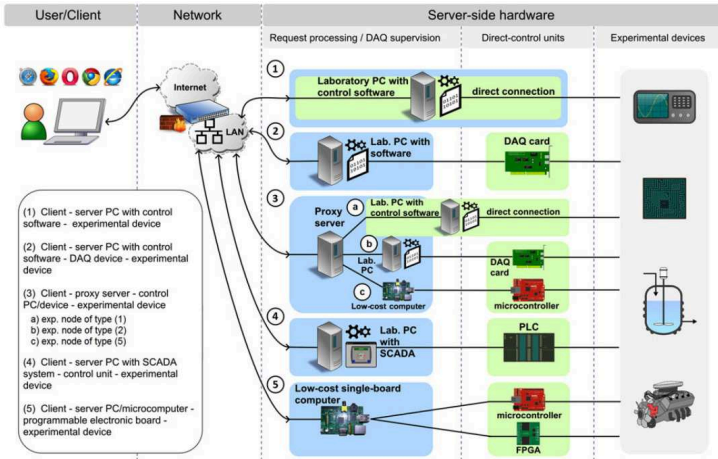
Em sua estrutura é um sistema de *software* integrado e projetado para permitir que professores e alunos troquem informações destinadas ao ensino e aprendizagem, possibilitando aos educadores gerenciar o conteúdo educacional (NAGI; SUESAWALUK, 2008).

Impulsionado pelos avanços científicos e das TICs um ambiente

virtual se busca adequar e desenvolver soluções que atendem as necessidades de determinadas pela sua concepção (MACIEL, 2012). Novas necessidades vêm surgindo e de igual modo às tecnologias também são criadas. Para suprir necessidades é necessário o desenvolvimento contínuo desses ambientes. As tecnologias empregadas e utilizadas na internet vêm se modificando constantemente em resultado das facilidades e interatividade que esta proporciona.

Na Figura 1 Kalúz et al. (2015) mostra os diversos tipos de modelos de arquiteturas de que laboratórios remotos podem implementar.

Figura 1: Tipos de Laboratórios.



Fonte: (KALÚZ et al., 2015).

- 1. Cliente - Servidor com o equipamento de controle por software - Equipamento de experimento.** Este tipo de ocorrência é uma arquitetura simples e comum que utiliza uma conexão direta entre o PC (servidor) e dispositivo controlado, por exemplo, por porta serial ou USB, Figura 1 caso 1. O computador deve estar equipado com *software* adequado para a comunicação com o cliente e também para o controle do equipamento de experimento. A principal vantagem deste tipo de arquitetura está em ser de baixa dificuldade de implementação e valor de investimento.
- 2. Cliente - Servidor com software de controle e aquisição**

de dados (DAQ) - Equipamento de experimento. As configurações deste tipo possui funcionalidade muito semelhante como a do caso 1, a única diferença é que o dispositivo de aquisição de dados (DAQ¹) é uma peça em separado do PC (servidor) que o controla, Figura 1 caso 2. A arquitetura possui um dispositivo de aquisição de dados e que geralmente é utilizada em uma situação que não é possível conectar diretamente o PC do lado servidor e o equipamento de experimento. Este tipo de configuração de *hardware* muitas vezes reduz os requisitos de *software* de processamento de sinais e dados que podem ser incluídos no PC de controle (CHATTERJI et al., 2013).

3. **Nós clientes - Servidor *proxy*² - Laboratório (PC) - Equipamentos de experimentos.** Segundo Kalúz et al. (2015) este tipo também é conhecido como arquitetura ramificada, proporciona uma maior capacidade de conexões possíveis experimentais do que em qualquer outra arquitetura, como mostra a Figura 1 caso 3. O servidor *proxy* é utilizado para controlar as conexões de diferentes clientes para diferentes tipos de experimentos. Cada equipamento geralmente consiste de um computador local (servidor de laboratório) equipado com *software* adequado e hardware de aquisição de dados, e um equipamento de experimento. A principal vantagem dessa arquitetura vem de sua grande capacidade de interconectividade, onde os equipamentos de experimentos podem ser localizados até mesmo em diferentes países.
4. **Cliente - Servidor com o sistema de controle de supervisão e aquisição de dados (SCADA) - Unidade de controle - Equipamento de experimento.** De acordo com Tawfik et al. (2012) a combinação de um sistema SCADA e uma unidade de controle (PLC³ ou outro controlador de *hardware*) é uma das abordagens industriais com uso mais frequentes, como é visto na Figura 1 caso 4. Entre as características comuns, como a aquisição de dados, recursos de controle de variáveis e a conectividade, a maioria dos sistemas SCADA também fornece Interface Homem-Máquina (IHM), que pode ser utilizado para a implementação do lado cliente de laboratórios remotos.

¹cartões de aquisição de dados (DAQ *Boards*) opção para sistemas de aquisição de dados

²tem função como intermediário para requisições de clientes que solicitam recursos de outros servidores

³*Power Line Communication* (PLC), envio de dados com comunicação via rede elétrica

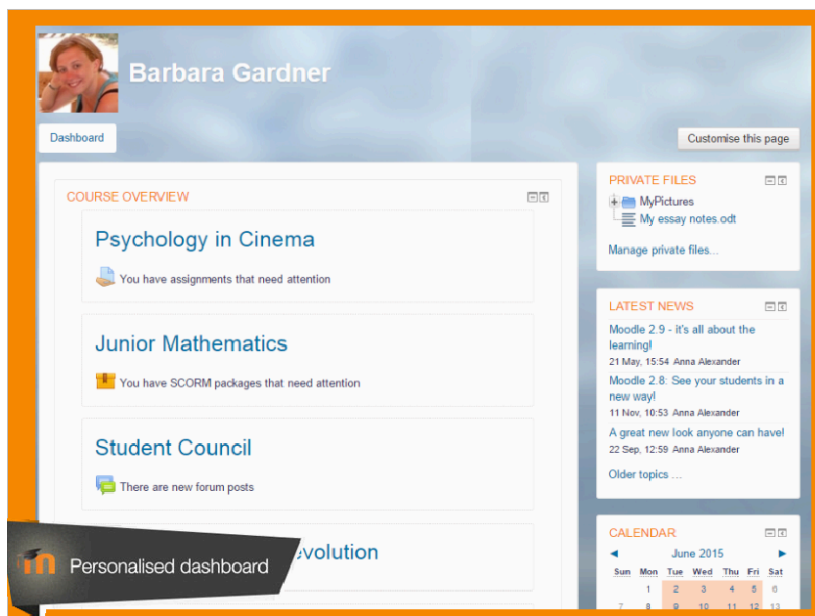
5. **Cliente - Servidor/microcomputador - Placa eletrônica programável - Equipamento de experimento.** De acordo com Kalúz et al. (2015) as abordagens muito populares nos últimos anos, também muitas vezes rotulados na literatura como de baixo custo, são baseados em placas programáveis como *Field Programmable Gate Array* (FPGA), Arduino, microcontroladores e alternativas baratas para computadores de baixo custo (baseados em arquitetura ARM como Raspberry Pi e outros), Figura 1 caso 5. Devido ao amplo número de visões e modelos com diferentes componentes de *hardware*, esta categoria não pode ser generalizada como um tipo específico de arquitetura que difere de outros tipos apenas na utilização de componentes de baixo custo.

2.2 EXEMPLOS DE ARQUITETURAS

Moodle é um *software* que está incluído na categoria Learning Management System (LMS) ou sistema de gestão da aprendizagem, acessível através da internet ou rede local (NAGI; SUESAWALUK, 2008). A tela principal é mostrada na Figura 2, é uma ferramenta gratuita disponibilizada com licença de *software* livre, e um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) com bastante utilização ao redor do mundo que apoia a aprendizagem construtivista, oferecendo suas implementações de comunicação e interação (SANTOS, 2011). No site oficial existe a informação de que são mais de 60 milhões de usuários registrados (SAENZ et al., 2015). Esse sistema pode acompanhar o andamento e desenvolvimento de alunos, que podem ser monitoradas por professores, pode ser usado para cursos totalmente *online*, ou para complementar a sala de aula tradicional, bem como a aprendizagem com a mistura desses dois métodos (ORDUNA et al., 2015).

O iLabs(MIT) foi um dos projetos pioneiros no compartilhamento de recursos de laboratório, a arquitetura compartilhada, que suporta a reserva de acessos distribuídos, gerenciamento de usuário; é escalável mas não suporta os aspectos como colaboração multi usuário (KYOMUGISHA; BOMUGISHA; MWIKIRIZE, 2015). Utiliza-se da arquitetura orientada a serviços. A arquitetura do iLabs mostrada na Figura 3(a), é compartilhada e tem os seguintes objetivos: minimizar desenvolvimento e esforço de gerenciamento para usuários e provedores de laboratórios remotos; fornecer um conjunto comum de serviços e ferramentas de desenvolvimento; escala para um grande número de usuários em todo o mundo; permitir várias universidades com diversas infraestruturas de

Figura 2: Moodle versão 3.0.



Fonte: <http://school.demo.moodle.net>.

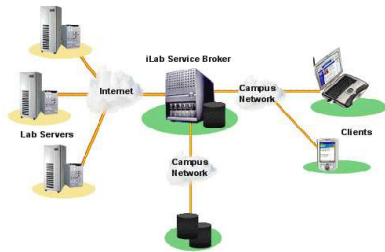
rede para compartilhar o acesso (SANCRISTOBAL et al., 2010).

A Figura 3(b) a página de demonstração de um experimento que é disponibilizado no iLabs. No *Radioactivity iLab*, os alunos conseguem observar as mudanças de radiação em uma função da distância. Segundo o iLabs física, biologia, química e matemática são algumas das áreas do ensino médio que se pode ensinar radioatividade através deste experimento.

Os desenvolvedores do iLab mostraram que facilidade de implantação é um fator importante que ainda faz com que soluções de aplicativos em computadores sejam reconhecidas (LIMA, 2013), já o WebLab Deusto buscou um modelo voltado a duas soluções, conhecidas como "gerenciado" e "não gerenciado", permitindo utilização anônima que atendem cada tipo de necessidade específica (MELKONYAN et al., 2014).

WebLab Deusto pertence a Universidade de Deusto na Espanha,

Figura 3: iLabs(MIT).



(a): Arquitetura.



(b): Experimento disponível.

Fonte: <http://ilabcentral.org/radioactivity>.

na Figura 4 a página principal do site do WebLab, é uma ferramenta que permite aos estudantes acessar equipamentos de experimentos reais como se estivesse em um laboratório convencional. Possui uma plataforma de gerenciamento de contas de usuários e ferramentas administrativas, agendamentos e filas, interatividade com experimentos, e também prevê acessos de dispositivos móveis (TAWFIK et al., 2013).

Fornece bibliotecas para Applets Java, Adobe Flash, Java, .NET, LabVIEW, C/C++ e Python para facilitar a integração de novos experimentos baseados em diferentes tecnologias (TAWFIK et al., 2013). Permite que os usuários façam upload de seus próprios códigos para testar diretamente em um circuito integrado FPGA e ver o código em funcionamento *online* através de uma câmera (HU et al., 2008).

LabShare pertence a Universidade de Tecnologia de Sydney na Austrália, Figura 5, utiliza em sua arquitetura PHP, Java, PostgreSQL e Apache como tecnologias voltadas para uso na internet (TAWFIK et al., 2013). Funciona como um provedor de serviços para redes de laboratórios remotos compartilhados. Os serviços são requeridos através de uma ficha de inscrição.

2.3 EXPERIMENTAÇÃO REMOTA

O conceito de Experimentação Remota (ER) através da internet não é recente, porém a facilidade e o nível que as TIC se encontram

Figura 4: WebLab Deusto página inicial mostrando os experimentos.



Fonte: <http://www.weblab.deusto.es>.

Figura 5: LabShare página de exibição de um experimento.



Fonte: <http://www.labshare.edu.au>.

atualmente contribuem significativamente para o desenvolvimento de

aplicações, favorecendo a utilização destas na educação e na pesquisa. Os laboratórios utilizados no ensino facilitam a elaboração de aulas práticas, proporcionando um melhor entendimento sobre o que está sendo estudado.

A ER permite que alunos e usuários acessem equipamentos e experimentos que estão fisicamente distantes, muitas das vezes por serem equipamentos escassos ou por serem caros para estar disponível em laboratórios de ensino normais. Além disso, a ER pode proporcionar junto à aquisição de dados destes equipamentos de experimentos para a utilização destes para análise, escrita e cálculos.

Este tipo de arquitetura permite que as instituições compartilhem equipamentos caros e pouco utilizados, fazendo com que o tempo de inatividade seja reduzido. A utilização de experimentos *online* possibilita que alunos pensem em facilidades e inovações que através de experiências podem transferir o conhecimento de tecnologias para aplicar em ambientes industriais (FROYD; WANKAT; SMITH, 2012).

A utilização de experimentos em cursos facilita a elaboração de aulas práticas. Quando é mostrado de maneira correta se transforma em uma ferramenta auxiliar que estimula e agrega ao aprendizado (BROISIN; VENANT; VIDAL, 2015; San Cristobal Ruiz et al., 2013). Se realizada em grupo, os alunos também vão ganhar experiência em trabalho de equipe, uma oportunidade de aprender habilidades de comunicação e de experimentar trabalhar em equipe.

O desenvolvimento de um LR de uma forma geral é de grande importância, principalmente quando direcionados a contribuir para educação (LOPES, 2007; FROYD; WANKAT; SMITH, 2012). O conceito de laboratórios baseados na internet teve seu início no começo dos anos 80, porém somente nos últimos dez anos é que as tecnologias de redes de internet possibilitaram o desenvolvimento de aplicações remotas com vazão de dados significativa e segura (YAZIDI et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014).

Existem sistemas comerciais prontos e que alguns LR's o utilizam *software* para monitorar e controlar variáveis e dispositivos de sistemas de controle conectados através de controladores específicos é chamado de SCADA (controle de supervisão e aquisição de dados) (AYDOGMUS; AYDOGMUS, 2009). Para estes sistemas geralmente se utiliza controladores PLC ou CLP (Controladores Lógicos Programáveis) que são integrados com os sistemas SCADA. Podem ser utilizados na automação para criar uma arquitetura de acesso a laboratórios remotos altamente configuráveis (MAITI; KIST; MAXWELL, 2015). SCADA é normalmente concebido para monitoramento e controle de equipamento

industrial, exige componentes caros e complexos mecanismos de configuração que são impróprios para montagens experimentais (TAWFIK et al., 2012). A arquitetura com várias camadas de acesso a laboratórios remotos podem ser constituído por usuários remotos usando navegadores da internet (MAITI; KIST; MAXWELL, 2015).

Porém abordagens nesta categoria são caracterizadas pelo alto custo decorrente da utilização de *software* e *hardware* comercial, mas trazem benefícios por uma redução significativa de aplicação do esforço necessária e de tempo. A maioria dos sistemas de controle comerciais contém características embutidas que podem ser imediatamente utilizados para controle de experimentos remotos, de modo que os desenvolvedores não precisam escrever *software* de processos ou interfaces de usuário (KALÚZ et al., 2015).

2.4 TICS

A investigação e a pesquisa relacionada com a adoção das TICs diz respeito a uma série de ações e termos que são utilizados para indicar o status do emprego destas tecnologias (CHEN; SONG; ZHANG, 2010; NURJANAH; HASIBUAN, 2013; FERREIRA et al., 2014; MORAIS et al., 2014; PERERA, 2015). Tradicionalmente, a pesquisa usa termos como de Tecnologia da Informação (TI) como um termo geral para indicar a área de pesquisa no mesmo sentido das TICs (MARQUES; VILLATE; CARVALHO, 2011; MELKONYAN et al., 2014). Entretanto Wang e Fu (2011), sugere que com o desenvolvimento da internet e da tecnologia de comunicação sem fio, utilize TIC, em vez de TI, porque todas as TI já estão relacionados ao primeiro termo. TIC é um termo bastante amplo e envolve um número elevado de áreas de atuação (CONRUYT, 2013).

TIC pode ser entendido como um conjunto de tecnologias que quando integrados entre si, permitem o controle e a comunicação de equipamentos ou serviços, podendo então ser aplicadas no ambiente pedagógico, na pesquisa científica e nas mais diversas áreas (IMRAN, 2009; WANG; FU, 2011). São tecnologias que são utilizadas para agrupar, gerenciar e compartilhar informações. Internet, intranet, e-mail, transações eletrônicas, sistemas centrais de reservas e aplicações *web*⁴ são algumas das aplicações das TIC que estão sendo amplamente implementadas e largamente utilizadas em indústrias (SIRIRAK; ISLAM,

⁴nome pelo qual a rede mundial de computadores internet se tornou conhecida a partir de 1991

2010; MUKELAS; ZAWAWI, 2012; GARCIA-ZUBIA et al., 2013).

TIC é um termo abrangente que inclui tecnologias provenientes de qualquer dispositivo de comunicação ou aplicação, incluindo: rádio, televisão, telefones celulares, computadores e rede de *hardware* e *software*, sistemas de satélite e outras nesse sentido, bem como os serviços e aplicações que lhes estão associados, tais como videoconferência e ensino à distância (TEWARI; MISRA, 2012). Para Mukelas e Zawawi (2012) o termo TIC refere-se à utilização tanto na forma de redes informatizadas mediada quanto ao uso normal de computadores por parte das entidades que buscam melhorar seus processos de negócios. Portanto TIC não é apenas um termo técnico, está incorporado em um contexto social muito mais amplo (IMRAN, 2009).

Sistemas e serviços de TIC desempenham um papel fundamental na aquisição, análise, produção e compartilhamento da informação necessária para sua aplicação em projetos. Para a utilização de determinadas tecnologias exige-se uma verificação da infraestrutura que irá recebê-la, verificar se possui requisitos para suportar todas as fases da execução, a vazão de dados que terá de suportar, juntamente com um investimento necessário para evolução e crescimento (FERREIRA et al., 2014). Segundo Tewari e Misra (2012) a fim de se obter a vantagem competitiva estratégica, deve-se: selecionar, implementar e operar as TIC, são os três passos necessários para conseguir os objetivos, não bastando somente adotá-las.

2.4.1 Evolução das TICs

De acordo com Bosák (2015) comenta que não somente a internet e as TICs evoluíram, mas também as exigências dos usuários acompanharam de modo similar. No início da existência das páginas de internet o usuário se agradava com a simples divulgação de novas informações utilizando páginas estáticas, hoje o mesmo usuário espera uma interatividade plena, conexões com redes sociais, resposta imediata e também experiência multimídia. Conforme (TEWARI; MISRA, 2012) mostra que o alinhamento estratégico e o nível de emprego das TICs tem influência sobre o ganho de vantagem competitiva por meio destas tecnologias.

Conforme Fiuza et al. (2014) o avanço da TIC mostrou-se como uma das principais características da globalização promovendo a integração a vários países através das tecnologias que viabilizam o acesso à internet, à informação e ao conhecimento através de conteúdos disponi-

bilizados em formatos digitais. Existe um tráfego de informações, fatos e serviços que ocorrem em tempo real tais como transmissão de vídeo ou voz (SANTOS, 2011).

O conhecimento sobre TIC refere-se no que diz respeito conhecimento sobre os recursos de uma tecnologia, as suas características, o uso potencial e o seu custo benefício. Em alguns países, os mais desenvolvidos, TIC são ensinados nas escolas, embora uma parte importante de conhecimento das TIC se ganha em casa ou entre amigos (VERHOEVEN; HEERWEGH; De Wit, 2014).

A cada dia surgem novas tecnologias que estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas (SANDER; LOBO, 2015). Hoje em dia, a globalização e a disputa econômica tornou-se evidente que usuários esperam serviços cada vez melhores e projetos que atendam as suas necessidades. Este termo está entre os temas atuais que ganham cada vez mais espaço a fazer parte do processo de ensino e aprendizagem, pois possuem uma enorme criação de novos recursos que promovem oportunidades de se trabalhar essa temática (FIUZA et al., 2014)

2.4.2 TICs no Ensino e Aprendizagem

Para aplicação das TICs parte-se de uma iniciativa que as mudanças no processo de ensino têm impactos e deve ser analisados os eventuais riscos da inserção destas no processo educacional (HUBA; ROVANOVÁ, 2014). Exige que as instituições se adaptem e incorporem o uso destes recursos tecnológicos. A pesquisa levantou informações sobre como as TICs auxiliam no processo de ensino e aprendizagem através de ambientes dedicados. Sabe-se que é importante a criação de novos meios de viabilização e propagação do conhecimento na educação a fim de permitir o compartilhamento de recursos (LIMA, 2013; ORDUNA et al., 2014). Para disponibilizar serviços de qualidade o acompanhamento das evoluções tecnológicas que nos englobam tem de serem continuamente pesquisadas e aplicadas (SCHERER; SIDDIQ; TEO, 2015).

Com as constantes inovações que as TIC promovem em consequência da globalização, usuários consideram também inovações incrementais, mostrando a necessidade de estratégias mais orientadas a ele com intuito de se destacar e atrair a atenção destes com a utilização de novas tecnologias sejam incrementais ou inovadoras (SCHUURMAN et al., 2010). Para a tentativa de suprir as expectativas do usuário é necessário compreender as necessidades que devem ser supridas através de experiências e considerações ao qual se propõe. Atualmente existe

uma constante necessidade de criação de oportunidades e ferramentas de aprendizagem, que podem ser potencializadas pelas TIC facilitando uma formação pedagógica personalizada, inicial e constante (RAK, 2007).

O Ensino À Distância (EAD) tem seu fundamento na utilização das TICs e têm se revelado eficaz, pois a introdução destas tecnologias permite uma maior divulgação do saber (SANDER; LOBO, 2015). Com a ajuda das TIC pode-se facilitar a aprendizagem tornando mais dinâmica, democrática e moderna o acesso e a busca de conhecimentos e experiências (VALDEZ; FERREIRA; BARBOSA, 2014). Segundo Scherer, Siddiq e Teo (2015) revelam que quanto a aceitação do emprego das TIC em ambientes pedagógicos se preocupam com o fato dos professores possuírem a intenção de utilizá-las, existem relações positivas e a eficácia da utilização das TIC, mas uma relação negativa de acordo com os professores de idade mais avançada. Professores possuem suas crenças individuais que o uso das TIC poderá ajudá-los a melhorar seu desempenho ou não (VERHOEVEN; HEERWEGH; De Wit, 2014).

Uma das utilizações mais básicas de TIC na educação é o ganho de eficiência, quando devidamente aplicado, trabalhos podem ser disponibilizados e aplicados em ambientes virtuais de forma simples e prática. O desenvolvimento de tecnologias para educação tem produzido novos ambientes de aprendizado, ferramentas *online*, laboratórios remotos, virtuais ou simulados, jogos educacionais, aplicativos de celulares, aplicações para robótica, etc. (PEARS; UNIVERSITET, 2013). A combinação de novas tecnologias e práticas digitais, não formais, na sala de aula e na educação de adultos com intuito de utilizá-las para o ensino oferecem novas formas de ensino e aplicações atrativas, assim incentivam e previnem que alunos abandonem seus cursos (PEARS; UNIVERSITET, 2013; VALDEZ; FERREIRA; BARBOSA, 2014).

Os *softwares* e tecnologias de ensino e aprendizagem são definidos como ambientes baseados em computadores, permitindo interações e compartilhamento de conhecimentos com outros participantes (NAGI; SUESAWALUK, 2008). Fornecem através de professores a possibilidade de utilização de recursos hospedados nos sistemas. Desse modo ambientes virtuais de ensino e aprendizagem consistem numa forma de disponibilização de mídias que são utilizadas para intervir no processo ensino e aprendizagem (MACIEL, 2012). Esses ambientes são projetados para ajudar os educadores e especialistas de conteúdo para criar cursos *online* ou utilizarem como extensão de ensino com oportunidades de interação (NAGI; SUESAWALUK, 2008). Existem aplicações neste sentido de *software* livre, estas possuem estruturas modulares que permitem desenvolver soluções adicionais e novas funcionalidades e

incorporá-las.

Como Al-Ajlan e Zedan (2008) nos fala sobre esses ambientes como tecnologias emergentes com aprendizagem interativa e que o conteúdo de aprendizagem está disponível *online*. Estes ambientes ajudam no ensino e na aprendizagem, permitindo visualizar conteúdos de forma organizada e de maneira controlada (LIMA, 2013). Esses sistema possuem interface direcionadas basicamente à alunos e educadores mas existem soluções que vão além e também disponibilizam módulos para a parte administrativa.

A internet e os meios de comunicações de modo geral trouxeram mudanças significativas para a educação, as TICs que surgem trazem consigo novas possibilidades e perspectivas de práticas e procedimentos. A evolução da internet nestes últimos anos contribuiu significativamente na modificação das ferramentas, criação de ambientes e as suas utilidades para o ensino (BIANCA; CASTRO, 2010).

Uma das vantagens que mais se destaca sobre um ambiente virtual é permitir aprender em qualquer lugar e a qualquer momento, fornecendo uma variedade de recursos e oportunidades de participação. A utilização de ambientes virtuais com a utilização de práticas laboratoriais no ensino, encoraja os alunos há organizar seu tempo oferecendo certa flexibilidade, além de incentivar a capacidade de construir progressivamente seus conhecimentos de acordo com as experiências relacionados com a prática (OLIVEIRA et al., 2014).

3 ARQUITETURA PROPOSTA

Este capítulo busca esclarecer de que forma as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) são empregadas quanto a modelos e *softwares* utilizados durante a elaboração e no desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). As pesquisas serviram como início para a aquisição do conhecimento sobre a sua natureza e como um guia de procedimentos para o desenvolvimento (NURJANAH; HASIBUAN, 2013; VERHOEVEN; HEERWEGH; De Wit, 2014).

3.1 MODELOS E TECNOLOGIAS

3.1.1 Sistemas cliente-servidor

A estrutura cliente-servidor inclui duas partes sendo elas: cliente e servidor. Cada parte interage com a outra e é responsável por uma função específica. Em laboratórios remotos os usuários só precisam interagir com a interface do painel de comandos como cliente para realizar experimentos físicos ou virtuais (HE; SHEN; ZHU, 2014).

Cada uma das partes tem papéis diferentes no modelo, sendo eles:

- **Cliente:** é composto por uma série de usuários, cada um dos quais representa um requerente de serviços. O cliente não compartilha seus recursos, somente solicita um conteúdo e é quem inicia as sessões de comunicação. Quem solicita um pedido é o cliente que requisita uma operação, e então o servidor processa e responde ao pedido.
- **Servidor:** do lado do servidor consiste em um computador que oferece serviços. Os servidores fornecem serviços tais como autenticação de usuário e acesso a páginas, servidores de e-mails, servidor de banco de dados, etc. O servidor de banco de dados fornece o serviço de armazenamento de dados e informações para as aplicações dos sistemas. Os clientes enviam pedidos para o processo servidor, e este processa esses pedidos e responde com os resultados.

3.1.2 Programação Estruturada

É o paradigma usado em módulos introdutórios para cursos de lógicas de programação, que usa três tipos de instruções como seus construtores básicos: sequência, seleção e iteração (LUNA-RAMIREZ; JAIMEZ-GONZALEZ, 2015). Cada uma destas construções tem um ponto de início e um ponto de término de execução. A sequência é que cada linha é executada após a anterior, começando da primeira. A estrutura de decisão, é exemplificada pelo comando *if* (*se*), caso o valor seja verdadeiro é executado um determinado trecho de código caso contrário, o fluxo se desvia para executar outro trecho. Na estrutura de iteração regula quantas vezes o código será executado em um *loop* (laço de repetição).

Uma técnica utilizada na programação estruturada é a decomposição da solução de um problema em "blocos" que interagem com um bloco principal. O conceito de programação estruturada diz respeito à forma do programa e do processo de codificação que é um conjunto de convenções que o programador pode seguir para produzir o código estruturado. As regras de codificação impõem limitações sobre o uso das estruturas básicas de controle, estruturas de composição modular e documentação.

3.1.3 Programação Orientada a Objetos

Programação Orientada a Objetos (POO) é um paradigma de programação que usa "objetos", que são estruturas de dados que consistem em campos de dados e métodos, juntamente com suas interações para projetar aplicações e programas de computador (WANG, 2011). Técnicas de programação podem incluir recursos como abstração de dados, encapsulamento, modularidade, polimorfismo e herança. Muitas linguagens de programação modernas suportam POO.

A proposta do método de POO modela objetos do mundo real com os seus homólogos de *software*, as vantagens em aspectos como a programação e engenharia de *software* faz com que sua utilização seja adotada em organizações para implementar seus aplicativos. Aplicações grandes e complexas são mais fáceis de manter se desenvolvido com POO, porque oferece uma melhor reutilização, modularidade, capacidade de gerenciamento e extensibilidade por meio de encapsulamento, herança e polimorfismo (SELIM; SIDDIK; GIAS, 2014). Além destes fatores a orientação a objetos é um padrão que está se firmando cada vez mais

no mercado de trabalho, seja em programação, análise ou mesmo a modelagem (WANG, 2011).

3.1.4 Modelo, Visão e Controle

A arquitetura Modelo, Visão e Controle (MVC) definem as vantagens para aperfeiçoar a utilização de linguagens de programação (WANG, 2011). Essa arquitetura de programação é frequentemente adotada por *frameworks* que a oferecem em sua estrutura, facilitando o desenvolvimento da aplicação.

3.1.5 Interface Gráfica

A interface gráfica do sistema é desenvolvido com HTML, CSS e JavaScript de modo que o sistema pode ser utilizado com *smartphones* ou *tablets*, bem como os computadores pessoais com a técnica chamada de responsividade (ISHIBASHI et al., 2014).

Dos clientes se espera que eles possam utilizar de computadores ou dispositivos móveis para acessarem o sistema. O painel de acesso ao SGLR estará preparado para melhor se adequar a cada tipo de dispositivo e o único requisito para acessar e utilizar a ER é suportar o acesso a páginas HTML através de navegadores de internet.

3.1.6 Banco de dados relacional

Normalmente todos os sistemas de informações, precisam armazenar informações constantemente e de forma eficiente, necessitando de algum meio para o armazenamento de dados. Necessita-se também gerenciar esses dados de forma organizada para fazer processamentos sobre eles, trazer informações convenientes aos usuários (SONG et al., 2014).

A implementação deste projeto traz consigo grandes quantidades de dados que são recolhidos, tais como dados de sensores, dados de usuários, atividades e avaliações. *Websites* dinâmicos possuem dados armazenados em uma base de dados, de modo que uma tecnologia de servidor de banco de dados deve ser instalada no servidor (CHEONG; CHIEW; YAP, 2010). Armazenar e compartilhar esses dados de forma eficaz e eficiente é uma das principais preocupações.

3.1.6.1 Gestão dos dados

Questões relacionadas à gestão de dados no SGLR permite que os dados recolhidos a partir de diferentes fontes de experimentos sejam armazenados e possam ser disponibilizados posteriormente com confiabilidade. Os bancos de dados relacionais possuem uma velocidade de processamento significativamente mais rápido e boa estabilidade (SONG et al., 2014). A metodologia utilizada para construir a base de dados do SGLR consistiu em um banco de dados relacional e a semântica¹ de ontologia² (RICHTER; TETOUR; BOEHRINGER, 2011; BÁNHALMI et al., 2013).

O banco de dados é a parte principal, ou seja, o núcleo do SGLR, a segurança dos dados é muito importante (YU; YI, 2010). Danos de perda ou a duplicação ilegal de dados podem causar um monte de problemas, dados perdidos através de erros são alguns dos problemas que podem ocorrer (HU et al., 2008).

3.1.6.2 Segurança dos dados

Figura 6: Senha encriptada no banco de dados.

#	email	auth_key	password_hash
1	admin.com	EEQu3pPC5XIC2i173zqUdzTVqg4UDej_8	\$2y\$1\$385OxUJbRHM3crKVOUhrkuJQxgJyQCFcx38DQOy4rnn5Syn8jFK
2	admin.com	Zka_JMID4LufQ6TNaZDL_z4KEKJORCI	\$2y\$1\$325f44Na2Yf1FikaNlgK7CeerMTT9eUhmZknmCvP1QMMLJEVUKZFRU
3	hotmail.com	Ghm_LLLNj7mQabZHfEJXfRNU6GDy9xkO	\$2y\$1\$367P_MtT1T1Cm2LJYFMID78uTVt6R04wvR1UjJpfa0TDxJqkUAaLpW
4	gmail.com	d3dHEP_ZNIFZEahgIK308A7EiL_V_kFx	\$2y\$1\$3JG80T_Ma8jHzQBp9QOuuHc_e8B7AsuJWdmbAgUW6xGEHIGIa
5	fac.edu.br	THmdGNVzxdzqKwYi-UbhDAAR06K-0Jw	\$2y\$1\$38_eCmAJOYObahYOF0F0Yyud35jpr06q9uNFHmqxJal4B8N2Zgm
6	gmail.com	3WwzV56rin_jeCW60wyYpZqfH-bol	\$2y\$1\$3hg4x7JZj6uTogRyJD0MfQauJCBWYqgpP6E5YoyTACXtIvJjyy
7	hotmail.com	BVaTUew0pHRGeNAC0cx56L7oMQS-n	\$2y\$1\$30wMAHZxjPAAVDYQhnieBsmBuA0eBSUyavipGNv6PursU4BdI
8	gmail.com	WnMHRJE_Q_MPSfraq8IH6p5SY_wMyD	\$2y\$1\$3wseFAVt_Ust1eUpVE3RCoOGZiWChZKWDWZMNz.23TUbuA1LZK.
9	gmail.com	fa_MAJkwZVluxyxdMjkbSENOB.M8Y9L0	\$2y\$1\$3qzZgRkyzsh5e4TQM6zVOMQAXSfGooUjRuzjED9rKXzMgyeYfW
10	msn.com	QLVY42HmQ48jD0w14GdH4nSBGKweX3K	\$2y\$1\$3CG0c9GZrGwMHRXfRfW9eCMesAG07Zk6XJusVlmpes5TNXWGEIK1C
11	gmail.com	sddvxQLTjAAy6CSRv01x04CLmOazk	\$2y\$1\$38aNBXm0a3bnL0a44bWc0K0e51X00UJz6lCootOxUjTFQzR_P69Gv42
12	gmail.com	fwm9I8mIpm89a_wHd1qpyYmz5QDY16	\$2y\$1\$32M1HCBV8KDMjg5QumX5lPcIn.hbxu3YIC8y11GuzawMtkbR2

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os seguintes problemas devem ter a atenção durante o projeto de banco de dados e aplicação:

- **Segurança da conta:** Cada conta de usuário do banco de da-

¹representa o significado das expressões, das instruções e das unidades de programas

²modelo de dados utilizado como forma de representação de conhecimento sobre o mundo ou alguma parte deste

dos é composto de nome de usuário e senha, que inclui direitos determinados pelo administrador do sistema para verificação de segurança. Basicamente existem três verificações de segurança diferentes sobre banco de dados relacional: controle dos dados, controle de estrutura e controle de acesso.

- **Encriptação de dados armazenados:** para a informação de grande quantidade e repetitiva na aplicação não é necessário encriptá-la, só deseja criptografar uma pequena parte dela, como a senha do usuário. Essa senha não deve armazenar na forma de texto simples, mas com criptografia no banco de dados. Em geral, os dados confidenciais são criptografados por algum algoritmo de hash³, como é o caso deste projeto (YU; YI, 2010). A Figura 6 mostra como ficam armazenadas as senhas com utilização de encriptação.

3.1.7 Tecnologias de *Softwares*

Esta seção busca explicar um pouco sobre quais as TICs que foram selecionadas e empregadas no TCC. O uso de cada uma dessas tecnologias vai sendo especificado no decorrer dos próximos dois capítulos, que explicam e detalham o desenvolvimento dos segmentos da arquitetura.

Devido à dificuldade de obter recursos para compra de *software* proprietário comercial e que geralmente possuem valor elevado, especialmente quando o projeto não gera receita, uma alternativa é utilizar tecnologia de *software* livre (*Open Source*), especialmente as que possuem documentações bem desenvolvidas, o que torna simples para usar, desenvolver e criar sua própria solução (JAMROZ; ZABIEROWSKI; NAPIERALSKI, 2009).

3.1.7.1 Servidores *Web*

O Apache HTTP é um servidor *web* utilizado para hospedar *websites*, sendo o responsável por processar conteúdos dinâmicos das solicitações de usuários. Ele é um dos grandes do mercado, possui *software* código aberto, devido à maturidade é seguro e estável (OGIBOSKI, 2007). Oferece suporte a dezenas de bibliotecas e recursos, tais como a

³verificação de integridade e proteção de senhas armazenadas, em uma busca por *Hash*, o resumo do dado salvo deve ser o mesmo resumo do dado buscado

integração de novas linguagens de programação para processar conteúdos dinâmicos (GARCÍA-ZUBIA et al., 2009). Seu serviço é basicamente recebe as solicitações de usuário por meio do modelo TCP/IP utilizando *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) ou protocolo de transferência de hipertexto para transferência de informações.

Lighttpd é um servidor *web* que tem o melhor desempenho quando hospeda arquivos estáticos, a utilização de memória é baixa se comparada a outros servidores para a mesma finalidade, possui um bom gerenciamento de carga do processador (SUZUMURA et al., 2008). Ele é projetado para fornecer um desempenho ideal quando servindo arquivos estáticos, usando a mesma chamada de sistema para evitar cópias redundantes entre usuários e *kernel* do sistema.

3.1.7.2 Servidor de Banco de Dados

MySQL é um *software* de banco de dados livre com alta confiabilidade e bom desempenho, por isso é uma excelente solução para a plataforma de banco de dados (HU et al., 2008). MySQL foi o selecionado, dentre as opções disponíveis de *software* livre que cumprem os requisitos do TCC. Tem a possibilidade de integração com várias linguagens de programação dentre elas as que foram utilizadas neste projeto, o Python e o PHP diminuindo a quantidade de tecnologias a serem empregadas facilitando no desenvolvimento da implementação do SGLR. Sua sintaxe é *Structured Query Language* (SQL) ou Linguagem de Consulta Estruturada.

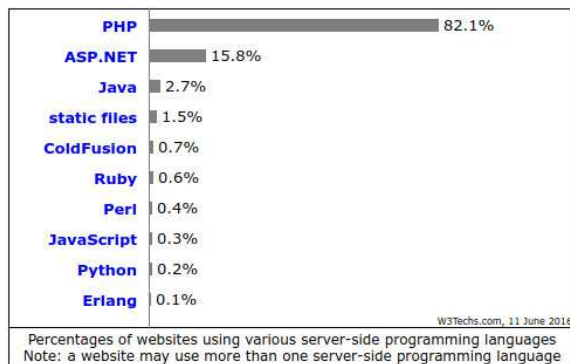
3.1.7.3 Linguagens de Programação

A linguagem de programação PHP (*Hypertext Preprocessor* ou Pré-processador de hipertexto) foi criada originalmente para a implementação de conteúdos dinâmicos em páginas da internet (SANTOS; MENDONÇA; MARTINS, 2008). Possui suporte a orientação a objetos, sintaxe simples e tipagem⁴ dinâmica que permite o desenvolvimento de aplicações para internet de modo eficiente e robusta. PHP é executado no lado do servidor, com eficiente utilização da CPU e memória (SANTOS; MENDONÇA; MARTINS, 2008; SUZUMURA et al., 2008). É *software* livre e de código aberto, com documentação bem detalhada e listas de discussões oficiais do desenvolvedor.

⁴declaração associada a um dos tipos de dados ex: int, char, float

Existem desenvolvedores espalhados por todo o mundo, razões que torna essa linguagem bastante utilizada na construção de páginas de internet e sistemas *web*. É a linguagem de programação mais utilizada em servidores *web*, sendo amplamente utilizado para a implementação de aplicações afirmam (MARBACK; DO; EHRESMANN, 2012; SAMIRNI et al., 2012; WRENCH; IRWIN, 2014; HILLS, 2015; SA, 2015). A Figura 7 contém dados do *website* <http://w3techs.com> que mostra segundo sua pesquisa, que a linguagem de programação PHP se destaca entre as utilizadas.

Figura 7: Uso de linguagens de programação do lado do servidor para websites.



Fonte: <http://w3techs.com>.

Python é uma linguagem de alto nível, multiparadigma, interpretada e de sintaxe simples e fácil de ler, pois enfatiza a legibilidade. É bastante usada em ambiente Linux por ser uma linguagem dinâmica e de propósito geral (OGIBOSKI, 2007). Seu alto nível construído em estruturas de dados, combinado com tipagem e ligação dinâmica, é bastante utilizada para desenvolvimento rápido de aplicações, bem como para o uso como uma linguagem de *script* ou para conectar componentes. Python suporta módulo e pacotes, o que incentiva a modularidade de programa e reutilização de código. O interpretador Python e sua extensa biblioteca padrão estão disponíveis para todas as principais plataformas e pode ser distribuído livremente.

Javascript é utilizado para manipular eventos no *website* sendo executado no lado do cliente, no caso o navegador de internet (DHAND,

2012). Ela também ajuda no tratamento eventos, fazendo transformações, animações e várias tarefas sem fazer qualquer solicitação ao servidor, reduzindo a carga do lado do servidor e acelerando a velocidade de execução da página de internet. Como resultado, melhora a interatividade do *website* entre o cliente e o ambiente virtual (KIM; JANG; HAN, 2010; DHAND, 2012).

3.1.7.4 Outras linguagens e recursos

A linguagem de marcação HTML (*Hypertext Markup Language* ou linguagem de marcação de hipertexto) se popularizou por causa de sua utilização em páginas da internet, já que a maioria dos documentos que trafegam na rede se utiliza dela para exibir suas informações em navegadores. As especificações HTML são mantidas com o auxílio de fabricantes de *software* a World Wide Web Consortium (W3C) uma organização de padronização da *World Wide Web*.

Cascading Style Sheets (CSS) ou folhas de estilo em cascata é uma linguagem utilizada para definir a apresentação de documentos *web*. É um mecanismo simples para adicionar estilo (por exemplo, fontes, cores, espaçamento) a documentos.

JSON, abreviação de *JavaScript Object Notation* ou notação de objeto Javascript, é um formato de intercâmbio de dados leve baseado em texto, sendo fácil para os seres humanos ler e escrever e de máquinas para analisar e gerar essa notação. JSON representa os dados simplesmente pela sintaxe dos dados de objetos e vetores de dados JavaScript (KIM; JANG; HAN, 2010). Essa notação transforma um conjunto de dados representados em um objeto de JavaScript em uma sequência que funciona como um protocolo de comunicação entre uma função para outra ou de um cliente para uma aplicação do lado servidor (ŽÁKOVÁ, 2015).

Listagem 3.1: Exemplo da notação JSON

```
[
  {
    "primeiro_nome": "Pedro",
    "segundo_nome": "Pereira"
  },
  {
    "primeiro_nome": "Marcelo",
    "segundo_nome": "Silva"
  }
]
```

3.1.7.5 Bibliotecas

Tornado é um servidor *web* escrito em Python e uma biblioteca de rede assíncrona, originalmente desenvolvido no FriendFeed. Essa biblioteca utiliza um paradigma baseado em eventos e usa avançados recursos Python para suportar o acesso simultâneo de clientes, podendo escalar para dezenas de milhares de conexões abertas, tornando-o ideal para longas conexões, WebSockets, e outras aplicações que exigem uma conexão de longa duração para cada usuário (CHEN et al., 2015).

OpenCV (*Open Computer Vision Library* ou biblioteca de visão computacional de código aberto) é muito utilizada para manipulação de imagens e vídeos, detecção e reconhecimento facial, extração de modelos de objetos reais e rastreamento do movimento de objetos (BENTO; MIRANDA, 2015). O desempenho dos algoritmos fazem que OpenCV se torne atrativo para indústria e a academia. Esta biblioteca vem sendo utilizada em diversos campos, tais como, segurança privada, controle de robôs, inspeção industrial e realidade aumentada (BENTO; MIRANDA, 2015). Nativamente implementada em C++, a biblioteca dispõe de interfaces para as linguagens Java, C, Python e MATLAB e possui suporte para as plataformas Windows, Linux, Mac OS e Android.

3.1.7.6 Estrutura de desenvolvimento

Para criar aplicações, desenvolvedores *web* utiliza alguma estrutura para simplificar o processo de desenvolvimento, essa estrutura é conhecida por *framework*. Se for utilizar PHP puro, o processo de desenvolvimento normalmente leva um longo período, tecnologias como *framework* e o modelo de padrões de projeto MVC (Modelo, Visão e Controle) são a evolução para isso (SA, 2015). Cada *framework* tem a implementação de um padrão de projeto que podem ser diferentes, cada um desses padrões se implementadas, têm vantagens e desvantagens sobre cada um. Alguns *frameworks* existentes tem seu padrão de projeto complexo, mas considerando a complexidade deste nem sempre são comparáveis ao desempenho (SA, 2015). Alguns dos arquivos são incluídos em tempo de execução dos *scripts* PHP.

A adoção do *framework* reduz o tempo de desenvolvimento do sistema, além de ter características como suporte a *web services*, inter-

nacionalização, sistema de autenticação/permissão usando controle de acesso baseado em funções, acesso a dados usando DAO (*Data Access Object*), ORM (*Object-relational mapping*) com *ActiveRecord*.

No *framework* Yii, o padrão DAO é implementado e cuida de todas as tarefas relacionadas à banco de dados. Mesmo assim empregariamos muito tempo de desenvolvimento escrevendo instruções SQL para efetuar as operações. Ocasiona que o código vai ficando mais difícil de manter organizado quando temos instruções SQL misturadas com ele, para resolver esses problemas, utilizamos uma ferramenta chamada *Active Record* (AR) ou Registro Ativo. AR é um padrão de projeto de ORM (*Object-Relational Mapping*) ou Mapeamento de Objeto Relacional, onde cada classe AR representa uma tabela do banco de dados, cujos campos são mapeados e representados por propriedades na classe AR. Uma instância de um AR representa um único registro de uma tabela, portanto podemos acessar nossos dados de uma maneira orientada a objetos de forma simples e prática sem escrever diretamente instruções SQL como mostra o exemplo abaixo.

Listagem 3.2: Utilização de *Active Record* (AR) do Yii em PHP.

```
// retornar todos os clientes ativos e ordenado pelo campo id
// SELECT * FROM 'customer' WHERE 'status' = 1 ORDER BY 'id'
$customers = Customer::find()
    ->where(['status' => Customer::STATUS_ACTIVE])
    ->orderBy('id')
    ->all();

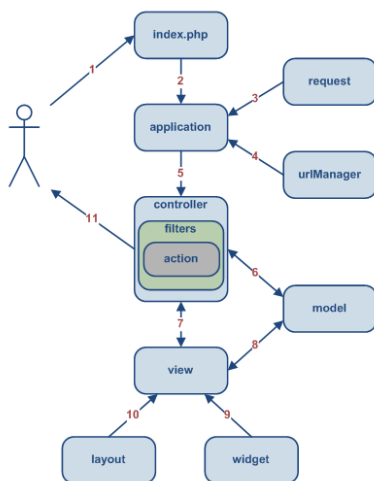
// alterar a condicao de busca e filtrar os resultados
// SELECT FROM customer WHERE age>30
$customers = Customer::find()->where('age>30')->all();

// criar um objeto e salvar no banco de dados
// INSERT INTO 'customer' ('name') VALUES ("Qiang")
$customer = new Customer();
$customer->name = 'Qiang';
$customer->save();
```

Esta metodologia possibilita vantagens em relação a uma implementação convencional, que vai desde a facilidade da leitura e compreensão do código até a reutilização em outras partes do projeto. Yii é uma ferramenta que foi criada em 2008, conhecida por ser um *framework* robusto, eficiente e modular. É um *framework* escrito em PHP baseado em componentes, de alto desempenho para o desenvolvimento

de aplicações voltadas para internet, fornece o máximo de reutilização de código sendo capaz de aumentar significativamente a velocidade de desenvolvimento (HARTADI, 2014). O nome Yii (*Yes, it is* ou *Sim Ele é*) se pronuncia como "i". Além da arquitetura MVC a estrutura inicial de desenvolvimento proporciona a utilização de técnicas de padrões de projetos.

Figura 8: Um fluxo de execução de uma aplicação Yii.



Fonte: <http://www.yiiframework.com>.

Conforme mostra a Figura 8 como ocorre um fluxo de execução quando uma página é solicitada pelo cliente, as ações são as seguintes:

- 1 - O usuário faz uma solicitação com a URL⁵ `http://www.exemplo.com/index.php?r=post/show&id=1` e o servidor *web* processa o pedido executando o script de bootstrap `index.php`.
- 2 - O *script* de bootstrap cria uma instância de aplicação (*application*) e a executa.
- 3 - A aplicação obtém as informações detalhadas da solicitação de um componente da aplicação chamado *request*.

⁵URL (*Uniform Resource Locator*) ou Localizador Padrão de Recursos é o endereço de um recurso disponível em uma rede, seja a rede internet ou intranet

- 4 - A aplicação determina o controle e a ação requerida com a ajuda do componente chamado *urlManager*. Para este exemplo, o controle é *post* que se refere à classe *PostController* e a ação é *show* cujo significado real é determinado no controle.
- 5 - A aplicação cria uma instância do controle solicitado para poder lidar com a solicitação do usuário. O controle determina que a ação *show* refere-se a um método chamado *actionShow* no controle da classe. Em seguida, cria e executa filtros (por exemplo, o controle de acesso, *benchmarking*) associados a esta ação. A ação só é executada se permitida pelos filtros.
- 6 - A ação lê um modelo *Post* cujo ID é 1 no banco de dados.
- 7 - A ação processa a visão chamada *show*, com o *Post*.
- 8 - A visão apresenta os atributos do modelo *Post*.
- 9 - A visão executa alguns *widgets*.
- 10 - O resultado do processamento da visão é embutido em um *layout*.
- 11 - A ação conclui o processamento da visão e exhibe o resultado ao usuário.

3.2 REQUISITOS DA ARQUITETURA

No início do TCC os requisitos foram discutidos e esclarecidos com os envolvidos, se discutiu as prioridades do projeto em detalhes na arquitetura inicial. Chegou-se a um modelo que teve como uma das prioridades, a acessibilidade, possibilitar que os alunos e usuário realizem a experimentação remota em um ambiente de aprendizagem controlado usando as TICs como a internet e navegadores *web* (SANTOS; MENDONÇA; MARTINS, 2008; MORAIS et al., 2011; YAZIDI et al., 2011; GLOTOV et al., 2013; AHMED; HASEGAWA, 2014; MAITI; KIST; MAXWELL, 2015; PÁLKA; SCHAUER, 2015). O SGLR atua de forma independente, ou seja, ele tem sua própria infraestrutura, isso permite que as tecnologias sejam selecionadas e incorporadas de acordo com a necessidade que o projeto ir adquirindo.

Nesta etapa se buscou destacar os principais casos de uso do sistema, que basicamente são: cadastrar laboratórios e equipamentos de experimentos, cadastrar usuários com tipos de permissão de acesso,

oferecer a Experimentação Remota (ER) com transmissão de vídeo em tempo real, chat para dúvidas de alunos, moderadores para cada experimento que será disponibilizado, envio de notificações por e-mail, controle de acesso ao experimento e agendamento de horário prévio para ER.

Por motivos de projeto não se permite a utilização do recurso por usuários anônimos, ou seja, para realizar um experimento será necessário fazer um cadastro de usuário e então agendar de horário para realizar a ER.

A arquitetura tem de oferecer a disponibilização de características tais como:

- Um ambiente que tem certo aprofundamento no ensino da operação dos experimentos que ali estão sendo disponibilizadas.
- Utilizar experimentos e as aquisições de dados como um dos métodos de ensino e aprendizagem.
- Identificação de elementos de tecnologias que promovem o conhecimento, se utilizando de representações como textos, gráficos, vídeos, sons, etc.
- Disponibilização de um ambiente que oferece ao usuário ferramentas para a construção de seu próprio horário de pesquisa para o alcance de seus objetivos.

3.3 ELABORAÇÃO DO MODELO

Os procedimentos adotados na criação da arquitetura se utilizaram de pesquisa como meio de aquisição dos conhecimentos específicos de cada área em que se utilizou para elaboração dos serviços e processos. Com a união das tecnologias apresentadas na seção de tecnologias de *software* se elaborou uma arquitetura, que teve como visão atender todos os objetivos deste TCC.

De acordo com Ahmed e Hasegawa (2014), descreve que LRs não têm somente um modelo de configuração instrucional convencional, especialmente para projetar e desenvolver etapas de processos, e finaliza que não há forma e componentes comuns. Na busca de soluções que tinham objetivos semelhantes ao que se desejava foram realizados além da pesquisa, teste em pequena escala, protótipo e exemplo de implementação, fornecendo então uma abordagem melhor dentre tecnologias

concorrentes para a mesma solução, selecionando as que mais se alinharam com o cronograma e requisitos da arquitetura e da disponibilização dos experimentos.

Um dos objetivos deste TCC foi desenvolver um modelo que oferece recursos de laboratórios físicos para orientar alunos, especialmente das disciplinas de engenharia e ciências físicas, aonde trabalho de laboratório é considerado como essencial para a aprendizagem (HANSON et al., 2009). Esta arquitetura foi criada para disponibilizar experimentos remotos como uma ferramenta que auxilia a experimentação física destes. A união de uma estrutura central com os equipamentos de experimentos forma um Sistema de Gerenciamento de Laboratórios Remotos (SGLR). O modelo da arquitetura permite que novos experimentos possam ser adicionados ao longo do tempo.

O modelo desta arquitetura fornece um ambiente virtual sob a forma de *website*, promovendo assim a acessibilidade visto que se popularizou a utilização de dispositivos que acessam páginas da internet. Permite que os alunos e usuários acessem os equipamentos 24 horas por dia 7 dias da semana, os LRs são independentes do horário de funcionamento de instituições e o horário de trabalho dos funcionários (TETOUR; BOEHRINGER; RICHTER, 2011). Através deste ambiente, se proporciona aos alunos e usuário novas experiências e ideias teóricas sobre os equipamentos e sobre os experimentos, estando o conteúdo disponível a qualquer hora e em qualquer lugar através de *smartphones*⁶ e computadores (AHMED; HASEGAWA, 2014).

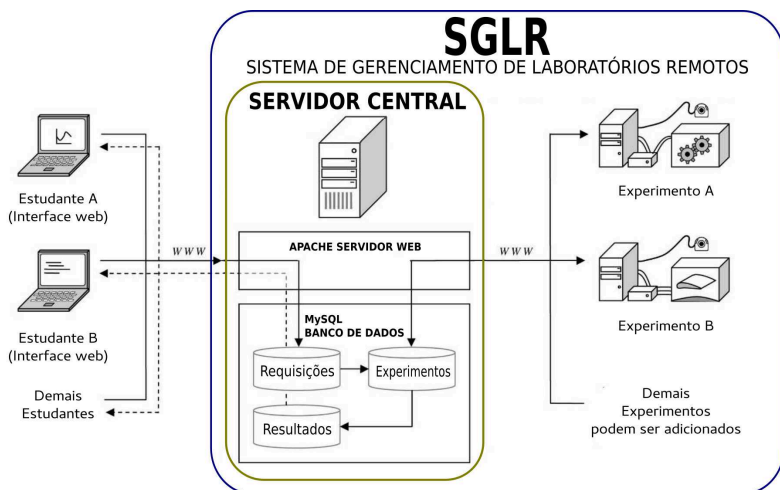
A Figura 9, mostra como foi modelada esta arquitetura. Ela é composta por dois tipos de segmentos principais, um fixo e outro adicional, servidor central e equipamentos de experimentos respectivamente.

A arquitetura do SGLR está dividida em dois segmentos, sendo eles:

- **Servidor central:** Esta é a parte estável e principal do SGLR, é utilizado para administrar e coordenar o sistema como um todo (HANSON et al., 2009). Ela consiste de funções comuns tais como interação com o usuário para exibir as experiências disponíveis. Esse sistema armazenará informações a partir de perfil de usuário, contém ferramentas de gestão como login através de redes sociais, agendamento de horários, navegação preparada para dispositivos móveis, e-mail e atividades. As tecnologias relacionadas ao ensino e aprendizagem se utilizam dos recursos tecnológicos deste segmento.
- **Equipamento de experimento:** Esta parte é variável de acordo

⁶telefone inteligente, é um celular que combina recursos de computadores pessoais

Figura 9: Arquitetura do SGLR.



Fonte: Adaptada de (HANSON et al., 2009).

com o conteúdo dos experimentos e a necessidade de automatização de cada processo. Nesta parte, é organizado todo o processo em etapas para interagir com módulos de comunicação do servidor central. Cada experimento terá um módulo próprio de comunicação com o servidor central e poderá também utilizar os já existentes no servidor central que consiste em objetivos educacionais, explicação teórica, instruções e procedimentos, atividades e avaliações.

O serviço que o servidor central oferece é uma estrutura de organização e gerenciamento de equipamentos de experimentos através de um *website* flexível a configurações específicas e direcionadas. A estrutura foi desenvolvida a ser modular e uma capacidade de adaptar a dispositivos como microcontroladores e também microcomputadores e até mesmo outros computadores servidores. Com essa estrutura é possível criar um novo LR, para cada equipamento de experimento adicionado. Exemplo de utilização seria com microcontroladores Arduinos que possuem capacidade de comunicar com a internet, mas não tem capacidade de executar um banco de dados e servidor *web*, também poderia utilizar de um PLC, pic ou ainda placas DAQ.

Um LR poderá ter mais de um experimento sendo disponibili-

zado, em sua estrutura. A criação do laboratório é quem oferece essa plataforma.

As Figura 10 mostra que um experimento está integrado a estrutura do servidor central e utilizando de seus recursos. Na Figura 11 é mostrado a página de acesso aos LRs no SGLR, quando o usuário entra no sistema ele escolhe qual laboratório ele irá utilizar.

Figura 10: Modelo para criação de LR.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para mostrar a capacidade de utilização deste modelo foi feita a integração de um equipamento de experimento. Para demonstrar a integração deste equipamento foi elaborada as fases de planejamento, desenvolvimento e inserção para este equipamento de experimento no SGLR, que foi a MDTEC, o capítulo 6 detalha esta integração. Cada experimento terá seu próprio controlador que interage com o ambiente físico através de equipamentos eletrônicos de controle e aquisição de dados. Poderá existir mais de um experimento de cada laboratório sendo disponibilizado através do servidor central.

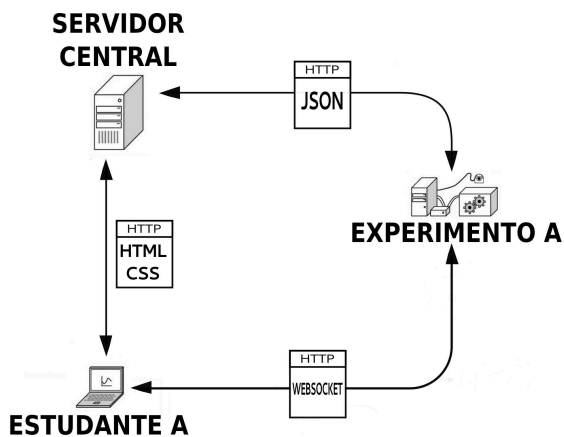
Para a comunicação entre os segmentos do SGLR a Figura 12 mostra como é feita a troca de informações, através do protocolo HTTP na rede. Cada enlace de comunicação utiliza um modo diferente de

Figura 11: Página de escolha de qual laboratório utilizar.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 12: Comunicação entre os segmentos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

comunicação:

- **HTML** para o cliente acessar as páginas do servidor central.
- **Notação JSON** pra troca de informações entre o servidor prin-

cipal e o equipamento de experimento.

- **Websocket** para manter conexão ativa entre o aluno ou usuário e o equipamento de experimento.

Na interação com a estrutura precisa de cadastro de usuário, o modelo tem a possibilidade de utilizar recursos atuais como a autenticação de usuário através de conta em rede social e conta e-mail, tecnologias disponíveis no Facebook e Google, facilitando a utilização de senhas e usuários.

Com o foco em equipamentos de experimentos reais e que possuem suas etapas do processo, a utilização de usuários e agendamento de horário faz com que todos possam ter a possibilidade de utilização deste equipamento por determinado período de tempo. Diferente da operação física aonde um operador fornece comandos para operá-la, no ambiente virtual é possível mais de um operador simultâneo, e para isto o cadastro de usuário faz com que as etapas do processo sejam respeitadas para a ER fazer sentido (SANTOS; MENDONÇA; MARTINS, 2008; MORAIS et al., 2014). É importante que a sequência de etapas do processo seja seguida, sendo assim necessário um agendamento de horário para que o aluno ou usuário possa realizar a experimentação individualmente e sem interferências (LEE et al., 2010). O modelo levou em consideração que o ambiente possa ser compartilhado por certa quantidade de usuários por isso é necessário algum mecanismo de gerenciamento e controle (ORDUNA et al., 2014).

A página que funciona como interface, desenvolve o papel de simplificar a inspeção visual completa dos resultados e o acompanhamento do experimento por meio de transmissão de vídeo e dados instantaneamente. Na transmissão de vídeos é utilizado o modo de envio contínuo de imagens, não necessitando da utilização de *plugins* adicionais.

O banco de dados é o local em que todas as informações do SGLR estão armazenadas e concentradas para o gerenciamento e controle, ele armazena as aquisições de dados dos equipamentos de experimentos, juntamente com as informações relevantes aos processos de ensino e também sobre a organização do acesso aos experimentos. A base de dados é também utilizada para manter os dados e estados atuais dos equipamentos de experimentos.

3.3.1 Ensino e aprendizagem

O SGLR tem o modelo que contém a disponibilização de conteúdo na forma de atividades, sejam estes textos, arquivos digitais ou multimídias ou ainda a misturas delas. Essas informações de procedimentos dos experimentos esta sendo armazenada e distribuída pelo servidor central.

Um dos objetivos é a interação com os usuários, não somente lhe proporcionar a ER, mas uma atividade ao qual se tenha um objetivo a ser realizado e avaliado por isso. Através de um módulo com o foco em serviços de ensino e aprendizagem o usuário realiza e aprende a aplicar os conceitos dos equipamentos de experimentos disponíveis. O módulo tem atividades em sequência que serve para orientar o usuário a realizar o processo e esclarecer os objetivos e conceitos do experimento.

O ensino e aprendizagem auxilia aos preparativos anteriores a experimentação no equipamento e posteriores também. Através da realização da ER os usuários obtêm os dados da experimentação, então após isso é solicitado que se responda a uma avaliação do experimento. Para esta avaliação é necessário utilizar-se dos dados adquiridos na experimentação juntamente com auxílio das atividades se responda as questões da avaliação para que envie ao avaliador. Através das avaliações os alunos enviam dados pertinentes a questões relacionadas aos experimentos realizados com o equipamento e os dados obtidos, gerando tabelas e arquivos a serem enviados para correção manual do responsável pelo equipamento de experimento.

4 SERVIDOR CENTRAL

Este capítulo será dedicado a explicar como as tecnologias foram utilizadas para construção deste segmento da arquitetura do Sistema de Gerenciamento de Laboratórios Remotos (SGLR), o servidor central que foi atribuído o nome de Painel de Acesso a Experimentos (PAE).

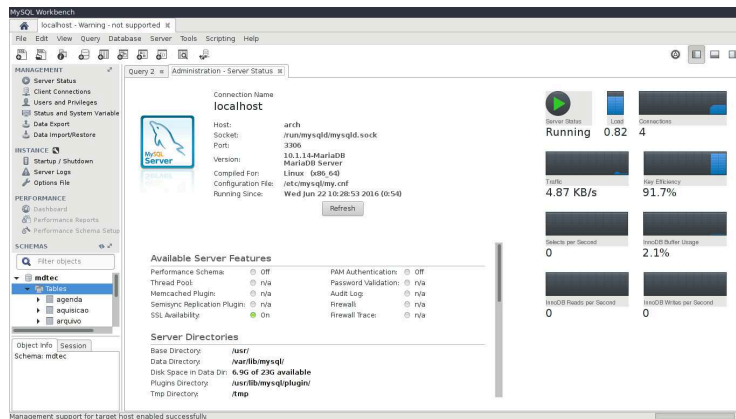
Para gerenciar e controlar os experimentos dos laboratórios o PAE possui cadastro de usuários para controle de acesso e permissões estabelecidas para cada tipo de usuário, agendamento de horários e armazenamento de aquisição de dados dos experimentos que o necessitem, além de oferecer a estrutura para estabelecer um novo Laboratório Remoto (LR). O SGLR tem por objetivo oferecer experimentos remotos de máquinas que são normalmente operadas fisicamente e que realizam experimentos reais.

4.1 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO

Para iniciar o desenvolvimento existe a necessita de um ambiente que contenha os *softwares* instalados e configurados. São necessários ao menos três *softwares* que são considerados os principais para este segmento, o servidor *web*, servidor de banco de dados e a linguagem de programação principal utilizada. Para o servidor *web* foi utilizado Apache HTTP (versão 2.4.20), configurado para ser utilizado juntamente com a linguagem de programação PHP (versão 5.6.5). Para o banco de dados o *software* utilizado para o desenvolvimento foi MySQL (versão 5.6). Neste segmento do SGLR foi utilizado o *framework* Yii para criação e desenvolvimento. Também há utilização das linguagens de marcação HTML, de folhas de estilo CSS e Javascript para interagir nas páginas da internet.

Ferramentas IDE (*Integrated Development Environment*) ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado, são *softwares* que reúnem características e ferramentas de apoio ao desenvolvimento de códigos ou manipulações de dados com o objetivo de agilizar estes processos. O editor Bluefish foi utilizado para escrever o código do PAE, é um editor voltado para programadores e desenvolvedores *web*, existem muitas opções de atalhos para escrever *websites* e outros códigos de programação. Esse editor suporta muitas linguagens de programação e de marcação, é um projeto de desenvolvimento de código aberto,

Figura 14: Interface gráfica do MySQL Workbench.



Fonte: Elaborada pelo autor.

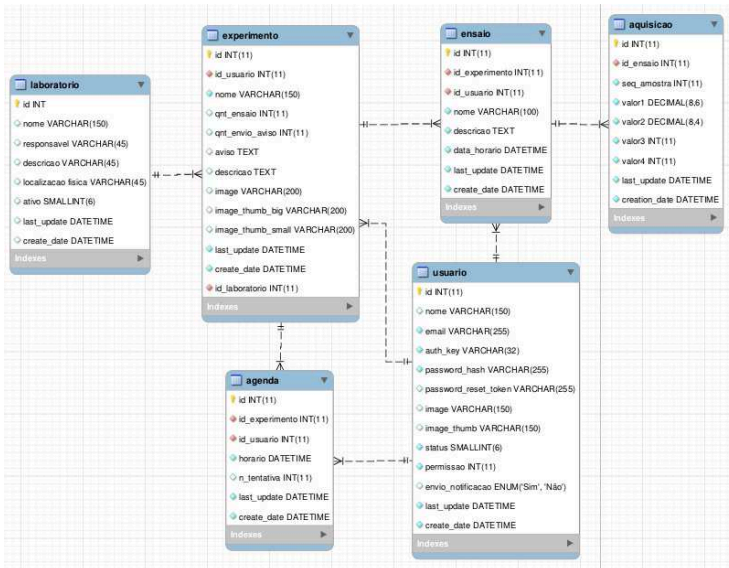
4.2 MODELO DE BANCO DE DADOS E IMPLEMENTAÇÃO

O primeiro passo do desenvolvimento deste segmento da arquitetura se iniciou pela modelagem do banco de dados do sistema, visando atingir os objetivos proposto por este TCC.

A Figura 15, mostra as entidades do projeto físico, que são:

- **Usuário:** Armazena informações dos usuários tais como e-mail e senha.
- **Laboratório:** Salva informações referente ao laboratório ao qual se deseja criar, pode ter um ou mais equipamentos de experimentos ligados ao laboratório.
- **Agenda:** Serve para agendar um horário para realização do experimento na máquina, pois cada usuário terá direito a um período de tempo determinado.
- **Experimento:** Contém o registro de cada experimento disponível para experimentação remota.
- **Ensaio:** Essa tabela armazena o registro de uma experimentação, ou seja, quando o usuário iniciar um experimento, essa tabela

Figura 15: Projeto lógico do banco de dados para agendamento de experimentos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

conterá as informações tais como hora de realização e também centraliza os dados obtidos da aquisição de dados.

- **Aquisição:** São os valores captados dos sensores dos experimentos, o conjunto das aquisições de dados são efetivamente os resultados da experimentação remota.

A escolha e uso de codificação de caracteres padrão é o UTF-8², para ser usado no *software* de servidor *web* instalado, o Apache, nas visualizações das páginas *web* e do mesmo modo os dados que serão armazenados no MySQL para evitar conversões no envio e recebimento dos dados entre os mesmos.

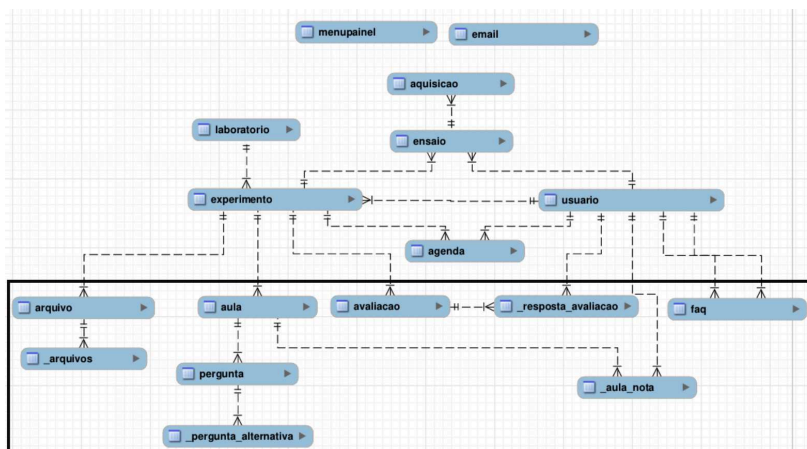
O processo de realização de integração de um experimento será descrito no próximo capítulo, mas em sentido geral ele se comunica

²(8-bit Unicode Transformation Format) Tipo de codificação unicode, pode representar qualquer caractere universal padrão, é compatível com o ASCII.

com o servidor central e envia valores numéricos captados dos sensores e estes são armazenados para análises. Para o papel de armazenar os dados de cada ER realizado no SGLR existem as tabelas de ensaio e aquisição, na aquisição são salvos os dados dos sensores e no ensaio, dados referentes à ER como o usuário, horário e informações necessárias. Nesse caso uma ER é modelado como a classe de ensaio e a aquisição de dados do experimento na ER na classe aquisição.

O desenvolvimento do módulo voltado para o ensino e aprendizagem é adicionado ao projeto lógico de banco de dados, como destaca dentro do retângulo na Figura 16, que mostra a base do sistema com a integração de novas tabelas. Dentre as novas tabelas contém a atividades, que pode então adicionar demonstrações de vídeos, explicações teóricas, perguntas e respostas com avaliação para avançar nos níveis. Possibilita um ensinamento prévio e necessário de como funciona as etapas do processo de operação do equipamento de experimento, ou seja, quais são os passos que deverão ser seguidos para efetuar a ER com sucesso.

Figura 16: Adição de novas classes para apoio ao ensino aprendido.



Fonte: Elaborada pelo autor.

As tabelas deste módulo são:

- **Arquivo:** Correspondem a arquivos que podem ser adicionados a auxiliar os alunos com os resultados de experimentos. Exemplos

de resultados e gráficos similares através de planilhas, arquivos de auxílio.

- **Atividade:** Poderá adicionar atividades com vídeos, imagens e textos, contendo explicações sobre o processo de realização do experimento. As atividades podem conter perguntas com respostas objetivas e de baixa complexidade para que possam ser conferidas automaticamente.
- **Atividade Nota:** Serve para definir que a ordem das atividades sejam seguidas, armazena o valor da pontuação realizada em cada atividade.
- **Pergunta:** Refere-se às perguntas que conterà nas atividades e nas avaliações.
- **Avaliação:** A avaliação são perguntas que podem ser feitas para o aluno após a realização de uma experimentação e que tenha que manipular os dados obtidos para encontrar respostas.
- **Resposta Avaliação:** Aqui são as respostas enviadas pelos alunos das avaliações disponíveis no sistema para ele responder.
- **Faq:** *Frequently Asked Questions*, que pode ser traduzido por perguntas mais frequentes, são as dúvidas enviadas para o responsável pelo experimento responder, quando respondida é mostrado a todos os usuários.

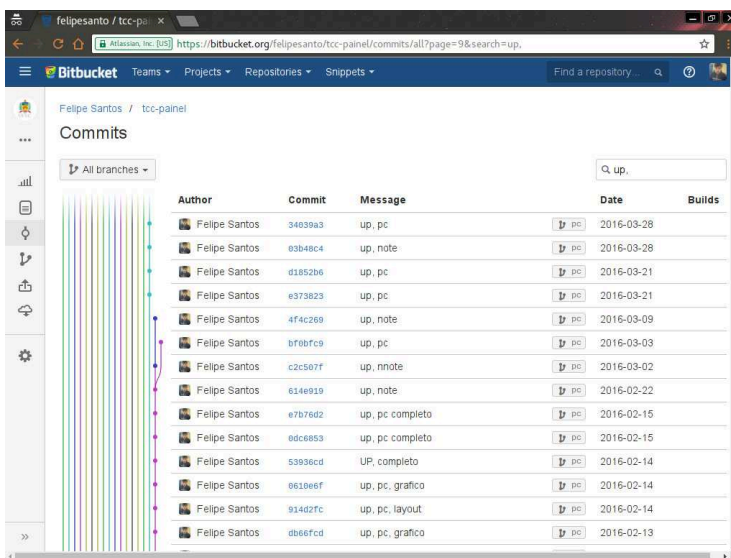
4.3 IMPLEMENTAÇÃO DO SERVIDOR CENTRAL

4.3.1 Desenvolvimento

O nome dado a este segmento na sua utilização foi de Plataforma de Acesso a Experimentos (PAE). Antes de iniciar o desenvolvimento do código, criou-se um repositório³ para manter o versionamento das alterações, para assim evitar perda e acompanhamento de evolução deste, armazenando todas as mudanças feitas ao longo de todo o desenvolvimento. A Figura 17 mostra os envios de alterações de código e a linha do tempo.

³é um local de armazenamento de pacotes de *software*

Figura 17: Utilização de IDE para desenvolvimento.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A utilização do *framework* Yii teve sua adoção principalmente a uma de suas características, a sua estrutura inicial fornecer um gerador de código que se baseia em tabelas de banco de dados relacional oferecendo agilidade para o desenvolvimento e também para posterior gerenciamento dessas. A linguagem de programação é quem insere e busca dados nas tabelas do banco de dados, ou seja, existem busca já escritas para serem utilizadas.

Outra ferramenta de *software* utilizada para desenvolvimento do PAE foi o Composer. Composer é uma ferramenta para gerenciamento de dependências em PHP. Ele permite que você declare as bibliotecas dependentes que seu projeto precisa e as instala para você. O modo de funcionamento dele é após especificar quais pacotes (códigos reutilizáveis) seu projeto necessita então ele automaticamente baixa essas bibliotecas e inclui no local apropriado para você utilizar.

A Figura 18 mostra as bibliotecas utilizadas no desenvolvimento do PAE.

O desenvolvimento da codificação do PAE, ocorreu basicamente

Figura 18: Composer um gerenciamento de dependências para PHP.

```

"name": "yiisoft/yii2-pae-labtel",
"description": "Plataforma de Acesso a Experimentos",
"keywords": ["yii2", "framework", "advanced", "project"],
"homepage": "http://pae.noip.me/",
"type": "project",
"license": "BSD-3-Clause",
"support": {
    "issues": "https://github.com/yiisoft/yii2/issues?state=open",
    "forum": "http://www.yiiframework.com/forum/",
    "wiki": "http://www.yiiframework.com/wiki/",
    "irc": "irc://irc.freenode.net/yii",
    "source": "https://github.com/yiisoft/yii2"
},
"minimum-stability": "stable",
"require": {
    "php": ">=5.4.0",
    "yiisoft/yii2": ">=2.0.6",
    "yiisoft/yii2-jui": "~2.0.0",
    "yiisoft/yii2-bootstrap": "*",
    "yiisoft/yii2-swiftmailer": "*",
    "nodge/yii2-eauth": "~2.0",
    "letyii/yii2-tinymce": "dev-master",
    "2amigos/yii2-tinymce-widget": "~1.1",
    "kartik-v/yii2-widget-datetimepicker": "*",
    "kartik-v/yii2-export": "@dev",
    "kartik-v/yii2-widget-fileinput": "*",
    "miloschuman/yii2-highcharts-widget": "*",
    "yiisoft/yii2-imagine": "*"
},

```

Fonte: Elaborada pelo autor.

em 3 etapas, sendo elas:

- **Etapa 1:** Criação dos arquivos de códigos com Gii, uma ferramenta do *framework* Yii que gera os o código inicial do modelo, controlador e das visões de cada entidade que o sistema conterà, geração do código CRUD.
- **Etapa 2:** Edição dos arquivos gerados na etapa anterior e acréscimo de bibliotecas javascript para animações no navegador, tais como gráficos, agenda com formato de calendário, exportador de dados em planilha e seleção e envio de arquivos.
- **Etapa 3:** Inserção de um novo *layout* para o PAE e criação de novas páginas aplicando a lógica de programação de acordo com as regras de negócio.

4.3.1.1 Etapa 1

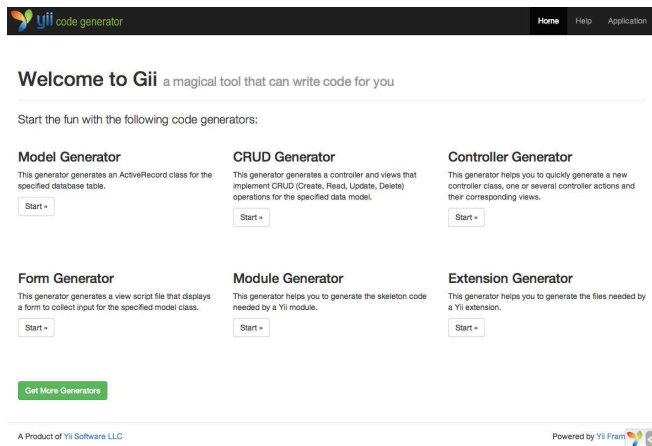
Na etapa 1, com auxílio do módulo Gii gerou-se todo o código das entidades do sistema. A Figura 19, exibe a página inicial do Gii logo após a instalação do Yii. Na Figura 20 vemos a criação de um modelo para o sistema. Por padrão, no Gii existem as seguintes funções disponíveis:

- *Model Generator* - Este gerador cria modelos com heranças *ActiveRecord* para a tabela de banco de dados especificado.
- *CRUD Generator* - Este gerador gera um *controller* e páginas para visão que implementam o CRUD (*Create, Read, Update, Delete*) operações para o modelo de dados especificado.
- *Controller Generator* - Este gerador ajuda a criar rapidamente uma nova classe de controlador, uma ou várias ações do controlador e as suas páginas de visão correspondentes.
- *Form Generator* - Este gerador cria um arquivo de script de visualização que exibe um formulário para recolher atributos para a classe de modelo especificado.
- *Module Generator* - Este gerador ajuda a criar o código esqueleto necessário para um módulo no Yii.
- *Extension Generator* - Este gerador ajuda a gerar os arquivos necessários para uma extensão Yii.

Podemos alterar e criar nossos próprios geradores de códigos baseados nos já existentes com este módulo do Yii.

Os arquivos gerados com esse módulo são mostrados na Figura 21. Foram utilizadas basicamente duas funções do Gii, sendo elas o *Model Generator* e *CRUD Generator* para gerar todos os arquivos. A Figura 21(a) foi utilizada a função *Model Generator* para criar os modelos a partir das tabelas de banco de dados. As Figuras 21(b) e 21(c) mostram arquivos gerados com a função *CRUD Generator*, que tem sua base nos arquivos de modelos gerados com a outra função do Gii. Este módulo gera somente uma estrutura inicial com um código padrão e a lógica com baixo grau de complexidade, já a lógica do negócio ou algo um pouco mais complexo temos que implementar manualmente.

Figura 19: Página Inicial do Gii.



Fonte: <http://www.yiiframework.com>.

4.3.1.2 Etapa 2

Na segunda etapa de desenvolvimento ocorreu a edição dos arquivos gerados na etapa anterior e a busca por bibliotecas javascript para animações no navegador para adicioná-las ao projeto.

A Figura 22(c) mostra as páginas que contém bibliotecas de animações. Essas páginas foram editadas para receber as bibliotecas e preparar o documento para receber estas animações. As bibliotecas são códigos que envolvem javascript e CSS interagindo com o documento HTML da página para produzir animações. Como mostra a Figura 22(a) um editor de texto embutido na página, que facilita a edição de texto, formatação de fonte, adicionar imagens, músicas e vídeos, etc. Na Figura 22(c) se observa como os gráficos são utilizados para visualizar os dados adquiridos e na Figura 22(b) exhibe a agenda com formato de calendário com uma janela flutuante (*modal*, efeito) para cadastro de um horário.

Com a instalação das bibliotecas a partir do Composer, basta adicionar as bibliotecas no documento de gerenciamento e mandar baixar ou atualizar os arquivos, e para utilizar esses arquivos nas páginas basta incluir as bibliotecas no código e usar de suas funções. O Composer faz

Figura 20: Criação de um modelo.

The screenshot shows the 'Model Generator' interface in the Yii2 Code Generator application. The interface is divided into a left sidebar with navigation options and a main configuration area.

Model Generator

- CRUD Generator
- Controller Generator
- Form Generator
- Module Generator
- Extension Generator

Model Generator

This generator generates an ActiveRecord class for the specified database table.

Table Name
country

Model Class
Country

Namespace
app\models

Base Class
yii\db\ActiveRecord

Database Connection ID
db

Use Table Prefix

Generate Relations

Generate Labels from DB Comments

Enable I18N

Code Template
default (/Users/qiang/web/yii/basic2/vendor/yiisoft/yii2-gii/generators/model/default)

Click on the above **Generate** button to generate the files selected below:

Code File	Action
models/Country.php	overwrite

Fonte: <http://www.yiiframework.com>.

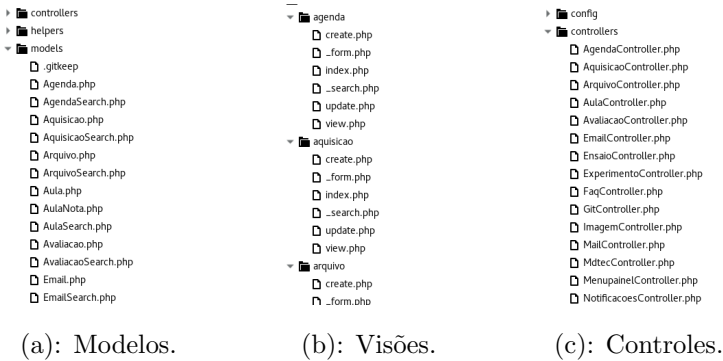
todas as verificações por compatibilidade e dependência, isso economiza bastante tempo no desenvolvimento.

4.3.1.3 Etapa 3

Na terceira e última etapa do desenvolvimento se implantou um novo *layout* para o PAE. O *layout* é a interface gráfica de um *website* e tem um grande impacto sobre o mesmo, pois um *layout* agradável visa destacar as necessidades dos usuários na utilização do sistema, para que se torne uma experiência agradável e adequada. O design pode agir de forma participativa na inclusão digital do usuário, com o entendimento o usuário poderá manipular o sistema e ter uma experiência agradável (ÂNGELO; LIMA; MARIA, 2010). A Figura 23 mostra a interface gráfica do PAE, a padrão do Yii no desenvolvimento e depois já com um *layout* para a mesma página exibida.

Analisando esse contexto de navegadores e várias resoluções, o design responsivo surge como uma evolução lógica do design de *websites*.

Figura 21: Arquivos gerados com o módulo Gii.

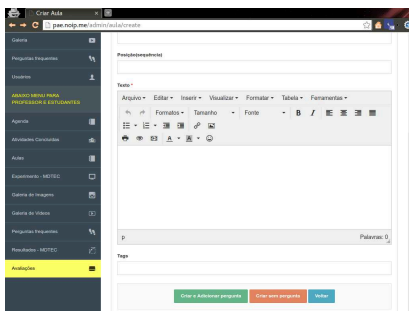


Fonte: Elaborada pelo autor.

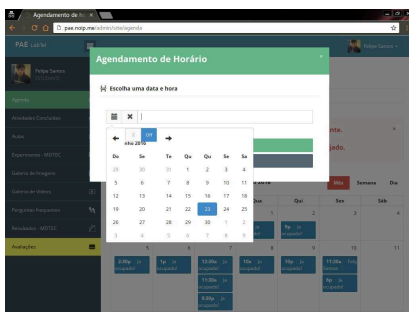
Pouco tempo atrás grande parte da internet era acessada por resoluções e navegadores muito semelhantes, mas hoje existem inúmeros dispositivos com resoluções diferentes. Existem celulares que possuem telas de 2”a até maiores do que 5”, *tablets* também com essas características, os próprios computadores, *notebooks* e *netbooks*, formando assim uma enorme variedade de tamanhos de telas diferentes. Para uma maior acessibilidade se aplicou o *design* responsivo, ele consegue responder ao tamanho da tela para adequar o conteúdo do *website* com o melhor aproveitamento. Ao invés de criar inúmeros *layouts* separados, um para *mobile* (*smartphones* e *tablets*) e um para computadores, como também é possível fazer, utilizamos apenas um *website* que se adapta a qualquer tela em que ele for carregado, sendo uma ótima solução em relação a custo benefício.

As páginas que contém a lógica de negócio do PAE foram criadas e implementadas utilizando o padrão que o *framework* Yii propõe. Para o módulo de ensino e aprendizagem para as atividades foram criadas as páginas de apresentação das atividades disponíveis, visualização de uma atividade e resultado de resposta. Para envio das respostas das atividades o sistema faz o cálculo com as respostas enviadas, o qual é exigido como pré-requisito para que o usuário possa avançar para as próximas atividades. Essas perguntas e respostas são questões básicas tais como múltipla escolha ou com resposta objetiva de apenas um valor

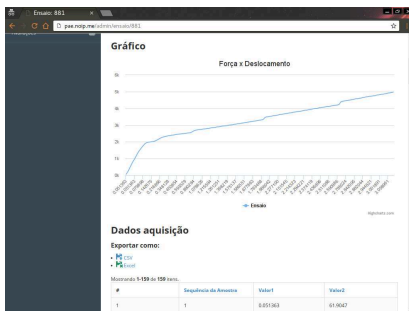
Figura 22: Plugins adicionais para animações.



(a): Editor texto.



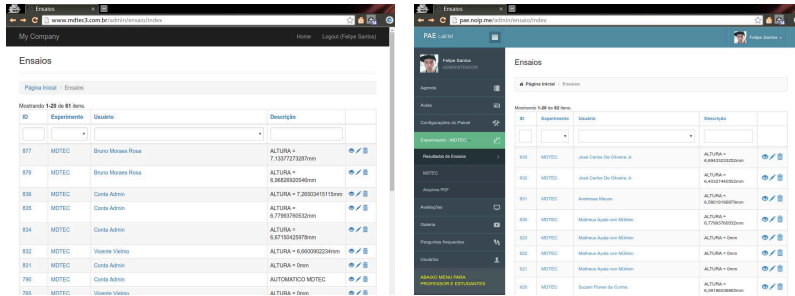
(b): Agenda horários.



(c): Gráfico.

Fonte: Elaborada pelo autor.

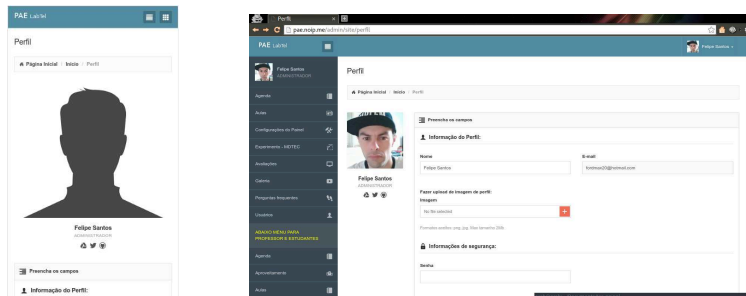
Figura 23: Desenvolvimento da interface gráfica do PAE.



(a): Durante o desenvolvimento. (b): Após o tema aplicado.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 24: Interfaces gráficas do PAE.



(a): Móveis.

(b): Computadores.

Fonte: Elaborada pelo autor.

ou palavra.

O módulo de agendamento de horário para os equipamentos de experimento exige que a lógica do sistema faça uma busca por horários cadastrados de cada uma para exibição desses horários já utilizados. Para o usuário fazer um novo agendamento o sistema precisa garantir que não existe alguém que já reservou o horário requerido, a fim de garantir que não haja conflito na utilização deste equipamento de experimento.

A página de acesso e cadastro de usuários se implementou com a integração de cadastro que se utiliza de contas já existentes, essa tecnologia é chamada de OpenID⁴. O usuário poderá cadastrar um perfil no PAE utilizando de sua conta de e-mail no Google ou uma conta na rede social Facebook, que ao aceitar o compartilhamento de suas informações o usuário já estará apto para utilizar dos serviços do PAE.

O envio de e-mails para notificações foi criado com intuito de deixar o usuário informado com as interações do sistema ao qual ele está fazendo parte. As notificações de e-mail criadas para a primeira integração de experimento geraram um total de 9 notificações, sendo 4 delas notificações para o aluno ou usuário e 5 tipos para o administrador. As notificações para os usuários são do tipo:

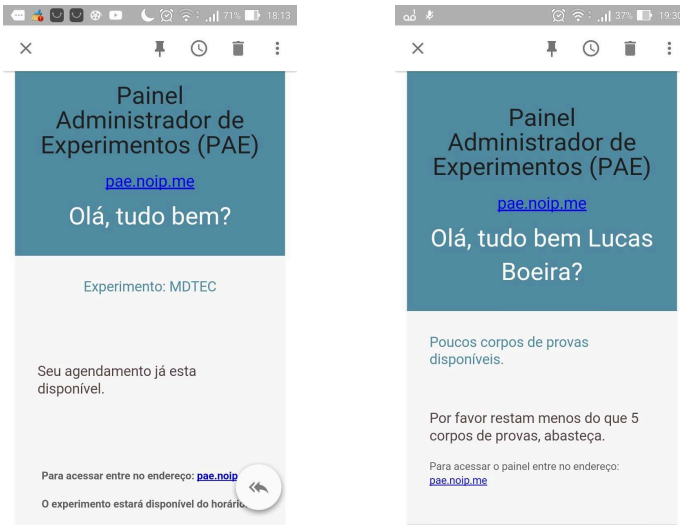
- **Cadastro** - Envia uma mensagem de boas vindas ao PAE e o LR.
- **Agendamento com Sucesso** - Envia após o sistema salvar o horário escolhido pelo usuário para realização da ER.
- **Notificação de Agendamento** - Envia este e-mail 5 minutos antes de iniciar o horário do agendamento para lembrar o usuário.
- **Esqueceu** - Envia um e-mail para o usuário quando este se esquece da sua senha de acesso, então o sistema gera uma nova senha e envia para ele.

Para os administradores dos experimentos, nesse caso, MDTEC, as notificações são:

- **Pane** - O envio deste tipo de notificação acontece quando um usuário está realizando a ER e ocorre um imprevisto, então ele descreve o ocorrido e envia para o administrador.
- **Pouco Corpo de Prova** - Envia quando a quantidade de objetos de experimentação está chegando ao fim, tem a intenção de alertar o administrador do equipamento.

⁴Com o OpenID, uma única ID na *web* pode ser usada em outros *websites*, isso dá maior comodidade em assinar serviços de *website*

Figura 25: Recebimento de Notificação por e-mail.



(a): Agendado com sucesso. (b): Notificação para responsável.

Fonte: Elaborada pelo autor.

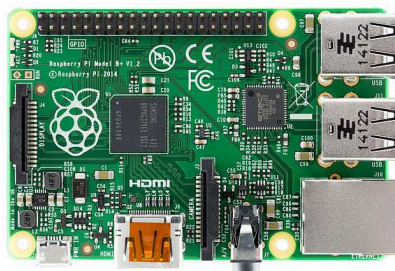
- **Usuário iniciou ensaio** - Envia este e-mail sempre que o usuário inicia a ER no equipamento.
- **Nova Pergunta** - Envia quando o usuário faz uma pergunta na seção Perguntas e Respostas no PAE.
- **Novo Contato** - Envia quando algum usuário tem alguma dúvida, sugestão ou crítica e quer dirigi-la diretamente ao administrador do experimento.

Hoje o PAE está hospedado em um servidor da Amazon Web Services com um computador dedicado e exclusivo, localizado em São Paulo este possui um sistema operacional Linux Red Hat Enterprise, que está sendo utilizado como infraestrutura para um dos segmentos do SGLR.

5 EQUIPAMENTO DE EXPERIMENTO

Para este equipamento de experimento foi desenvolvido o interfaceamento para ser utilizado através da internet, o outro segmento para a arquitetura do SGLR. Algumas tecnologias foram selecionadas para implementação deste Painel Virtual de Instrumentação (PIV) para o equipamento de experimento, a Máquina Didática Teleoperada de Ensaio de Compressão (MDTEC) e a sua integração ao SGLR. Os *softwares* utilizados para este segmentos foram: linguagem de programação Python bem como as bibliotecas Tornado e OpenCV descritas anteriormente, se utilizou também o servidor *web* Lighttpd e a base de dados MySQL. Para este segmento o paradigma de programação utilizado foi o estruturado, porque se trata de um código mais objetivo apenas para o controle e gerenciamento do equipamento, tornando mais simples, o seu desenvolvimento. Essa escolha se deu por causa das tecnologias já existentes no equipamento de experimento, tais como o Raspberry Pi da própria MDTEC com intuito de aproveitá-las e também explorar recursos que cada linguagem consegue obter com mais facilidade para determinados fins. A Figura 26 mostra como é a placa de hardware desse microcomputador, seu tamanho é próximo a de um cartão de crédito.

Figura 26: Microcomputador Raspberry Pi.



Fonte: <https://www.raspberrypi.org>.

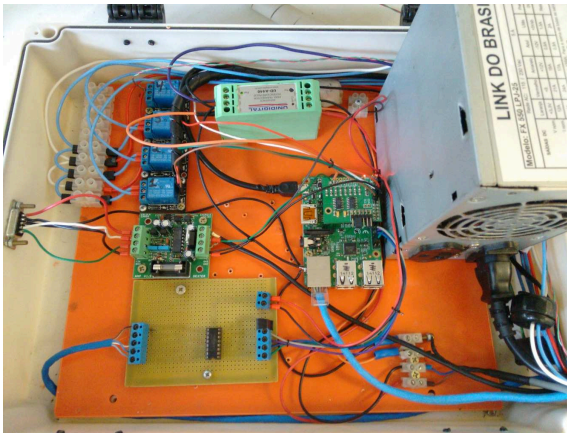
Nesta arquitetura os diferentes segmentos se comunicam entre si e, portanto este atua de forma totalmente independente para a disponibilização de seus recursos, depende apenas da sua própria infraestrutura. Desse modo o PAE não necessita que todos os equipamentos de expe-

rimentos estejam disponíveis para poder oferecer outros recursos de ensino e aprendizagem como a manipulação de dados adquiridos ou atividades. Portanto como um não depende do outro para disponibilizar seus serviços este modelo permite que o experimento também possa ser realizado via rede local sem a utilização do PAE, se no projeto do PIV incluir tal requerimento.

5.1 ARQUITETURA DE *HARDWARE*

O computador que controla a MDTEC é o Raspberry Pi, ele foi utilizado no desenvolvimento deste experimento, visto que possui recursos necessários para disponibilizar os serviços que a criação deste PIV necessitou. A MDTEC é formada por partes mecânicas da região de compressão e de uma central de processamento, a Figura 27 mostra a central de processamento, os componentes eletrônicos da MDTEC. Os componentes eletrônicos tais como Raspberry Pi, relés, fonte de alimentação, controlador de motor de passo (posicionador), módulo da régua potenciométrica, amplificador da célula de carga e conexões, interligados todos interconectados através de circuitos.

Figura 27: Raspberry Pi e componentes eletrônicos da MDTEC.

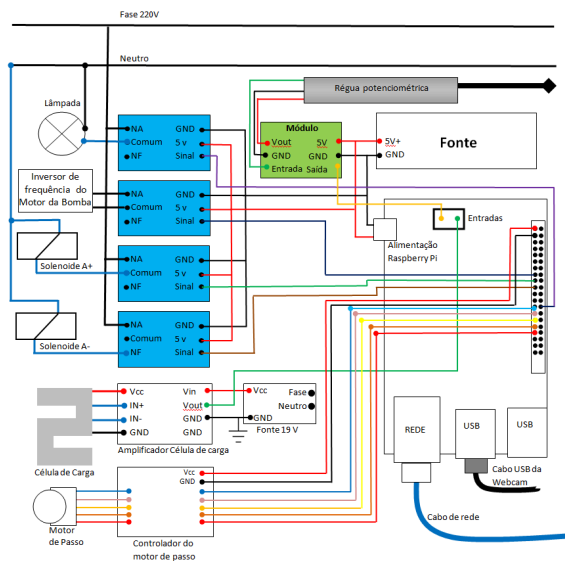


Fonte: Elaborada pelo autor.

O esquema eletrônico da central de processamento de dados e

suas ligações é mostrado na Figura 28.

Figura 28: Esquema eletrônico.



Fonte: Lucas Boeira.

A Figura 29(a) mostra os componentes referentes à aquisição de dados do experimento. A Figura 29(a) mostra a célula de carga, a Figura 29(b) o sensor da régua, e na Figura 29(c) o conversor Analógico/Digital (AD) que atua diretamente com os dois sensores mencionados.

Dos componentes mecânicos, na Figura 30 é possível ver o modelo 3d do posicionador de corpo de prova. Para realização do ensaio ele é responsável por colocar e tirar o corpo de prova na região de compressão.

A Figura 31 mostra as partes mecânicas da região de compressão.

A linguagem de programação escolhida para o desenvolver a aplicação desta arquitetura foi Python, e a versão 2.7.3. Para auxiliar o Python, PIP foi utilizado, trata-se de um sistema de gerenciamento de pacotes usado para instalar e gerenciar pacotes de *software* escritos nesta linguagem.

Um banco de dados também foi utilizado no Raspberry Pi, a escolha foi MySQL 5.5, que armazenará os dados provenientes dos

Figura 29: Dispositivos para aquisição de dados na MDTEC.



(a): Célula de carga.



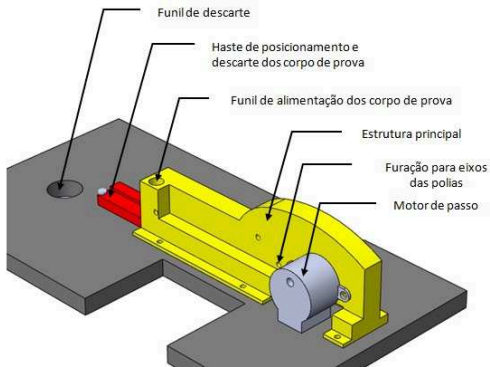
(b): Régua.



(c): Conversor Analógico/Digital.

Fonte: Elaborada pelo autor.

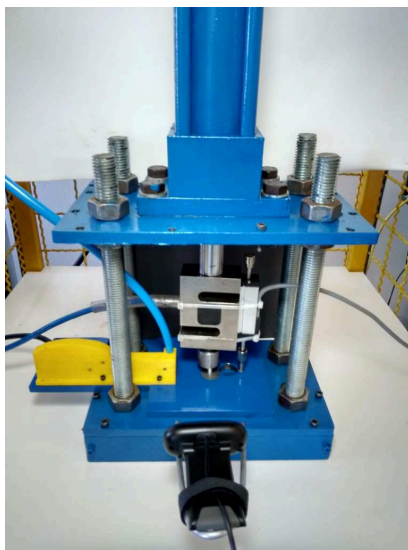
Figura 30: Posicionador de Corpo de Prova.



Fonte: Modelo 3D desenvolvido por Lucas Boeira.

ensaios e outras informações referentes ao aplicativo. O servidor *web* Lighttpd foi usado para disponibilizar uma página estática que servirá como a interface de comunicação com a MDTEC.

Figura 31: Região de compressão da MDTEC.



Fonte: Elaborada pelo autor.

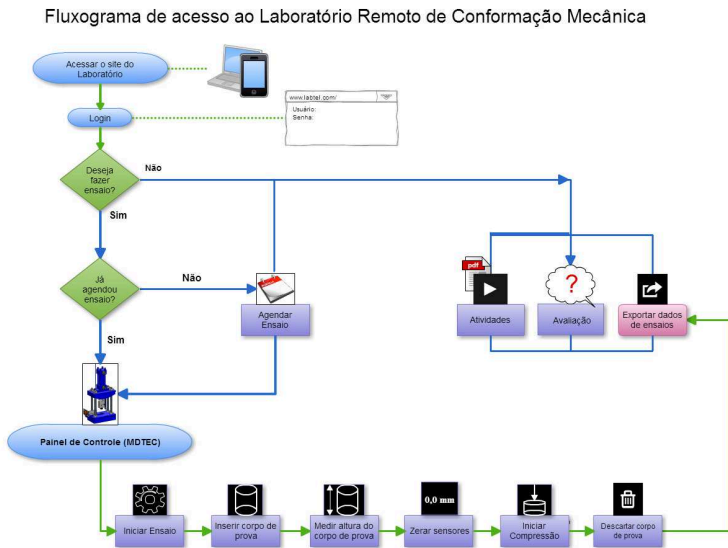
O desenvolvedor da MDTEC, Lucas Boeira em sua tese, possui um diagrama de sequência para demonstrar como é acessado e adquirido os dados da MDTEC com a intervenção do servidor central no acesso e armazenamento dos dados, a Figura 32 demonstra esse diagrama.

5.2 CONFIGURAÇÃO E COMUNICAÇÃO COM HARDWARE

O conversor Analógico/Digital (AD) da MDTEC mostrado na Figura 29(c) utiliza o protocolo de comunicação I2C é utilizado para captar os dados analógicos dos sensores que atuam no processo de aquisição de dados. Funciona como o intermediador entre o experimento real transformando em números os fenômenos que ocorrem.

O conversor AD permite uma configuração para aumentar a quantidade de bits de conversão. Desta forma os valores dos sensores da célula de carga e da régua são adquiridos para manipulação destes. Cada sensor possui a sua porta ao qual irá comunicar-se com o Raspberry Pi.

Figura 32: Diagrama de sequência para utilização da MDTEC.



Fonte: Lucas Boeira.

O eixo hidráulico é acionado por relés que por sua vez são acionados pelas portas do Raspberry Pi. Para fazer com que o eixo hidráulico suba ou desça é necessário acionar o motor que faz o óleo circular e então acionar as solenóides de acordo com a direção que se deseja. O equipamento possui ainda uma lâmpada que pode ser ligada e desligada por outro relé.

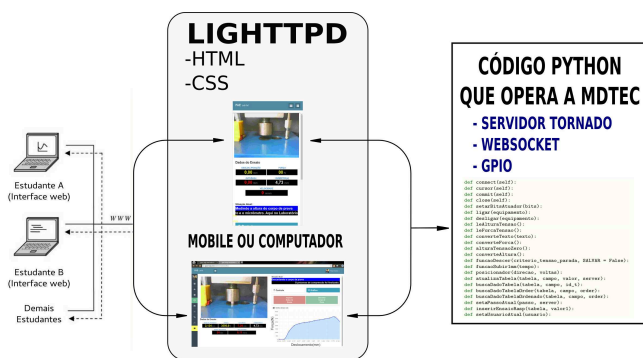
Para o posicionador é utilizado um motor de passo unipolar que foi ligado diretamente as portas do Raspberry Pi. Para isto foram utilizados 4 portas e através de pulsos é possível acionar o motor pra frente ou pra trás. Através dos pulsos ainda é possível ter um certo controle sobre o posicionamento atual deste, embora não tenha uma grande precisão, com uma simples contagem de passos é possível posicionar os corpos de prova corretamente.

5.3 PAINEL DE INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL DA MDTEC

O PIV é a interface de comunicação entre o *hardware* e o *software*. Uma interface aumenta a interação homem-máquina fazendo com que a experiência seja simples e prática. Com o objetivo de ser totalmente flexível e funcional em dispositivos móveis a escolha de um ambiente *web* foi adotado. A criação deste segmento demanda deste PIV que deve ser diferente para cada equipamento de experimento ao qual é inserido no SGLR. Os controles de operações e etapas de processos variam de acordo com o experimento que se está disposto a automatizá-lo, porém o modo de comunicação e os protocolos utilizados para comunicação com servidor central podem seguir o mesmo padrão como o que será utilizado neste projeto.

A linguagem Python possui algumas bibliotecas que funcionam como servidores *web* e possuem todas as funcionalidades disponíveis como em servidores de alto desempenho. O servidor *web* Tornado foi escolhido por fornecer um recurso chamado *websocket*, que é uma tecnologia que permite a comunicação bidirecional por canais *full-duplex* sobre um único soquete *Transmission Control Protocol* (TCP). Na aplicação é criado um serviço para receber clientes, este recebe as informações vindas dos alunos ou usuários vindos através do PAE e interagem com o experimento através da ER. A Figura 33 mostra como o usuário interage com a MDTEC.

Figura 33: Estrutura de comunicação do PIV da MDTEC.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Abaixo a lista das funções escritas em Python e que fazem a interação do usuário com os comando que controlam os pinos do Raspberry Pi.

Listagem 5.1: Lista das funções do código do servidor Python do PIV

```

def setarBitsAtuador(bits):
def ligar(equipamento):
def desligar(equipamento):
def leAlturaTensao():
def leForcaTensao():
def converteTexto(texto):
def converteForca():
def alturaTensaoZero():
def converteAltura():
def funcaoDescer(criterio_tensao_parada, SALVAR = False):
def funcaoSubir1mm(tempo):
def posicionador(direcao, voltas):
def atualizaTabela(tabela, campo, valor, server):
def buscaDadoTabela(tabela, campo, id_t):
def buscaDadoTabelaOrder(tabela, campo, order):
def buscaDadoTabelaOrdenado(tabela, campo, order):
def setaPassoAtual(passo, server):
def inserirEnsaioRasp(tabela, valor1):
def setaUsuarioAtual(usuario):
def setaTituloLayout(passo, server):
def buscaIdAtual():
def buscaEnsaioAtual():
def buscaPassoAtual():
def buscaPassoAtualConexaoNova(server):
def buscaVelocidade(time_i):
def transformaFloat(valor, dec):
def new_client(client, server):
def client_left(client, server):
def perguntaHash(tipo, request):
def addNovoEnsaioPainel(id):
def updateDadosEnsaioPainel(id, dados):
def enviaNotificacao(nomeV, mensagemV):
def enviaParaServerAquisicao(ensaioAtual, cont, var, peso):
def comandoSeguinte(comando):
def message_received(client, server, message):

```

A interface é uma página HTML estática, está hospedada pelo servidor Lighttpd, ela é responsável por enviar e receber os comandos para o servidor websocket em Python, que controla os pinos do Raspberry Pi. Para desenvolvimento da interface foi utilizado CSS e

HTML juntamente com Javascript. O HTML e o CSS deram a forma e o modelo que é visto pelo usuário ao acessar o experimento, enquanto que a linguagem Javascript é utilizada para o ser cliente através da comunicação *websocket* através da desta página estática.

OpenCV juntamente com Python e Tornado disponibilizam a transmissão de vídeo em tempo real através do navegador de internet sem a necessidade de adicionar nenhuma outro aplicativo ou plugin. Esta técnica consiste em atualização de imagens simultâneas dando a impressão de que seja um vídeo, a estrutura conta com uma *webcam*, que esta sendo utilizado com o OpenCV para capturar as imagens. A infraestrutura tem grande impacto quanto à utilização de determinados tipos de recursos, um exemplo seria a velocidade de internet influência diretamente no recebimento de imagens, tanto do lado que envia as imagens, quanto do usuário que recebe.

A integração do experimento da MDTEC com o servidor central forma um LR chamado Laboratório *Online* de Conformação Mecânica (LabCONM) é um dos objetivos específicos deste TCC. Para a realização de uma experimentação remota, o agendamento e o acesso serão disponibilizados através do servidor central e ambos os segmentos atuarão de forma conjunta e sincronizada.

As tecnologias de design e *layout* que promovem condições de acessibilidade foi um recurso bastante explorado, visto em dias atuais celulares, tablets e demais dispositivos similares estão presentes nas mãos de uma grande quantidade de pessoas. A Figura 34 mostra como se planeja o layout do PIV quando acessado por um dispositivo móvel e a Figura 35 mostra quando acessado por um computador ou notebook.

As Figuras 34 e 35 mostram como é a interface, ela possui os botões com comandos necessários para se realizar o experimento. O PIV mostra em tempo real os dados captados pelos sensores da MDTEC e através de um gráfico é possível observar os sensores atuando com os dados sendo inseridos em tempo real.

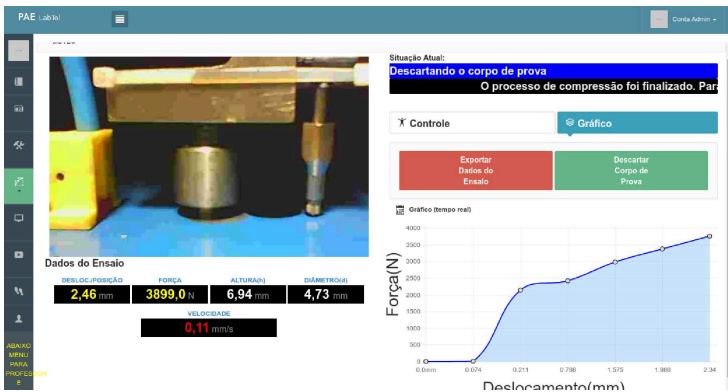
O sistema permite o envio de notificações caso o aluno ou usuário que está operando a MDTEC não consiga mais controlar ela de modo correto, então se abre uma janela que permite o envio de comentários sobre o eventual acontecimento para o administrador do equipamento de experimento.

Figura 34: Modelo de PIV da MDTEC para acesso de dispositivos móveis (visualização de duas abas).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 35: Modelo do PIV da MDTEC para acesso de computadores.

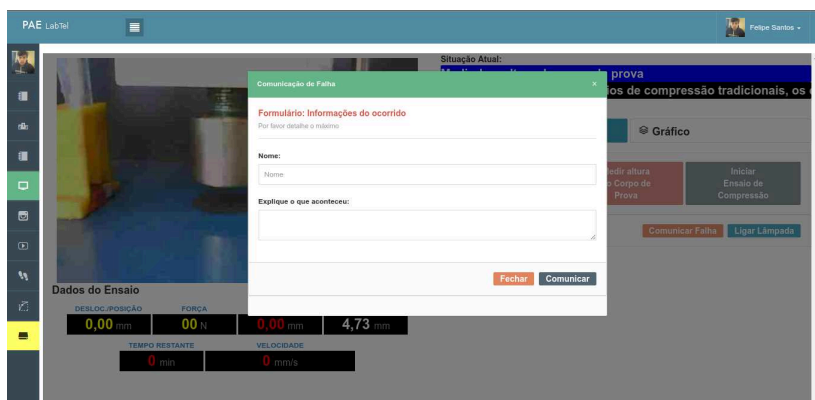


Fonte: Elaborada pelo autor.

5.4 TROCA DE INFORMAÇÕES COM O SERVIDOR CENTRAL

Os dados, a parte mais sensível do experimento é gerada ao se efetuar o experimento e é armazenado em tabelas de banco de dados

Figura 36: Envio de notificação de erro para o administrador.



Fonte: Elaborada pelo autor.

do próprio experimento e enviado para o servidor central. Os dados adquiridos são enviados para O servidor central através do protocolo HTTP pelo método de requisições GET. A Figura 37 mostra como é a requisição do tipo GET no protocolo HTTP, para envio da aquisição de dados do equipamento de experimento. No Python para enviar os dados por HTTP foi a urllib, que é um módulo do Python que define funções e classes que manipulam URL, ou seja, o endereço do recurso disponível na rede.

Figura 37: Envio de uma aquisição de dado para o servidor central via HTTP.

```
GET /admin/mdtec/addaquisicao?ensaio=487&contador=1&dado1=10.005707&dado2=8.8160 HTTP/1.1
Host: www.mdtec3.com.br
Cache-Control: no-cache
Content-Type: application/x-www-form-urlencoded
```

Fonte: Elaborada pelo autor.

O servidor central possui um módulo especial para se comunicar com a MDTEC. Este módulo se utiliza de troca de informações em notação JSON sobre o protocolo HTTP. A Figura 38 mostra as repostas

para requisições da MDTEC. Na Figura 38(a) mostra a resposta de negação para o pedido de controle para operar a MDTEC e na Figura 38(b) a resposta para o mesmo pedido, porém de positivo, além de trazer a resposta traz também o tempo restante para o término do agendamento e o número de tentativas de ER que ele pode realizar no equipamento de experimento.

Listagem 5.2: Funções PHP para a MDTEC no módulo do servidor central

```
public function actionEnviapane()
public function actionAddaquisicao()
public function actionUltimoensaio()
public function actionUpdateensaio()
public function actionAddensaio()
public function actionMdtec()
```

Essas funções servem para troca de informações entre equipamento de experimento e o servidor central, MDTEC e PAE respectivamente.

Os detalhes sobre as funções do servidor central para controle da MDTEC são:

- **actionEnviapane():** Serve para receber dados de comentários sobre algum possível erro durante a ER.
- **actionAddaquisicao():** Essa função é quem recebe a aquisição de dado do equipamento de experimento e salva no banco de dados do servidor central de acordo com o ensaio.
- **actionUltimoensaio():** Faz a busca do último ensaio, para manter os segmentos sincronizados.
- **actionUpdateensaio():** É utilizado para atualizar informações referentes ao ensaio, nesse caso ele salva a altura medida para o corpo de prova de cada ensaio.
- **actionAddensaio():** Adiciona um novo registro de ensaio no banco de dados para posteriormente salvar as aquisições de dados deste.
- **actionMdtec():** Funciona como um autenticador, é feito um pedido de acesso e controle do experimento através dessa função, o usuário envia sua identificação e ela responde se o horário agendado no momento é do usuário.

Figura 38: Respostas para um pedido de controle da MDTEC.

```
1 {  
2   "connect": "False",  
3   "error": "Sem Agenda"  
4 }
```

(a): Resposta de negação.

```
1 {  
2   "connect": "True",  
3   "restante": 21,  
4   "tentativas": 1  
5 }
```

(b): Resposta positiva.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Cada equipamento de experimento que for sendo incorporado ao servidor central, programará este PIV de acordo com a estrutura que este vem a oferecer. O modelo construído para a MDTEC, talvez não sirva para outros equipamentos, porém o modelo de comunicação e notações utilizadas para troca de informações entre os segmentos podem ser utilizados o mesmo padrão.

6 RESULTADOS

Para o desenvolvimento do SGLR um problema foi a configuração do arquivo de acesso aos dados do site que no início do desenvolvimento demandaram um aprendizado sobre o funcionamento do servidor *web*. Para o desenvolvimento do sistema do equipamento de experimento ocorreu inúmeras interferências e ruídos dos equipamentos elétricos. Esses demandaram um longo período de calibração dos equipamentos e medição de ruídos para fazer ajustes que não interferissem no resultado final da experimentação. As tecnologias de comunicação com o banco de dados MySQL no Raspberry Pi para controle interno de operação depois de um certo tempo perdia a conexão, então para resolver o problema a cada interação do usuário com o equipamento é criada uma nova conexão com o banco de dados.

Após o desenvolvimento e disponibilização da arquitetura do SGLR, alunos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) tiveram acesso ao experimento desenvolvido neste TCC. O equipamento de experimento MDTEC foi disponibilizado para que os alunos pudessem realizar a ER. A estrutura foi utilizada para criação do Laboratório *Online* de Conformação Mecânica (LabCONM) e começou a ser acessada pelos alunos na data de 20/04/2016 e está *online* até o presente momento. Cerca de 30 alunos realizaram os experimentos em horários diversificados. A Figura 39 mostra a lista de usuários cadastrados no SGLR através do PAE.

Os alunos escolheram seus próprios horários para realizarem a ER, a Figura 40 mostra os horários em forma de calendário que se utiliza no PAE para visualizar a agenda do equipamento de experimento.

Na Figura 41 nota-se que possuem três ensaios com valores de altura zero, ou seja, ocorreu um erro de leitura do sensor, o ensaio foi inválido.

Para visualizar de forma simples os resultados obtidos, aplicaram-se bibliotecas Javascript para visualizar os dados em forma de gráficos, como mostra a Figura 42 para um exemplo de ER realizado na MDTEC.

Os alunos também responderam a questionários e realizaram atividades antes da ER e uma avaliação após a ER. Para a avaliação era necessário que se utilizasse de dados adquiridos na ER para responder as questões.

Figura 39: Usuários cadastrados para realização da ER.

ID	Nome	E-mail	Foto	Perfil	Ações
56	Andressa Rosa	andressa@mdtec.com	[Avatar]	Estudante	[Editar] [Excluir]
55	Thayane Mendes	thayane_mendes@mdtec.com	[Avatar]	Estudante	[Editar] [Excluir]
54	Andressa Rosa	andressa@mdtec.com	[Avatar]	Estudante	[Editar] [Excluir]
53	João Carlos da Costa Jr	joao@mdtec.com	[Avatar]	Estudante	[Editar] [Excluir]
52	Márcio Costa de Melo	marcio@mdtec.com	[Avatar]	Estudante	[Editar] [Excluir]
51	Thayane Mendes	thayane@mdtec.com	[Avatar]	Estudante	[Editar] [Excluir]
50	Andressa Rosa	andressa@mdtec.com	[Avatar]	Estudante	[Editar] [Excluir]
49	Carla Helena Costa	carla@mdtec.com	[Avatar]	Estudante	[Editar] [Excluir]
48	João Carlos	joao@mdtec.com	[Avatar]	Estudante	[Editar] [Excluir]
47	Andressa Rosa	andressa@mdtec.com	[Avatar]	Estudante	[Editar] [Excluir]

































Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 40: Ocupação dos horário da agenda da MDTEC.

Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb
20	5p - Já ocupado!			12a - Já ocupado!	12a - Já ocupado!	
5	9:30p - Já ocupado!	4p - Já ocupado!	3:30a - Já ocupado!	12:30a - Já ocupado!	1a - Já ocupado!	
12	6:30p - Já ocupado!	1p - Já ocupado!		5p - Já ocupado!	2:30a - Já ocupado!	
19	1p - Já ocupado!	3p - Já ocupado!	12a - Já ocupado!	12a - Já ocupado!	12a - Já ocupado!	10:30p - Já ocupado!
26	1p - Já ocupado!	12:30p - Já ocupado!				

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 41: Alguns dos ensaios realizados na MDTEC.

ID	Nome do Ensaio	Altura	Ações
937	MDTEC - Papelão Branco	ALTURA = 7,28215320071mm	 
936	MDTEC - Papelão Branco	ALTURA = 6,79135164169mm	 
935	MDTEC - Papelão Branco	ALTURA = 6,64296916864mm	 
934	MDTEC - Papelão Branco	ALTURA = 6,72557444164mm	 
933	MDTEC - Adesão de Ureolite a	ALTURA = 6,6943333252mm	 
932	MDTEC - Adesão de Ureolite a	ALTURA = 6,40327440502mm	 
931	MDTEC - Adesão de Ureolite a	ALTURA = 6,58019196879mm	 
930	MDTEC - Adesão de Ureolite a	ALTURA = 6,77993760532mm	 
929	MDTEC - Adesão de Ureolite a	ALTURA = 0mm	 
928	MDTEC - Adesão de Ureolite a	ALTURA = 0mm	 
927	MDTEC - Adesão de Ureolite a	ALTURA = 0mm	 
926	MDTEC - Adesão de Ureolite a	ALTURA = 6,39198036809mm	 
906	MDTEC - Banco - Ureolite (Colado)	ALTURA = 6,73998847801mm	 
905	MDTEC - Banco - Ureolite (Colado)	ALTURA = 6,75719953257mm	 
904	MDTEC - Adesão de Ureolite	ALTURA = 6,65438320522mm	 
903	MDTEC - Adesão de Ureolite	ALTURA = 6,82558370581mm	 

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 42: Gráfico com as aquisições de dados da MDTEC.



Fonte: Elaborada pelo autor.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) se mostra que uma nova abordagem no desenvolvimento de arquitetura de Laboratório Remoto (LR) e implementação, com base em uma combinação de *hardware* de baixo custo e interface gráfica baseada em navegador *web*. Esta arquitetura representa uma estrutura para se complementar para o desenvolvimento de LR baseados em equipamentos de experimentos físicos e um flexível controle de processos de forma muito mais simples do que outros sistemas utilizam *software* e *hardware* de configuração complexa. O *software* de Painel de Instrumentação Virtual (PIV) permite que os administradores dos equipamentos de experimentos e dos LRs possam criar suas próprias interfaces personalizadas e estendê-los sem interferir com fontes de servidor central Painel de Acesso a Experimentos (PAE).

A principal limitação da arquitetura do Sistema de Gerenciamento de Laboratórios Remotos (SGLR) é o fato de que ele pode ser usado somente para desenvolver laboratórios que envolvam experimentos físicos reais. No entanto, apesar desta limitação, o domínio de possíveis utilizações ainda é bastante ampla e adequada para controle de equipamentos de experimentos. Os casos práticos de implementação têm demonstrado que esta abordagem é facilmente reproduzida para educadores e alunos, e as suas aplicações podem ser úteis para diferentes instituições de ensino. Vários sistemas de controle de processo são implementadas para laboratórios remotos e usadas como a extensão para exercícios de laboratório tradicionais.

Os alunos forneceram comentários valiosos no questionário e positivamente quanto à instalação de tal paradigma na educação. Além disso, os estudantes enviam valiosas sugestões para possíveis melhorias destes LRs. Este é ponto a que deve ser analisado sobre todas essas sugestões em trabalhos futuros. Outra consideração para trabalhos futuros está voltada para a implementação de cenários de controle de processo avançados que poderiam avançar sobre outros tipos de áreas de experimentos de laboratórios. Uma vez que a participação dos alunos no laboratório remoto desenvolvimento trouxe resultados positivos.

REFERÊNCIAS

AHMED, M. E.; HASEGAWA, S. An Instructional Design Model and Criteria for Designing and Developing Online Virtual Labs.

International Journal of Digital Information and Wireless Communications, v. 4, n. 3, p. 355–371, 2014.

AL-AJLAN, A.; ZEDAN, H. The extension of web services architecture to meet the technical requirements of virtual learning environments (Moodle). **Computer Engineering & Systems, 2008. ICCES 2008. International Conference on**, p. 27–32, 2008.

ÂNGELO, M.; LIMA, S.; MARIA, G. A importância da interface gráfica para os sistemas de ensino a distância: estudo de caso com o sistema unit virtual. p. 1–10, 2010.

ÁVILA, B.; AMARAL, É. M. H.; TAROUÇO, L. Implementação de Laboratórios Virtuais no metaverso OpenSim. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 11, n. 1, julho, p. 1–12, 2013.

AYDOGMUS, Z.; AYDOGMUS, O. A web-based remote access laboratory using SCADA. **IEEE Transactions on Education**, v. 52, n. 1, p. 126–132, 2009. ISSN 00189359.

BÁNHALMI, A. et al. Development of a novel semantic-based system integration framework. **Proceedings - 2013 IEEE 3rd Eastern European Regional Conference on the Engineering of Computer Based Systems, ECBS-EERC 2013**, p. 18–24, 2013.

BENTO, A. d. A.; MIRANDA, L. C. de. Steering All: Infinite Racing Game Controlled by Haar Cascade through OpenCV. **2015 XVII Symposium on Virtual and Augmented Reality**, p. 245–254, 2015. Disponível em:
<<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7300754>>.

BIANCA, A.; CASTRO, R. D. Uma análise sobre a Psicologia da Educação Virtual. v. 1, p. 2010–2013, 2010.

BOSÁK, T. Node . js Based Remote Control of Thermo-optical Plant. n. February, p. 209–213, 2015.

BROISIN, J.; VENANT, R.; VIDAL, P. A remote laboratory to leverage motivation of learners to practice: An exploratory study about system administration. **Proceedings of 2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2015**, n. February, p. 140–142, 2015.

CHATTERJI, S. et al. Web laboratory in instrumentation engineering for distance education using LabVIEW. **2013 IEEE International Conference in MOOC, Innovation and Technology in Education (MITE)**, p. 240–244, 2013. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84897552145&partnerID=tZOtx3y1>>.

CHEN, C. et al. ROCK , PAPER , SCISSORS ... Cheat â” Verified Decentralized Game Play. p. 1–12, 2015.

CHEN, X.; SONG, G.; ZHANG, Y. Virtual and Remote Laboratory Development : A Review. **Earth and Space 2010: Engineering; Science; and Operations in Challenging Environments**, p. 3843–3852, 2010.

CHEONG, S. N.; CHIEW, W. W.; YAP, W. J. Design and development of Multi-touchable E-restaurant Management System. **CSSR 2010 - 2010 International Conference on Science and Social Research**, n. C SSR, p. 680–685, 2010.

CONRUYT, N. E-co-innovation for making e-services-Living Labs as a human-centered digital ecosystem for education with ICT. **Digital Ecosystems and Technologies (DEST), . . .**, p. 25–30, 2013. ISSN 21504938. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs.all.jsp?arnumber=6611324>>.

DHAND, R. Reducing Web Page Post Backs through jQuery Ajax Call in a Trust Based Framework. **Computing Sciences (ICCS), 2012 International Conference on**, p. 217–219, 2012.

FERREIRA, R. R. et al. Uma Visão sobre Laboratórios On-line. p. 0–3, 2014.

FIUZA, D. Q. R. et al. Uso De Objetos De Aprendizagem Digital Para Flexibilizar O Conhecimento E Potencializar a Autonomia Do Aprendizado No Ensino Da Educação Ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 583–596, 2014. ISSN 22361170. Disponível em:

<<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/view/12752>>.

FROYD, B. J. E.; WANKAT, P. C.; SMITH, K. A. Five Major Shifts in 100 Years of Engineering Education. v. 100, 2012.

GARCIA-ZUBIA, J. et al. OLAREX project: Open learning approach with remote experiments. **IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON**, n. 518987, p. 442–450, 2013. ISSN 21659559.

GARCÍA-ZUBIA, J. et al. Addressing software impact in the design of remote laboratories. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, v. 56, n. 12, p. 4757–4767, 2009. ISSN 02780046.

GLOTOV, A. et al. Remote laser laboratory at BMSTU: Browser-based solution. **Proceedings - 2013 2nd Experiment@ International Conference, exp.at 2013**, p. 94–98, 2013.

HANSON, B. et al. ReLOAD : Real Laboratories Operated at a Distance. v. 2, n. 4, p. 331–341, 2009.

HARTADI, D. R. Development of Web-Based Savings Kurban Management Application with Yii Framework Case Study : CV Almanna. p. 98–103, 2014.

HE, Z.; SHEN, Z.; ZHU, S. Design and implementation of an internet-based electrical engineering laboratory. **ISA transactions**, Elsevier, v. 53, n. 5, p. 1377–1382, 2014. ISSN 1879-2022. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24468117>>.

HILLS, M. Evolution of dynamic feature usage in PHP. **2015 IEEE 22nd International Conference on Software Analysis, Evolution, and Reengineering (SANER)**, p. 525–529, 2015.

Disponível em:

<<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7081870>>.

HU, W. et al. Design and Implementation of Web-Based Control Laboratory for Test Rigs in Geographically Diverse Locations. **Industrial Electronics, IEEE Transactions on**, v. 55, n. 6, p. 2343–2354, 2008. ISSN 0278-0046.

HUBA, M.; ROVANOVA, L. Impact of the new learning environment on traditional engineering courses. p. 175–180, 2014.

IMRAN, A. Knowledge and attitude, the two major barriers to ICT adoption in LDC are the opposite side of a coin; An empirical evidence from Bangladesh. **Proceedings of the 42nd Annual Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS**, p. 1–10, 2009. ISSN 1530-1605.

ISHIBASHI, M. et al. Development of a web-based remote experiment system for electrical machinery learners. **2014 International Power Electronics Conference, IPEC-Hiroshima - ECCE Asia 2014**, p. 724–729, 2014.

JAMROZ, A.; ZABIEROWSKI, W.; NAPIERALSKI, A. Work time management in a small company as example of usage the web technologies. **CAD Systems in Microelectronics, 2009. CADSM 2009. 10th International Conference - The Experience of Designing and Application of**, p. 424–426, 2009.

KALÚZ, M. et al. A Flexible and Configurable Architecture for Automatic Control Remote Laboratories. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 8, n. 3, p. 299–310, 2015. ISSN 19391382.

KIM, H.; JANG, M.; HAN, S. A Comparison of Features of Ajax's Data Formats for the Medicinal Plants Application. **and Services (ITCS)**, 2010. Disponível em:
<<http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs.all.jsp?arnumber=5581268>>.

KYOMUGISHA, R.; BOMUGISHA, D.; MWIKIRIZE, C. A remote Solar Photovoltaic laboratory based on the iLabs Shared Architecture (ISA). **Proceedings of 2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2015**, n. February, p. 56–62, 2015.

LEE, K. W. et al. Development of a remote access control laboratory using xPC target and Virtual Reality Modeling Language. **2010 International Conference on Intelligent and Advanced Systems**, p. 1–6, 2010. Disponível em:
<<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs{-}all.jsp?arnumber=5716182>>.

LIMA, J. F. Arquitetura Em Rede De Compartilhamento De Laboratórios on-Line. **Tese De Doutorado Em Engenharia Elétrica**, 2013.

LOPES, V. J. S. Instrumentação Virtual Aplicada ao Ensino Experimental de Engenharia Elétrica. 2007.

LUNA-RAMIREZ, W. A.; JAIMEZ-GONZALEZ, C. R. Supporting structured programming courses through a set of learning objects. **International Conference on Information Society, i-Society 2014**, p. 122–126, 2015.

MACIEL, C. Educação a Distância: Ambientes Virtuais de Aprendizagem. . . . **Virtuais de Aprendizagem**, p. 259, 2012. Disponível em:
<http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/133410/mod_resource/content/1/S- Ambientes Virtuais de Aprendizagem.pdf>.

MAITI, A.; KIST, A. A.; MAXWELL, A. D. Real-time remote access laboratory with distributed and modular design. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, v. 62, n. 6, p. 3607–3618, 2015. ISSN 02780046.

MARBACK, A.; DO, H.; EHRESMANN, N. An effective regression testing approach for PHP web applications. **Proceedings - IEEE 5th International Conference on Software Testing, Verification and Validation, ICST 2012**, n. 2, p. 221–230, 2012.

MARQUES, B. P.; VILLATE, J. E.; CARVALHO, C. V. Applying the UTAUT model in Engineering Higher Education: Teacher’s technology adoption. **6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2011)**, p. 1–6, 2011.

MELKONYAN, A. et al. Facilitating Remote Laboratory Deployments Using a Relay Gateway Server Architecture. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, v. 61, n. 1, p. 477–485, 2014. ISSN 02780046. Disponível em:
<10.1109/TIE.2013.2242416\n<http://libezproxy.open.ac.uk/login?url=http://search.proquest.com/docview/1109742416?scope=site>>.

MORAIS, É. V. D. et al. O LABORATÓRIO REMOTO NA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA E NA ATUALIZAÇÃO PROFISSIONAL. p. 457–461, 2014.

MORAIS, É. V. D. et al. LABORATÓRIOS REMOTOS. p. 283–284, 2011.

MUKELAS, M. F. M.; ZAWAWI, E. A. Theoretical framework for ICT implementation in the Malaysian construction industry: Issues and challenges. **2012 International Conference on Innovation Management and Technology Research**, p. 275–279, 2012. Disponível em:
<<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6236402>>.

NAGI, K.; SUESAWALUK, P. Research analysis of moodle reports to gauge the level of interactivity in elearning courses at Assumption University, Thailand. **Proceedings of the International Conference on Computer and Communication Engineering 2008, ICCCE08: Global Links for Human Development**, p. 772–776, 2008.

NURJANAH, S.; HASIBUAN, Z. A. Analysis of ICT context for building conceptual understanding amongst research: A literature review. **ICT for Smart Society (ICISS), 2013 International Conference on**, p. 1–5, 2013.

OGIBOSKI, L. LABORATÓRIO REMOTO BASEADO EM SOFTWARE LIVRE PARA REALIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DIDÁTICOS. **International Journal of Online Engineering**, 2007. ISSN 18612121.

OLIVEIRA, L. C. O. D. et al. PRÁTICAS EXPERIMENTAIS NO ENSINO À DISTÂNCIA E NA PESQUISA COORPORATIVA EM ENGENHARIA ELÉTRICA. p. 203–207, 2014.

ORDUNA, P. et al. Generic integration of remote laboratories in public learning tools : organizational and technical challenges. p. 1–7, 2014.

ORDUNA, P. et al. An Extensible Architecture for the Integration of Remote and Virtual Laboratories in Public Learning Tools. **Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje**, v. 10, n. 4, p. 223–233, 2015. ISSN 19328540.

PÁLKA, L.; SCHAUER, F. SAFETY OF COMMUNICATION AND AUTHENTICATION IN DATA WAREHOUSE FOR REMOTE LABORATORIES AND LABORATORY MANAGEMENT SYSTEM Tomas Bata University in Zlín , Faculty of Applied Informatics , Nad Stráněmi 4511 , CZ - 760 05 Zlín , Czech Faculty of Education , Trna. n. Iccse, 2015.

PEARS, A.; UNIVERSITET, U. 2013 IEEE Global Engineering Education Conference IEEE EDUCON 2013. n. November 2012, p. 2013, 2013. ISSN 21659559.

PERERA, K. G. S. K. Modeling Perspectives of Secondary School Teachers of Sri Lanka Towards the Integration of ICT in the Instructional Process. p. 218–223, 2015.

RAK, R. J. ICT IN INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT : EDUCATION AND SCIENTIFIC PUBLICATIONS. v. 6, n. 2, p. 22–29, 2007.

RICHTER, T.; TETOUR, Y.; BOEHRINGER, D. Library of Labs - A European project on the dissemination of remote experiments and virtual laboratories. **Proceedings - 2011 IEEE International Symposium on Multimedia, ISM 2011**, p. 543–548, 2011.

SA, U. Implementing Singleton method in Design of MVC- Based PHP Framework. p. 212–217, 2015.

SAENZ, J. et al. Open and Low-Cost Virtual and Remote Labs on Control Engineering. **IEEE Access**, PP, n. 99, p. 1, 2015. ISSN 2169-3536. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7119567>>.

SAMIRNI, H. et al. Automated repair of HTML generation errors in PHP applications using string constraint solving. **Proceedings - International Conference on Software Engineering**, p. 277–287, 2012. ISSN 02705257.

San Cristobal Ruiz, E. et al. Design, development and implementation of remote laboratories in distance electronics, control and computer subjects. **2013 10th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2013**, 2013.

SANCRISTOBAL, E. et al. Integration view of web labs and learning management systems. **2010 IEEE Education Engineering Conference, EDUCON 2010**, v. 81, p. 1409–1417, 2010.

SANDER, A.; LOBO, M. O uso das TICs como ferramenta de ensino-aprendizagem no Ensino Superior. p. 16–26, 2015.

SANTOS, C. M. d. S. A Utilização Do Ava Moodle Como Suporte À Orientação De Trabalho De Conclusão De Curso. **Revista EDaPECI**, v. 7, n. 7, p. 13–27, 2011. ISSN 2176-171X. Disponível em: <<http://www.seer.ufs.br/index.php/edapeci/article/view/622>>.

SANTOS, J.; MENDONÇA, J.; MARTINS, J. C. Instrumentation remote control through internet with PHP. **VECIMS 2008 - IEEE Conference on Virtual Environments, Human-Computer Interfaces and Measurement Systems Proceedings**, n. July, p. 41–44, 2008.

SCHERER, R.; SIDDIQ, F.; TEO, T. Becoming more specific: Measuring and modeling teachers' perceived usefulness of ICT in the context of teaching and learning. **Computers {&} Education**, Elsevier Ltd, v. 88, p. 202–214, 2015. ISSN 03601315. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131515001256>>.

SCHUURMAN, D. et al. Investigating User Typologies and Their Relevance within a Living Lab-Research Approach for ICT-Innovation. **2010 43rd Hawaii International Conference on System Sciences**, p. 1–10, 2010. ISSN 15301605. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77951743526&partnerID=tZOtx3y1>>.

SELIM, M.; SIDDIK, S.; GIAS, A. A Genetic Algorithm for Software Design Migration from Structured to Object Oriented Paradigm. **Wseas.U.s**, n. March, p. 0–7, 2014. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1407.6116>\nh<http://www.wseas.us/e-library/conferences/2014/Tenerife/INFORM/INFORM-26.pdf>\nh<http://arxiv.org/abs/1407.6116>\nh<http://www.wseas.us/e-library/conferences/2014/Tenerife/INFORM/INFORM-26.pdf>>.

SIRIRAK, S.; ISLAM, N. Relationship between information and communication technology (ICT) adoption and hotel productivity: An empirical study of the hotels in Phuket, Thailand. **Technology Management for Global Economic Growth (PICMET), 2010 Proceedings of PICMET '10:**, 2010.

SONG, J. et al. Data Consistency Management in an Open Smart Home Management Platform. **2014 European Modelling Symposium**, p. 366–371, 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7154027>>.

SUZUMURA, T. et al. Performance comparison of Web service engines in PHP, Java, and C. **Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services, ICWS 2008**, p. 385–392, 2008.

TAWFIK, M. et al. State-of-the-art remote laboratories for industrial electronics applications. **Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEE), 2012**, p. 359–364, 2012.

TAWFIK, M. et al. Virtual instrument systems in reality (VISIR) for remote wiring and measurement of electronic circuits on breadboard. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 6, n. 1, p. 60–72, 2013. ISSN 19391382.

TAWFIK, M. et al. EVOLUÇÃO DOS LABORATÓRIOS EXPERIMENTAIS DE ENGENHARIA ELÉTRICA: PREMISAS PARA O ENSINO À DISTÂNCIA E PESQUISA COORPORATIVA. **IEEE Industrial Electronics Magazine**, v. 11, n. 3, p. 3729–3734, 2014. ISSN 07475632. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6293111\nhttp://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6293111
<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84905925147&partnerID=40&md5=5218228019fbb75567ef24f208f69878>>.

TETOUR, Y.; BOEHRINGER, D.; RICHTER, T. Integration of virtual and remote experiments into undergraduate engineering courses. **Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE**, 2011. ISSN 15394565.

TEWARI, S. K.; MISRA, M. The Impact of ICT on Manufacturing Industry: An Empirical Analysis. **2012 International Conference on Communication Systems and Network Technologies**, p. 924–929, 2012. Disponível em:

<<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6200771>>.

VALDEZ, M. T.; FERREIRA, C. M.; BARBOSA, F. P. M. NA ÁREA CIENTÍFICA DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA BASEADO NUM SISTEMA DE REALIDADE VIRTUAL. p. 353–357, 2014.

VERHOEVEN, J. C.; HEERWEGH, D.; De Wit, K. **ICT learning experience and research orientation as predictors of ICT skills and the ICT use of university students**. [s.n.], 2014. ISSN 1360-2357. ISBN 1063901493103. Disponível em:

<<http://link.springer.com/10.1007/s10639-014-9310-3>>.

WANG, G. Application of lightweight MVC-like structure in PHP Guanhua. 2011.

WANG, R.; FU, Z. Understanding ICTs Adoption from an Evolutionary Process Perspective. **Management and Service Science (MASS), 2011 International Conference on**, p. 1–4, 2011. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5998984>.

WEIGHTMAN, A. P. H. et al. An application of remotely controlled experiments to perform feedforward and feedback damping control of an electro mechanical servomechanism. **WEBIST 2007: Proceedings of the Third International Conference on Web Information Systems and Technologies, Vol SeBeG/eL**, n.

November 2015, p. 419–426, 2007. Disponível em: <<Go to ISI>://000250085200063>.

WRENCH, P. M.; IRWIN, B. V. W. Towards a sandbox for the deobfuscation and dissection of PHP malware. **2014 Information Security for South Africa - Proceedings of the ISSA 2014 Conference**, 2014.

YAZIDI, A. et al. A Web-Based Remote Laboratory for Monitoring and Diagnosis of AC Electrical Machines. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, v. 58, n. 10, p. 4950–4959, 2011. ISSN 0278-0046.

YU, X.; YI, C. Design and implementation of the website based on PHP & MYSQL. **2010 International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment, ICEEE2010**, 2010.

ŽÁKOVÁ, K. Online Use of OpenModelica via Web Service. n. 032, p. 152–156, 2015.