



António Manuel Lira Gomes Borracha

Laboratório Remoto de Automação Industrial (Lab-RAI)

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Electrotécnica e Computadores

Orientador: Luís Brito Palma, Professor Doutor, FCT
Co-orientador: João Alves Martins, Professor Doutor, FCT

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Fernando José Almeida Vieira do Coito
Argente: Prof. Doutor Luís Filipe dos Santos Gomes
Vogais: Prof. Doutor Luís Filipe Figueira de Brito Palma
Prof. Doutor João Francisco Alves Martins



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março de 2012

“COPYRIGHT”

Laboratório Remoto de Automação Industrial

O estudante António Manuel Lira Gomes Borracha nº-22675 do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores, cede os direitos de “COPYRIGHT” desta dissertação à Faculdade de Ciências e Tecnologia e à Universidade Nova de Lisboa.

Assim sendo:

“A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar sempre presente na minha vida e me acompanhar nos bons e nos maus momentos. A fé que tenho Nele ajuda-me a viver feliz e a atingir os meus objectivos, sendo um deles a conclusão desta dissecação.

Quero agradecer de forma especial, à minha família, pois sem eles não teria sido possível realizar a minha formação académica.

Quero agradecer à minha noiva, por tanto me ter incentivado na fase final deste trabalho.

Ao Professor Luís Brito Palma, na qualidade de orientador científico, agradeço a oportunidade concedida para a realização deste trabalho, a dedicação e o profissionalismo demonstrado, assim como a amizade e motivação.

Ao Professor João Martins, na qualidade de co-orientador científico, agradeço as contribuições e sugestões dadas.

Ao centro de informática da FCT-UNL o apoio dado na configuração da rede com acesso a IP-Público, em particular ao Eng.^º Luís Anjos.

Agradeço também a todos os meus amigos, por todo o apoio dado no decorrer dos tempos de estudante.

RESUMO

Tendo como premissa juntar as necessidades do ensino prático à evolução da automação industrial e às tecnologias de informação disponíveis, foi desenvolvido este trabalho que é um laboratório remoto de automação industrial.

Considerando todas as necessidades pedagógicas inerentes a um laboratório e todas as condições físicas e práticas a que a automação industrial está sujeita, foi desenvolvida uma arquitectura genérica que cumpre os requisitos formulados. Posteriormente foi implementada uma possível aplicação dessa arquitectura com dois laboratórios remotos físicos.

O remotelab1 permite a programação de um PLC TSX Micro 3721 da Schneider controlando um simulador de tráfego rodoviário e o remotelab2 permite a programação de um PLC M340 também da Schneider que controla um simulador de monta-cargas industrial.

Utilizando tecnologias como Servidores *Web*, bases de dados, acesso remoto, programação PHP, JavaScript e outras, é permitido aos utilizadores destes laboratórios terem uma experiência muito semelhante à presença num laboratório real. Ao administrador do sistema foram disponibilizadas diversas ferramentas, de modo a poder gerir remotamente este laboratório de forma simples e eficaz.

Palavras-chave: Laboratórios Remotos, Ensino à distância, Automação e Controlo Industrial, Controladores Lógicos Programáveis (PLC).

ABSTRACT

Having in mind joining together a need for practical teaching, and the evolution of industrial automation and existent information technologies, a remote laboratory for industrial automation was developed.

Considering all the educational issues inherent to a laboratory and all physical conditions and practices which industrial automation is subjected to, a generic architecture that surpasses those needs was developed. Subsequently, implementations of this architecture with two remote physical laboratories were performed. The remotelab1 allows programming a TSX Micro 3721 PLC from Schneider, to control simulated traffic signals and remotelab2 allows programming a PLC M340 from Schneider, to control simulated industrial cargo elevator.

By using technologies such as *web servers*, databases, remote access, PHP programming, JavaScript and others, the users of this lab have an experience very similar to the presence in a real lab. For the system administrator, several tools were made available, in order to enable the management of this laboratory in a simple and effective way.

Keywords: Remote Laboratories, Distance Learning, Industrial Automation and Control, Programmable Logic Controllers (PLC).

ÍNDICE DE MATERIAS

Capítulo 1 – Introdução	1
1-1. Motivações	1
1-1.1. Ensino à Distância e Laboratórios Remotos	2
1-1.2. Automação Industrial	2
1-1.3. Redes de Controlo Industrial	3
1-1.4. Sistemas de Supervisão	4
1-2. Objectivos	4
1-2.1. Objectivos Gerais	7
1-2.2. Objectivos do ponto de vista do Utilizador/Cliente	7
1-2.3. Objectivos do ponto de vista do Servidor	7
1-1. Contribuições	8
1-2. Limitações	8
1-2.1. Limitações Físicas	9
1-2.2. Limitações Teóricas	9
1-3. Estrutura da Dissertação	9
Capítulo 2 – Estado da Arte	11
2-1. Introdução	11
2-2. Automação Industrial	13
2-2.1. Controladores Lógicos Programáveis	14
2-2.2. Controladores Programáveis de Automação (PAC's)	19
2-2.3. Redes Industriais	20
2-2.4. Sistemas SCADA	24
2-3. Sistemas Experimentais à distância	25
2-4. Laboratórios Virtuais	27
2-4.1. Áreas de aplicação	27
2-4.2. Vantagens e desvantagens	27
2-5. Laboratórios Remotos	29

2-5.1. Áreas de aplicação	30
2-5.2. Vantagens e desvantagens	30
2-6. Comparação entre Laboratórios Virtuais e Laboratórios Remotos	31
2-7. Exemplos de Ambientes Experimentais à Distância	32
2-7.1. Exemplos de laboratórios remotos	32
2-7.2. Exemplos de Laboratórios Virtuais	40
Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação	43
3-1. Revisão de Conhecimentos Básicos	43
3-1.1. O protocolo HTTP	43
3-1.2. Equipamentos Utilizados	44
3-1.2.1. Controlador Lógico Programável TSX Micro 3721	44
3-1.2.2. Controlador Lógico Programável M340	44
3-1.3. Software Utilizado	45
3-1.3.1. WAMP Server	45
3-1.3.2. Internet Information Server	47
3-1.3.3. Terminal Services Web Access (TS Web Access)	47
3-1.3.4. Windows Steady State	47
3-1.3.5. Software de programação PL7	48
3-1.3.6. Software de programação Unity Pro	49
3-1.3.7. Web Designer	50
3-1.4. Linguagens de programação Utilizadas	51
3-1.4.1. HTML	51
3-1.4.2. PHP	51
3-1.4.3. SQL	51
3-1.4.4. JavaScript	52
3-1.4.5. Java Applets	53
3-2. Laboratório Remoto de Automação	53
3-2.1. Tecnologias utilizadas na concepção de Laboratórios Remotos	54
3-2.2. Arquitectura Conceptual	56
3-2.2.1. Gestor e Servidor de Conteúdos	58

3-2.2.2. Gestor e Servidor de Laboratórios e Utilizadores	60
3-2.2.3. Servidor de Laboratório e <i>Kit Experimental</i>	61
3-2.2.4. Utilizador	63
3-2.3. Arquitectura Implementada	64
3-2.4. Implementação	66
3-2.4.1. Servidores de Laboratório e <i>Kit Experimental</i>	66
3-2.4.2. Gestor e Servidor de Conteúdos	75
3-2.4.3. Gestor de Laboratórios e Gestor de Utilizadores	77
3-2.4.4. Roteador	81
Capítulo 4 – Resultados	83
4-1. Administrador	83
4-1.1. Aceder à gestão de conteúdos	84
4-1.2. Aceder á gestão de utilizadores e de laboratórios	85
4-2. Utilizador	85
4-2.1. Consultar Conteudos e interagir com professores ou outros utilizadores	86
4-2.2. Utilizar Laboratório Remoto	86
Capítulo 5 – Conclusão	87
Anexos	95
A-1. Páginas de navegação do Gestor e Servidor de Conteúdos e Ficheiros	95
A-2. Funcionalidades do administrador no Gestor e servidor de Conteúdos	101
A-3. Ficheiros implementados para o Gestor de Laboratórios e Gestor de Utilizadores	105
A-4. Páginas de interação do utilizador com o Gestor de Utilizadores e Laboratórios	110
A-5. Páginas de interação do administrador com o Gestor de Utilizadores e Laboratórios	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Arquitectura conceptual do laboratório remoto.	6
Figura 2.1 – Linguagens de programação para PLC's (gráficas e textuais), definidas pela IEC (Martins, 2011).	19
Figura 2.2 – Representação do enquadramento dos sistemas experimentais à distância.	26
Figura 2.3 – Experiência remota: equipamento de visão por computador – Projecto PEARL, Trinity College Dublin (Cooper 2003).	34
Figura 2.4 – Experiência remota: Espectroscópio motorizado – Projecto PEARL, Open University UK.	35
Figura 2.5 – Sistema solar térmico de Delmenhorst.	36
Figura 2.6 – Arquitectura iLab – MIT.	37
Figura 2.7 – Interface Java da experiência remota “Amplificador AC” - Universidade de Génova.	38
Figura 2.8 – Experiência ud-FPGA do WeblabDeusto.	40
Figura 2.9 – Interface da simulação “Dissecção de uma rã”.	41
Figura 2.10 – Interface da simulação “Análise do movimento de um projéctil”.	42
Figura 3.1 – Modo de comunicação do protocolo HTTP .	43
Figura 3.2 - Imagem do PLC Modicom TSX Micro 3721.	44
Figura 3.3 - Imagem do PLC Telemecanique M340.	45
Figura 3.4 - Imagem do ecrã inicial do WAMP SERVER.	45
Figura 3.5 - Imagem do Steady State.	48
Figura 3.6 - Imagem do Software PL7.	49
Figura 3.7 - Imagem do Unity Pro.	50
Figura 3.8 - Arquitectura Geral e Abstracta.	56
Figura 3.9 – Arquitectura Conceptual Completa.	57
Figura 3.10 - Gestor e Servidor de Conteúdos.	59
Figura 3.11 - Gestor de Laboratórios e de Utilizadores.	60
Figura 3.12 – Servidor de Laboratório e <i>Kit Experimental</i> .	62
Figura 3.13 - O que é necessário ao Utilizador.	63

Figura 3.14 – Arquitectura Implementada.	65
Figura 3.15 – Servidor do Laboratório 1.	67
Figura 3.16 – Servidor de Laboratório 2.	68
Figura 3.17 – Imagem do <i>Kit Experimental RemoteLab1</i> .	69
Figura 3.18 – Imagem do servidor WebcamXP no browser.	70
Figura 3.19 – Imagem do <i>Kit Experimental RemoteLab2</i> .	71
Figura 3.20 – Imagem da configuração IO-Scanning no Unity Pro.	72
Figura 3.21 – Afectação de variáveis no Unity Pro para IO-Scaning.	73
Figura 3.22 – Implementação de HMI no Web Designer.	74
Figura 3.23 – Imagem do Supervisor e do RemoteLab2.	75
Figura 3.24 – Menu de utilizador no Gestor e Servidor de Conteúdos.	76
Figura 3.25 – Base de Dados remotelab.	77
Figura 3.26 – Base de Dados no Php MyAdmin.	78
Figura 3.27 – Fluxograma de funcionamento do Gestor de Laboratórios e de Utilizadores.	79
Figura 3.28 – Configuração do Single Port Forwarding no Router.	82
Figura 4.1- Tipos de utilização do Administrador.	83
Figura 4.2- Funcionalidades da Gestão de Conteúdos.	84
Figura 4.3- Funcionalidades do Gestor de Utilizadores e Laboratórios.	85
Figura 4.4- Tipos de utilização do Utilizador comum.	85
Figura 4.5 – Funcionalidades do Gestor de Conteúdos para o Utilizador.	86

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 – Sub-Problemas e Local da Solução.	5
Tabela 2.1 – Classificação dos laboratórios.	12
Tabela 2.2 – Exemplos de redes industriais e respectivo tipo de <i>fieldbus</i> .	21
Tabela 3.1 – Análise de Tecnologias utilizadas na concepção de Laboratórios Remotos.	54
Tabela 3.2 – Entradas e Saídas do <i>Kit Experimental RemoteLab1</i> .	69
Tabela 3.3 – Entradas e Saídas do <i>Kit Experimental RemoteLab2</i> .	71
Tabela 3.4 – Funções dos Port Forwarding implementados.	82
Tabela 5.1 – Análise dos objectivos propostos.	87
Tabela A.1 – Páginas de navegação do Gestor e Servidor de Conteúdos e Ficheiros	95
Tabela A.2 – Funcionalidades do administrador no Gestor e servidor de Conteúdos.	101
Tabela A.3 – Ficheiros implementados no Gestor de Laboratórios e de Utilizadores – Root Folder.	105
Tabela A.4 - Ficheiros implementados no Gestor de Laboratórios e de Utilizadores – Admin Folder.	106
Tabela A.5 - Ficheiros implementados no Gestor de Laboratórios e de Utilizadores – User Folder.	107
Tabela A.6 – Imagens utilizadas no Gestor de Laboratórios e de Utilizadores.	109
Tabela A.7 – Páginas de interação do utilizador com o Gestor de Utilizadores e Laboratórios	110
Tabela A.8 - Páginas de interação do administrador com o Gestor de Utilizadores e Laboratórios	120

LISTA DE ABREVIATURAS

AI	Automação Industrial
DDC	<i>Digital Direct Control</i> (Controlo digital directo)
DDL	<i>Data Definition Language</i>
DFBs	<i>Diagram function block</i>
EaD	Educação à Distância
FB	<i>Function Blocks</i> (Blocos de funções)
FBD	<i>Function Block Diagram</i> (Diagrama de funções)
HMI	<i>Human-machine interface</i> (interface homem-máquina)
IDML	<i>Interactive Data Manipulation Language</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IL	<i>Instruction List</i> (lista de instruções)
IP	<i>Internet Protocol</i> (Protocolo de interconexão)
LD	<i>Ladder Diagram</i> (diagrama de contactos)
MIMO	Multiple-input and multiple-output
PAC	<i>Programmable Automation Controllers</i>
PLC	<i>Programmable Logical Controller</i> (Controlador lógico programável)
RLS	<i>Real Laboratory Server</i>
ROVs	<i>Remotely Operated Vehicles</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Aquisition</i>
SDCD	Sistema Digital de Controlo Distribuído

SFC	<i>Sequential Function Chart</i> (grafico sequencial de funções)
ST	<i>Structured Text</i> (texto estruturado)
TCP	<i>Transmision Control Protocol</i> (Protocolo de controlo de transmissão)
VITP	<i>Virtual Instrument Transfer Protocol</i>
VLE	<i>Virtual Learning Environment</i> (Ambiente virtual de aprendizagem)
VLS	<i>Virtual Laboratory Server</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>

Capítulo 1 – Introdução

No final do século XX a Internet, *World Wide Web* (WWW) passou a ter um papel fundamental na nossa sociedade.

Com o grande desenvolvimento das estruturas tecnológicas, das ciências da informação e das tecnologias digitais, a Internet tornou-se num meio de comunicação, de comércio, de trabalho, de ensino, ou mesmo de ocupação de tempos livres cada vez mais requisitado e poderoso.

Este grande desenvolvimento resultou no emergir de um novo tipo de organização pós-industrial hoje bem conhecida como Sociedade da Informação.

Nesta Sociedade, a criação, a gestão e a distribuição de informação assumem um papel de grande importância em todo o tipo de actividade dos seus membros, seja esta de natureza cultural, económica ou social. É esta a sociedade que nos envolve e na qual vivemos actualmente (Lima and Capitão 2003).

Não é possível uma abstracção destes factos, assim, há que contribuir para esta evolução e saber aproveitar da melhor maneira todos os seus benefícios.

Este trabalho é uma prova disso. Utilizando todo este potencial a emergir, foi possível combinar várias tecnologias, integrá-las de diferentes formas e chegar ao protótipo do Laboratório Remoto de Automação Industrial.

1-1. MOTIVAÇÕES

Foram várias as motivações presentes no desenvolver deste trabalho, são aqui apresentadas de forma geral as principais. Devido à grande abrangência de áreas deste trabalho, as motivações serão separadas nos seguintes temas.

- Ensino à Distância e os Laboratórios Remotos;
- Automação Industrial;
- Redes de Controlo Industrial;
- Sistemas de Supervisão.

1-1.1. ENSINO À DISTÂNCIA E LABORATÓRIOS REMOTOS

É de conhecimento geral as transformações que a Internet tem vindo a causar pelo mundo, no trabalho, no comércio e no entretenimento. Esta rede de computadores é um verdadeiro fenómeno mundial, e Portugal não é indiferente a essa revolução, pelo contrário, está até entre os países que mais utilizam a Internet.

Na educação também ocorrem mudanças a um ritmo muito acelerado. Tanto os professores como os alunos devem estar preparados para absorver essas transformações ao ritmo que elas ocorrem, o que nos dias de hoje, é um ritmo bastante elevado.

Dentro dos incontáveis benefícios resultantes do crescente aperfeiçoamento dos computadores pessoais, da expansão do mundo digital e do desenvolvimento da Internet, destaca-se a educação à distância (EaD).

As Instituições de Ensino tentam estar sempre a par com as inovações, visando o desenvolvimento dos alunos e dos docentes. Assim, a discussão que aqui se inicia é sobre a prática da educação à distância. Esta é uma discussão relativamente antiga, se tivermos em conta os cursos por correspondência, hoje já largamente auxiliados pelo uso da Internet e de videoconferências, que permitem uma educação à distância quase em tempo real. Hoje em dia a maior parte das universidades já dispõe de ambientes de EaD em utilização (Gomes and García-Zubía 2007).

No caso particular da Internet, a forma predominante para esta divulgação de conhecimentos tem sido a disponibilização de textos, sebentas, apontamentos, enunciados de exercícios, etc. Mas apenas o acesso à informação não é suficiente. Há actividades nas quais parte da aprendizagem requer tarefas experimentais. É o caso, por exemplo, da Engenharia (Rapanello 2008).

A ideia deste projecto é exactamente criar um laboratório de automação que possa ser utilizado por qualquer aluno que tenha um computador com sistema operativo Windows e acesso à internet, de tal forma que o mesmo possa executar a experiência, testar e ver os resultados, sem que para tal necessite estar fisicamente no laboratório.

1-1.2. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

O desejo de controlar os processos industriais acompanha o homem desde a criação das primeiras máquinas (Gutierrez and Pan 2008).

O termo Automação, do inglês *Automation*, foi um termo inventado pelo *marketing* da indústria de equipamentos na década de 1960. O neologismo, sem dúvida, procurava enfatizar a participação de computadores no controlo automático industrial (Castrucci and Moraes 2007).

Automação descreve um conceito bastante vasto, que envolve um conjunto de técnicas de controlo, das quais é criado um sistema activo, capaz de fornecer a resposta adequada em função das informações que recebe do processo que está a controlar. Dependendo das informações, o sistema calculará a acção a ser executada (Weg 2002).

Estes sistemas foram desenvolvidos de forma a maximizar a produção e minimizar os seus custos, para além de também eliminarem possíveis riscos envolvidos na produção. Tarefas que antes implicavam um alto risco para os operadores dos equipamentos, podem ser realizadas remotamente sem qualquer risco daí resultante.

Actualmente, o principal motor da automação é a busca de maior qualidade dos processos, para reduzir perdas (com reflexo em custos), e possibilitar a fabricação de bens que de outra forma não poderiam ser produzidos, bem como do aumento da sua flexibilidade. Outra justificação para os largos investimentos em automação que têm sido feitos é a segurança de processos industriais e de infra-estruturas críticas, pois a automação tem sido vista como uma forma de minimizar o erro humano.

A presença da automação na economia global e na vida humana diária é crescente, sendo a automação industrial considerada hoje um instrumento fundamental para a qualidade e a produtividade das empresas (Gutierrez and Pan 2008).

A Automação Industrial exige a participação de uma grande gama de sectores do conhecimento humano, como mecânica, electrónica, física, química e informática. Aparece assim com um elevado dinamismo tecnológico, com o lançamento frequente de produtos novos e inovadores.

Este facto pode exercer um forte efeito sobre a criação de novos empregos e pode contribuir para canalizar as actividades científicas para a criação de produtos com elevado conteúdo tecnológico e alto valor acrescentado. No entanto, para que isso se torne uma realidade, é fundamental investir e aumentar as actividades de investigação e desenvolvimento.

Também as indústrias e actividades associadas à automação de controlo de processos podem representar um importante papel na criação de empregos altamente qualificados em física, química, engenharia, software, electrónica e microelectrónica, pois é necessário quem implemente os processos e utilize os produtos desenvolvidos para isso (Gutierrez and Pan 2008).

1-1.3. REDES DE CONTROLO INDUSTRIAL

Na indústria é necessário saber o estado das máquinas ao mesmo tempo que se controlam as aplicações destas. Este facto surge com a necessidade de que tudo funcione de uma forma optimizada, e que qualquer erro seja corrigido o mais depressa possível. Para isso, a rede que

interliga as máquinas umas com as outras, e estas aos seus controladores, é muito importante, pois tem que permitir rapidez, desempenho e fiabilidade ao mesmo tempo que deve ser fácil de instalar e configurar (Lopes, Afonso, and Antunes 2005).

1-1.4. SISTEMAS DE SUPERVISÃO

Com as sucessivas evoluções acumuladas ao longo do tempo, os sistemas de supervisão actuais passaram a oferecer três funções básicas: supervisão, operação e controlo (Pinheiro 2006):

- Funções de supervisão - nesta função estão incluídas todas as operações de monitorização do processo, sejam elas sinópticas, gráficos de tendências de variáveis analógicas e digitais, relatórios, dentre outras;
- Função de operação - oferece a vantagem de substituir as funções das mesas de controlo manuais, optimizando os procedimentos de controlo e modos de operação dos equipamentos do processo;
- Função de controlo - apresenta duas possibilidades: um sistema que possibilita a acção de controlo sem a dependência de níveis intermediários do processo, conhecido como DDC (*Digital Direct Control*) e o sistema supervisor, onde o controlo é realizado dinamicamente, de acordo com o comportamento global do processo.

1-2. OBJECTIVOS

Um dos grandes obstáculos enfrentados pelos alunos de engenharia electrotécnica é o elevado grau de abstracção com o qual são solicitados a trabalhar. Alguns conceitos fundamentais para a sua formação podem somente ser visualizados através de práticas laboratoriais. No intuito de reduzir o impacto dessa situação, os professores são continuamente levados a procurar formas de representação desses conceitos abstractos. Neste contexto, ganham importância as actividades didácticas voltadas para a modelação, visualização, simulação e experimentação, pois é através delas que se consegue quebrar a barreira que separa o conceito teórico e abstracto da sua aplicação prática (Souza and Oliveira 2001).

Entende-se então que as práticas laboratoriais são de extrema importância para a pesquisa e para a aprendizagem. Deste modo, as dificuldades estão em garantir aos alunos o fácil acesso a esses laboratórios.

Seria interessante que o alcance das actividades experimentais pudesse ser expandido a todos os alunos, permitindo maior tempo de acesso aos laboratórios, dentro e fora dos horários

convencionais. Isto permitiria aos alunos repetir um procedimento experimental cujos conceitos não tenham sido adequadamente aprendidos.

Considerando os equipamentos, os meios técnicos e os meios financeiros disponíveis inicialmente, é necessário formular um problema geral, dividi-lo em sub-problemas, e posteriormente, traçar objectivos mensuráveis e tangíveis.

Assim sendo, temos:

Problema Geral - Implementar um Laboratório Remoto de Automação Industrial.

Tabela 1.1 – Sub-Problemas e Local da Solução.

Sub-Problemas	Local da Solução
Implementar uma plataforma de gestão de conteúdos.	- 3-2.2.1-Gestor e Servidor de Conteúdos. - 3-2.4.2-Gestor e Servidor de Conteúdos.
Implementar uma plataforma de gestão de utilizadores e de laboratórios.	- 3-2.2.2-Gestor e Servidor de Laboratórios e Utilizadores. - 3-2.4.3-Gestor de Laboratórios e Gestor de Utilizadores.
Disponibilizar uma forma de programar os PLC's remotamente.	- 3-2.2.3-Servidor de Laboratório e Kit Experimental. - 3-2.4.1-Servidores de Laboratório e Kit Experimental.
Disponibilizar uma forma de visualizar e interagir com os equipamentos didácticos a controlar.	- 3-2.4.1-Servidores de Laboratório e Kit Experimental.

Após definidos os problemas e sabendo previamente que estes têm de ser ultrapassados com as seguintes existências físicas:

- Vários computadores;
- Vários controladores lógicos programáveis, alguns com placas de comunicação ethernet e possibilidade de criar sinópticos animados;
- Equipamentos didácticos a controlar pelos PLC's.

é fácil construir uma primeira arquitectura genérica para se dar inicio à implementação e traçar os objectivos.

Essa primeira arquitectura encontra-se na Figura 1.1 – Arquitectura conceptual do laboratório remoto, com uma simples observação, constata-se que com esta arquitectura é possível ultrapassar todos os problemas já identificados.

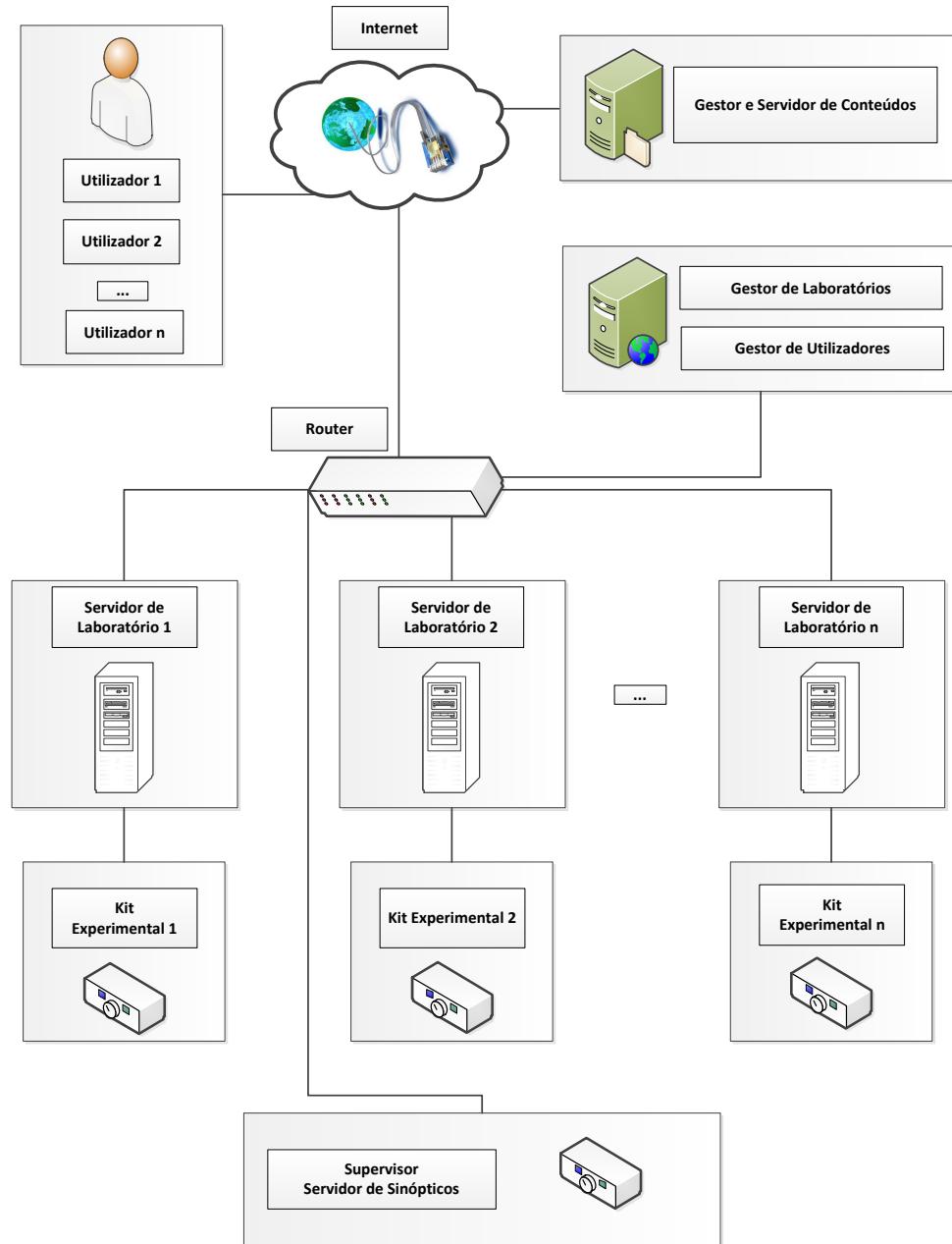


Figura 1.1 – Arquitectura conceptual do laboratório remoto.

Foi em toda a envolvente descrita anteriormente que se desenvolveu o trabalho apresentado nesta dissertação, cujos objectivos principais serão explicitados de seguida.

1-2.1. OBJECTIVOS GERAIS

Como objectivos gerais desta dissertação, temos:

- Implementação de um Laboratório Remoto para o ensino de automação industrial;
- Implementação de uma estrutura – plataforma de gestão desse laboratório;
- O Laboratório tem de permitir a programação dos equipamentos disponíveis nos laboratórios reais;
- O laboratório tem também de permitir o teste dessa programação nos *Kits* experimentais existentes, sendo para isso necessária uma interacção remota com os mesmos.

1-2.2. OBJECTIVOS DO PONTO DE VISTA DO UTILIZADOR/CLIENTE

Os principais objectivos para o Utilizador/Cliente são:

- Pretende-se que o sistema tenha uma configuração/implementação simples para o utilizador;
- O utilizador tem de ter ao seu dispor, todo o material didáctico necessário para uma boa aprendizagem, bem como todas as instruções necessárias para uma boa utilização do laboratório;
- A interface de programação deverá ser semelhante à que o utilizador teria se estivesse fisicamente no laboratório, ou a trabalhar na indústria;
- Possibilidade de interacção com o *Kit* experimental com que está a trabalhar;
- O utilizador tem de poder interagir com os docentes e com os colegas;

1-2.3. OBJECTIVOS DO PONTO DE VISTA DO SERVIDOR

Os principais objectivos para o Servidor são:

- O servidor terá de possuir todos os meios para que os objectivos gerais e do utilizador possam ser cumpridos de forma, expansível e dinâmica;
- Deverão ser usados recursos facilmente acessíveis, quer monetariamente, quer administrativamente;

1-1. CONTRIBUIÇÕES

Actualmente, no ensino da engenharia de um modo geral, e em particular no ensino da engenharia de controlo, é cada vez mais necessário o conceito de laboratório remoto ou sistema remoto.

Na indústria começa a existir a necessidade de tornar os projectos de sistemas de controlo acessíveis pela Internet, de uma forma fácil e transparente. De facto, existe a necessidade de se poder disponibilizar meios laboratoriais e industriais de forma remota (Coito and Palma 2008), de modo a tornar menos condicionado o acesso a processos e equipamentos.

Tendo por referência o parágrafo anterior, podemos afirmar que as principais contribuições desta tese são as seguintes:

- A arquitectura implementada disponibiliza ao utilizador a hipótese de programar PLC's no seu software original de uma forma remota, sem ser necessário uma licença de utilização individual;
- A possibilidade de interagir com o equipamento didáctico a controlar, através de uma HMI;
- A possibilidade de se poder explorar o funcionamento de Redes Industriais, neste caso recorrendo ao uso de PLC's, ou seja, com este trabalho fica implementada uma estrutura que disponibiliza a hipótese de se trabalhar em redes de comunicações industriais, pois esta arquitectura já foi desenhada a pensar nisso;
- Esta mesma arquitectura permite trabalhar em desenvolvimento de softwares de supervisão Inteligente e sistemas SCADA, tudo de forma remota;
- A utilização de *Web Servers* integrados em módulos de expansão de PLC's para fins didácticos é inovador, pois não é comum a utilização deste tipo de equipamento industrial para fins diferentes daqueles para os quais foram concebidos;
- Por fim, foi criada uma primeira versão para uma plataforma de gestão de ensino á distância e dos seus conteúdos didácticos, bem como um sistema de gestão de utilizadores e de laboratórios.

1-2. LIMITAÇÕES

Identificaram-se à partida algumas limitações na implementação deste trabalho, que teriam de ser ultrapassadas da melhor forma possível.

Embora não seja o primeiro Laboratório Remoto a ser implementado no local, não foi possível aproveitar trabalho anterior nem integrar nenhuma solução já existente, uma vez que nenhum dos trabalhos anteriores se enquadrava nos moldes em que este trabalho foi proposto.

1-2.1. LIMITAÇÕES FÍSICAS

Como limitação física pode referir-se o facto de o laboratório remoto ser implementado dentro de um campus universitário que já tem toda a sua rede de dados montada, configurada e protegida.

Para além disso, identificou-se ainda a limitação dos equipamentos disponíveis, que não são na sua maioria equipamentos didácticos mas sim equipamentos industriais que foram pensados para outro fim.

Por último, refere-se a limitação de licenças de software e de número de alguns equipamentos em si, devido a questões financeiras.

1-2.2. LIMITAÇÕES TEÓRICAS

Relativamente aos conhecimentos teóricos que suportam o trabalho, surgiram nas primeiras pesquisas limitações na componente pedagógica do laboratório. Apesar de grande investigação e tentativa de ultrapassar esta limitação, fica sempre a sensação de incumprimento de todos os requisitos, pois há uma grande falta de formação base na componente pedagógica.

1-3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos:

- **Capítulo I – Introdução e Capítulo II – Estado da Arte**, incide sobre o estudo dos ambientes experimentais de laboratórios remotos e laboratórios virtuais. É efectuada uma reflexão sobre a pertinência da sua utilização, são apresentadas as funcionalidades mais comuns e as arquitecturas envolvidas na sua criação.
- **Capítulo III – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação**, onde é feita uma revisão de conhecimentos, são apresentadas as principais tecnologias envolvidas na implementação do sistema experimental são dados a conhecer os equipamentos e os softwares utilizados e é descrita a arquitectura geral com descrição da implementação de todos os componentes da mesma.

- **Capítulo IV - Resultados**, é apresentado o resultado do trabalho desenvolvido, sendo descritas as experiências de utilização, quer para os utilizadores quer para o administrador do sistema.
- **Capítulo V - Conclusão**, onde são feitas algumas reflexões e tiradas conclusões relativamente ao trabalho realizado, bem como uma análise de trabalho futuro.
- **Anexos**, são aqui apresentadas várias experiências de utilização do laboratório remoto.

Capítulo 2 – Estado da Arte

2-1. INTRODUÇÃO

É do conhecimento geral que os laboratórios possibilitam a aplicação e os testes de conhecimentos teóricos em situações práticas (Auer et al. 2003).

O ensino de sistemas de controlo e automação exige um grande contacto dos alunos com situações reais para que possa existir um confronto da teoria clássica e moderna com a prática.

Do ponto de vista pedagógico, a utilização dos laboratórios pelos alunos proporciona:

- Uma aprendizagem Activa (*active learning* (Watson 1995; Smith 1999)). Por aprendizagem activa entende-se, “aprender fazendo” (*learning by doing*);
- Uma aprendizagem Distribuída (*distributed learning* (Auer et al. 2003)). Na aprendizagem distribuída, tem-se uma separação de tarefas e responsabilidades entre os alunos;
- Uma aprendizagem de Grupo (*team learning* (Faltin et al. 2002)). Na aprendizagem de grupo, o trabalho de equipa e a comunicação entre os alunos, para se chegar ao resultado esperado, são os principais conceitos explorados.

As experiências reais instaladas nos laboratórios das instituições de ensino são geralmente dispendiosos, pois a instituição tem de suportar, além do custo de aquisição do equipamento, também os custos de manutenção dos mesmos.

O aumento do número de estudantes leva a um aumento do número de laboratórios nas universidades, bem como noutras instituições de ensino.

O facto de a Internet estar disponível a um maior número de estudantes, permite que novas tecnologias de educação sejam utilizadas.

É o caso do uso de laboratórios remotos, que são uma alternativa para combater a necessidade de mais laboratórios (Cooper 2000). Esta alternativa proporciona aos alunos “a segunda melhor alternativa a estar lá” (SBBT – *Second best of being there*; ATKAN, 1996).

Os laboratórios remotos são uma ferramenta muito poderosa para demonstrar conceitos apreendidos nas aulas teóricas, diminuindo assim a lacuna entre o ensino clássico e a realidade industrial.

Experiências remotas, baseadas na *Web* (*Web-based remote experiments*), possuem diversos aspectos positivos para que a sua implementação seja possível, pois utilizam frequentemente equipamentos industriais caros, que requerem uma área específica (muitas vezes grande) para a sua instalação. Este tipo de equipamentos fica assim acessível a um maior número de estudantes, pois possui tanto flexibilidade espacial (os alunos podem estar fora da instituição

de ensino), quanto temporal (os equipamentos podem ser utilizados 24 horas por dia, nos 7 dias na semana).

Embora os laboratórios remotos sirvam para aumentar o alcance dos laboratórios comuns, o uso destes para o ensino à distância deve estar ligado a material pedagógico que explique o seu funcionamento, uma vez que o professor ou monitor não acompanhará a experiência remota.

O desenvolvimento de ambientes de aprendizagem virtual (VLE – *Virtual Learning Environment*), acessíveis pela Internet, também possibilita que cursos estejam disponíveis a um número maior de alunos. Estes cursos, por sua vez, podem ser direcionados para experiência prática usada no laboratório remoto. Os professores ligados a estes cursos nem sempre estão disponíveis, aparecendo assim a necessidade de desenvolvimento de ambientes de aprendizagem virtual.

Os laboratórios são basicamente classificados, segundo Auer (Auer et al. 2003), quanto à localização dos alunos e tipo da experiência, conforme mostra a Tabela 2.1. Analisando esta tabela, nota-se um confronto evidente entre simulações, laboratórios virtuais e laboratórios reais, presentes tanto localmente como remotamente. As simulações representam bem situações reais de experiências físicas, embora as experiências reais sejam melhores para o aluno. Laboratórios virtuais não existem fisicamente. Experiências reais são melhores educacionalmente quando comparadas com as simulações, pois apresentam características muitas vezes desprezadas pelos simuladores - como ruídos (perturbações), limites de controlo e efeitos não lineares, além de possuírem uma dinâmica real do processo e possibilitar o uso de equipamentos usados na indústria.

Tabela 2.1 – Classificação dos laboratórios.

		Aluno/Utilizador	
		Local	Remoto
Experiência	Real	Laboratório Tradicional	Laboratório Remoto
	Virtual	Simulação Local	Laboratório Virtual

A utilização de laboratórios reais revela com muita frequência diferenças entre resultados teóricos e resultados experimentais (implementação prática). Apesar de este aspecto levar, muitas vezes, os alunos à formulação da ideia de que “a teoria na prática não funciona”, é importante frisar que, se bem aplicada, a teoria funciona, resolvendo problemas do mundo real. Portanto, para se utilizar tanto os laboratórios remotos (reais) como simulações, é necessário demonstrar as diferenças entre as abstracções (modelos) e os equipamentos reais.

Conclui-se, então, que os laboratórios reais acessíveis remotamente como suporte de ensino (VLE) representam uma interessante alternativa para o ensino de controlo e automação. Contudo, métodos de segurança devem ser utilizados, como o acesso restrito aos equipamentos.

Autores como Atkan (Atkan et al. 1996) afirmam que, embora os investimentos sejam elevados, a utilização de laboratórios remotos para ensino é uma aposta muito atractiva economicamente.

Nesta secção, iremos abordar brevemente todas as matérias que entram no campo do conhecimento necessário para a realização deste trabalho. Será feito um enquadramento geral e actual em todas essas matérias, de forma a providenciar uma panorâmica do que já foi feito, e do que se está a fazer actualmente. Será assim possível perceber melhor o quê e porque foi feito de determinada maneira, no desenvolvimento deste trabalho.

2-2. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A Automação Industrial é a aplicação de técnicas, softwares e/ou equipamentos específicos numa determinada máquina ou processo industrial, com o objectivo de aumentar a sua eficiência, maximizar a produção com o menor consumo de energia e/ou matérias-primas, menor emissão de resíduos de qualquer espécie, melhores condições de segurança, seja material, humana ou das informações referentes a esse processo, ou ainda, de reduzir o esforço ou a interferência humana sobre esse processo ou máquina. Por isto, a Automação Industrial é largamente aplicada nas mais variadas áreas de produção industrial. É um passo à frente da mecanização, onde operadores humanos são providos de maquinaria para auxiliá-los em seus trabalhos.

Entre os dispositivos electrónicos que podem ser aplicados estão os computadores ou outros dispositivos capazes de efectuar operações lógicas, como controladores lógicos programáveis, microcontroladores, entre outros. Estes equipamentos em alguns casos substituem tarefas humanas ou realizam outras que o ser humano não consegue realizar.

Alguns exemplos de máquinas e processos que podem ser automatizados são apresentados de seguida:

- Indústria automóvel
 - Processos de estamparia (moldagem de chapas ao formato desejado do veículo);
 - Máquinas de soldadura;
 - Processos de pintura;
- Indústria química
 - Dosagem de produtos para misturas;

- Controlo de pH;
- Estações de tratamento de efluentes;
- Indústria de minas
 - Britagem de minérios;
 - Carregamento de vagões;
- Indústria de papel e celulose
 - Corte e descascamento de madeira;
 - Lixiviamento;
 - Corte e embalagem;
- Embalagens em todas as indústrias mencionadas
 - Etiquetagem;
 - Empacotamento;
 - Ensacamento;

Actualmente, a parte mais visível da automação está ligada à robótica, mas também é utilizada nas indústrias química, petroquímicas e farmacêuticas, com o uso de transmissores de pressão, temperatura e outras variáveis necessárias para um SDCD (Sistema Digital de Controlo Distribuído) ou PLC.

A Automação Industrial visa principalmente a produtividade, qualidade e segurança dos processos. Num sistema típico toda a informação dos sensores é concentrada num controlador programável o qual define o estado dos actuadores, de acordo com o programa em memória. Com o advento de instrumentação de campo inteligente, funções executadas no controlador programável tem uma grande tendência a serem migradas para os instrumentos de campo.

Uma contribuição adicional importante dos sistemas de Automação Industrial é a conexão do sistema de supervisão e controlo com sistemas corporativos de administração das empresas. Esta conectividade permite a partilha de dados importantes da operação diária dos processos, contribuindo para uma maior agilidade no processo de decisão e maior confiança nos dados que suportam as decisões dentro da empresa, para assim melhorar a produtividade.

2-2.1. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS

O PLC nasceu dentro da indústria automóvel americana, especificamente na Hydronic Division da General Motors, em 1968. Este aparecimento foi devido à grande dificuldade de mudança dos painéis de comando a cada alteração efectuada na linha de montagem, uma vez que tais mudanças implicavam altos gastos de tempo e dinheiro.

Sobre a liderança do engenheiro Richard Morley, foi preparada uma especificação que reflectia as necessidades de muitos utilizadores de circuitos que utilizavam relés, não só da indústria automóvel, mas em toda a indústria de manufatura em geral.

Nascia assim, um equipamento bastante versátil e de fácil utilização, que tem vindo a ser progressivamente melhorado, diversificando cada vez mais os sectores industriais e as suas aplicações, o que se traduz num mercado que movimenta muitos milhões de Euros por ano.

Desde o seu aparecimento até hoje, muita coisa evoluiu nos controladores lógicos, como a variedade de tipos de entradas e saídas, o aumento da velocidade de processamento, a inclusão de blocos lógicos complexos para tratamento das entradas e saídas e principalmente o modo de programação e a interface com o utilizador.

PLC é o tipo de controlador de maior aplicação na indústria. Possui elevada capacidade de processamento. Funciona em tempo real, é projectado para controlar múltiplas entradas e saídas e também para funcionar em ambientes hostis, pois suporta grandes variações de temperatura e tem imunidade a ruídos eléctricos e elevada resistência a vibração e impacto.

Os programas são geralmente construídos numa aplicação específica num computador e depois transferidos para o PLC por cabo ou via rede, sendo armazenados em memórias não-voláteis. Inicialmente, a linguagem de programação utilizada era proprietária, desenvolvida de forma isolada por cada fabricante, e não permitia interacção entre dispositivos de diferentes fabricantes. Porém, a partir de 1993, a norma IEC 1131 estabeleceu padrões para a linguagem que passaram a ser adoptadas internacionalmente. O equipamento agora é fornecido em geral com um software de programação que possibilita ao utilizador desenvolver aplicações à medida das suas necessidades específicas (Gutierrez and Pan 2008).

Norma IEC 1131

História da norma IEC 1131

A “International Electrotechnical Commission” (IEC) designou ao “Comité de Investigação 65A” a definição de uma norma específica referente aos PLC's com o objectivo de responder à crescente complexidade dos sistemas de controlo e à diversidade de controladores incompatíveis entre si (Lenz 2003). Esta norma contém:

- IEC 1131-1- Informações gerais (1992) → Estabelece as definições gerais dos termos utilizados na norma e identifica as principais características relevantes para a selecção e aplicação de controladores programáveis e seus periféricos;
- IEC 1131-2- Especificações e ensaios de equipamentos (1992) → Contém os requisitos mínimos para as características funcionais, condições de serviço, características de construção e condições de segurança e testes aplicáveis aos controladores programáveis e periféricos associados;
- IEC 1131-3- Linguagens de programação (1993) → Especifica a sintaxe e a semântica de um conjunto unificado de linguagens de programação para controladores programáveis;

- IEC 1131-4- Guias para o utilizador (1994) → Contém um guia de aconselhamento dos utilizadores de PLC's para as diversas fases de projecto de automação;
- IEC 1131-5- Serviços de comunicação → Contém informação sobre as comunicações entre PLC's de diversos fabricantes, assim como comunicações entre outros sistemas que utilizem o mesmo protocolo de comunicações.

Vantagens da norma IEC 1131-3

- Diminuição dos problemas de formação;
- Homogeneidade na documentação das aplicações: estrutura de programas idêntica, objectos pré-definidos, etc;
- Variedade de linguagens *standard*: cada função de uma aplicação pode ser programada na linguagem que melhor se adapte para assegurar o melhor resultado;
- Facilidade para a portabilidade dos programas.

Linguagens normalizadas

A crescente complexidade na programação dos PLC's motivou a necessidade da sua normalização. Sobre a direcção do IEC foi definida a norma IEC 1131-3 (3^a parte da norma IEC 1131, actualmente identificada por IEC 61131) para a programação dos PLC's, tendo em Agosto de 1992 alcançado o estatuto de norma internacional (Lenz 2003).

Com o objectivo de tornar a norma adequada a uma grande variedade de aplicações, foram definidas cinco linguagens de programação para PLC's (gráficas e textuais), constituindo estas uma forte base para uma boa programação dos PLC's (K.H. John and M. Tiegelkamp 2007). Estas linguagens são apresentadas na Figura 2.1.

1. Lista de Instruções – *Instruction List (IL)* – A IL é uma linguagem de baixo nível composta por uma sequência de instruções, na qual se executa uma instrução por linha. A sua estrutura é muito semelhante à da linguagem *Assembler*. A principal vantagem da IL advém do facto de dispor de um conjunto de funções básicas que podem ser utilizadas para construir uma aplicação complexa. Esta linguagem é muito útil na elaboração de pequenas aplicações onde a optimização do código é fundamental para garantir a performance da aplicação. Uma das desvantagens da IL prende-se com o tempo despendido na elaboração dos programas (Ver Figura II.1 - A).
2. Texto Estruturado – *Structured Text (ST)* – O ST é uma linguagem de alto nível, cuja sintaxe é parecida com a da linguagem *Pascal*. A utilização de texto estruturado torna a linguagem ST fácil de utilizar. A linguagem ST pode ser empregue para realizar rapidamente aplicações que operam com uma grande variedade de variáveis de

diferentes tipos de dados, incluindo valores analógicos e digitais. A ST é uma linguagem adequada para a implementação de algoritmos matemáticos complexos. Deste modo, esta linguagem pode também ser utilizada para simplificar longos programas elaborados em diagramas de contactos ou diagramas de funções (Ver Figura II.1 - B).

3. Diagrama de Funções – Function Block Diagram (FBD) – O FBD permite o desenvolvimento de programas em ambiente gráfico, através da utilização de blocos de funções existentes na biblioteca de blocos de funções do IEC. A linguagem FBD é adequada para o desenvolvimento de aplicações que envolvem o fluxo de informação ou dados entre componentes de controlo. O FBD é particularmente cómodo de utilizar do ponto de vista de técnicos habituados a trabalhar com circuitos de portas lógicas, já que a simbologia utilizada em ambos é equivalente (Ver Figura II.1 - C).
4. Diagrama de Contactos – Ladder Diagram (LD) – O LD é uma linguagem de programação gráfica que utiliza um conjunto de símbolos de programação normalizados. Os símbolos tradicionais do LD são as bobinas e os contactos. No entanto, o IEC permite a inserção de blocos de funções no programa, tornando a linguagem mais versátil. Esse passo tem em vista a migração progressiva dos tradicionais esquemas lógicos com relés para métodos mais avançados de diagramas de blocos de funções. O LD está principalmente orientado para resolver problemas de automatismos combinatórios (Ver Figura II.1 - D).
5. Gráfico Sequencial de Funções – Sequential Function Chart (SFC) – O SFC é uma linguagem gráfica que proporciona uma representação do processo em forma de diagrama, particionando-se o programa em sequências lógicas. Foi especialmente desenvolvida para resolver problemas de automatismos sequenciais. O gráfico é constituído por um conjunto de etapas e transições. As ações a executar são associadas às etapas e as condições a cumprir às transições. Como consequência das aplicações industriais funcionarem em forma de etapas, o SFC é a forma lógica de especificar e programar em mais alto nível um programa para PLC's (Ver Figura II.1 - E).

A

```

IL1
=====
Instruction List Start =====
VAR
  RUN_TIMER : TON; (* Blink timer *)
END_VAR
(* Default for the marker *)
LD  run_light1
ST  run_light

(* Create a 1.0 Hz. pulse *)
LD  run_pulse
STH RUN_TIMER.IN
CAL RUN_TIMER(PT := t#1s)
LD  RUN_TIMER.ET
ST  animatetime
LD  RUN_TIMER.Q
ST  run_pulse
JMPCN end (* No pulse yet, nothing to do *)
LD  run_light8 (* Rotate all bits one position "up" *)
ST  run_light
LD  run_light7
ST  run_light8
LD  run_light6
ST  run_light5
LD  run_light4
ST  run_light3
LD  run_light2
ST  run_light1
LD  run_light
ST  run_light
end:LD
=====
Instruction List End =====

```

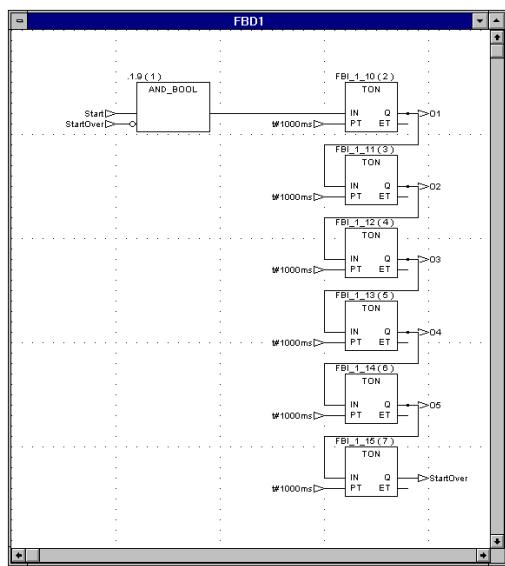
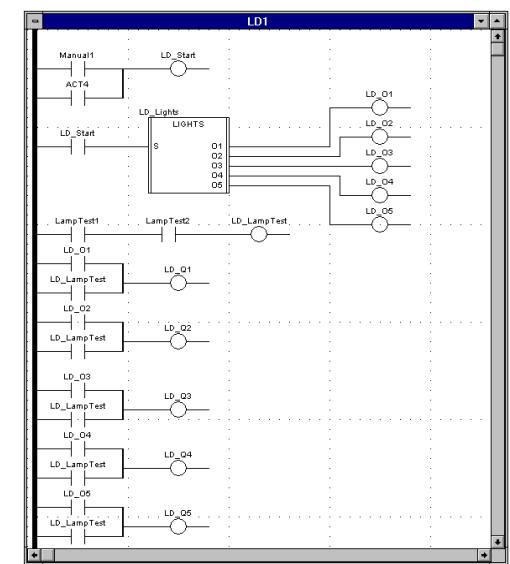
B

```

ST1
=====
Structured Text Start =====
VAR
  TIMER : TON;
END_VAR
  TIMER(IN := NOT pulse,
         PT := t#4s); (* Blink timer *)
pulse := TIMER.Q;

(* Count every pulse *)
IF pulse = 1 THEN
  count := count + 1;
ENDIF;
(* Animate lights according to counter *)
CASE count OF
  1: out1 := TRUE;
  2: out2 := TRUE;
  3: out3 := TRUE;
  4: out4 := TRUE;
  5: out5 := TRUE;
  6: out6 := TRUE;
  7: out7 := TRUE;
  8: out8 := TRUE;
ELSE (* All lights are on, switch them off *)
  (*again and start from the beginning *)
  out1 := FALSE;
  out2 := FALSE;
  out3 := FALSE;
  out4 := FALSE;
  out5 := FALSE;
  out6 := FALSE;
  out7 := FALSE;
  out8 := FALSE;
  count := 0;
ENDCASE;
=====
Structured Text End =====

```

C**D**

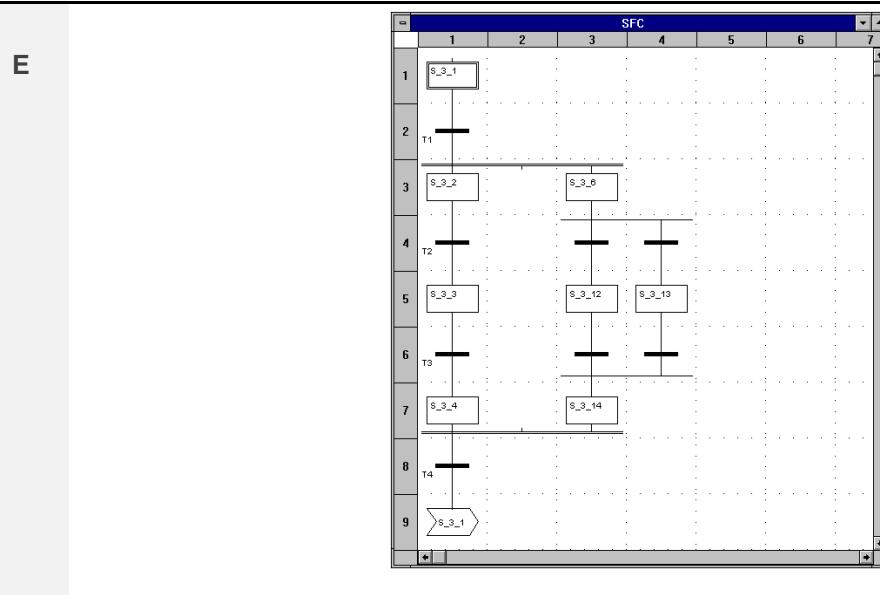


Figura 2.1 – Linguagens de programação para PLC's (gráficas e textuais), definidas pela IEC (Martins, 2011).

2-2.2. CONTROLADORES PROGRAMÁVEIS DE AUTOMAÇÃO (PAC's)

O termo PAC (Programmable Automation Controller) foi criado pela ARC Advisory Group, empresa norte-americana de estudos e pesquisas sobre produção, logística e cadeias de fornecimento. Este termo apareceu com o intuito de permitir uma definição clara do *hardware* e ao mesmo tempo, possibilitar ao fabricante uma classificação de maneira exacta do produto e da sua capacidade (Automation.com 2011).

Recentemente, alguns fabricantes tem classificado os seus novos produtos como PAC's; outros ainda preferem o uso de PLC's. Apesar de ser grande a sua semelhança, os PAC's possuem características próprias e bem definidas. De seguida, são indicadas as propriedades principais de um PAC:

- Multifunção – Os PAC's são multifuncionais, possibilitando o processamento de sinais digitais, analógicos, pulsos, etc., presentes na maioria das aplicações industriais. Um PAC pode implementar algoritmos de controlo sofisticados e complexos como a combinação de funções PID com ganhos agendados e lógica *Fuzzy*. Esta combinação pode ser efetuada de maneira simultânea e rápida. Um PAC pode estar a controlar uma simples função On-Off e rapidamente assumir outra função de controlo, como por exemplo o controlo de temperatura, utilizando um complexo algoritmo PID (sinal analógico de tensão ou corrente) e ao mesmo tempo receber dados de uma rede industrial com instruções sobre medições específicas e testes de controlo de qualidade e leitores de códigos de barra, etc. Todos estes algoritmos de controlo e informações são processados simultaneamente.

- Multidomínio – Os PAC's operam de forma multidomínio. Como o padrão de linguagem do *software* é poderoso, as funções avançadas, aquisição, armazenamento e partilha de dados, controlo de processos, controlo de motores, lógica de paragem e segurança, etc, todos utilizam o mesmo *hardware* e *software*.
- Comunicações abertas *standard* – Visando a máxima integração e minimizando os custos, os PAC's utilizam um sistema de protocolos de comunicação abertos e *standard*, a nível de *hardware* e *software*. Protocolos como *FOUNDATION Fieldbus*, *Profibus*, *RS232C/485* e *Ethernet* ou mesmo protocolos *standard* da Internet, como *TCP/IP*, *UDP*, *FTP* e *SMTP* podem ser facilmente utilizados.
- Multitarefas – Um controlador do tipo PAC possui a capacidade de processar simultaneamente diversas tarefas. Simultaneamente ao controlo de processos, o PAC pode processar aquisição de dados de diversas variáveis e dispositivos, como no caso de sistemas com Processamento distribuído e ainda comunicar com diversos clientes utilizando uma grande variedade de protocolos de comunicação.
- Arquitectura Modular – A modularidade de PAC é altamente flexível e "inteligente". Um PAC é expandido somente no tipo de controlo que "pede" a expansão. Devido ao design flexível da modularidade, é muito fácil adicionar ou mesmo substituir as unidades de acordo com as necessidades.

Os PAC's combinam a fiabilidade e robustez de um PLC com o desempenho, flexibilidade e facilidade de operação de um PC (Automation.com 2011).

2-2.3. REDES INDUSTRIAS

Segundo Tanenbaum (Tanenbaum 1997) uma rede de computadores é um conjunto de computadores autónomos e conectados. Dois computadores são ditos conectados, quando são capazes de trocar informações, o que pode ocorrer através de um meio físico de comunicação. Este é composto, por exemplo, por fios de cobre, microondas, fibras ópticas ou satélites espaciais. O requisito de autonomia exclui sistemas nos quais existe um claro relacionamento do tipo Mestre-Escravo entre os computadores.

As redes industriais surgiram da necessidade de ligar computadores a PLC's que proliferavam independentemente. Essa interligação em rede permitiu a partilha de recursos e bases de dados, que passaram a ser únicos, o que conferiu mais segurança.

As redes de comunicação industrial são de grande importância para as empresas. Isto deve-se à quantidade de informação que actualmente é utilizada para as mais diversas aplicações, seja apenas para visualização e consulta em algum sistema de supervisão ou para sistemas de controlo de produção - *Enterprise Production Systems* - sendo assim necessário disponibilizar os dados adquiridos para o sistema em tempo real.

Assim, o ambiente industrial que outrora era isolado, hoje tem a necessidade de estar ligado ao ambiente corporativo da empresa para que assim estes possam partilhar informações com o intuito de aperfeiçoar o processo de produção, evitando perda de tempo, consumos desnecessários de matéria e mão-de-obra.

Tornou-se assim necessária a utilização de sistemas de comunicação que conseguissem suportar requisitos típicos das suas aplicações: ambientes hostis, interferências electromagnéticas, características de tempo real e um espectro largo de volume de informação.

O que é uma rede de controlo ou rede de campo?

Uma rede de controlo é um grupo de objectos (nós, cada um deles com um ou mais sensores ou actuadores, com capacidade computacional) que comunicam sobre um ou mais meios, usando um protocolo *standard*, para implementar uma aplicação de monitorização, de detecção ou de deteção e controlo.

Tecnologias de “*Fieldbus*”

Fieldbus é um sistema de rede de comunicação industrial para controlo em tempo real.

Existem diversos tipos de redes industriais e tecnologias de *fieldbus* no mercado actual (Tabela 2.2). A ideia principal na qual se baseia todo este desenvolvimento é oferecer um método *standard* industrial que permita trocar informação entre um dispositivo da rede, tanto sobre as funções a realizar como sobre as informações de diagnóstico, com um controlador ou uma aplicação (Lopes, Afonso, and Antunes 2005).

No entanto, existem muitos tipos de tecnologias diferentes num mercado muito fragmentado onde várias empresas batalham pelo título de “melhor solução” para redes industriais.

Tabela 2.2 – Exemplos de redes industriais e respectivo tipo de *fieldbus*.

Redes Industriais	Tipo de <i>fieldbus</i>
ASI	Sensorbus
WorldFIP	<i>Fieldbus</i>
CANOpen	Devicebus
ControlNet	Control
DeviceNet	Devicebus
Ethernet	Enterprise
Interbus-S	Sensorbus

LonWorks	Devicebus
PROFIBUS - DP	Devicebus
PROFIBUS - PA	<i>Fieldbus</i>

Os tipos de *fieldbus* são definidos da seguinte forma (Lopes, Afonso, and Antunes 2005):

1. **Sensorbus** – A rede de nível mais baixo, geralmente usadas para ligar pequenos sensores, como interruptores. Transmite dados de pequeno tamanho e precisa de processamento mínimo por parte do sensor;
2. **Devicebus** – A categoria de rede para uso geral que oferece serviços de comunicação para dispositivos mais “espertos” que conseguem realizar múltiplas funções e comunicar informações sobre diagnósticos e funções a realizar e já realizadas;
3. **Fieldbus** – Suporta uma maior transmissão de dados, mas geralmente a uma menor velocidade e a necessitar de um maior poder de processamento por parte do dispositivo. Algumas tecnologias deste tipo suportam a distribuição de funções de controlo directamente nos dispositivos;
4. **Control** – Usado principalmente para comunicação “ponto-a-ponto” (*peer-to-peer*) entre dispositivos de controlo de alto nível como “*Programable Logical Controller*” (PLC);
5. **Enterprise** – É tradicionalmente a espinha dorsal (“*backbone*”) da rede da companhia, onde são partilhados os dados relativos aos negócios. É predominantemente TCP/IP sobre *Ethernet*;

Assim, iremos de seguida fazer uma abordagem teórica ao protocolo usado no presente trabalho: a *Ethernet*.

Ethernet

A *Ethernet* é uma tecnologia de rede que foi introduzida no mercado há 25 anos. É usada em escritórios, escolas, habitações e no sector industrial. Originalmente os dados eram transmitidos a uma velocidade de 10Mbit/s mas com o standard *Fast Ethernet* em 1996 os dados passaram a ser enviados a 100Mbit/s. Para garantir compatibilidade com velocidades menores, antigos standards, como o método de acesso (CSMA/CD) para “*half duplex*”, foram implementados nesta nova versão, assim como o facto de os pacotes terem um tamanho mínimo de 64 bytes e um máximo de 1518 bytes.

A partir de 1998 apareceu uma versão melhorada, na forma de *Gigabit Ethernet*, na qual a velocidade de transmissão foi multiplicada por 100 comparativamente com a *Ethernet* original. Tal como a *Fast Ethernet*, a *Gigabit Ethernet* com uma velocidade de transmissão de 1 Gbit/s utiliza também o formato standard da *Ethernet* para os pacotes, mas o tamanho mínimo destes

passou de 64 bytes para 512, para garantir o tamanho da rede de 200 metros para o modo “half duplex” (iebmedia 2012).

Porquê Ethernet?

A *Ethernet* tem demonstrado ao longo do tempo que não é apenas uma rede para escritórios e aplicações de negócios. Com as redes industriais a ganhar popularidade, a *Ethernet* é cada vez mais usada como uma solução para aplicações de alta velocidade entre PC's ou *workstations* e a rede industrial. Como é uma tecnologia de *hardware*, ela responde a todos os requisitos de um *bus* industrial especializado, com a grande vantagem de ter um uso mais generalizado e ser mais barato devido aos grandes volumes de fabrico. Claro que existirão sempre aplicações que requerem conectividades especiais como por exemplo áreas perigosas, que requerem aparelhos à prova de explosões ou produtos químicos e cabos revestidos, etc. Nestes casos serão usadas redes “*fieldbus*” ao nível dos dispositivos e uma “*gateway*” irá conectar estas sub-redes à rede *Ethernet* que envolve toda a empresa. Ao termos apenas um tipo de tecnologia de rede desde a *Enterprise* até ao nível dos sensores pode simplificar bastante a arquitectura, o design, a instalação e a manutenção do sistema. (iebmedia 2012)

Olhando para o passado da *Ethernet* apercebemo-nos de que é uma tecnologia dinâmica com fases de desenvolvimento que vão ficando cada vez mais curtas. Isto significa que podemos esperar cada vez mais inovações, cada vez mais rapidamente.

Benefícios de usar Ethernet

Há várias razões para o uso de *Ethernet* como o “*backbone*” da comunicação em toda a rede (iebmedia 2012). Algumas das vantagens são:

- **Standard já a ser usado na empresa** – A *Ethernet* tem sido tradicionalmente usada como o “*backbone*” da parte empresarial e está actualmente instalada em muitas empresas. As empresas que usam a *Ethernet* para interligar os escritórios conseguem utilizar a infra-estrutura existente para tanto isso como para a parte industrial da empresa;
- **A maior parte dos PC's tem suporte para Ethernet** – Actualmente, a *Ethernet* está presente na “*motherboard*” de muitos PC's e a um preço relativamente baixo. Os vários *Windows* existentes assim como as versões do *Linux* ou outros sistemas operativos possuem suporte para as placas *Ethernet* e para o protocolo TCP/IP;
- **A Ethernet é barata** – Os produtos *Ethernet* são comercializados em volumes enormes, no que resulta o seu baixo preço. Ao usar produtos que podem ser comprados em qualquer loja de informática, as redes podem ser construídas muito mais rápida e facilmente, pelo menos quando comparada com as outras redes industriais onde a maior parte dos componentes é específica para aquele tipo de rede e

tem que ser comprada a um único fornecedor, resultando num acréscimo significativo no preço final;

2-2.4. SISTEMAS SCADA

Um sistema de automação tem por objectivos básicos o desempenho, a modularidade e a expansibilidade da instalação. Para que estes sejam alcançados, deve-se estruturar a planta industrial e organizar os seus elementos constituintes (dispositivos de aquisição de dados, PLC's, instrumentos e sistemas de supervisão, entre outros). Deste modo, é necessário elaborar uma arquitectura capaz de suportar as duas hierarquias de rede mais utilizadas: informação e controlo. A primeira é o nível mais alto dentro da arquitectura, sendo representada pela rede de informação. Já as redes de controlo interligam os sistemas industriais aos sistemas representados pelos controladores e pelas unidades de aquisição de dados.

Um sistema supervisor permite que sejam monitorizadas informações de um processo produtivo ou instalação física. Tais informações são adquiridas através de equipamentos de aquisição de dados e, em seguida, manipulados, analisados, armazenados e, posteriormente, apresentados ao utilizador. Estes sistemas também são conhecidos como SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*).

Funcionalidades dos Sistemas SCADA

Um sistema SCADA deve apresentar algumas funcionalidades básicas, entre as quais se destacam:

- Aquisição de dados - processo que envolve a aquisição e transmissão de dados desde a planta industrial (estações remotas) até às estações centrais de monitoração. As estações remotas lêem os valores dos dispositivos a eles conectados; após a leitura desses valores, segue-se a transmissão de dados em que, quer em modo de comunicação por *polling*, ou em modo de comunicação por interrupção (*Report by Exception*), os dados são transmitidos através da rede de comunicações até à estação central. O processo é concluído com o armazenamento da informação na base de dados;
- Visualização de dados - consiste na apresentação das informações através de interfaces homem-máquina (HMI), geralmente acompanhados por animações, de modo a simular a evolução do estado dos dispositivos controlados na instalação industrial;
- Processamento de alarmes - Os alarmes são classificados por níveis de prioridade em função da sua gravidade, sendo reservada a maior prioridade para os alarmes relacionados com questões de segurança. Em situações de falha do servidor ou da

rede de comunicações, é possível efectuar o armazenamento das mensagens de alarme em *buffer*, o que, aliado à capacidade de transmissão de mensagens de alarme para vários servidores, permite atingir um maior grau de tolerância a falhas. O processamento de alarmes assume um papel de elevada importância na medida em que permite informar anomalias verificadas, sugerir medidas e, em determinadas situações, reagir automaticamente mediante parâmetros previamente estabelecidos. Para além das situações de alarme detectadas com base nos valores lidos pelos dispositivos, os sistemas supervisores podem accionar alarmes com base na ocorrência de determinadas combinações de eventos. Os alarmes são classificados por níveis de prioridade em função da sua gravidade, sendo reservada a maior prioridade para os alarmes relacionados com questões de segurança;

- Tolerância a falhas - Para atingir níveis aceitáveis de tolerância a falhas é usual a existência de informação redundante na rede e de máquinas *backup* situadas dentro e fora das instalações das indústrias de forma a permitir que sempre que se verifique uma falha num computador, o controlo das operações seja transferido automaticamente para outro computador, o qual possui todos os dados registados no computador que estava a funcionar até então, para que não ocorra uma interrupção significativa.

2-3. SISTEMAS EXPERIMENTAIS À DISTÂNCIA

A experimentação é um dos componentes essenciais no processo de ensino/aprendizagem em áreas como as ciências e a engenharia. É importante que o aluno reconheça como se traduzem na prática certos conceitos e princípios teóricos e que seja estimulada a ligação da teoria à realidade de forma a completar o processo de aprendizagem. (Gomes and Bogosyan 2009) Uma das preocupações no ensino das ciências é garantir que esta ligação seja apresentada ao aluno, enriquecendo o seu conhecimento teórico. Se, para além de proporcionar ao aluno a simples observação de um certo fenómeno, lhe for dada a possibilidade de actuar na experiência de forma a controlar o processo a aprender, o conhecimento é adquirido muito mais rapidamente (Anido, Llamas, and Fernández 2001).

De acordo com alguns estudos na área das ciências da educação qualquer pessoa consegue reter em média 10% do que lê, 20% daquilo que vê e ouve, 50% do que discute em grupo e 70% do que pratica ou interage (Wood 2004), realçando a importância da experimentação.

Esta metodologia de ensino/aprendizagem em que o aluno interage com o processo é vulgarmente denominada por “aprender fazendo” (*learning-by-doing*). É com base nesta metodologia, aliada às potencialidades das novas tecnologias multimédia, que surge o conceito do ambiente experimental à distância.

Qualquer instituição de ensino superior presencial, onde sejam leccionadas disciplinas na área das ciências e da engenharia, deve disponibilizar aos seus alunos, na perspectiva de um ensino/aprendizagem de qualidade, laboratórios em que o conceito “aprender fazendo” está presente.

Actualmente, o desenvolvimento das infra-estruturas tecnológicas dá-nos uma liberdade de acesso a aplicações remotas cada vez mais estável, sendo o acesso distante a experiências reais exequível. O facto de ser à distância traz uma série de vantagens nomeadamente económicas, geográficas e temporais que podem ser uma mais-valia para qualquer instituição de ensino.

No âmbito deste trabalho serão considerados como sistemas experimentais:

- Os laboratórios reais, que representam tanto os laboratórios presenciais tradicionais como os laboratórios remotos;
- Os laboratórios virtuais, que de igual modo tanto podem ser presenciais ou à distância.

Os sistemas experimentais à distância incluem, assim, tanto os laboratórios remotos como os virtuais à distância (Figura 2.2). Alguns autores consideram os laboratórios remotos como um subgrupo dos laboratórios virtuais, uma vez que a sua interface é virtual. No entanto, o conceito de laboratório remoto e de laboratório virtual reconhecem-se como distintos, como será visto mais à frente, estando o laboratório remoto muito mais próximo do laboratório real tradicional (Leitão 2006).

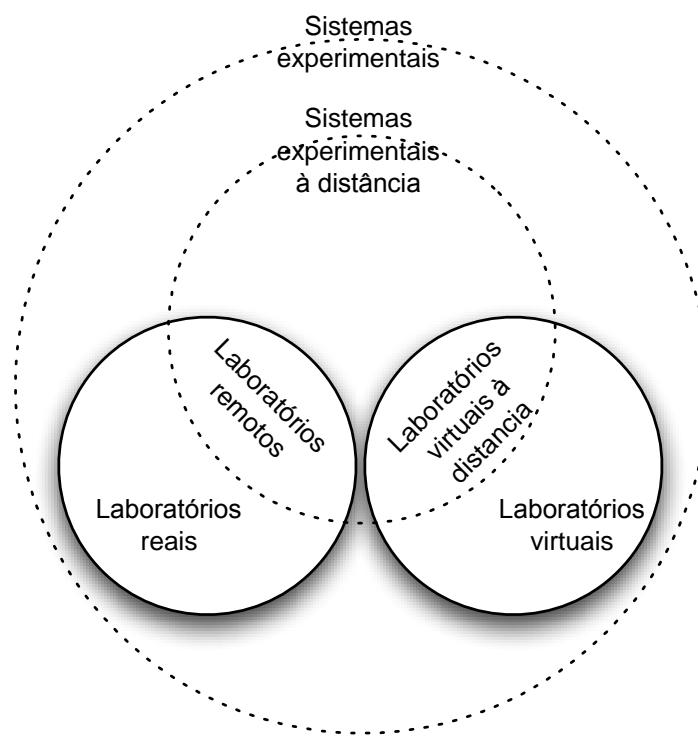


Figura 2.2 – Representação do enquadramento dos sistemas experimentais à distância.

2-4. LABORATÓRIOS VIRTUAIS

Os laboratórios virtuais assentam na metodologia *learn-by-doing*, sendo o utilizador induzido a interagir com o objecto a aprender. No entanto, não existe qualquer interacção com elementos reais. A resposta à interacção do utilizador é gerada em computador com recurso a programação, muitas vezes em modelos matemáticos.

Um laboratório virtual pode abranger simulações interactivas, animações interactivas e jogos virtuais. A interactividade é um elemento usualmente presente e importante para a denominação deste tipo de laboratórios.

A modelação dos sistemas, ou seja, a utilização de simulações – do ponto de vista da engenharia, tem como grande vantagem permitir que estas reajam a uma maior gama de situações permitindo mais facilmente uma aprendizagem baseada na exploração. No entanto, por vezes, os processos a modelar são demasiado complexos sendo preferível a utilização de pequenas animações interactivas. De qualquer forma esta classificação não tem qualquer relevância para o utilizador final, sendo que o importante é que o utilizador consiga usar o sistema de forma a serem cumpridos determinados objectivos pedagógicos (Leitão 2006).

As experiências virtuais apenas permitem determinadas acções previamente estabelecidas. Não existe qualquer possibilidade de realizar a experiência de uma forma diferente da programada, o que retira alguma liberdade aos alunos. Não há sequer a possibilidade de a experiência falhar devido a uma escolha errada do aluno. O aluno limita-se a executar a experiência e a retirar as conclusões. O interesse e curiosidade do aluno podem, por isso, ser afectados, não retendo ele toda a informação que seria desejável. Além do mais, o facto de a experiência ser simulada apresenta um elemento de ficção que é indesejável no trabalho experimental (Alhalabi et al. 2000).

2-4.1. ÁREAS DE APLICAÇÃO

Grande parte da utilização de laboratórios virtuais tem lugar em áreas como as ciências e a engenharia, para as quais o trabalho laboratorial sempre teve um papel fundamental. No entanto, as simulações educacionais têm vindo a ser largamente utilizadas em áreas como humanísticas e economia que tipicamente não têm historial na utilização de laboratórios (Leleve et al. 2004).

2-4.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS

São várias as vantagens e as desvantagens deste tipo de laboratórios. Uma vantagem óbvia deste tipo de laboratórios é a de se poder realizar experiências em casa, salas de aulas e

outros locais sem grande custo. Se o acesso aos laboratórios for adequado é possível executar a experiência em qualquer computador ligado à Internet, a qualquer hora do dia, durante todos os dias do ano (Bencomo 2004).

O conhecimento adquirido numa experiência simulada depende muito do respectivo plano, autenticidade, limitações e custo (Alhalabi et al. 2000). Mesmo as melhores simulações assentam, normalmente, em aproximações (Bischoof and Rohring 2001), o que pode implicar resultados errados (Alhalabi et al. 2000). Assim, os conhecimentos que os alunos podem adquirir dependem da qualidade do software utilizado (Alhalabi et al. 2000).

O laboratório virtual permite uma liberdade que é conseguida pela sua característica virtual, que o laboratório remoto, agarrado ao seu suporte físico, não consegue atingir. Esta liberdade permite a utilização de simulações, como foi referido, em áreas muito diferentes, desde as das ciências naturais às das ciências humanas, passando pela engenharia, medicina, gestão ou economia.

As simulações podem ser muito valiosas quando representam, por exemplo, fenómenos que não são perceptíveis aos sentidos humanos, quando recriam situações praticamente impossíveis de serem reproduzidas pelos alunos ou quando as experiências envolvem processos demasiado lentos ou demasiado rápidos.

Alguns autores entendem que as simulações podem ser usadas como suplemento, preparação ou mesmo como substituição das experiências laboratoriais tradicionais e defendem que uma simulação bem planeada e estruturada, com elevada interactividade, pode fornecer experiências laboratoriais com um maior significado cognitivo para o aluno do que uma experiência numa sessão laboratorial tradicional (Gaddis 2000).

Alguns dos principais benefícios da utilização das simulações resultam de permitirem:

- Substituir experiências que usem material perigoso;
- Reduzir custos;
- Reproduzir experiências que ocorram demasiado depressa ou muito lentamente para serem realizadas em tempo útil;
- Reduzir ruído cognitivo, concentrando o aluno em determinados aspectos/conceitos envolvidos nas experiências;
- Fornecer resultados que melhorem a aprendizagem de certos conceitos;
- Permitir aos alunos gerar e testar hipóteses;
- Seduzir os alunos com o alto nível de interactividade, por vezes superior ao do próprio sistema real;
- Apresentar versões simplificadas da realidade e tornar conceitos abstractos em algo mais concreto;
- Usar as simulações como preparação pré-laboratorial de forma a ajudar a compreensão da experiência laboratorial real.

No entanto muitos autores também apontam limitações e desvantagens que as simulações apresentam. Advertem que o entusiasmo em excesso com as novas tecnologias pode induzir o risco de perder desnecessariamente alguns conhecimentos e destreza prática importantes. Previnem que há um grande risco implícito na adopção acrítica das simulações no ensino e apresentam as seguintes desvantagens e limitações na sua utilização:

- Comunicação limitada devido à ausência de contacto humano;
- Dependência do computador;
- Não dão ao aluno a possibilidade de cometer erros experimentais, o que pode ser muito importante para a resolução de problemas reais;
- Não é um meio de provar um fenómeno real, pois o resultado é produzido e não obtido;
- Muitas vezes as representações da realidade tendem a ser demasiados simplistas, dando uma ideia distorcida da realidade e o aluno pode não estar ciente desta distorção confundindo assim a representação com a realidade;
- O aluno não é confrontado com o “porque é que não funciona”

As simulações e as animações se forem criadas de uma forma pouco rigorosa, sendo introduzidas, por exemplo, distorções ou aproximações que induzem o aluno a uma percepção errada dos fenómenos reais, podem tornar-se inadvertidamente prejudiciais para a sua aprendizagem (Kulik 2002).

Fica assim claro que as simulações são úteis e importantes, mas não devem ser utilizadas como um substituto do trabalho experimental: devem antes ser um complemento deste.

2-5. LABORATÓRIOS REMOTOS

Um laboratório remoto é um laboratório real que é acedido remotamente. Usando uma interface virtual, o utilizador consegue, a partir do próprio computador, recolher dados reais em tempo real, ou mesmo enviar instruções que são interpretadas e executadas num laboratório real localizado remotamente (Leitão 2006).

Ao contrário dos laboratórios virtuais os laboratórios reais não podem ser distribuídos, pois não se baseiam apenas em software. Contudo, os laboratórios de acesso remoto podem ser partilhados por várias instituições. Como, para aceder a um laboratório de acesso remoto, o utilizador apenas necessita de uma ligação à Internet, um equipamento demasiado dispendioso ou raro facilmente poderá ser partilhado.

2-5.1. ÁREAS DE APLICAÇÃO

Há já algumas décadas que se tem vindo a investigar e desenvolver tecnologias de acesso remoto a instrumentação, sendo a recolha remota de dados uma prática bastante corrente. Por exemplo, no ramo da astronomia os telescópios espaciais *Hubble* e *Martian Rover* são exemplos notáveis da recolha de dados à distância. Também, os ROVs (Remotely Operated Vehicles) são utilizados em diversas áreas, em que um envolvimento humano directo pode ser demasiado perigoso, nomeadamente em investigação subaquática ou nuclear.

Até recentemente, o acesso a instrumentação remota implicava investimentos significativos em infra-estruturas bem como outros recursos diversos. Com o desenvolvimento das comunicações, nomeadamente da Internet, não só se consegue a recolha de dados remotos de uma forma suficientemente fácil e barata para a implementação de laboratórios com fins educacionais, como se oferece a possibilidade de criar novos tipos de experiências laboratoriais especialmente pensados para o acesso remoto (Forinash and Wisman 2005).

2-5.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Desde o início dos anos 90 que diversas universidades têm investido no desenvolvimento de laboratórios remotos de forma a expandirem os seus laboratórios tradicionais. Com o avanço das infra-estruturas tecnológicas e com o desenvolvimento da Web e dos meios multimédia, cada vez mais se recorre a este tipo de laboratórios. As vantagens que oferecem, algumas delas já referidas anteriormente, são aqui expostas mais detalhadamente (Rössler, Rausch, and Treytl 2004; Crawford 2001; Esche 2002):

- O aluno não necessita de estar fisicamente presente no laboratório para realizar a experiência;
- O aluno tem a possibilidade de aceder ao laboratório a qualquer hora do dia;
- O acesso a material dispendioso, a material que exige alto nível de segurança, ou a sistemas dedicados e específicos pode ser facilmente partilhado;
- Sendo a interface virtual, alguns tipos de experiências podem ser partilhadas por diferentes utilizadores no mesmo espaço de tempo;
- O aluno pode facilmente repetir a experiência;
- Como em todas as disciplinas de carácter prático, a destreza de um aluno no laboratório deve ser uma das componentes da avaliação. Com os laboratórios de acesso remoto, os alunos podem melhorar o seu desempenho prático e preparar-se para testes práticos.

A substituição do laboratório tradicional por um laboratório remoto pode trazer algumas desvantagens, nomeadamente:

- O aluno não experimenta a real percepção *hands-on*;

- O aluno não adquire certas noções de segurança;
- O aluno não interage tão facilmente com elementos de outros grupos;
- As experiências remotas estão já normalmente prontas para utilização imediata não incentivando o aluno a reflectir sobre certos parâmetros de preparação – perda de sensibilidade a questões práticas;
- O aluno não aprende com os erros.
- Embora um laboratório de acesso remoto possa ser partilhado por vários estudantes ou investigadores, apenas um de cada vez pode operar o equipamento experimental.

Também como desvantagem já mais descontextualizada, mas não menos relevante temos os orçamentos institucionais necessários para implementação dos sistemas. Embora os preços das infra-estruturas tenham vindo a baixar notavelmente, ainda se mantêm níveis considerados elevados para algumas instituições. O esforço de programação e de manutenção dos sistemas é também ainda relativamente alto, mobilizando um grande número de recursos humanos. Como última desvantagem é importante referir o facto das tecnologias de comunicação ainda oferecerem algumas limitações, tornando os sistemas instáveis e sujeitos a interrupções, sendo ainda, por vezes, difícil atingir os resultados pretendidos.

Todos estes factores devem ser avaliados, sendo a aplicação deste tipo de sistemas muitas vezes dependente da política pedagógica e das capacidades financeiras da instituição e da qualidade de ensino a atingir.

2-6. COMPARAÇÃO ENTRE LABORATÓRIOS VIRTUAIS E LABORATÓRIOS REMOTOS

Já foram apresentadas algumas vantagens da implementação de ambientes experimentais à distância bem como as vantagens e as desvantagens da utilização de laboratórios remotos e laboratórios virtuais em comparação com os laboratórios presenciais. No entanto, uma questão não foi ainda abordada: qual o tipo de sistema laboratorial à distância a adoptar, ou seja, que condições levam à opção pela utilização de experiências remotas e quais levam à utilização de experiências virtuais (Leitão 2006).

Deve-se optar por experiências remotas quando:

- É importante para o aluno a obtenção de valores reais;
- É importante que o aluno assista ao fenómeno na altura em que este está a decorrer de forma a provar os resultados obtidos;
- É importante que o aluno observe e ganhe sensibilidade a alterações reais do desempenho de um sistema quando lhe for permitida a actuação em parâmetros de comando do mesmo;

- A programação da experiência virtual é demasiado complexa (e.g. simulação de um microcontrolador, simulação de fenómenos em regime transitório).

As experiências virtuais são preferidas quando:

- É importante para a compreensão do fenómeno poder alterar o decorrer da experiência de forma a evidenciar certos pontos, como por exemplo acelerando ou retardando o tempo;
- É importante simplificar o fenómeno real;
- O fenómeno não é perceptível aos sentidos humanos;
- O fenómeno é impossível ou muito difícil de ser realizado na realidade (e.g. simular uma aterragem na lua);
- A realização da experiência real implica danos que virtualmente podem ser evitados (e.g. experiências de biologia com animais, experiências de medicina com pacientes).

2-7. EXEMPLOS DE AMBIENTES EXPERIMENTAIS À DISTÂNCIA

2-7.1. EXEMPLOS DE LABORATÓRIOS REMOTOS

Serão expostas nesta secção soluções que foram consideradas de maior interesse por serem completas em termos das funcionalidades que integram e disponibilizam, por utilizarem tecnologias recentes e poderosas e por incluírem certos cuidados em termos de acessibilidades e usabilidade. Distinguiram-se assim:

- O projecto PEARL, onde é adoptada, em dois dos laboratórios envolvidos, uma arquitectura de três camadas usando a tecnologia *middleware* CORBA. Na concepção dos laboratórios foram estudadas questões pedagógicas e de acessibilidade.
- O projecto desenvolvido pelo MIT iLab em que é utilizada uma arquitectura de três camadas e a tecnologia *middleware web-services* na criação de uma plataforma de acesso a laboratórios.
- Da Universidade de Génova, uma solução utilizando LabVIEW e comunicação TCP com *applets* Java para interface com o utilizador.
- Da Universidade do Porto, solução usando o LabVIEW com recurso a um sistema de reservas integrável na plataforma de *e-learning* Moodle.
- Da Universidade de Deusto, apresentamos um laboratório dedicado à engenharia Electrotécnica que permite trabalhar com FPGA's, CPLD e microcontroladores.

Projecto PEARL

O projecto PEARL teve como objectivos o desenvolvimento de um sistema flexível que permitisse aos estudantes conduzir remotamente experiências via *web*, investigar o impacto pedagógico deste tipo de laboratórios e a sua validação em diferentes áreas e contextos educacionais no ensino superior. Foram desenvolvidos quatro laboratórios por quatro instituições:

- Equipamento de visão por computador - Trinity College Dublin;
- Laboratório digital de electrónica - Universidade do Porto;
- Acesso a um microscópio de transmissão de electrões (TEM) - University of Dundee;
- Espectroscópio motorizado - Open University UK (Cooper 2003; Cooper 2002).

Equipamento de visão por computador - Projecto PEARL, Trinity College Dublin

Tem como objectivo o ensino dos princípios usados na inspecção visual automatizada em engenharia da manufactura. Consiste numa mesa com uma placa de circuito impresso, numa câmara, e luzes sendo todos estes elementos controlados remotamente (Figura 2.3).

O laboratório é constituído por um servidor de laboratório e uma outra máquina servidor *Web*. O servidor *Web* providencia a interface com o utilizador, sendo a comunicação efectuada por HTTP de forma a evitar as *firewalls*. A comunicação vídeo é efectuada por *streaming* directo, usando *Real Time Streaming Protocol* (RTSP) do servidor de laboratório para o servidor *web*, sendo posteriormente enviados para o cliente usando Java.

A interface entre o *software* de controlo e o servidor *web* é realizada usando tecnologia CORBA. O servidor *Web* executa invocações CORBA como resposta a pedidos do cliente.

O controlo da mesa e da câmara foi implementado usando C++ e o controlo das luzes é efectuado usando tecnologia X-10. Para a interface com o utilizador são utilizadas *applets* Java.



Figura 2.3 – Experiência remota: equipamento de visão por computador – Projecto PEARL, Trinity College Dublin (Cooper 2003).

Laboratório digital de electrónica – Projecto PEARL, Universidade do Porto

O laboratório tem como objectivo o ensino da electrónica. O aluno terá que efectuar uma série de tarefas de projecto e de teste associados a diferentes circuitos (microcontroladores da família dos 80C51, circuitos lógicos, circuitos compatíveis com IEEE 1149.x). As experiências são constituídas por material usualmente presente nas experiências de electrónica, como multímetro, gerador de sinal e osciloscópio. Estes aparelhos são ligados ao servidor do laboratório usando PXI e é utilizado o LabView para controlo e visualização das experiências.

Para gerir o acesso de utilizadores foi desenvolvido inicialmente um sistema de reservas de recursos utilizando a tecnologia Java.

Na interface de cliente foi incluído o acesso visual em tempo real ao laboratório através de uma câmara web. A integração de chat e videoconferência usando o *Flash Communication Server* é também um dos aspectos importantes da interface.

Acesso a um microscópio de transmissão de electrões (TEM) – Projecto PEARL, University of Dundee

O laboratório fornece acesso a um microscópio de uma gama que poucas universidades têm possibilidade de adquirir. Proporciona um meio de observar detalhadamente objectos tendo interesse para cursos relacionados com ciências da vida e dos materiais. As amostras são enviadas para o laboratório e depois o cliente remotamente pode navegar como se estivesse ao microscópio.

O laboratório é constituído pelo microscópio, o servidor do microscópio e uma outra máquina servidor Web. O servidor do microscópio e o cliente foram desenvolvidos usando um suporte CORBA para direcionar toda a comunicação para o software do microscópio. O servidor do microscópio foi desenvolvido em C++ de modo a poder interagir com os objectos do software de controlo de imagem do microscópio. O cliente direciona todas as acções para o servidor do microscópio via uma ligação CORBA. O servidor do microscópio recebe os comandos e redirecciona-os para o software do microscópio. As imagens captadas pelo microscópio são enviadas para o servidor web e são depois lidas pelo cliente.

O software utilizado pode ser dividido em:

- O software comercial proprietário do microscópio;
- O software do servidor do microscópio, desenvolvido em C++ e que interage com o software do microscópio;
- O cliente, desenvolvido em Java, que pode correr como aplicação local ou como *applet Java*;
- O software usado para videoconferência (CuSeeMe, ClickToMeetExpress).

Espectroscópio motorizado – Projecto PEARL, Open University UK

Tem como objectivo a familiarização com os espectros da luz e dar a noção de que existem diferenças qualitativas e quantitativas entre os espectros dos vários tipos de luz. Um espectroscópio motorizado é controlado remotamente (Figura 2.4).



Figura 2.4 – Experiência remota: Espectroscópio motorizado – Projecto PEARL, Open University UK.

Conclusões tiradas do projecto PEARL

Embora não tenha sido possível implementar uma solução única do ponto de vista técnico, o projecto foi considerado bem-sucedido. Quanto à aprendizagem verificou-se que os alunos atingiram os principais objectivos geralmente cumpridos nas experiências de laboratório presenciais.

O projecto demonstrou que o controlo remoto de funcionalidades complexas é possível pela Internet. As avaliações confirmaram que esta pode ser uma forma efectiva de alargar o acesso a trabalho prático de laboratório no ensino superior.

Recorrendo a applets Java, é possível desenvolver boas interfaces.

Sistema Solar Térmico de Delmenhorst

Este sistema foi implementado pelo Instituto Técnico de Delmenhorst. O sistema oferece pouca interactividade com o utilizador remoto. O sistema serve fisicamente para aquecer cerca de 1200 litros de água por dia através de quatro painéis solares (Figura 2.5).

É utilizado um software SCADA, o *WinCC* da Siemens, que serve para disponibilizar uma HMI para a supervisão do processo. Logicamente, todo o processo é controlado por um PLC da Siemens. (Schaf 2006)

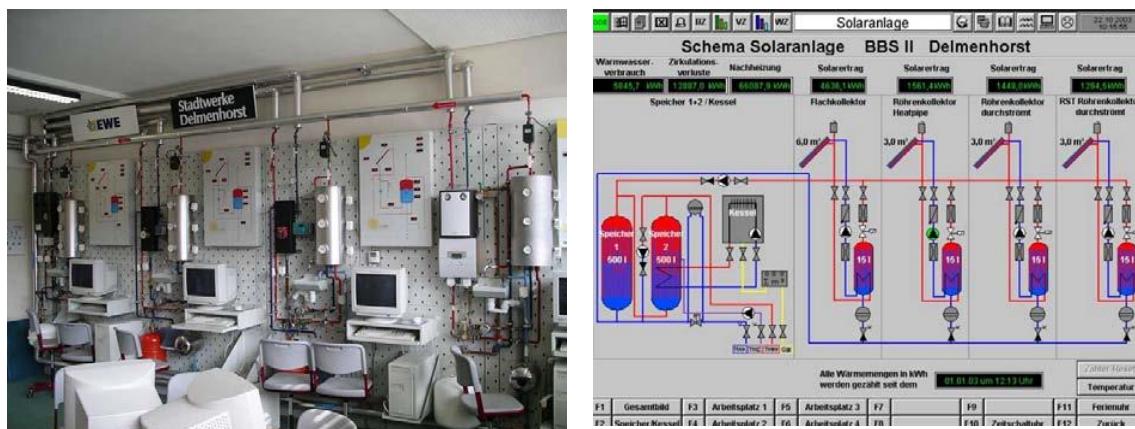


Figura 2.5 – Sistema solar térmico de Delmenhorst.

Massachusetts Institute of Technology (MIT)

Desde 1998 que o MIT dispõe de um sistema de laboratórios remotos e se dedica a estudar a tecnologia e a pedagogia deste tipo de laboratórios. Acredita que é um novo recurso educacional de grande potencial e tem vindo a desenvolver uma estrutura de software que permita o rápido desenvolvimento e uma gestão eficaz de novos laboratórios.

Nesta universidade, têm neste momento disponíveis cinco experiências, duas na área da engenharia electrotécnica, duas na área da engenharia química e uma na área da engenharia civil.

As experiências na área da engenharia electrotécnica estão construídas segundo a arquitectura *iLab shared architecture* (Harward et al. 2004), que é uma arquitectura de 3 camadas desenhada pelo MIT para facilitar o desenvolvimento dos laboratórios e simplificar a sua gestão (Figura 2.6). Esta arquitectura introduz uma componente de *middleware* entre o cliente e o servidor de laboratório a que chamam *Service Broker*. Esta componente utiliza web

services para disponibilizar uma série de funcionalidades genéricas que serão comuns a todos os laboratórios. Ao mesmo tempo serve para passagem de informação, como dados e especificações das experiências, entre o cliente e o servidor de laboratório.

As outras quatro experiências estão ainda construídas sobre uma arquitectura “ad-hoc de primeira geração”.

Arquitectura iLab

O primeiro laboratório a ser construído tendo como base a arquitectura *iLab shared architecture* foi o *WebLab*, um laboratório de microelectrónica, cuja última versão é o *WebLab 6.0* (Hardinson et al. 2005).

O servidor intermediário é o responsável pela execução das tarefas genéricas e o servidor de laboratório pela utilização do laboratório em si. A comunicação entre os servidores, como foi já mencionado anteriormente, é assegurada por *web services*. A opção por esta tecnologia *middleware* assenta em três pontos fundamentais:

- Permitir que estudantes de uma instituição tenham acesso a laboratórios de outras instituições;
- Possibilitar a comunicação entre o servidor de laboratório e o servidor mediador independentemente do *hardware* e/ou *software* utilizados em cada um deles;
- Permitir a comunicação tendo em conta as políticas de segurança de rede das diferentes instituições. A transparência dos *web services* faz com que a escolha desta tecnologia seja uma boa preferência em resposta a este ponto.

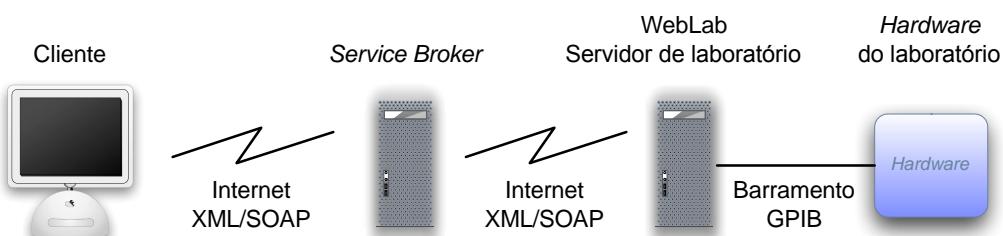


Figura 2.6 – Arquitectura iLab – MIT.

Tendo em conta que a maior parte dos laboratórios já implementados numa versão denominada de “primeira geração” tem desenvolvido código para gestão e controlo do laboratório, o acoplar de *web services* para interface permite a reutilização de todo o código desenvolvido e integrar o laboratório na arquitectura iLab.

Para um laboratório do tipo interactivo ou mesmo sensitivo, segundo a equipa do MIT, seria muito provavelmente necessário, depois da autenticação do cliente no *Service Broker*, uma comunicação directa entre o cliente e o servidor de laboratório. Estes dois tipos de laboratório, sensitivo e interactivo, estão em desenvolvimento pela equipa do MIT.

Universidade de Génova

Disponibilizam quinze experiências na área da electrónica. É utilizado o LabVIEW para aquisição e controlo e são usadas *applets* Java no cliente (Fig. 3.11) (ISILab 2003). Optaram por Java no cliente em vez do LabVIEW por três motivos:

- Para garantir melhor controlo na comunicação, de modo a que seja possível o desenvolvimento de funcionalidades adicionais, como a gestão de concorrência de utilizadores;
- De forma a obter uma clara separação entre o cliente e o servidor;
- De modo a evitar o *download* de software adicional para visualização das experiências.

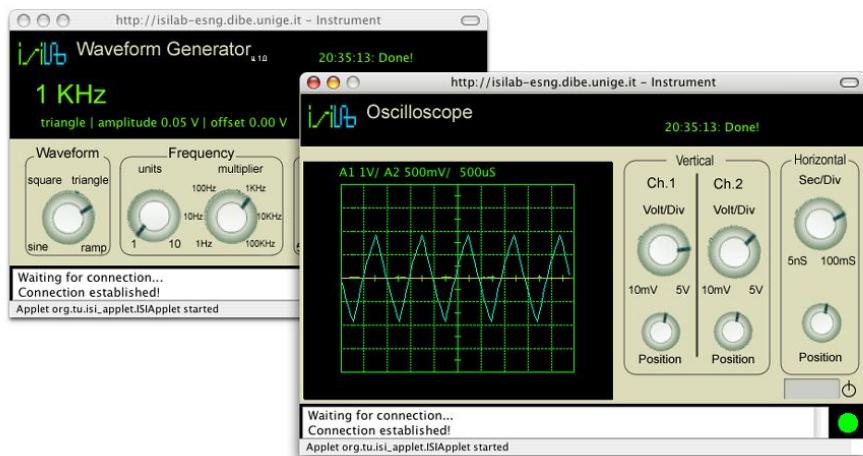


Figura 2.7 – Interface Java da experiência remota “Amplificador AC” - Universidade de Génova.

A comunicação entre a *applet* e o LabVIEW é baseada em TCP. O protocolo é compatível com *Virtual Instrument Transfer Protocol* (VITP) da Nacimiento, uma vez que antes do desenvolvimento das *applets* era usado o próprio *applet-VIEW*, que é uma ferramenta de criação fácil de interfaces LabVIEW usando *applets* Java como cliente.

A arquitectura é de três camadas, constituída por um servidor de laboratório denominado *Real Laboratory Server* (RLS) e um servidor intermediário denominado *Virtual Laboratory Server* (VLS). O VLS é usado como entrada para as experiências. Os RLS estão fisicamente ligados às experiências por GPIB, linhas série, PCI bus, etc, e incorporam o software para aquisição e controlo da experiência. O cliente apenas precisa de um *web browser* e do *Java Virtual Machine* para aceder às experiências por Internet.

Todos os RLS estão registados no VLS. O utilizador tem acesso ao RLS unicamente através do VLS que oferece um serviço de indexação e que é responsável pelas políticas de segurança. A autenticação é assegurada usando tecnologias *web* normalizadas. O cliente acede ao VLS onde obtém a lista de experiências para as quais tem autorização de acesso.

Escolhe a experiência que pretende e é automaticamente ligado ao servidor RLS da experiência escolhida. O VLS dá início à comunicação directa entre o cliente e o RLS apropriado (Bagnasco, Parodi, and Scapolla 2004).

Universidade do Porto

A Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto desenvolveu, no âmbito do projecto MARVEL (*Virtual Laboratory in Mechatronics: Access to Remote and Virtual e-Learning*), um sistema de reservas para gestão de acessos a laboratórios remotos como extensão às funcionalidades disponibilizadas pela plataforma de *e-learning* ou LMS de software livre Moodle (Ferreira and Cardoso 2005). Os laboratórios são acedidos através desta plataforma, a qual facilita o acesso a material teórico, a comunicação por videoconferência e a disponibilização de ferramentas de gestão. Cada experiência está acessível como uma actividade inserida no contexto de um determinado curso.

Os laboratórios remotos actualmente disponíveis inserem-se em áreas como a electrónica e a mecânica e foram implementados usando o LabVIEW tanto para a aquisição e controlo como para a interface de cliente. A autenticação é também realizada através da plataforma Moodle. A comunicação por videoconferência foi implementada recorrendo ao *Flash Communication Server*.

Universidade de Deusto

O WebLab-Deusto é um Laboratório remoto de software aberto, é usado pelos estudantes da Universidade de Deusto desde Fevereiro de 2005 como uma ferramenta essencial para a sua prática, trabalha em diferentes assuntos relacionados com engenharia. Neste remotelab é possível oferecer experiências reais (por exemplo: FPGA, CPLD, microcontroladores PIC...) para um determinado grupo de utilizadores através da Internet. O uso deste laboratório é uma experiência exactamente igual à experiência de os utilizar num laboratório tradicional (Zubía & Alves, 2011).

É possível utilizar algumas experiências entrando na parte de login como Guest User, através do endereço web: <https://www.weblab.deusto.es/web/> .

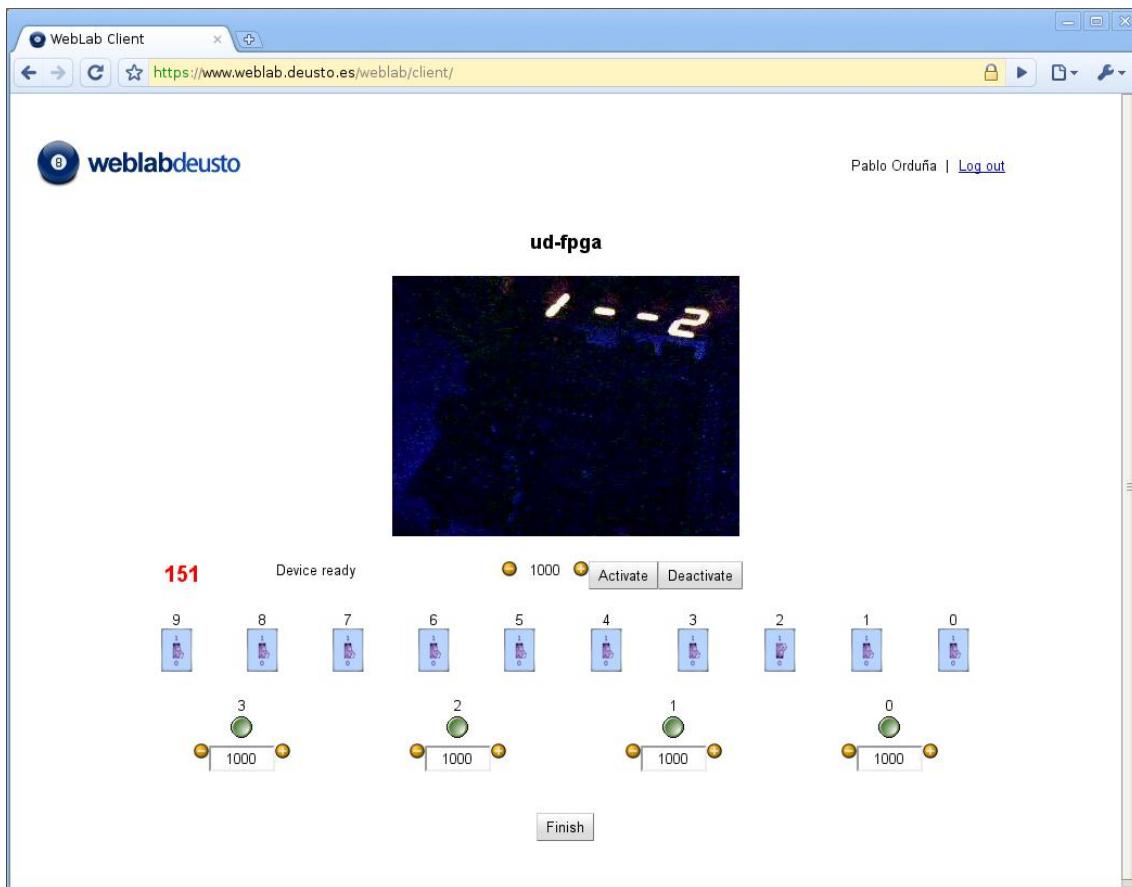


Figura 2.8 – Experiência ud-FPGA do WeblabDeusto.

2-7.2. EXEMPLOS DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS

Serão aqui expostos dois exemplos de laboratórios virtuais que, de acordo com o tema, a área científica em que se inserem, e as tecnologias que adoptam para a sua implementação representam dois tipos de simulações distintas.

Dissecção de uma rã

É uma simulação, criada por Froguts Inc., que tenta reproduzir a experiência laboratorial de dissecção de uma rã. O utilizador é guiado por todo o processo interagindo com o laboratório através de acções *drag-and-drop* ou seja, arrastando e largando os objectos virtuais, usando o rato. A liberdade dada ao utilizador no decorrer da experiência é bastante limitada tendo percursos bem definidos pelos quais é acompanhado.

O desenho é muito realista, tipo fotografia, de forma que o utilizador faça uma associação directa com a realidade (Figura 2.9).

A simulação está acessível pela Internet (Froguts 2001) e integra também um CD-ROM com diversas simulações na mesma área. A aplicação corre no cliente utilizando o *plugin* Flash

Player na máquina do cliente e não necessita de processamento especial ou qualquer outro requisito que exija comunicação remota.

Para este tipo de laboratórios virtuais, em que é requerido um elevado grau de interacção, em que o ambiente gráfico é muito trabalhado, tentando reproduzir a realidade e para os quais não são requeridos grandes cálculos numéricos, é usualmente utilizada a tecnologia Flash.

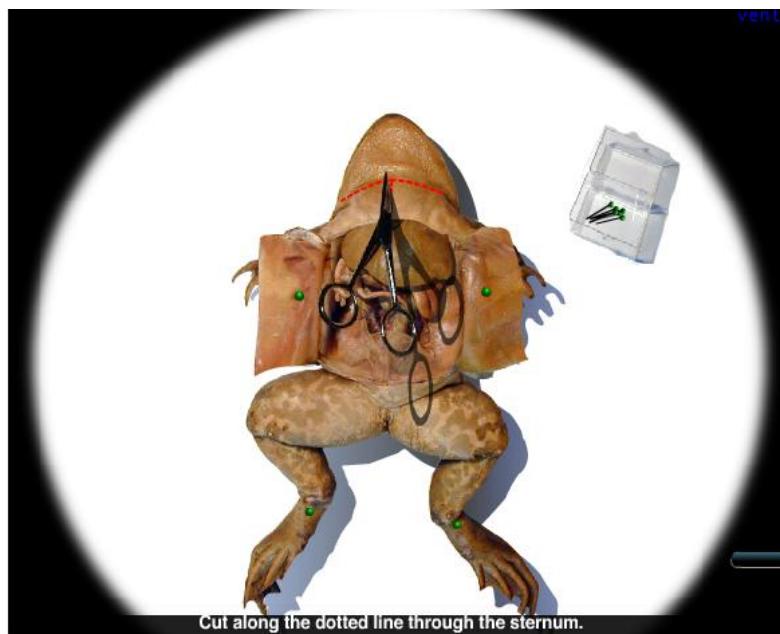


Figura 2.9 – Interface da simulação “Dissecção de uma rã”.

Análise do movimento de um projétil

Esta simulação pretende demonstrar as forças envolvidas no lançamento de um projétil (Fowler 1998). Nesta simulação é dada ao utilizador a possibilidade de variar uma série de parâmetros de forma a produzir diferentes respostas, permitindo a exploração dos fenómenos envolvidos.

Para a concepção deste tipo de simulações são utilizadas as fórmulas matemáticas, ou por vezes aproximações destas, que regem os fenómenos reais a simular permitindo, sem grande esforço de implementação, responder a um número vasto de parâmetros introduzidos pelo utilizador. Desta forma é criado um ambiente com base na exploração. Este tipo de simulação é utilizado frequentemente em áreas como a física e a engenharia.

A simulação está construída em Java sendo utilizado um *applet* para interface com o utilizador. A tecnologia Java é muito utilizada em simulações que exigem processamento numérico.

A interface apresenta uma série de entradas numéricas recorrendo a *slide-bars* para facilitar a variação dos valores a introduzir. A resposta é gerada através de um gráfico bidimensional que ilustra a trajectória e o alcance do projétil (Figura 2.10).

Projectile Motion

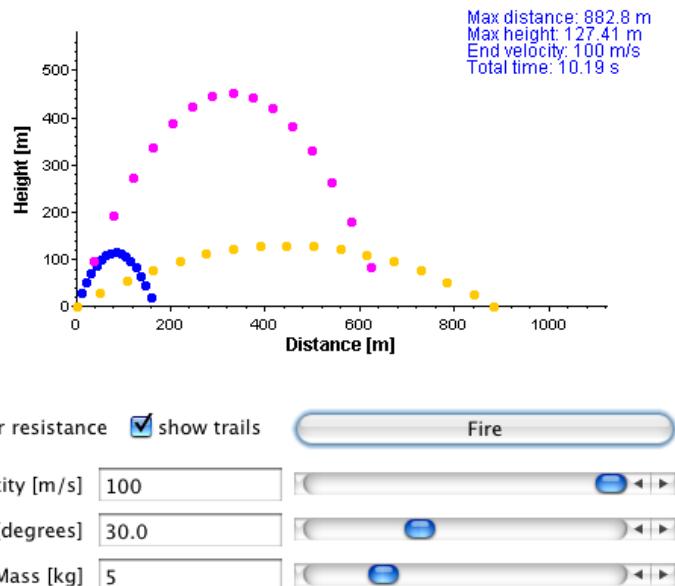


Figura 2.10 – Interface da simulação “Análise do movimento de um projéctil”.

Capítulo 3 – ARQUITECTURAS PROPOSTAS, TECNOLOGIAS E IMPLEMENTAÇÃO

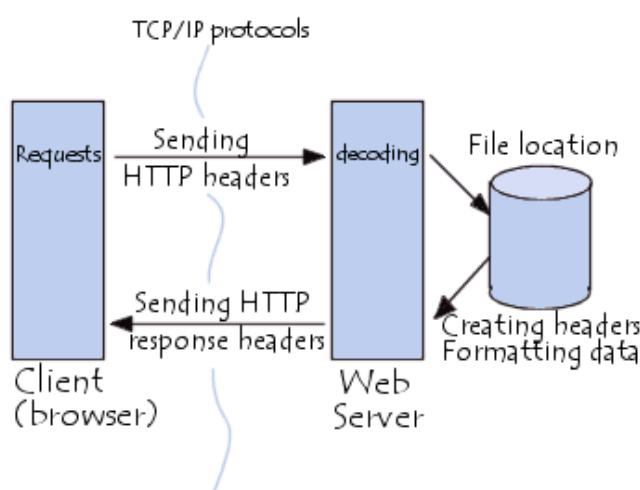
3-1. REVISÃO DE CONHECIMENTOS BÁSICOS

Nesta secção serão abordados alguns conceitos básicos, que são essenciais para a compreensão e enquadramento do trabalho desenvolvido.

3-1.1. O PROTOCOLO HTTP

O protocolo HTTP (HyperText Transfer Protocol) é o protocolo mais utilizado na Internet desde 1990. A versão 0.9 destinava-se unicamente a transferir dados na Internet (em especial páginas Web escritas em HTML). A versão 1.0 do protocolo (a mais utilizada) permite doravante transferir mensagens com cabeçalhos que descrevem o conteúdo da mensagem utilizando uma codificação de tipo MIMO.

O objectivo do protocolo HTTP é permitir uma transferência de ficheiros (essencialmente no formato HTML) localizados graças a uma cadeia de caracteres chamada URL entre um navegador (o cliente) e um servidor Web. A comunicação entre o navegador e o servidor faz-se em dois tempos: Pergunta e Resposta Figura 3.1 (Berners-Lee, Fielding, & Frystyk, 1996).



3-1.2. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

3-1.2.1. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL TSX MICRO 3721

Autómato industrial programável compacto e modular para construtores de máquinas OEM e infra-estruturas, com até 484 entradas e/ou saídas, memória até 128k Words, com uma velocidade por instrução inferior a 0,15 µs.

- Contagem/controlo de posição analógico/PID;
- Funções matemáticas;
- Lógica fuzzy, etc;
- Software de aplicação multi-tarefas com funções activadas por um evento.



Figura 3.2 - Imagem do PLC Modicon TSX Micro 3721.

3-1.2.2. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL M340

PLC de semi-amplitude para o processo industrial e infra-estruturas. De formato compacto o PLC Modicon M340 oferece, numa pequena caixa, a flexibilidade e os serviços de um PLC de topo de gama. No centro da sua aplicação, disponibiliza soluções integradas Plug and Work (Ligar e Trabalhar) com outros dispositivos Schneider Electric .

Dotado de memória e performance de alta capacidade, o Modicon M340 é a fonte de eficiência.

7000 instruções por milisegundo, 4 Mbytes de memória de programa, 256 Kbytes de dados, 3 portas de comunicação integradas ao processador, módulos de entradas/saídas digitais de alta densidade com 64 canais em apenas 32 mm de largura, rede *Ethernet TCP/IP - Transparent Ready*, porta USB standard, Servidor Web integrado, cartão de memória SD Card “Plug and Load”, arquitectura com racks, que possibilita encaixar e extrair os módulos em carga e em operação (*Hot-Swap*), supera as normas relativas a choques, vibrações, temperatura, altitude e suporte a interferências eléctricas.



Figura 3.3 - Imagem do PLC Telemecanique M340.

3-1.3. SOFTWARE UTILIZADO

3-1.3.1. WAMP SERVER

O Wamp Server é uma aplicação que conjuga várias tecnologias, fornecendo ferramentas que facilitam a criação de sites dinâmicos.

É um software publicado sob a GNU (General Public License) desenvolvido pela PHP Team. É usado para instalar rapidamente no computador os softwares PHPmyAdmin, MySQL e Apache, disponibilizando suporte ao uso de scripts PHP localmente no Windows.

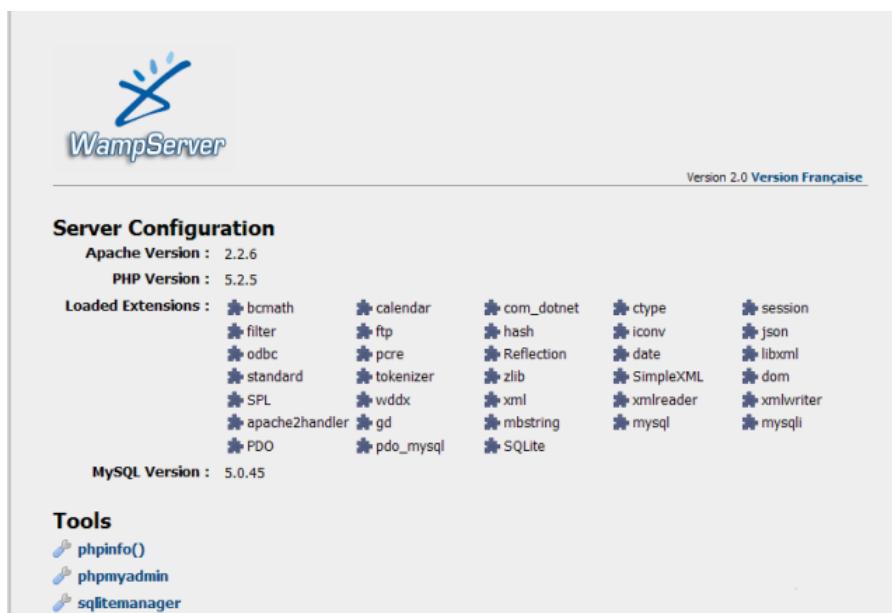


Figura 3.4 - Imagem do ecrã inicial do WAMP SERVER.

MySQL

O MySQL é um sistema de gestão de bases de dados (SGBD), que utiliza a linguagem SQL (Linguagem de Consulta Estruturada, do inglês Structured Query Language) como interface. É actualmente um dos bancos de dados mais populares, com mais de 10 milhões de instalações por todo o mundo. É reconhecido pelo seu desempenho e robustez e também por ser multitarefa.

PHPMyAdmin

É um programa de computador desenvolvido em PHP para administração do MySQL pela Internet. A partir deste sistema é possível criar e remover bases de dados, criar, remover e alterar tabelas, inserir, remover e editar campos, executar códigos SQL e manipular chaves. O phpMyAdmin é muito utilizado por programadores *web* que necessitam manipular bases de dados.

Apache

Um servidor *web* é um programa responsável por disponibilizar páginas, fotos, ou qualquer outro tipo de objecto ao navegador do cliente. Ele também pode operar recebendo dados do cliente, processando e enviando o resultado para que o cliente possa tomar a acção desejada (como em aplicações CGI's, bases de dados *web*, preenchimento de formulários, etc).

O Apache é um servidor *Web* extremamente configurável, robusto e de alta performance desenvolvido por uma equipa de voluntários (conhecida como Apache Group) procuram criar um servidor *web* com muitas características e com código fonte aberto e disponível na Internet.

Algumas características que fazem deste servidor *web* o preferido entre os administradores de sistemas são:

- Possui suporte a scripts CGI usando linguagens como *Perl*, *PHP*, *Shell Script*, *ASP*, *etc*;
- Suporte a controlos de acesso podendo ser especificadas restrições de acesso para cada endereço/arquivo/directório do servidor;
- Autenticação requerendo um nome de utilizador e senha válidos para acesso a alguma página/subdirectório/arquivo (suportando encriptação);
- Negociação de conteúdo, permitindo a exibição da página *Web* no idioma requisitado pelo Cliente Navegador;
- Personalização de logs;
- Mensagens de erro;

- Suporte a virtual hosting (é possível servir 2 ou mais páginas com endereços/ portas diferentes através do mesmo processo ou usar mais de um processo para controlar mais de um endereço).

3-1.3.2. INTERNET INFORMATION SERVER

O IIS (*Internet Information Server*) é um servidor *web* criado pela Microsoft para os seus sistemas operativos de servidores. A primeira versão foi introduzida com o Windows NT Server versão 4, e passou por várias actualizações, sendo a sua versão mais actual o IIS 7.5.

Um das suas características mais utilizadas é a utilização de páginas HTML dinâmicas, que ao contrário dos outros servidores *web*, usa tecnologia própria, o ASP (*Active Server Pages*), mas também pode usar outras tecnologias com adição de módulos.

3-1.3.3. TERMINAL SERVICES WEB ACCESS (TS WEB ACCESS)

O Terminal Services *Web Access* (TS *Web Access*) é um serviço dos *Terminal Services* que permite *RemoteApp* (TS *RemoteApp*), uma ligação à área de trabalho do servidor, disponível para utilizadores a partir de um *browser Web*.

Com o *TS Web Access*, os utilizadores vão a um *site* (a partir da Internet ou de uma intranet) e podem aceder a uma lista de programas *RemoteApp* disponíveis no Servidor.

O *TS Web Access* oferece uma solução que funciona com configuração mínima. O *TS Web Access* inclui uma página padrão que pode ser personalizada, ou incluída em outra página, através de separação por *Web-frames*.

3-1.3.4. WINDOWS STEADY STATE

Windows SteadyState é uma ferramenta freeware desenvolvida pela Microsoft que oferece aos administradores opções avançadas para configuração de computadores partilhados, como proteção de disco rígido e controlo de utilizadores avançado. É projectado principalmente para uso em computadores partilhados por muitas pessoas, como cyber cafés, escolas, bibliotecas, etc.

O SteadyState pode reverter um computador a um estado previamente armazenado cada vez que ele reinicia, ou a pedido do administrador. Quando a Protecção de Disco (WDP) é activada, as alterações no disco rígido são redireccionados para uma cache temporária.

O SteadyState também permite configurar o ambiente de trabalho. As contas de utilizador podem ser bloqueadas e forçadas a fazer logoff depois de certos intervalos de tempo. Uma conta bloqueada usa uma cópia temporária do perfil do utilizador durante a sessão. Quando o

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

utilizador faz logoff, o perfil temporário é apagado. Isso garante que as alterações feitas pelo mesmo durante a sua sessão não são permanentes.

Proporciona um controlo simples de mais de 80 restrições. Um administrador pode proibir um utilizador de executar acções que podem ser indesejáveis. Algumas definições incluem a capacidade de aceder ao painel de controlo, desativação ferramentas de edição de registo, desabilitar a linha de comandos, etc.

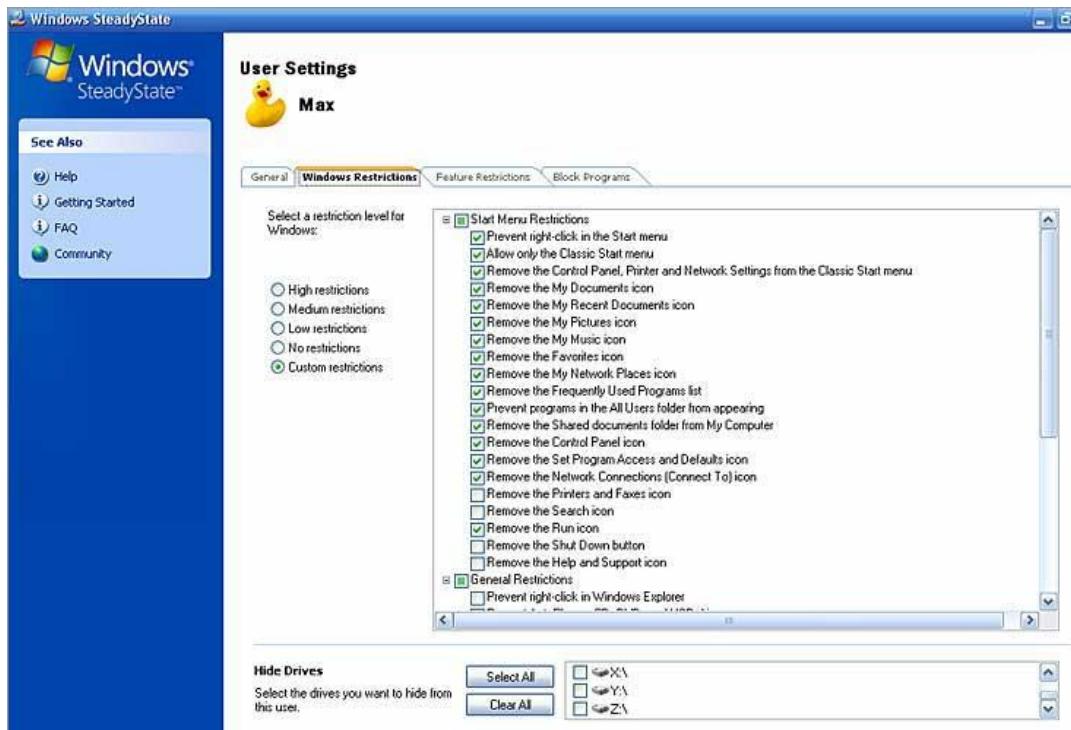


Figura 3.5 - Imagem do Steady State.

3-1.3.5. SOFTWARE DE PROGRAMAÇÃO PL7

A gama de software PL7 foi concebida para desenvolver as suas aplicações de sistema de controlo para o PLC Micro TSX 3721.

Oferece as seguintes características:

- Módulos de aplicação específica sem necessidade de programação;
- Funções predefinidas;
- Reutilização de DFBs;
- Resolução de erros ;
- Modificação online;
- Animação por código;
- Aplicação e resolução de erros de dados.

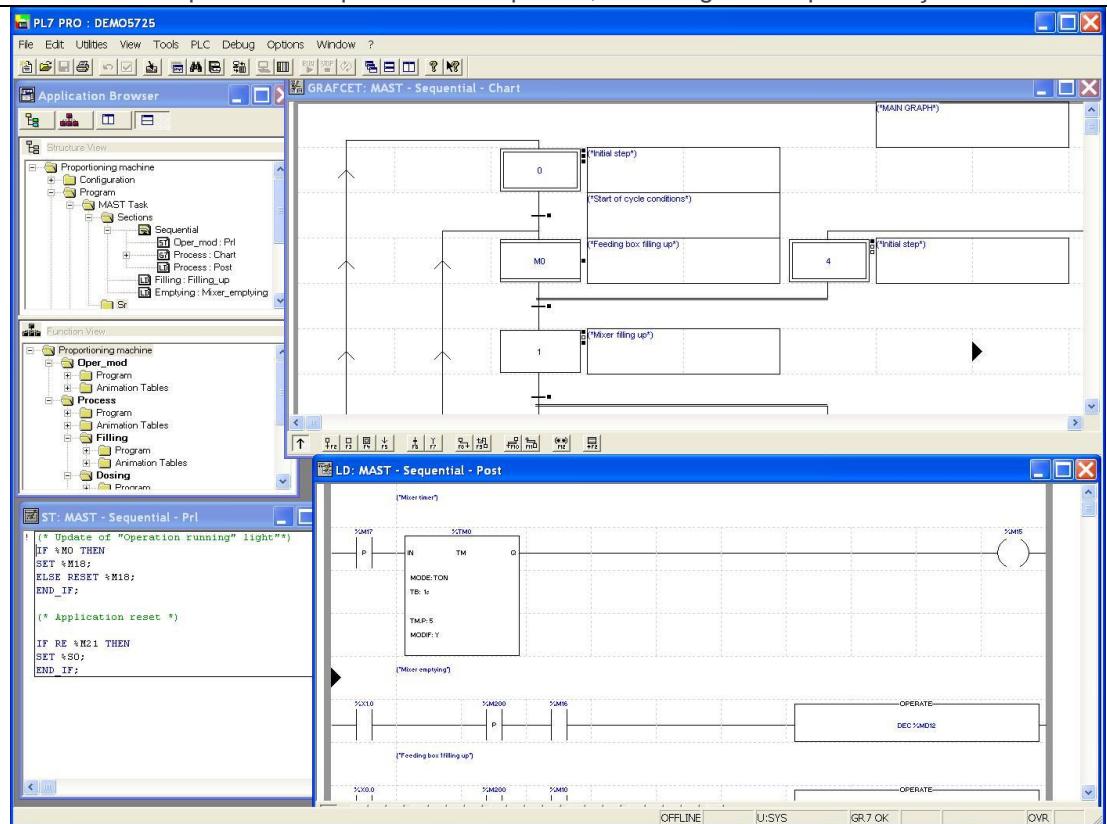


Figura 3.6 - Imagem do Software PL7.

3-1.3.6. SOFTWARE DE PROGRAMAÇÃO UNITY PRO

O **Unity Pro** é o software de funcionamento, depuração e programação comum para as gamas PLC Schneider Premium, Atrium e Quantum. Com os seus cinco idiomas IEC61131-3, com todas as ferramentas de depuração e diagnósticos, o Unity Pro foi concebido para aumentar a produtividade do desenvolvimento e a facilidade de manutenção.

Um conjunto completo de ferramentas de diagnóstico e depuração estimulando a aplicação directamente no PC são a mais valia deste *software*.

O Unity Pro explora inteiramente as vantagens das interfaces gráficas e contextuais, funções estendidas de “drag & drop” e zooms. Fornece um conjunto completo de funções e ferramentas que permite reproduzir a estrutura da aplicação na estrutura do processo da máquina. O programa é dividido em módulos de funções, que contêm: Seções de programa, Tabelas de animação, HMI's, etc.

As funções básicas utilizadas de modo repetitivo são encapsuladas em blocos de funções de utilizador (DFB) em linguagem IEC 61131-3.

Tudo isto são apenas algumas das funcionalidades deste *software* topo de gama da Schneider.

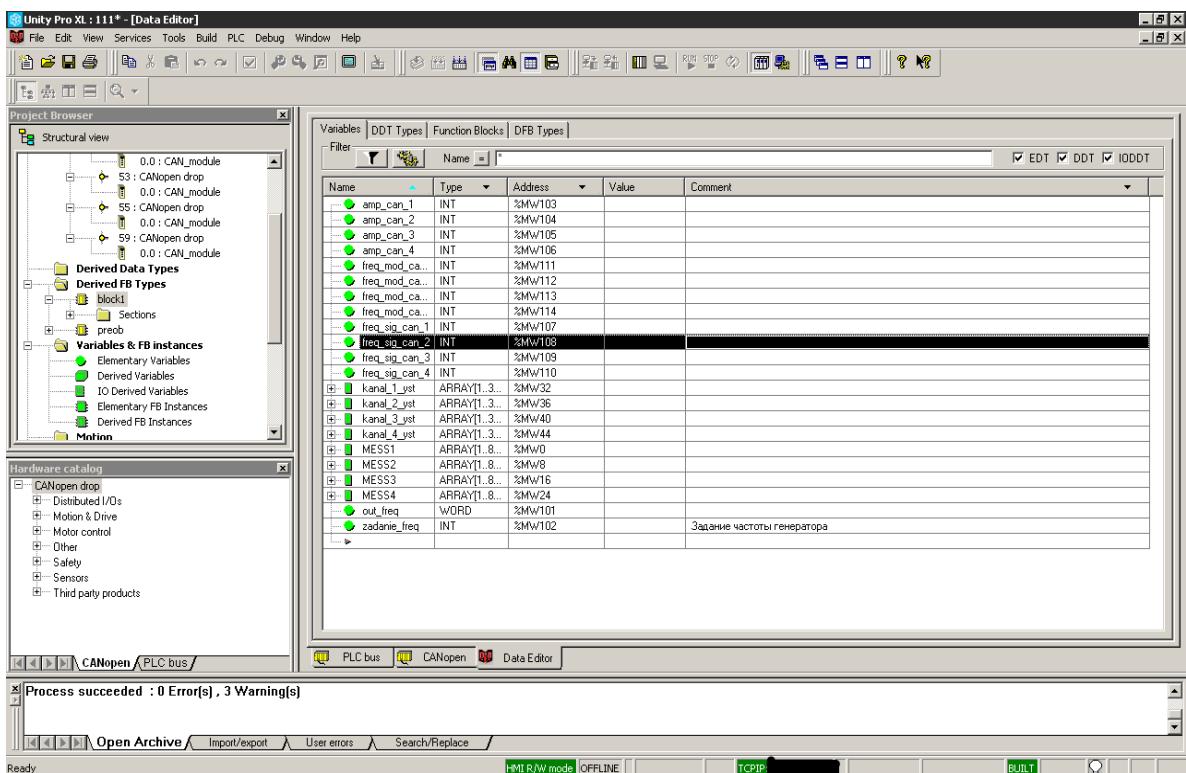


Figura 3.7 - Imagem do Unity Pro.

3-1.3.7. WEB DESIGNER

O Web Designer é um software onde se pode criar aplicações Web baseadas em painéis de operação e configurar os parâmetros da operação, isto é Interface Homem Máquina (HMI Web) para o PLC Schneider M340.

Este software fornece todas as ferramentas necessárias para desenhar um projecto HMI, a partir da aquisição de dados para a criação e exibição de desenhos animados da web.

Web Designer permite as seguintes operações para o website do dispositivo:

- Edição;
- Configuração;
- Modificação.

O Web Designer também fornece todas as ferramentas necessárias para manter o site no servidor, incluindo maneiras de fazer download, backup e restaurar ficheiros.

3-1.4. LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO UTILIZADAS

3-1.4.1. HTML

É uma linguagem com a qual se definem as páginas *web*. Basicamente trata-se de um conjunto de etiquetas (tags) que servem para definir a forma na qual se apresentará o texto e outros elementos da página.

O HTML inicialmente não foi pensado, para a finalidade e para o uso que têm hoje em dia, foram já muitas as alterações que sofreu, já vai na versão HTML 5.0.

É uma linguagem de programação muito fácil de aprender, o que permite que qualquer pessoa, mesmo que nunca tenha programado possa criar um *website*.

Esta linguagem é definida como uma linguagem de hipertexto utilizada em páginas da *Web* para codificação de hipertextos (textos e gráficos estáticos) que serão descodificados no navegador (Browser). Hoje em dia, HTML é uma padronização ISO/IEC 15445:2000 especificada e mantida pelo consórcio da WWW (W3C).

Utilizada vastamente desde 1991, esta linguagem não possui recursos de variáveis e processos. Todos os navegadores possuem interpretadores de HTML que são responsáveis por descodificar o código e mostrar o hipertexto da forma como foi escrito.

3-1.4.2. PHP

O PHP é uma linguagem de programação de *scripts* usada para criação dinâmica de páginas *Web* e aplicações *server-side*.

Amplamente utilizada por se tratar de uma linguagem de código aberto (*open source*), além de interagir com um grande número de sistemas de gestão de bases de dados relacionais como o *mySQL*, *Oracle*, *Microsoft SQL Server*, *PostgreSQL* e *SQLite*.

O PHP pode ser utilizado em diversos sistemas operativos incluindo Unix, Linux, Windows e MacOS funcionando com diversos servidores *Web*.

O PHP pode ser visto como alternativa entre as linguagens de programação *ASP* (Microsoft), *Java* (Sun), *Zope/Python*, *ColdFusion* (Macromedia), *Perl* e, mais recentemente, do *Ruby on Rails*.

3-1.4.3. SQL

A primeira implementação comercial de SQL foi realizada pela Relational Software, Inc., hoje conhecida por *Oracle Corporation*.

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

Nos dias de hoje, a linguagem SQL é considerada um *standard* dos Sistemas de Gestão de Base de Dados Relacionais (SGBDR); por isso, todos os fabricantes a integram nos seus produtos.

A linguagem SQL destina-se pela sua simplicidade, não só a informáticos, como também a gestores, utilizadores, administradores de bases de dados, etc..

A linguagem SQL implementa os conceitos definidos no modelo relacional, reduzindo assim as incompatibilidades entre os sistemas e evitando a opção por arquitecturas proprietárias que implicam maiores custos de desenvolvimento e maior esforço financeiro e humano por parte dos intervenientes.

Com a linguagem SQL é possível:

- Criar, alterar e remover todas as componentes de uma base de dados, como tabelas, índices, vistas, etc.;
- Inserir, alterar e apagar dados;
- Interrogar a base de dados;
- Controlar o acesso dos utilizadores à base de dados, e às operações a que cada um deles tem acesso;
- Obter a garantia da consistência e integridade dos dados.

A linguagem SQL é composta por vários conjuntos de comandos:

- *DDL (Data Definition Language)*: comandos para definir ou modificar a composição das tabelas, apagar tabelas, criar índices, definir “views”, especificar direitos de acesso a tabelas e views;
- *DML (Interactive Data Manipulation Language)*: inclui uma linguagem de consulta baseada em álgebra relacional e em cálculo relacional sobre registos; inclui também comandos para inserir, apagar e modificar registos na base de dados.

3-1.4.4. JAVASCRIPT

O Javascript é uma linguagem de script que incorporado nos tag's HTML, permite incrementar a apresentação e interactividade das páginas Web.

Javascript é então uma extensão do código html das páginas Web. Os scripts, que se inserem nos tag's HTML, podem ser comparados aos macros de uma formatação de texto.

Estes scripts vão ser gerados e executados pelo próprio browser sem fazer apelo aos recursos de um servidor. Estas instruções serão assim executadas directamente e sobretudo sem atrasos.

Javascript foi desenvolvido inicialmente pela Netscape e na altura intitulava-se LiveScript. Adoptado no fim do ano de 1995, pela firma Sun (que também desenvolveu o Java), ele tomou assim o seu nome actual Javascript.

Javascript não é próprio do browser Netscape. A Microsoft também adoptou o Javascript desde do seu Internet Explorer 3. E melhorou significativamente no Explorer 4.

3-1.4.5. JAVA APPLETS

Java Applets são aplicativos escritos em linguagem de programação Java, que são executados no contexto de outras aplicações. Por sua vez, estes aplicativos podem ser executados dentro de navegadores utilizando uma máquina virtual Java (JVM). Foi criado em 1995 pela *Sun* para proporcionar habilidades interactivas para aplicações *Web* que não podem ser proporcionadas por simples *HTML*.

3-2. LABORATÓRIO REMOTO DE AUTOMAÇÃO

Pretende-se implementar um laboratório remoto de automação, este servirá para assegurar um apoio didáctico na apreensão da matéria leccionada durante as aulas presenciais.

Este apoio poderá ser teórico, pois será implementada uma solução para disponibilizar e gerir conteúdos teóricos (sementas, apresentações, enunciados de exercícios, manuais, etc...).

Ainda em conjunto com esta solução para disponibilização de conteúdo teórico, será também implementada a possibilidade de publicação e gestão de notas, notícias, *posts* e comentários, onde pode existir interacção entre alunos e docentes e alunos com alunos.

Será tentado disponibilizar-se o maior número de recursos e soluções, para que este Laboratório Remoto de Automação se aproxime o mais possível de um laboratório real onde os alunos podem interagir uns com os outros e tirar dúvidas com os docentes.

Na componente prática deste laboratório, será feita uma gestão de utilizadores e dos recursos disponíveis. Será dada a possibilidade dos alunos poderem interagir com os equipamentos laboratoriais da forma mais próxima da realidade, ou seja, quase como se estivessem no Laboratório, ou então com os equipamentos em cima das suas secretárias, onde quer que estejam.

Isto será implementado da seguinte forma:

- Um servidor que fará a gestão de utilizadores e dos recursos disponíveis.
- Vários recursos laboratoriais, que serão geridos e disponibilizados separadamente, ou seja, outro computador por cada experiência remota.

Nas seguintes secções serão explicados todos os caminhos seguidos e todas as decisões tomadas na implementação do proposto.

3-2.1. TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA CONCEPÇÃO DE LABORATÓRIOS REMOTOS

Com a premissa de implementar a melhor solução possível, foi feita uma análise às tecnologias utilizadas para implementação de laboratórios remotos.

Com base em (Brito Palma, Coito, Borracha, & Martins, 2011), foi construída e analisada a Tabela 3.1 que apresenta vários trabalhos já realizados e quais as tecnologias utilizadas quer do lado do Servidor, quer do lado do Cliente. Na última linha, estão as tecnologias que irão ser utilizadas neste trabalho.

Tabela 3.1 – Análise de Tecnologias utilizadas na concepção de Laboratórios Remotos.

Artigo	Lado do Servidor	Lado do Cliente
(Ferrero, Salicone, Bonora, & Parmigiani, 2003)	Java + JNI	HTML + Java applets + Javascript
(Casini, Prattichizzo, & Vicino, 2004)	Matlab + Php + Exe	HTML + Java applets
(Marin, Sanz, Nebot, & Wirz, 2005)	Java + Corba	HTML + Java applets
(Lasky, Liu, Murray, & Choy, 2005)	Windows NT server + Virtualization	Remote Desktop terminal
(Robson, Siverstein, & Bohm, 2007)	Matlab + Control server	HTML + AJAX
(Garcia-Zubia, Orduña, & López-de-Ipiña, 2007)	Java + Python	HTML + AJAX
(Costas-Pérez, Lago, Fariña, & Rodriguez-Andina, 2008)	Labview	Labview plug-in or HTML + Java applets
(Garcia-Zubia, López-de-Ipiña, &	Python	HTML + AJAX

Orduña, 2008)

(Cmuk, Mutapcic, & Borsic, 2008)	Labview	DHTML + AJAX
(Ngolo, 2009)	Labview + REST webservices	HTML + AJAX
(Z. Aydogmus & Aydogmus, 2009)	SCADA + ASP	HTML + AJAX
(Farias, Keyser, Dormido, & Esquembre, 2010)	Matlab + Java + Jim	HTML + Java applets
(Ugur, Savas, & Erdal, 2010)	Java + Matlab	HTML + Java applets
(Vargas et al., 2011)H. Vargas (2011)	Labview + Java + Jil server	HTML + Java applets + Jil client
(Brito Palma et al., 2011)	Terminal server Web access + Steady-state services + Labview	HTML + Javascript + Applet Java + Labview plug-in
Este trabalho (Laboratório Remoto de Automação Industrial)	PHP + Terminal server Web access + Steady- state	HTML + Javascript + Applet Java + Active X

O resultado desta escolha é devido em grande parte às limitações impostas pelo *hardware* com que se está a trabalhar como será justificado nas secções seguintes.

3-2.2. ARQUITECTURA CONCEPTUAL

Após já se conhecer os objectivos e o hardware disponível para a realização deste trabalho, é importante desenhar préviamente várias arquitecturas, cada uma com o seu nível de abstracção. Essas mesmas arquitecturas depois de algumas adaptações com o desenvolver da solução serão aqui apresentadas e explicadas.

Num elevado nível de abstracção, temos:

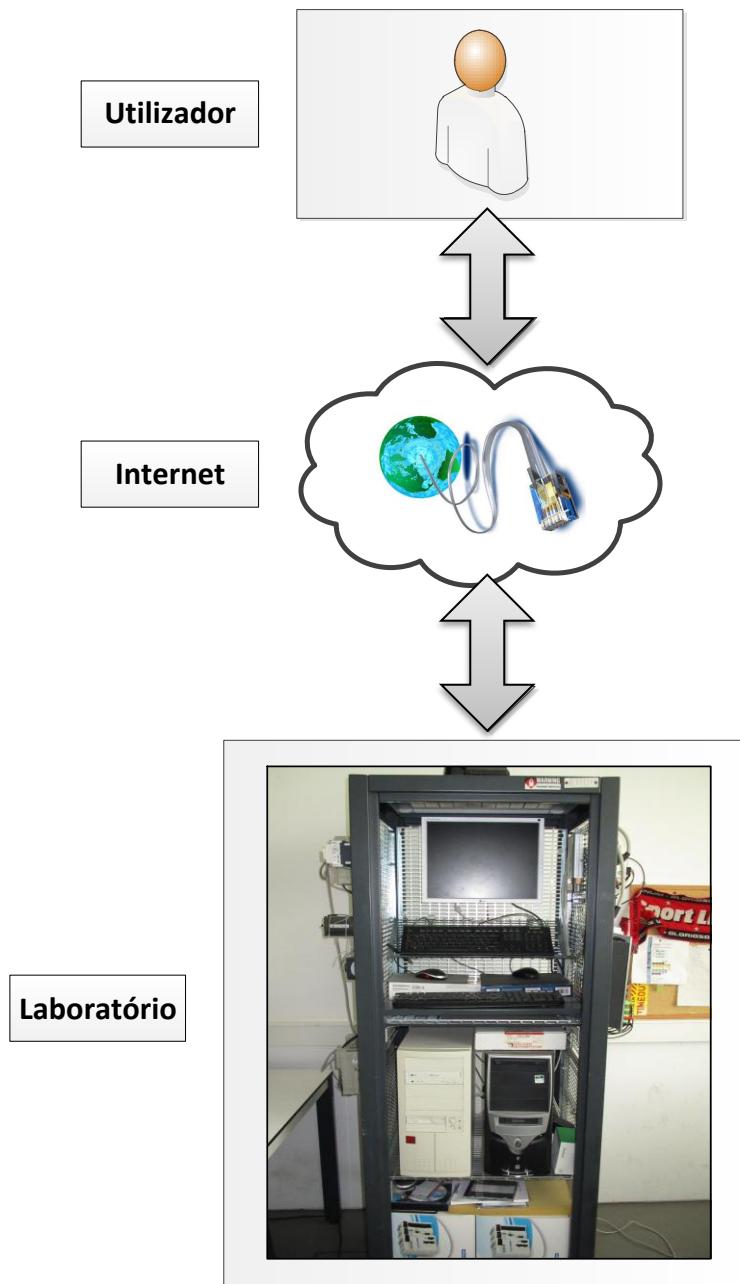


Figura.3.8 - Arquitectura Geral e Abstracta.

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

O pretendido teoricamente, como já foi mencionado é que o utilizador através de uma simples ligação á Internet consiga simular que está fisicamente no laboratório.

De antemão se percebe que para esta implementação é necessário idealizar uma arquitectura mais completa. Assim sendo, chegou-se á seguinte arquitectura:

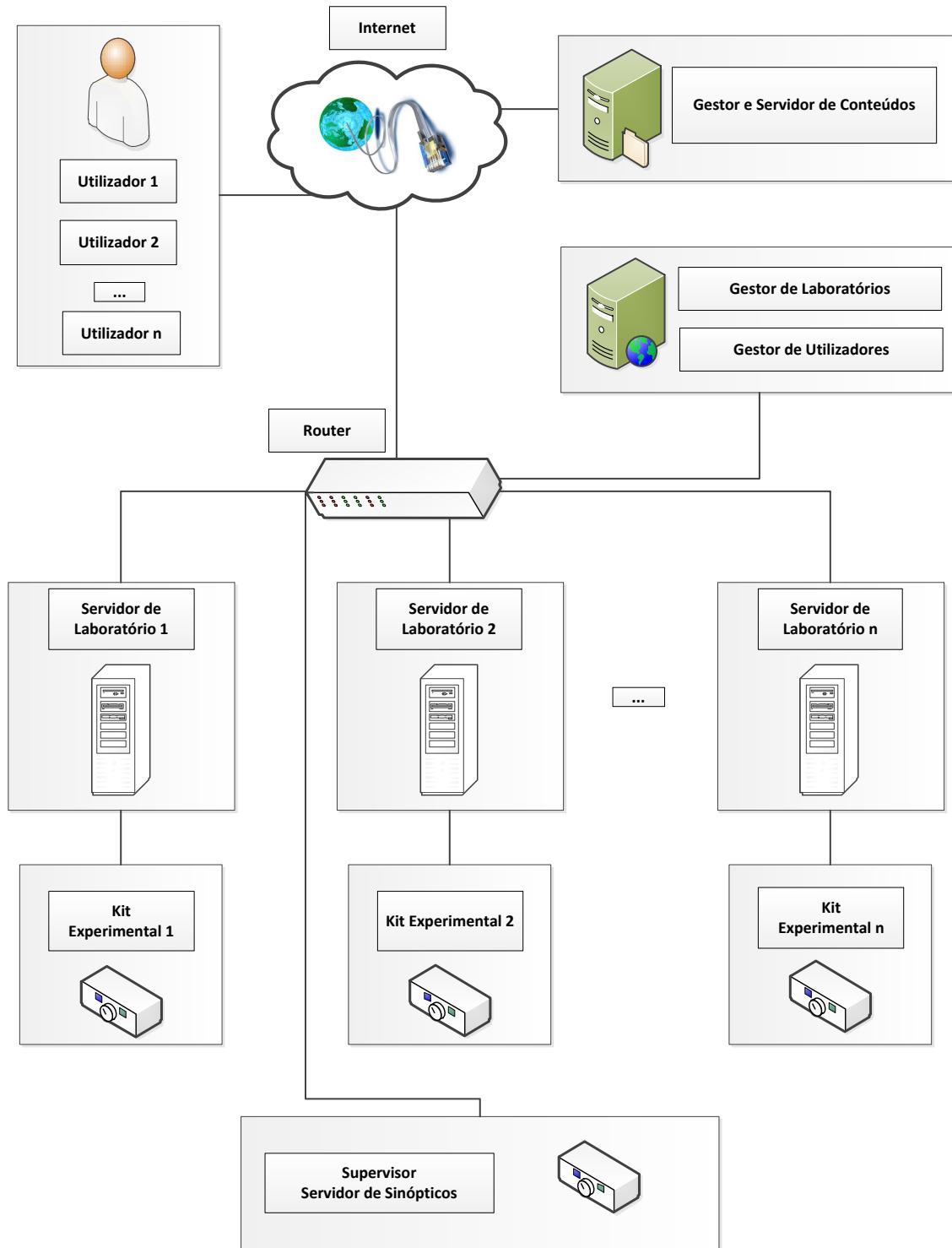


Figura 3.9 – Arquitectura Conceptual Completa.

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

Da Figura 3.9 – Arquitectura Conceptual Completa, é fácil perceber a ideia geral da arquitectura, temos os utilizadores com uma ligação à internet, um servidor e gestor de conteúdos, também ligado à internet. Posteriormente, com acesso á internet, mas por trás de um router, está o servidor/gestor de laboratórios e de utilizadores, que por sua vez têm ligados sobre a sua gestão os vários laboratórios que se pretendam introduzir. Temos assim uma arquitectura distribuída e bastante funcional.

3-2.2.1. GESTOR E SERVIDOR DE CONTEÚDOS

Um gestor de conteúdos como já foi possível perceber é uma componente muito importante para um sistema de Ensino á Distância. Existem várias formas de se abordar este problema, sendo já conhecidos algumas funcionalidades básicas que um gestor de conteúdos terá de suportar, e sem menosprezar o valor de algumas plataformas quase *standard* para o ensino, como é o caso do moodle, foi escolhido para esta implementação o *snappages*, pois é bastante mais simples de configurar e utilizar. Como já existe uma plataforma moodle na instituição de ensino onde este trabalho foi desenvolvido, seria administrativamente difícil, ter acesso a esse sistema, para se poder efectuar testes e efectuar uma integração deste novo laboratório no sistema actual.



Figura 3.10 - Gestor e Servidor de Conteúdos.

O Gestor e Servidor de Conteúdos é uma simples aplicação *WEB* para construção e gestão de *websites*, apesar de não ser apenas focada para o ensino, esta aplicação é muito simples, versátil e intuitiva de se usar. É perfeitamente capaz de corresponder a todas as funções para que é proposta. Permite criar e gerir várias páginas *web* desde os menus de navegação aos seus conteúdos de forma muito fácil, tem uma aplicação de *blog*, onde se pode colocar e gerir posts de forma igualmente fácil e posteriormente gerir os comentários a esses posts, permite criar eventos na aplicação de calendário e gerir de forma organizada ficheiros para disponibilizar como se fosse uma biblioteca ou repositório de documentos.

Com esta aplicação, ficamos com a parte de gestão de conteúdos, interacção entre os utilizadores e uma apresentação inicial para o laboratório muito funcional e prática.

3-2.2.2. GESTOR E SERVIDOR DE LABORATÓRIOS E UTILIZADORES

Esta componente da arquitectura foi pensada para desempenhar as seguintes funcionalidades:

- Gerir os utilizadores;
- Gerir os laboratórios implementados.

Com estas permissas em vista existiam várias formas de efectuar o pretendido, foi escolhida a forma mais usual para este tipo de utilização, que passa por uma base de dados MySQL, e páginas web em HTML e PHP, com pequenos recursos a JavaScript. De seguida é apresentada a arquitectura deste componente:

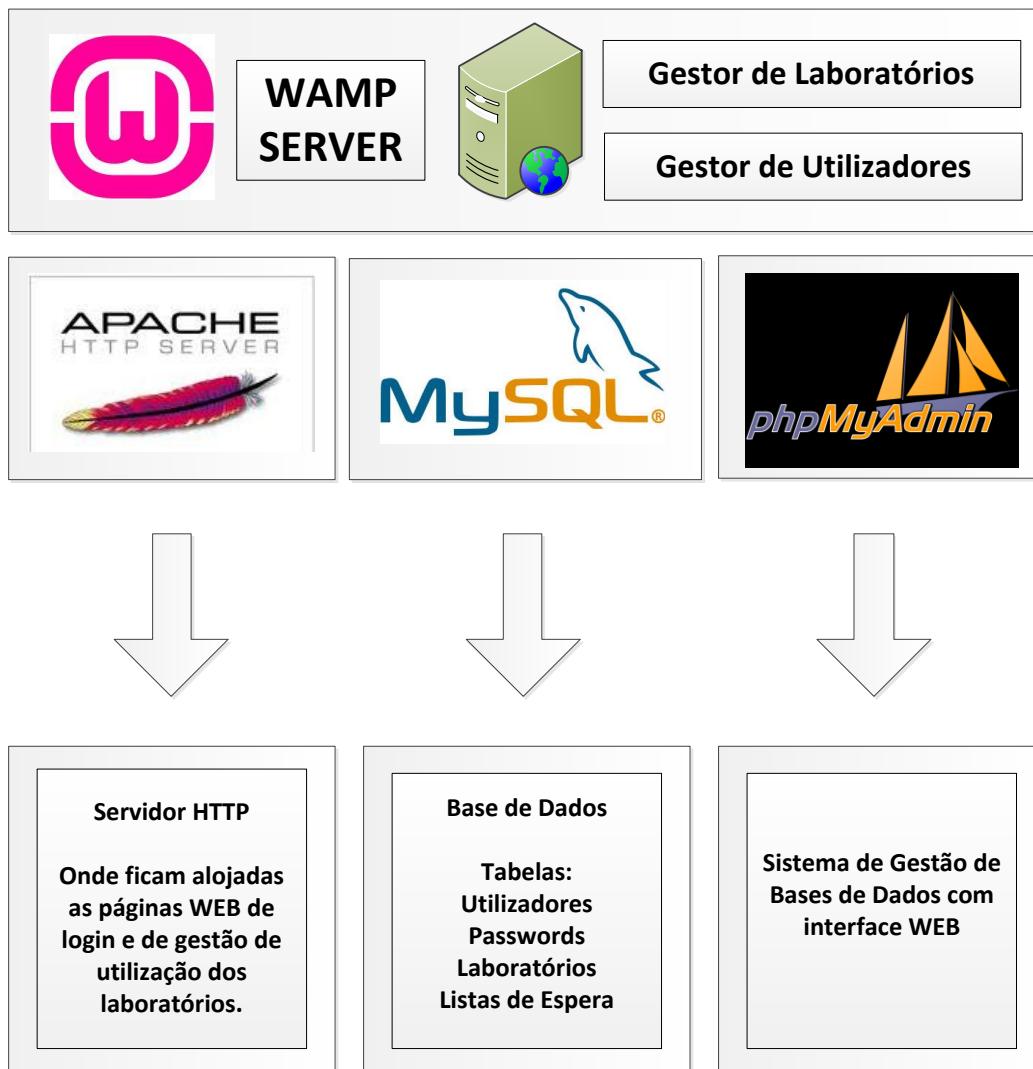


Figura 3.11 - Gestor de Laboratórios e de Utilizadores.

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

O Gestor e Servidor de Laboratórios e Utilizadores é um computador com o servidor WAMP instalado. O servidor WAMP como já foi dito, é um conjunto de aplicações. O servidor HTTP Apache, é onde se encontram alojadas as páginas *WEB* para login, as páginas de gestão de entrada em cada laboratório e alguns scripts de segurança e verificação. No MySQL ficam alojadas as bases de dados que são necessárias para gerir os alunos e os laboratórios, por fim no PHP MyAdmin é onde se faz a gestão da base de dados, onde se insere e retira alunos/utilizadores, atribui passwords, acrescenta laboratórios, altera listas de espera, etc.

3-2.2.3. SERVIDOR DE LABORATÓRIO E *KIT* EXPERIMENTAL

Este componente da arquitectura foi pensado com as seguintes finalidades: Servir aplicações específicas para o seu laboratório, bem como outras funcionalidades ligadas ao seu *Kit* Experimental, como por exemplo streaming de vídeo ou de áudio.

Será assim composta por computadores que serão servidores de aplicações e que neste caso serão aplicações para trabalhar com os *Kits* experimentais específicos desse servidor.

Não abordando agora as aplicações relacionadas com os equipamentos experimentais de cada servidor implementados neste trabalho, mas olhando para a arquitectura com uma visão global, vamos apenas aprofundar quais os requisitos chave de cada máquina para que se possa disponibilizar as aplicações necessárias e como é que isso se processa.

Figura 3.12 – Servidor de Laboratório e *Kit Experimental*.

Pode-se assim verificar que cada servidor de Laboratório, terá instalado um *sistema operativo* Windows da Microsoft. O Windows disponibiliza alguns recursos que não são instalados por omissão, é o caso do servidor IIS (Internet Information Services). Este *software* tem que ser instalado em todas as máquinas, bem como o TS *WEB* (Windows Terminal Services *WEB*), com estes *softwares* instalados e configurados, será possível aceder-se a todos os recursos da máquina, de qualquer lado, desde que se cumpra alguns requisitos. Com estas configurações, será possível um acesso remoto ao ambiente de trabalho do servidor, dentro de um browser com suporte para controlo ActiveX.

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

Na parte do *Kit* experimental, temos de ter o equipamento de controlo, que pode ser um PLC, ou próprio computador (servidor) com alguma aplicação de controlo instalada, para além disso é ainda necessário o *hardware* de aquisição e actuação de dados ou sinais para o equipamento didáctico.

3-2.2.4. UTILIZADOR

O utilizador parece um componente pouco importante dentro desta arquitectura, mas não pode ser encarado de tal forma, pois é necessário que cumpra com alguns requisitos para que possa funcionar em pleno. De seguida será apresentado o que é necessário ao utilizador.

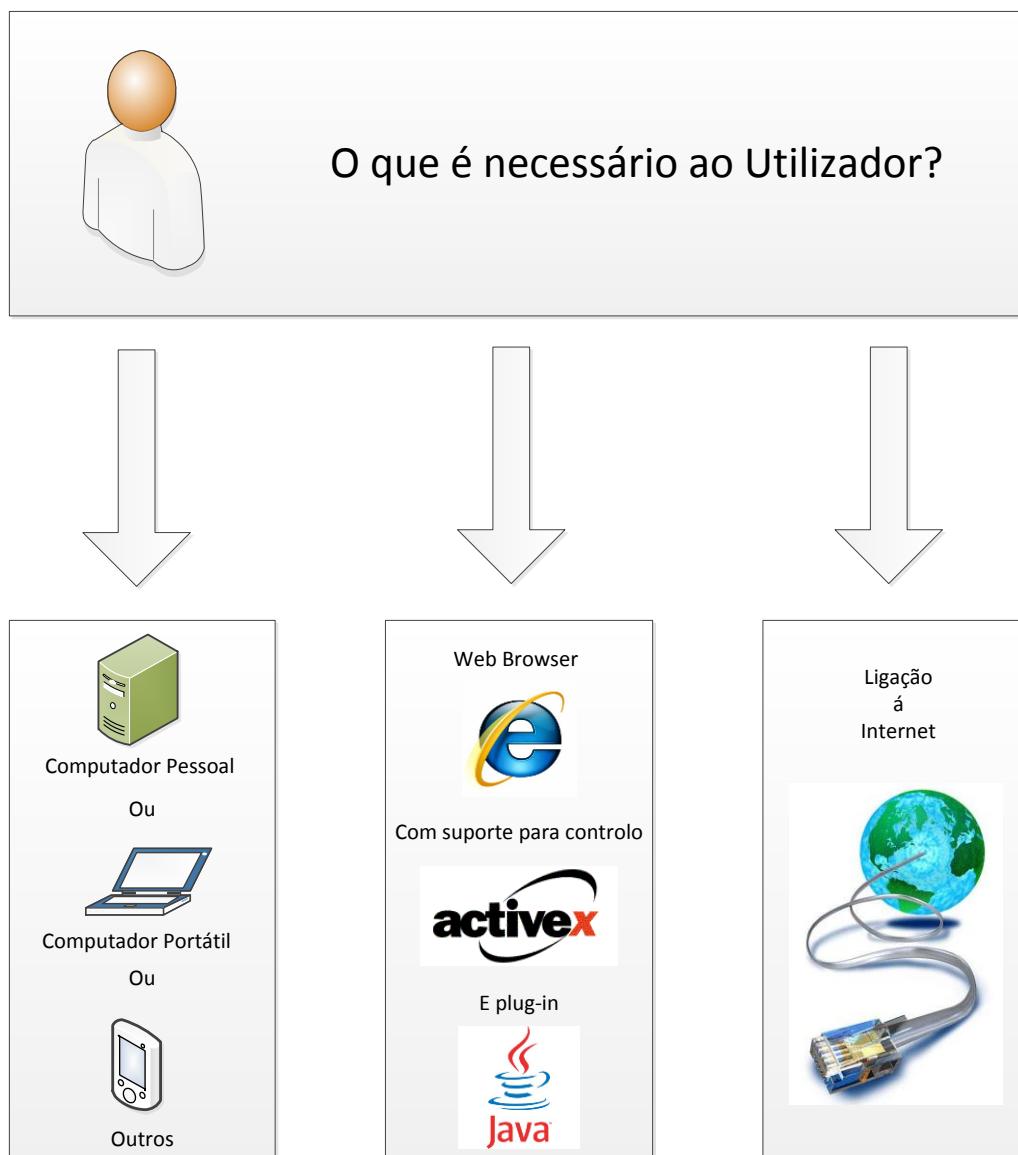


Figura 3.13 - O que é necessário ao Utilizador.

O utilizador, como está mencionado nos objectivos é para ser o mais simples possível, assim dentro desta realidade, temos um utilizador / cliente que necessita de um computador, do

browser Internet Explorer ou equivalente com suporte para controlo ActiveX e uma instalação do JVM (Java virtual machine), é necessário ainda uma ligação á internet.

O controlo ActiveX é necessário para executar os serviços do TS WEB e o JVM é para correr as possíveis interfaces gráficas de interacção com os equipamentos didácticos.

3-2.3. ARQUITECTURA IMPLEMENTADA

No seguimento da secção anterior é oportuno abordar a verdadeira arquitectura implementada, com esta premissa é apresentada a Figura 3.14 que representa a arquitectura real que constitui este laboratório remoto.

Esta arquitectura foi baseada em (Brito Palma, Coito, Borracha, & Martins, 2011) e em algum desenvolvimento posterior, a imagem apresentada é de muito fácil compreensão, a maior parte dos elementos já foram abordados. O que traz de novo é a forma como os elementos estão ligados na arquitectura. Aqui já se pode ver os endereços IP associados a cada dispositivo de comunicação, os públicos e os privados. É mostrado também uma componente nova, que para a arquitectura é um pouco transparente, que é toda a rede do campus universitário.

Ficamos assim com o utilizador, fisicamente em qualquer lugar, o servidor de conteúdos no URL www.remotelabfct.pt.vu (à data deste trabalho) que fisicamente está algures nos Estados Unidos da América e por final um *router* instalado num laboratório do Departamento de Engenharia Electrotécnica da FCT com o IP público 193.136.127.204, todos os restantes equipamentos da arquitectura estão por trás deste router, numa rede local utilizada apenas para este propósito.

De referir que todas as ligações representadas são ligações *Ethernet*, com excepção das ligações dos controladores didácticos aos simuladores, que são simples ligações físicas e estão indicadas como I/O.

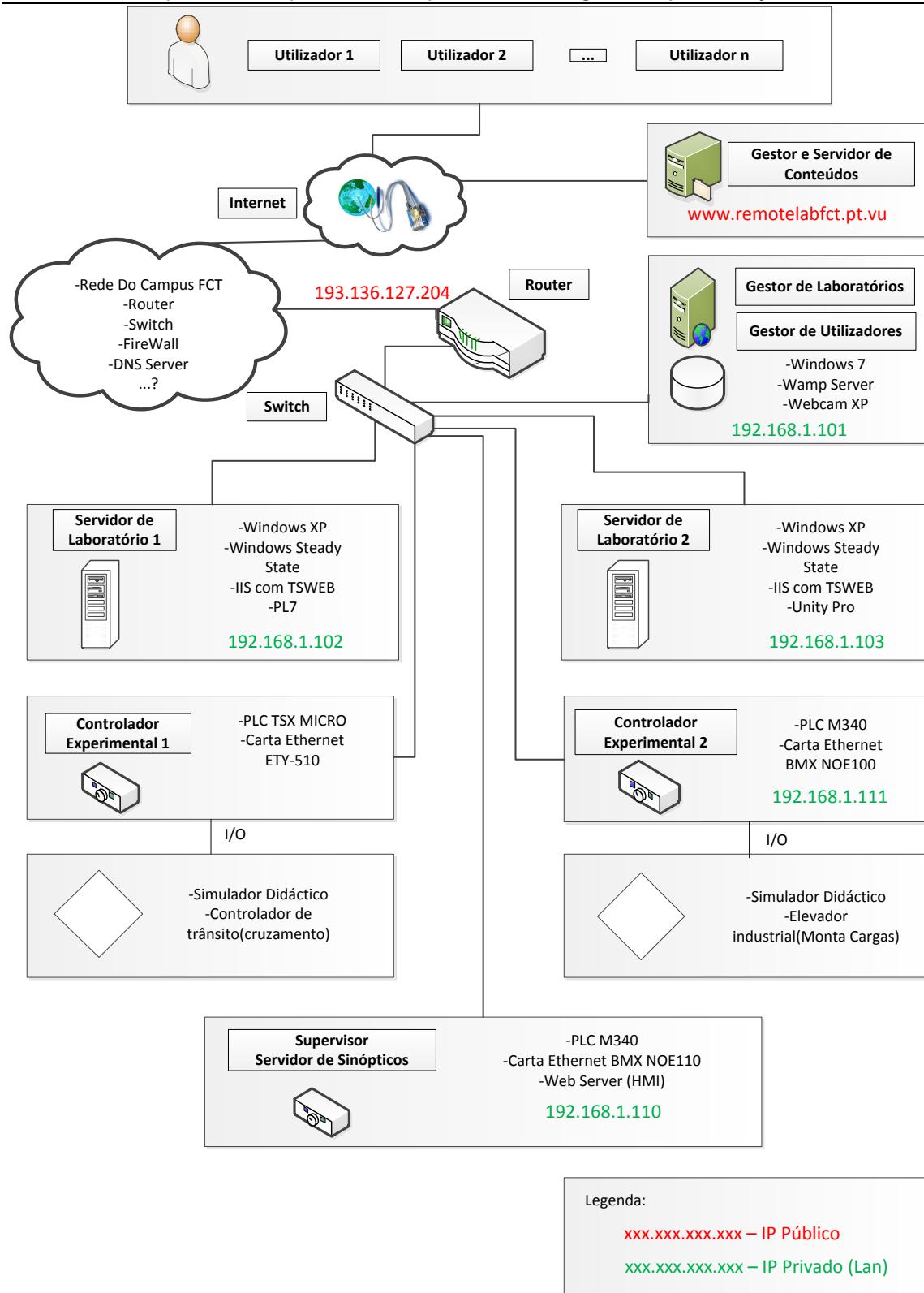


Figura 3.14 – Arquitectura Implementada.

3-2.4. IMPLEMENTAÇÃO

Procurando justificar algumas decisões tomadas, a exposição será feita pela ordem que realmente o trabalho foi sendo desenvolvido.

3-2.4.1. SERVIDORES DE LABORATÓRIO E *KIT EXPERIMENTAL*

Inicialmente começou por se explorar os equipamentos experimentais ou seja, os PLC's disponíveis, que serão neste caso, 3 equipamentos em que dois serão os *Kits Experimentais* e um será o supervisor e servidor de sinópticos:

- Um PLC TSX Micro 3721 da Schneider Electric com as respectivas placas de entradas e saídas (E/S) digitais, ligado a um equipamento didáctico de controlo de tráfego.
- Um PLC M340 para servir apenas de supervisor e de interface homem máquina (HMI) com uma placa de comunicações BMX NOE110 com o *Web server Factory Cast* da Schneider de forma a ser possível trabalhar com as comunicações industriais e permitir a implementação de sinópticos para se poder monitorizar e interagir com os equipamentos didácticos.
- O segundo PLC M340 com as respectivas placas de (E/S) digitais para controlar um equipamento didáctico de simulação de um elevador monta-cargas, este com uma placa de comunicações BMX NOE100, apenas para poder comunicar com o Supervisor.

Verificou-se então, que a única forma de trabalhar com estes equipamentos é através dos seus softwares, que não são de código aberto e com licenças de utilização muito caras. Por sua vez, estes softwares só funcionam em sistemas operativos específicos e todos da Microsoft. Daqui ficou logo decidido que a solução a disponibilizar tinha de ser um computador com o IIS e com o TSWEB, é assim possível programar e interagir com os equipamentos, disponibilizando os recursos locais desse servidor de laboratório que ficará na mesma rede dos PLC's.

O Utilizador também fica logo limitado, pois para poder aceder ao TSWEB como cliente, necessita do browser Internet Explorer ou equivalente com controlo ActiveX.

Servidores de Laboratório

Assim sendo, implementou-se o Servidor de Laboratório1 que tem o Windows XP com o IIS e o TSWEB instalados e configurados para serem utilizados. Instalou-se também o software PL7 de forma a se poder trabalhar com o TSX Micro. Foi configurado o Windows Steady State com uma conta de utilizador limitada ao máximo, pois como o servidor é para ser usado por muitos utilizadores e para evitar erros e desconfigurações do sistema, implementou-se uma conta com acesso apenas ao software PL7 e ao Internet Explorer, para permitir o descarregamento de ficheiros da internet e no final do trabalho guardá-los. Cada sessão foi também limitada em termos temporais, cada utilização têm direito a uma sessão de uma hora, findo o tempo é feito

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

o log off e apagadas todas as alterações guardadas em disco dessa sessão e o servidor só fica disponível para o próximo utilizador, pois na página de Login deste servidor, é feita essa verificação.

O Servidor de Laboratório2 será para trabalhar com o PLC M340. Logo foi configurado exactamente da mesma forma que o anterior, com a excepção do PL7 que foi substituído pelo Unity Pro.

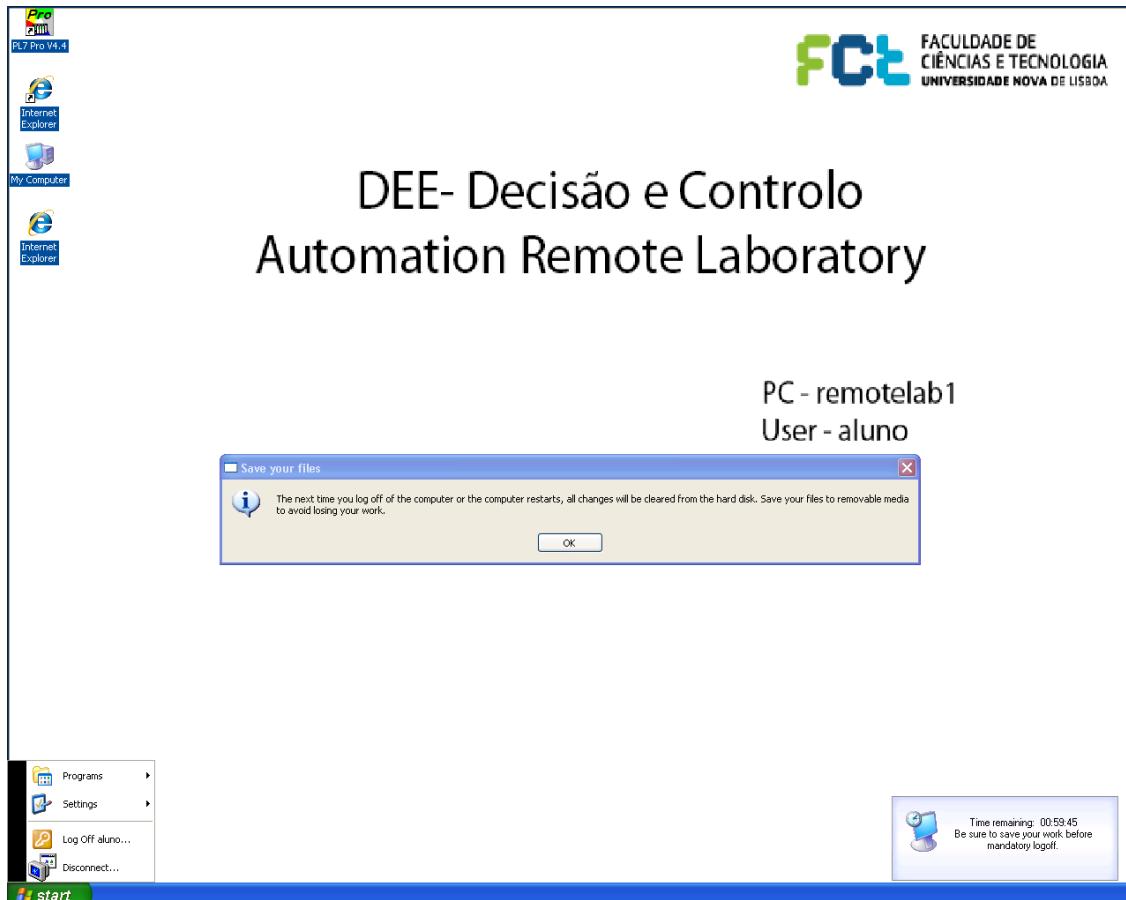


Figura 3.15 – Servidor do Laboratório 1.

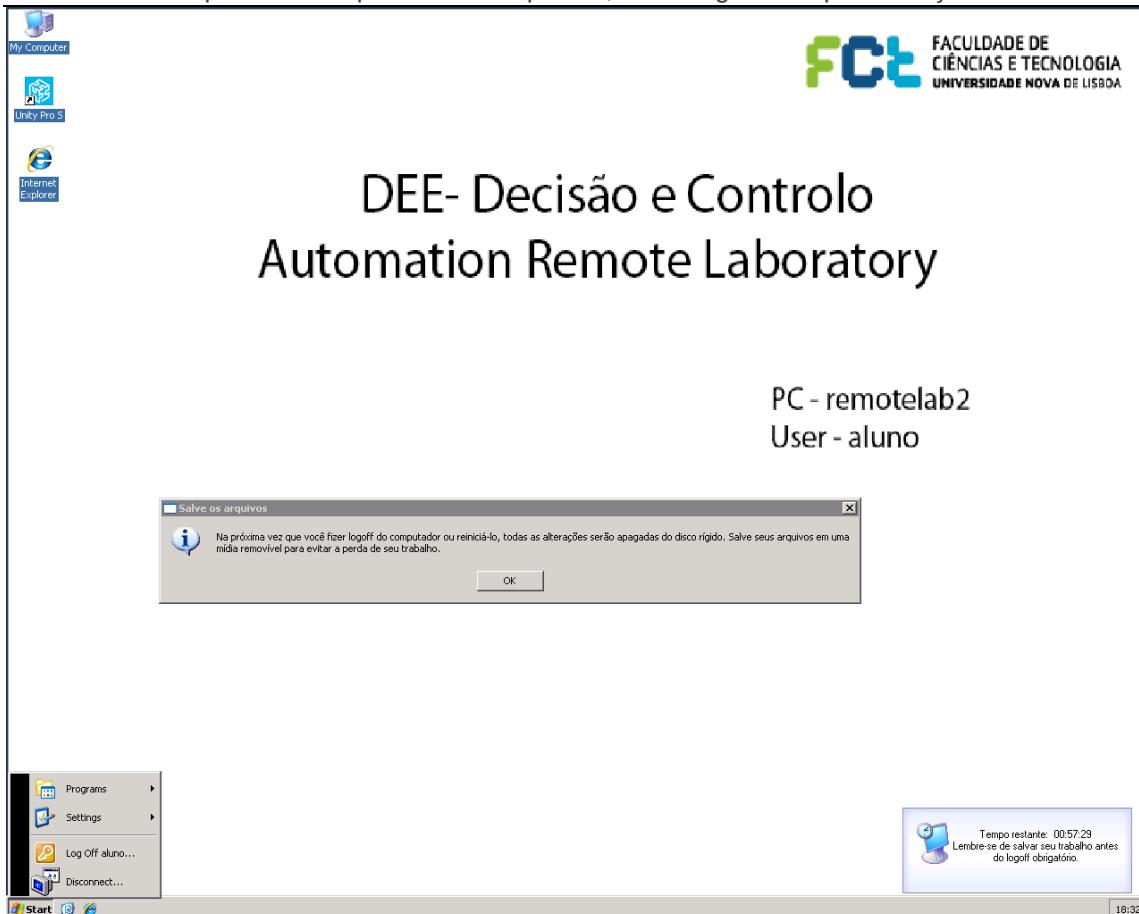


Figura 3.16 – Servidor de Laboratório 2.

Em Figura 3.15 e em Figura 3.16, é possível observar o ambiente de trabalho tipo dos servidores de laboratório. Como se pode reparar, há um controlo de tempo e o sistema operativo está completamente limitado á utilização para que é proposto.

Kits Experimentais

No que diz respeito a esta parte, foram implementados dois *Kits* experimentais, um para o remotelab1 e outro para o remotelab2.

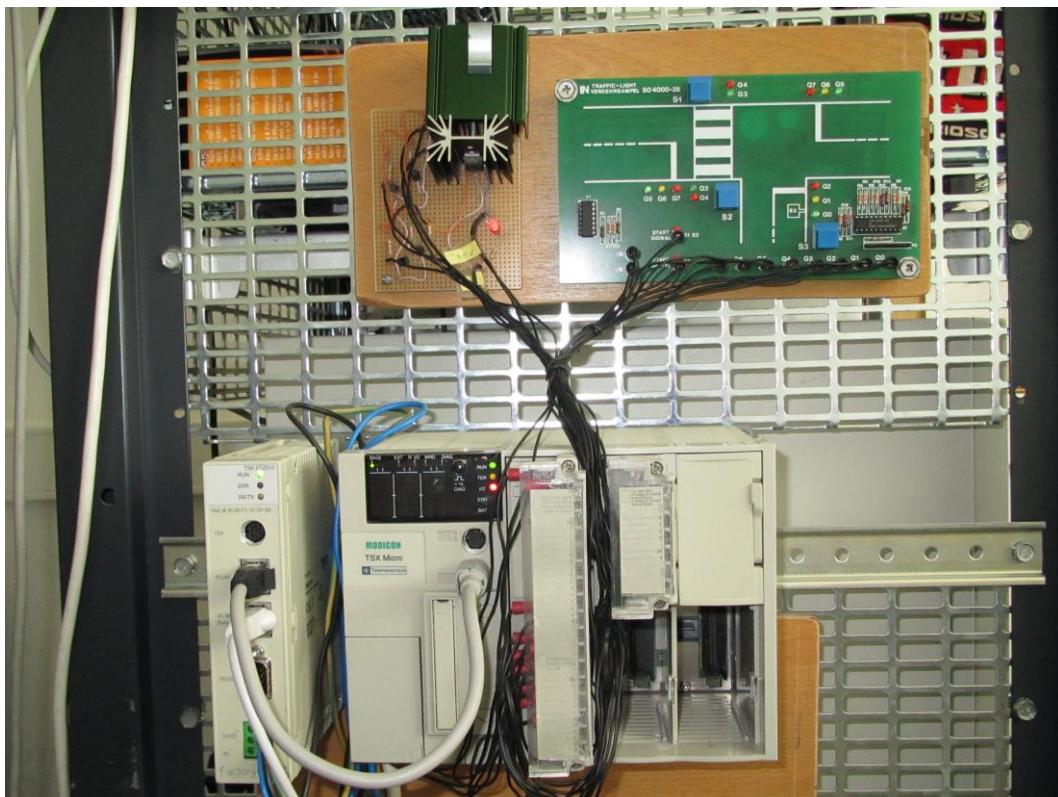
RemoteLab1

Figura 3.17 – Imagem do *Kit* Experimental RemoteLab1.

Na parte inferior da Figura 3.17 pode observar-se o *Kit* Experimental 1 com o PLC TSX Micro 3721 e as respectivas cartas de entrada e saída, na parte superior encontramos o simulador de semáforos, que está ligado ao PLC da seguinte forma:

Tabela 3.2 – Entradas e Saídas do *Kit* Experimental RemoteLab1.

Entradas	Saídas
<ul style="list-style-type: none"> • %I1.0: botões S1 e S2; • %I1.1: botão S3. 	<ul style="list-style-type: none"> • %Q2.0: semáforo verde • Q0 (dir. sul-norte); • %Q2.1: semáforo amarelo • Q1 (dir. sul-norte); • %Q2.x: semáforo Qx, com x = {0, ..., Q7}.

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

No remotelab1, foi implementada uma *webcam* com o *software* *webcamXP*, que é um *software* de controlo da *webcam* e que disponibiliza um servidor de vídeo online como se pode observar na Figura 3.18. Assim, é possível ver o que está realmente a acontecer no equipamento a controlar e praticamente em tempo real.

Para se poder interagir com o equipamento, ou seja, simular entradas têm de se forçar variáveis no *software* de programação PL7, que depois de estar conectado com o PLC, têm essa funcionalidade.

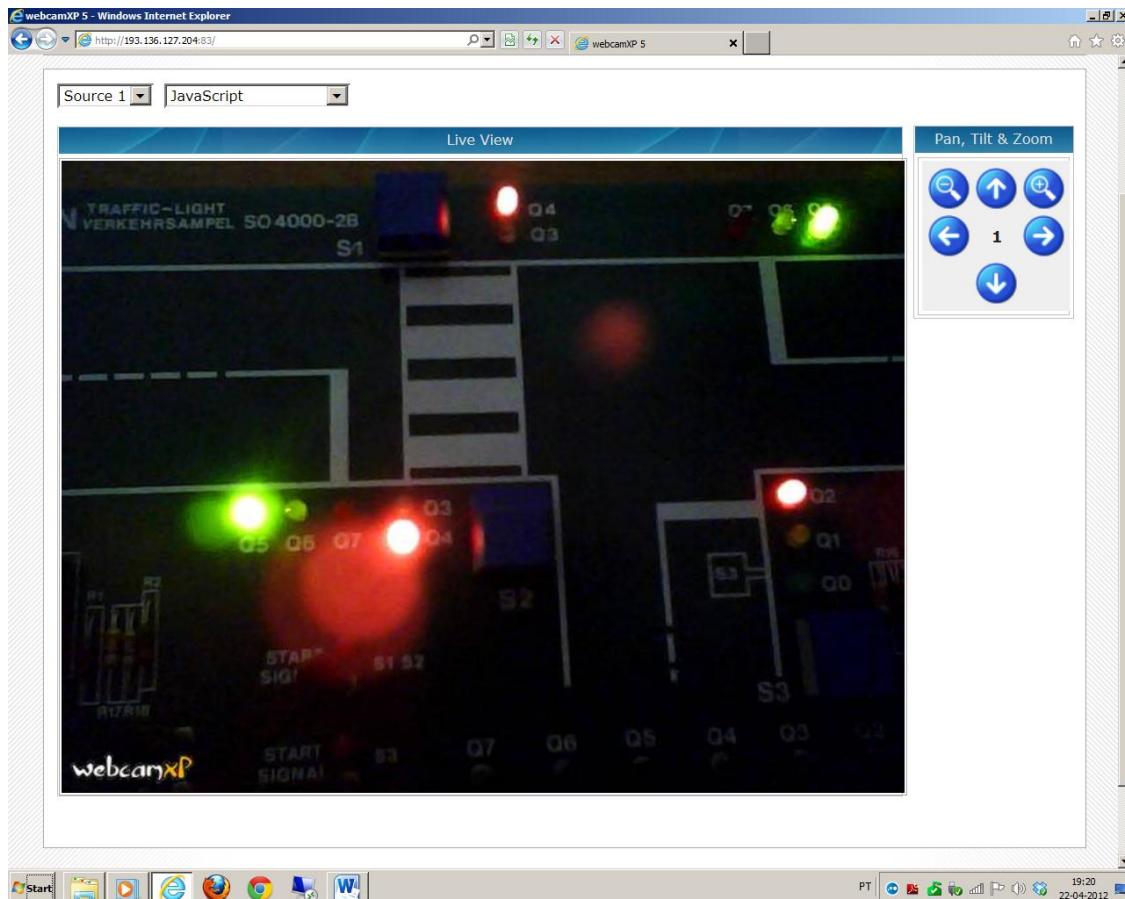
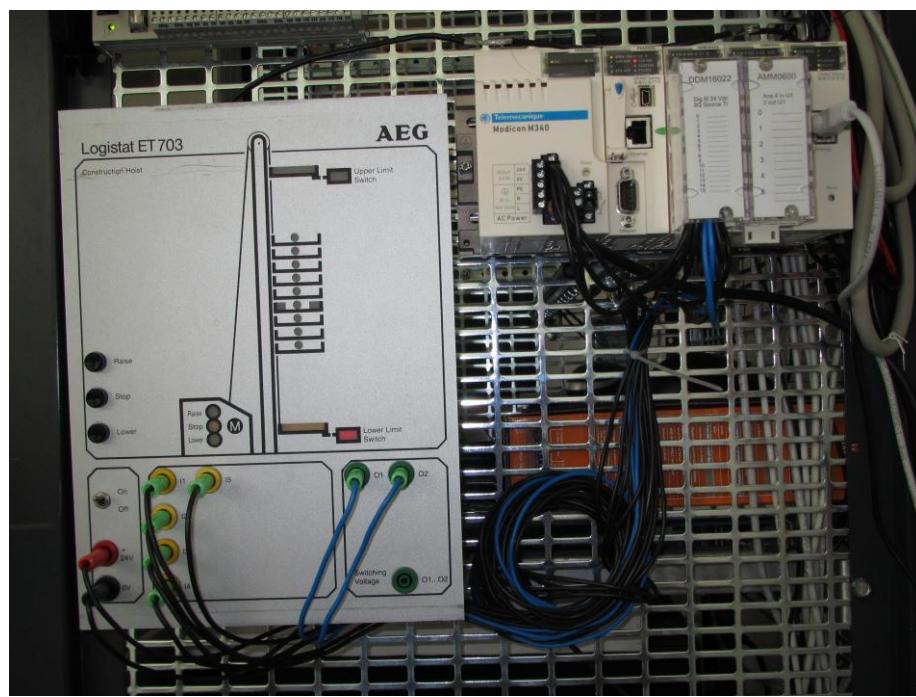


Figura 3.18 – Imagem do servidor WebcamXP no browser.

Figura 3.19 – Imagem do *Kit Experimental RemoteLab2*.

Na Figura 3.19 pode observar-se o *hardware* do *Kit Experimental 2*, do lado direito está o PLC M340 com as cartas de entrada e saída e uma carta de comunicação *Ethernet BMX NOE 100*, do lado esquerdo, encontra-se o simulador de Elevador AEG Logistat ET 703, ligado ao M340 da seguinte Forma:

Tabela 3.3 – Entradas e Saídas do *Kit Experimental RemoteLab2*.

Entradas	Saídas
<ul style="list-style-type: none"> • %I1.0: Botão de Subir; • %I1.1: Botão de Descer; • %I1.2: Botão de Stop; • %I1.3: Fim de curso Superior; • %I1.4: Fim de curso Inferior. 	<ul style="list-style-type: none"> • %Q2.0: Motor Subir; • %Q2.1: Motor Descer. •

Para se poder interagir com este equipamento, não existe *webcam*, nem é necessário forçar variáveis no *software* de programação.

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

Em vez disso, foi implementado um supervisor que disponibiliza um sinóptico de interacção (HMI), este supervisor, é um PLC M340, com uma carta de *Ethernet BMX NOE 110*, que tem um servidor web integrado denominado de *FactoryCast*.

Supervisor

Através do software Unity Pro, foi configurado o I/O-Scanning na placa de *Ethernet BMX NOE110*, o I/O-Scanning, permite que este supervisor tenha acesso de leitura e de escrita nas variáveis do remotelab2. A configuração desta funcionalidade pode ser observada na Figura 3.20.

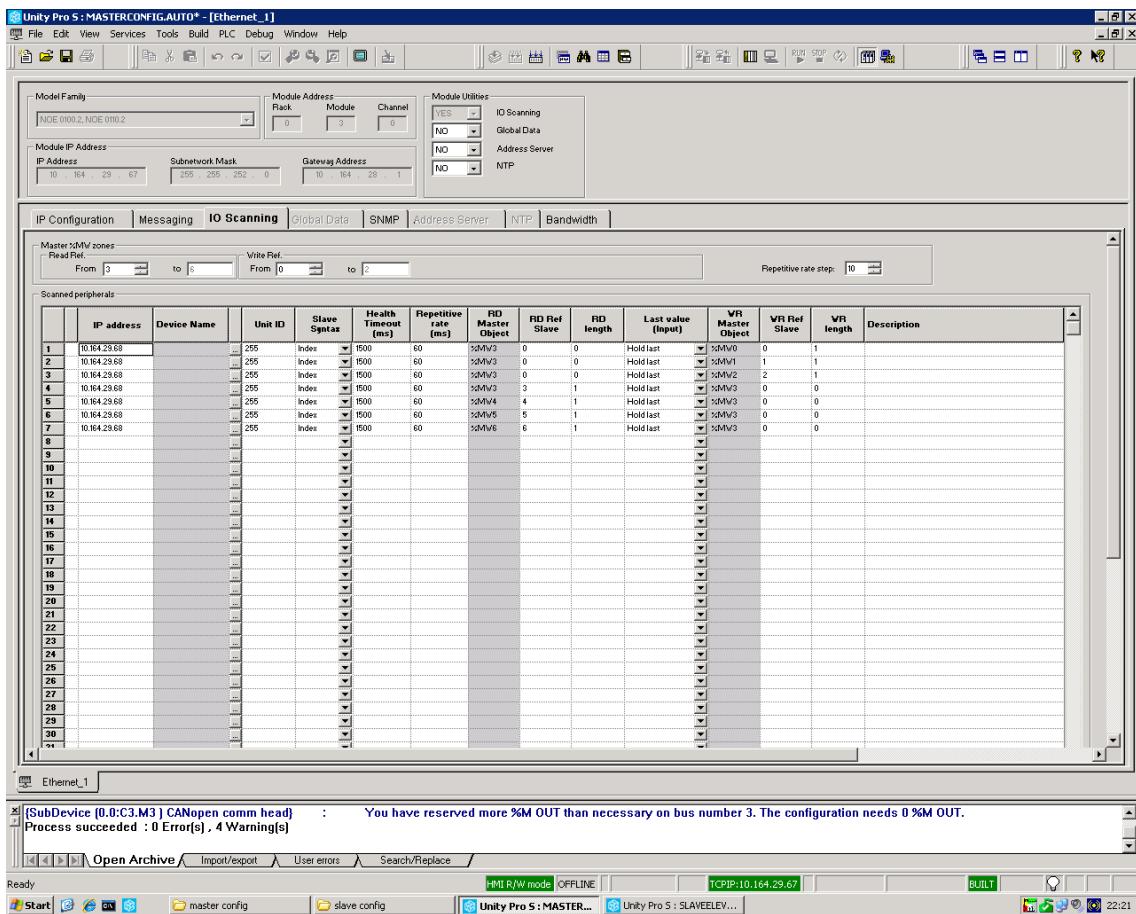


Figura 3.20 – Imagem da configuração IO-Scanning no Unity Pro.

As comunicações através do I/O-Scanning apenas podem ser realizadas por Memory Words (MW), assim sendo, no remotelab2, foi implementado o ficheiro *Aft_VAR* apresentado na Figura 3.21 que apenas executa estas tarefas, transforma as variáveis para poderem ser acedidas ou escritas pelo supervisor.

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

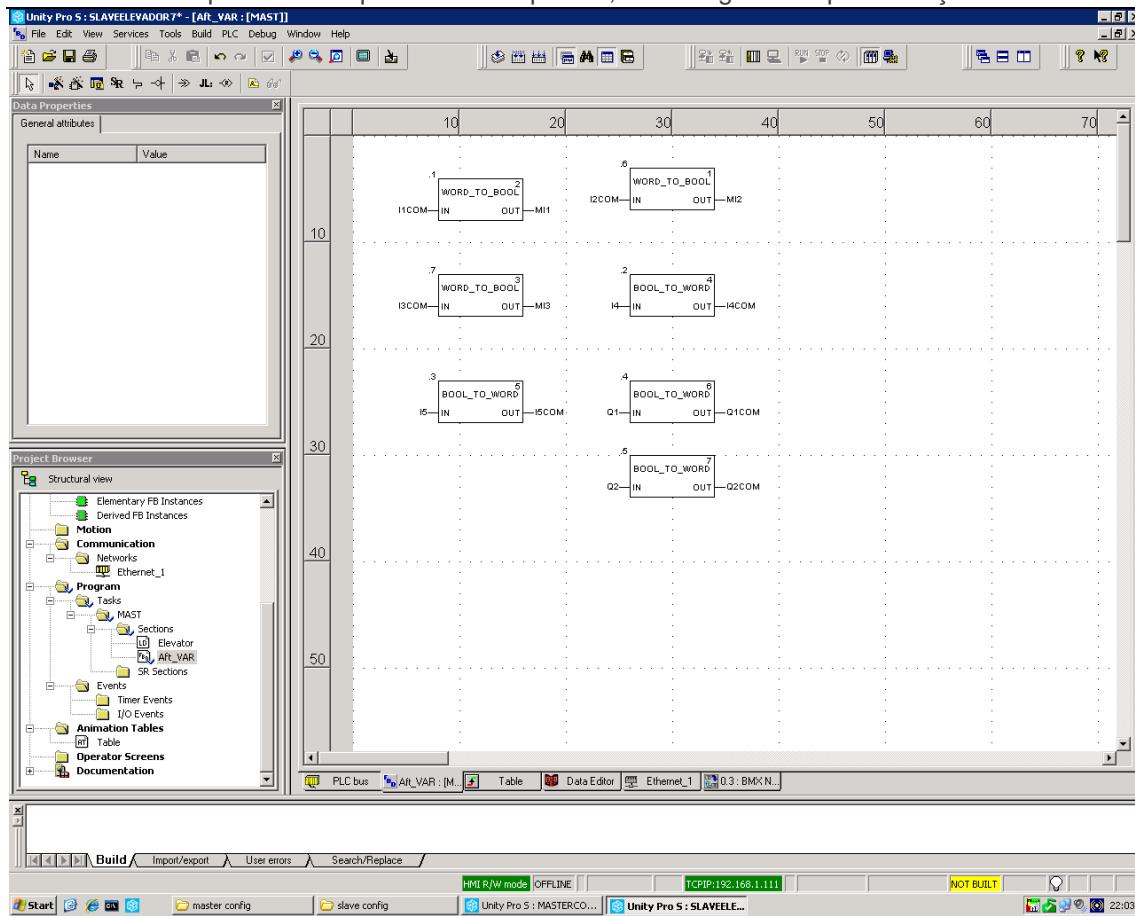


Figura 3.21 – Afectação de variáveis no Unity Pro para IO-Scanning.

Após se ter toda a comunicação configurada entre os dois PLC's, o do remotelab2 e o supervisor, foi utilizado o software WebDesigner da Schneider, fornecido com a carta BMX NOE110, para se construir o sinóptico de interacção com o remotelab2. Foi implementado um sinóptico que imita a realidade, o que se observa é uma imagem do equipamento original, apenas com uns botões virtuais, no local onde estão os reais, e sinalizadores que mudam de cor, nos locais onde se encontra os sinalizadores reais.

Na Figura 3.22, pode-se observar o software, com o sinóptico em implementação. Após finalizado este passo, o sinóptico é descarregado para o Web server da carta BMX NOE110, ficando posteriormente disponibilizado para utilização.

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

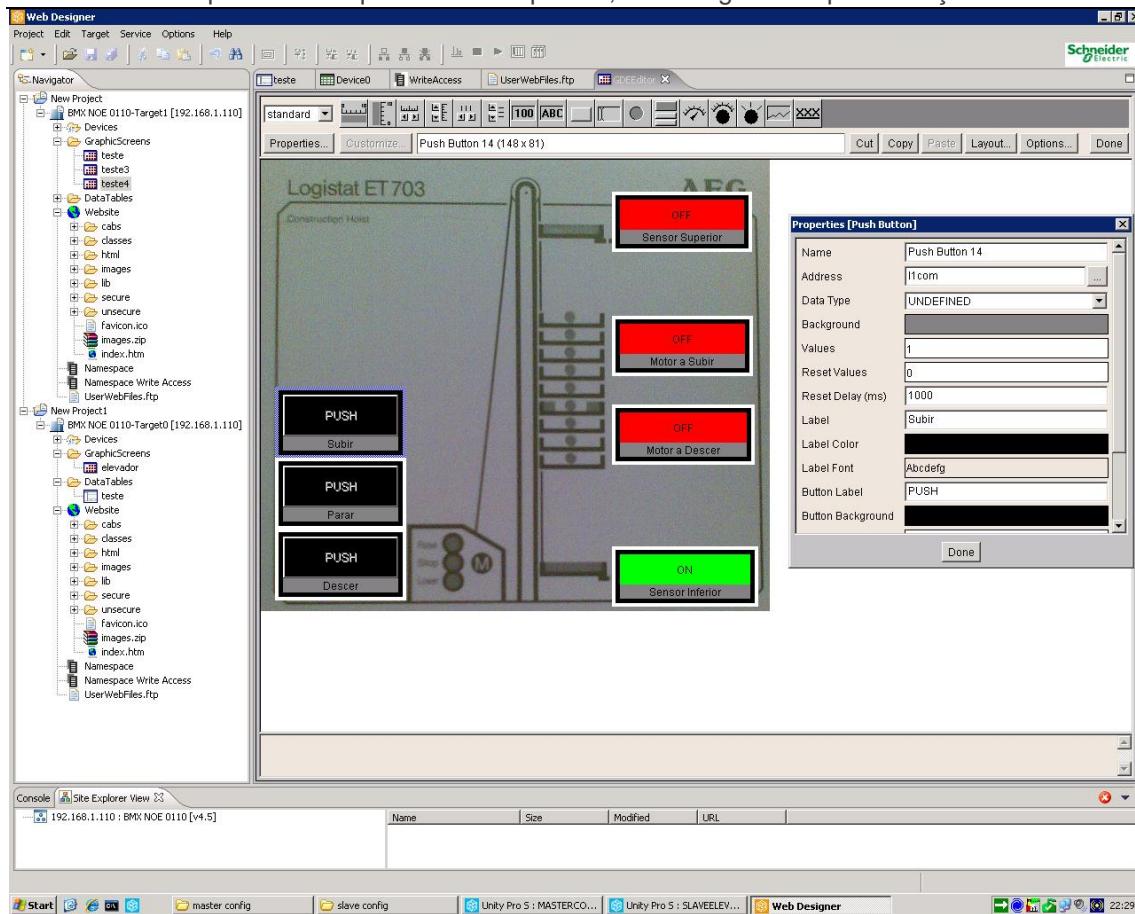


Figura 3.22 – Implementação de HMI no Web Designer.

Com a implementação do supervisor, ficou implementada uma forma de se disponibilizar sinópticos que permitem interacção com os equipamentos didácticos.

Neste caso o supervisor, apenas disponibiliza o sinótico do remotelab2, mas poderiam ser disponibilizados mais, em outros PLC's, ou mesmo só no PLC do remotelab2, caso tivesse outro *hardware* a controlar, que utilizasse entradas e saídas diferentes.

Pode observar-se na Figura 3.23 o supervisor em cima, e o remotelab2 em baixo. Eles apenas comunicam por *Ethernet* com um protocolo que é propriedade da Schneider através das suas placas de comunicação.

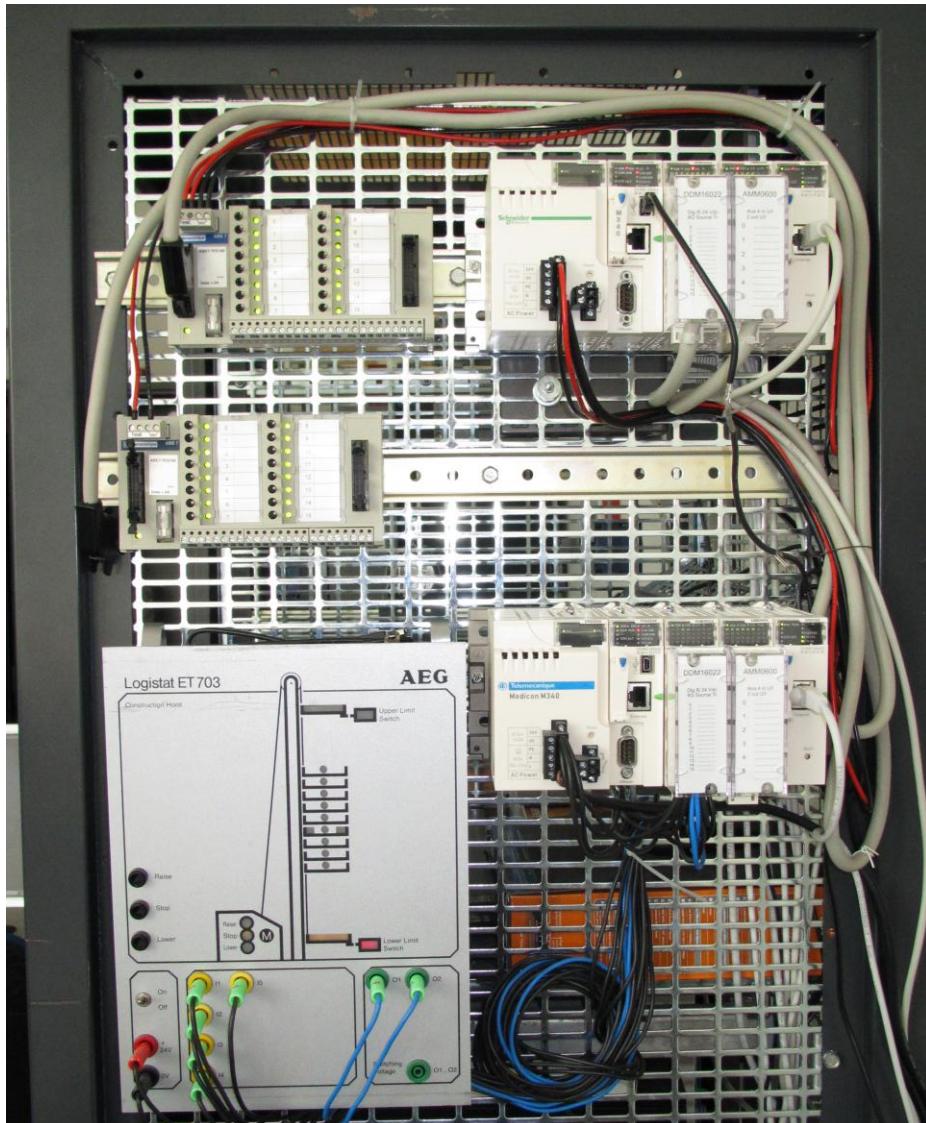


Figura 3.23 – Imagem do Supervisor e do RemoteLab2.

3-2.4.2. GESTOR E SERVIDOR DE CONTEÚDOS

Com recurso á ferramenta SnapPages foi criada uma plataforma *online* para servir de apresentação do Laboratório Remoto e disponibilizar toda a informação necessária que já foi mencionada anteriormente. Temos assim criado o portal do Laboratório Remoto de Automação.

Existem duas formas de se interagir com esta componente, uma como utilizador, ou seja, visitante e outra como administrador. De seguida será explicado o que é disponibilizado para cada uma destas formas.

Utilizador

Para o utilizador é disponibilizado um portal *web* com vários conteúdos. Este portal tem o seguinte menu de navegação:



Figura 3.24 – Menu de utilizador no Gestor e Servidor de Conteúdos.

Todas estas páginas podem ser consultadas em pormenor nos anexos, Tabela A.1 – Páginas de navegação do Gestor e Servidor de Conteúdos e Ficheiros.

Na Home Page, página principal, têm-se em destaque o menu de navegação e um banner em flash, com alguma publicidade e alusão aos autómatos utilizados, de seguida são apresentadas duas secções que são actualizadas automaticamente. A primeira são os 5 últimos posts do *blog* disponível também neste *website* e a outra é um chamado widget da rede social Twitter, que apresenta os últimos tweets colocados na rede social.

O separador About Us, terá informação sobre o conceito do RemoteLab FCT, em Partners, serão mencionadas as instituições que apoiam este projecto bem como empresas ou projectos que estejam relacionados com o mesmo. No separador Instructions, está colocada informação necessária à boa utilização do laboratório remoto, Automação e T.Controlo são dois separadores a título de exemplo, para ser colocada informação relativa a cadeiras, neste caso a cadeira de Automação e a cadeira de Tecnologias de Controlo. O Real Lab é onde fica a ligação para o Gestor de Utilizadores e de Laboratórios.

O *Blog* é umas das partes mais importantes nesta componente da arquitectura, aqui, são visualizados os posts e os respectivos comentários de cada post. Um *blog*, é uma ferramenta muito útil para uma aplicação deste género. Podem ser assim comunicado a todos os utilizadores, informação útil como notícias, recados, memorandos, dicas, etc. Os posts e os comentários ficam sempre guardados depois de aprovados e podem ser consultados sempre que se queira. Um post pode ter vários tipos de conteúdos, como texto, imagens, vídeos e ficheiros para *download*. O *Blog* pode ser subscrito pelos utilizados, que passam assim a receber emails sempre que um post é alterado, ou algum novo post é colocado on-line. Todas estas opções são configuráveis. Outro ponto forte do *Blog*, é a facilidade com que se partilham os posts e os comentários nas redes sociais, ou em um email.

Na aplicação calendário, podem ser visualizados os diferentes calendários que estejam disponíveis. Os eventos associados a cada calendário, são apresentados com a respectiva cor. Isto é útil, para se ter por exemplo um calendário para cada cadeira leccionada e outro para cada tipo de utilizador.

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

O separador Photos é uma galeria de imagens e o Contacs é onde está informação da localização geográfica sobre o laboratório e os contactos associados ao mesmo, é também disponibilizada uma forma de contacto, que depois de preenchida, envia um email para o gestor desta aplicação.

Administrador

O gestor e servidor de conteúdos para o administrador é muito mais complexo que para o utilizador. É aqui que tudo é criado e gerido de uma forma extremamente intuitiva.

Na Tabela A.2 – Funcionalidades do administrador no Gestor e servidor de Conteúdos., estão descritas as funcionalidades mais importantes disponibilizadas ao administrador do sistema. Não será feita uma exposição mais detalhada, pois ficaria muito extensa.

3-2.4.3. GESTOR DE LABORATÓRIOS E GESTOR DE UTILIZADORES

A arquitectura base deste componente já foi revelada em 3-2.2.2, assim, neste módulo e com recurso aos softwares que dele fazem parte, foi implementada uma base de dados que permite uma gestão não muito complexa dos utilizadores e uma gestão dos laboratórios. A base de dados denominada remotelab tem as seguintes tabelas, com os respectivos campos representados na Figura 3.25.

members	waitlist1	waitlist2
<ul style="list-style-type: none"> • user_id(PK) • firstname • lastname • login • passwd 	<ul style="list-style-type: none"> • user_id(PK) • user_name • ord 	<ul style="list-style-type: none"> • user_id(PK) • user_name • ord

Figura 3.25 – Base de Dados remotelab.

Esta base de dados apenas com 3 tabelas permite controlar o acesso de utilizadores e dos mesmos aos laboratórios.

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

A base de dados foi criada e está alojada no sistema de gestão de bases de dados MySQL, a ferramenta usada e de fácil utilização para trabalhar na base de dados, foi o PHP MyAdmin, Figura 3.26. Foi nessa aplicação que foram criadas as tabelas e o seu conteúdo.

The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a database named 'remotelab'. The left sidebar lists tables: 'members', 'waitlist1', and 'waitlist2'. The main area displays the 'members' table structure with the following columns:

#	Column	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Extra	Action
1	member_id	int(11)	latin1_swedish_ci	UNSIGNED	No	None	AUTO_INCREMENT	Change Drop More
2	firstname	varchar(100)	latin1_swedish_ci		Yes	NULL		Change Drop More
3	lastname	varchar(100)	latin1_swedish_ci		Yes	NULL		Change Drop More
4	login	varchar(100)	latin1_swedish_ci		No			Change Drop More
5	passwd	varchar(32)	latin1_swedish_ci		No			Change Drop More

Below the table structure, there are buttons for 'Check All / Uncheck All With selected', 'Browse', 'Change', 'Drop', 'Primary', 'Unique', and 'Index'. A 'Create table' button is also present. The 'Indexes:' section shows one index:

Action	Keyname	Type	Unique	Packed	Column	Cardinality	Collation	Null	Comment
Edit Drop	PRIMARY	BTREE	Yes	No	member_id	3	A		

A 'Create an index on' input field with a value of '1' and a 'columns' dropdown set to 'At End of Table' is shown. The 'Row Statistics' section provides the following data:

Type	Usage	Statements	Value
Data	16,384 B	Format	Compact
Index	0 B	Collation	latin1_swedish_ci
Total	16,384 B	Next Autoindex	4
		Creation	Apr 17, 2012 at 10:27 PM

Figura 3.26 – Base de Dados no Php MyAdmin.

Com a base de dados criada, foram desenvolvidos uma série de ficheiros HTML e PHP de forma a ser implementada a gestão de utilizadores e dos laboratórios.

No Anexo 3, cada ficheiro será enumerado e justificado o porquê da sua implementação:

Todos esses ficheiros, têm o propósito de suportar a gestão dos utilizadores e dos laboratórios, sem aprofundar o código e técnicas de programação, será explicado na Figura 3.27 como foi implementada a forma de funcionamento geral desta aplicação.

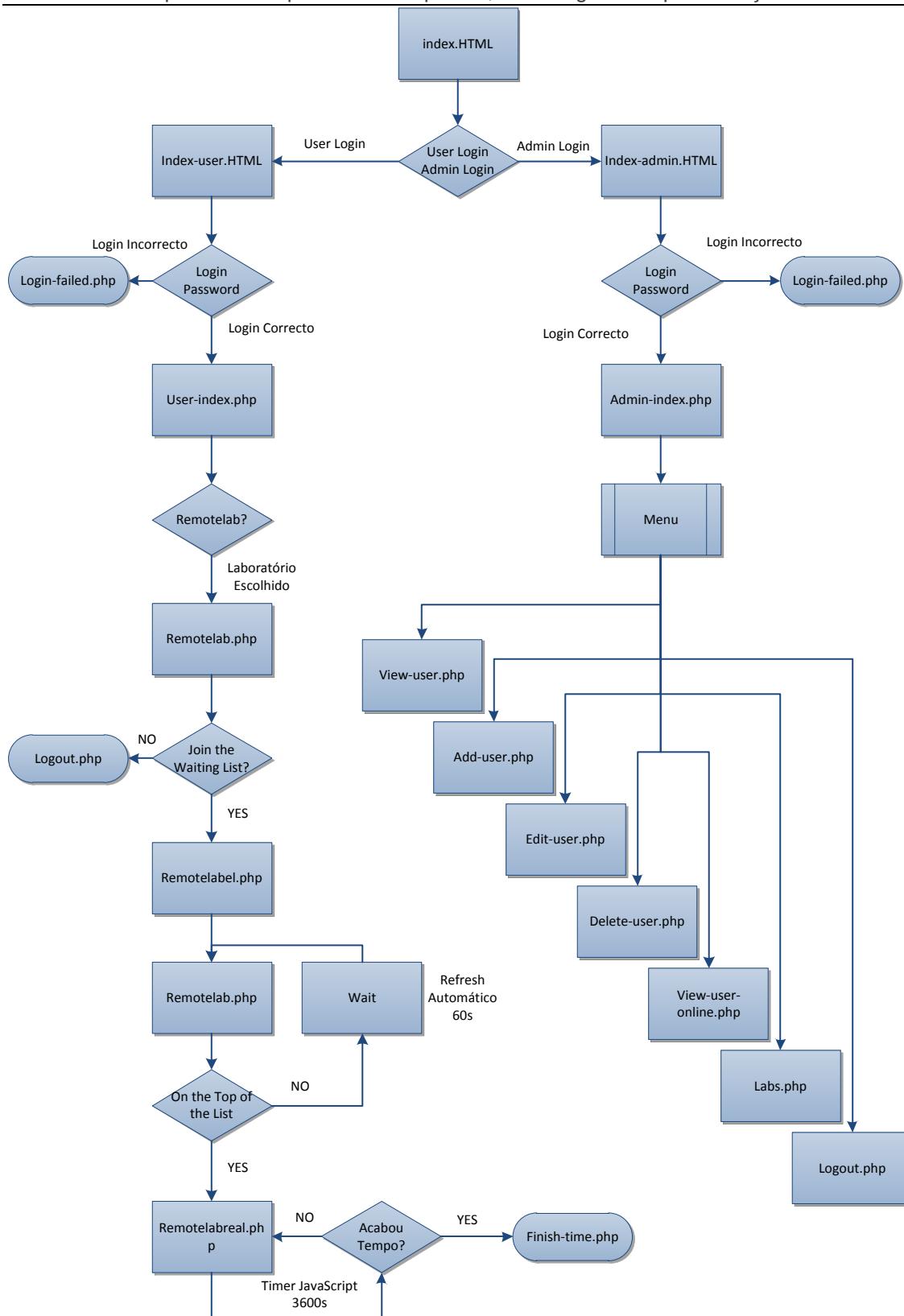


Figura 3.27 – Fluxograma de funcionamento do Gestor de Laboratórios e de Utilizadores.

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

Através da Figura 3.27 é possível perceber o porquê da implementação de tantos ficheiros e o funcionamento geral desta aplicação.

Um utilizador quer seja um aluno ou um professor/administrador, entra sempre na mesma página inicial, ai indica se é administrador ou utilizador normal.

Será então encaminhado para uma página de login correspondente á sua escolha.

Administrador

É Apresentada uma *form* de login, onde é necessário introduzir um nome de login e uma password.

Se a consulta á base de dados for errada, o utilizador é avisado que introduziu dados inválidos e volta á página inicial.

Se a consulta for bem-sucedida, o administrador, entra para uma página onde lhe é apresentado um menu com várias opções que serão agora apresentadas.

[View All Users](#)

Ao entrar neste link do menu, será apresentada uma tabela com todos os utilizadores registados na base de dados.

[Add User](#)

Este link, como o nome indica, apresenta uma página que têm uma form de adição de novos utilizadores, o administrador após preencher todos os campos da form, clica em adicionar, e a integridade dos dados inseridos irá ser verificada, se passar nos testes, será introduzido na base de dados este novo utilizador. Caso contrário, o administrador, será informado dos erros presentes na inserção de dados e voltara á form inicial, para os corrigir e voltar a tentar a adição de um novo utilizador.

[Edit User](#)

Aqui o administrador tem de indicar qual o utilizador a editar, depois de escolhido, é aberta outra página com uma form igual á da página do add user, mas desta vez, vem preenchida com os dados do utilizador a editar. Agora é possível modificar os campos pretendidos, inclusive alterar passwords. De seguida é só fazer submit, os dados alterados irão ser verificados e se estiverem correctos, o utilizador será modificado para as novas entradas.

[Delete User](#)

Página onde é pedido inserção do utilizador que se pretende apagar. Se o utilizador inserido se encontrar na base de dados, será apagado.

[Users Online](#)

Capítulo 3 – Arquitecturas Propostas, Tecnologias e Implementação

Ao Clicar neste link do menu, será disponibilizado ao administrador, uma página com uma tabela por cada laboratório, contendo cada tabela, os utilizadores que estão on-line. Esta página é apenas de consulta, como no link View All Users.

Labs

Aqui são disponibilizados links directos para os laboratórios, este menu foi adicionado, para o administrador poder entrar nos laboratórios e ir verificar o *hardware*. O administrador não necessita de esperar para entrar. Ele é encaminhado para o laboratório pretendido, e ao fazer o login com a sua conta, mesmo que algum utilizador esteja online, será automaticamente feito o logoff do mesmo e dada a prioridade ao administrador.

Logout

Neste link o administrador é encaminhado para a página de logoff, aqui serão apagadas todas variáveis de sessão que será também encerrada. Assim o administrador não poderá efectuar mais nada até que seja feito um novo login.

Utilizador

O utilizador depois de efectuar o login, é encaminhado para a página user-index.php onde são apresentados os laboratórios disponíveis.

Após escolher um dos laboratórios, será encaminhado para o mesmo. Em cada um dos laboratórios é apresentada uma página com a lista de espera desse laboratório bem como a opção do utilizador entrar na lista ou não. Caso o utilizador escolha entrar na lista, será imediatamente inserido, ai passa a ver a lista com o seu nome.

Agora já noutra fase, o utilizador pode ou não estar no topo da lista, caso esteja no topo da lista, têm um tempo limite para entrar para o laboratório, e depois de entrar para o laboratório, têm mais um tempo limite para trabalhar, após o tempo de trabalho terminar, será feito o logoff desse utilizador.

Caso não esteja no topo da lista, o utilizador vai ter de esperar nessa página até chegar á sua vez.

3-2.4.4. ROTEADOR

Para que todos os componentes da arquitectura ligados ao router fiquem acessíveis através da internet, este precisa de ser configurado, a tabela de Port-Forward será apresentada na Figura 3.28 e será explicado o propósito da sua configuração na Tabela 3.4.

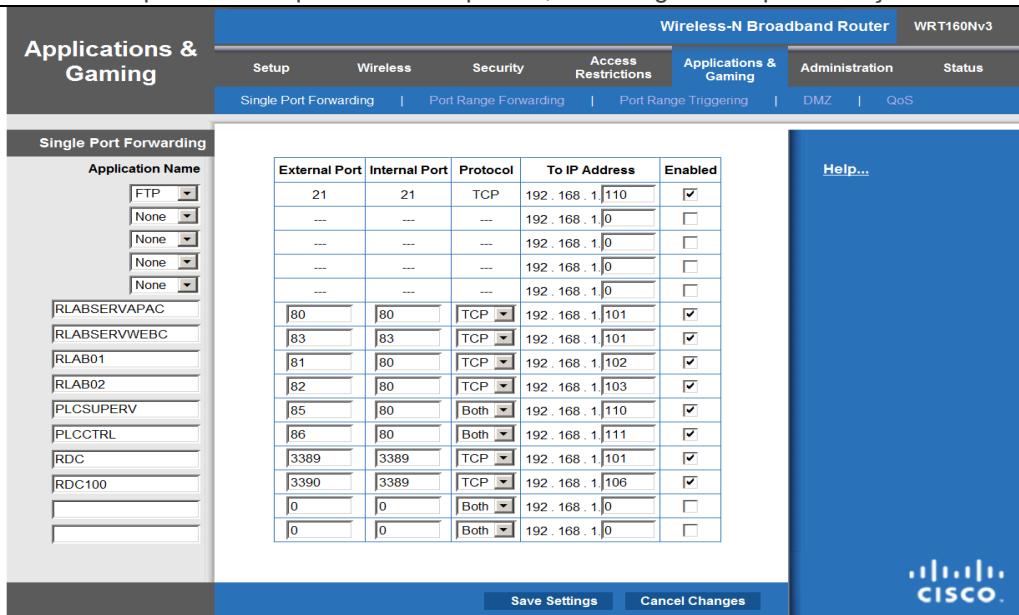


Figura 3.28 – Configuração do Single Port Forwarding no Router.

Tabela 3.4 – Funções dos Port Forwarding implementados.

Nome	Função
RLABSERAPAC	Abrir porta para o servidor APACHE.
RLABSERVWEBC	Abrir porta para o webcam server do Webcam XP.
RLAB01	Abrir porta para o TSWeb do remotelab1.
RLAB02	Abrir porta para o TSWeb do remotelab2.
PLCSSUPERV	Abrir porta para o servidor FactoryCast da placa de <i>Ethernet</i> BMX NOE 110 instalada no supervisor.
PLCCTRL	Abrir porta para o servidor FactoryCast da placa de <i>Ethernet</i> BMX NOE 100 instalada no remotelab2.

Capítulo 4 – RESULTADOS

Os resultados experimentais que serão apresentados neste capítulo são experiências de utilização do laboratório remoto, quer por administradores, quer por utilizadores.

Será apresentado o aspecto final de todo o sistema e simuladas todas as possibilidades de utilização do Automation Remote Lab FCT.

Devido á grande extensão de experiência de utilização, imagens demonstrativas e breves explicações foram incluídas nos Anexos.

É pedido ao leitor que no decorrer deste capítulo, tente imaginar uma experiência web, a abordagem pedida á leitura é uma simulação de navegação pela internet tendo em conta que se está dentro de um *browser*.

Serão descritas duas experiências de utilização, uma para o administrador e outra para o utilizador.

4-1. ADMINISTRADOR

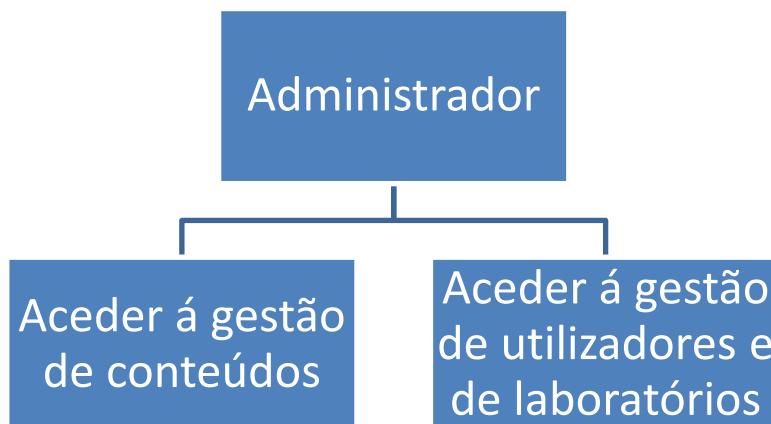


Figura 4.1- Tipos de utilização do Administrador.

O administrador pode aceder ao sistema com 2 propósitos como se pode verificar pela Figura 4.1- Tipos de utilização do Administrador:

- Aceder á gestão de conteúdos;
- Aceder á gestão de utilizadores e de laboratórios.

Serão descritos de seguida estes dois tipos de utilização por parte do administrador.

4-1.1. ACEDER À GESTÃO DE CONTEÚDOS

O administrador acede ao url www.remotelabfct.pt.vu e no canto superior direito desta página clica no *link de login*, insere os seus dados de login e password e caso estejam correctos, entrará na parte de gestão de conteúdos.

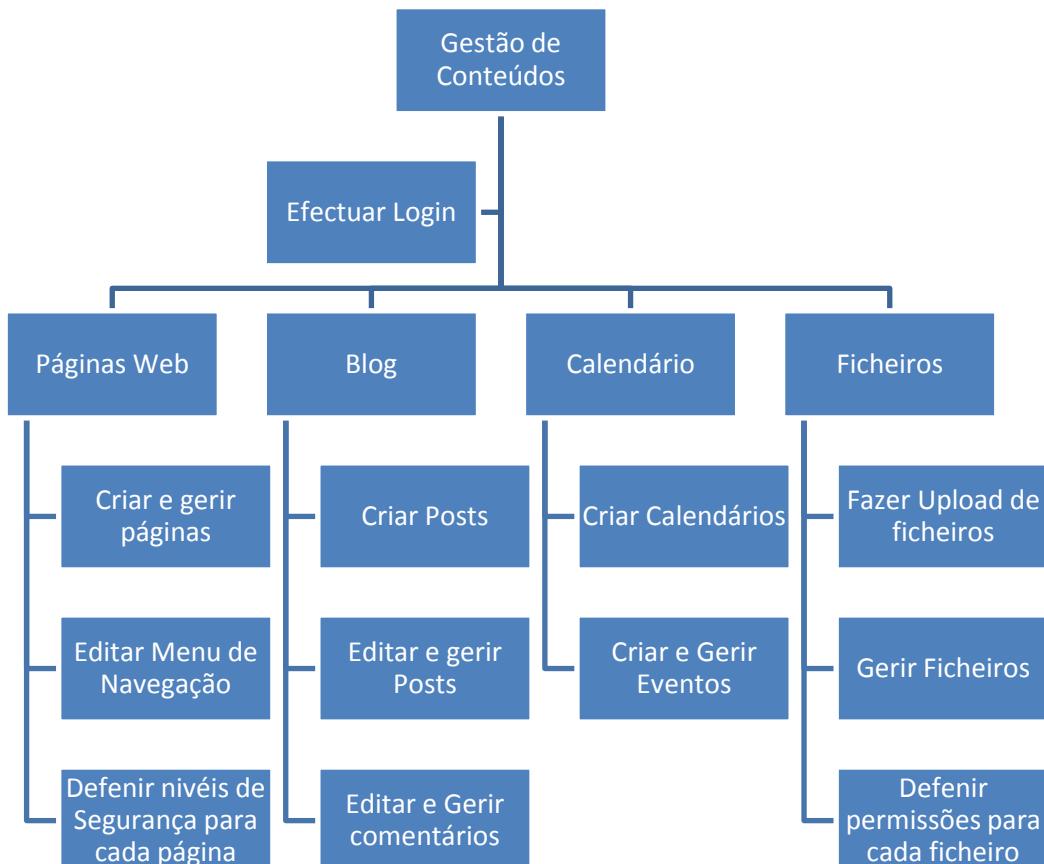


Figura 4.2- Funcionalidades da Gestão de Conteúdos.

O administrador terá ao seu dispor todas as funcionalidades apresentadas na Figura 4.2- Funcionalidades da Gestão de Conteúdos, bem como outras de menos relevância.

Esta Experiência de utilização encontra-se descrita na Tabela A.2 – Funcionalidades do administrador no Gestor e servidor de Conteúdos.

4-1.2. ACEDER Á GESTÃO DE UTILIZADORES E DE LABORATÓRIOS

Acedendo inicialmente ao mesmo endereço url www.remotelabfct.pt.vu, clicando no menu RealLab e posteriormente na imagem que lá se encontra, o administrador será encaminhado para o Servidor e Gestor de Utilizadores e Laboratórios, onde encontrará as seguintes funcionalidades:

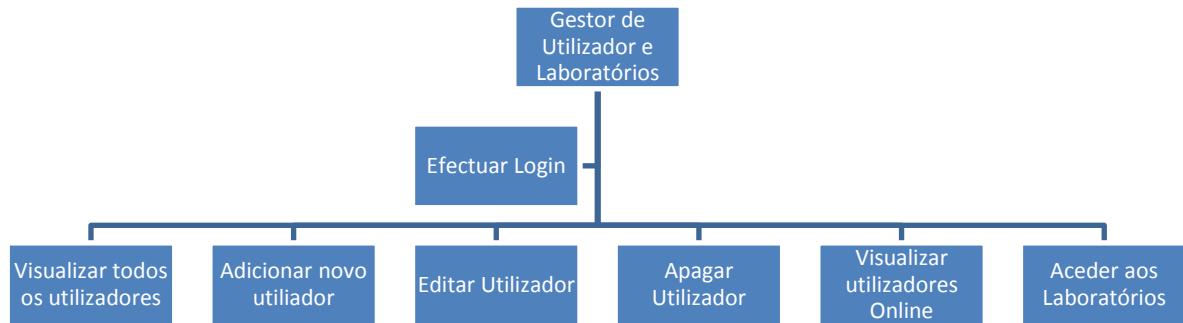


Figura 4.3- Funcionalidades do Gestor de Utilizadores e Laboratórios.

Esta experiência de utilização está descrita em detalhe na Tabela A.8 - Páginas de interação do administrador com o Gestor de Utilizadores e Laboratórios.

4-2. UTILIZADOR



Figura 4.4- Tipos de utilização do Utilizador comum.

O utilizador dispõem de duas formas de interacção com este sistema, ele pode assim, como se verifica na Figura 4.4- Tipos de utilização do Utilizador comum :

- Consultar Conteúdos e interagir com professores ou outros utilizadores;

- Utilizar Laboratório Remoto.

Serão descritos de seguida, estes dois tipos de utilização por parte do utilizador.

4-2.1. CONSULTAR CONTEUDOS E INTERAGIR COM PROFESSORES OU OUTROS UTILIZADORES

O utilizador acede ao url www.remotelabfct.pt.vu e pode navegar livremente, dispondo das seguintes funcionalidades:

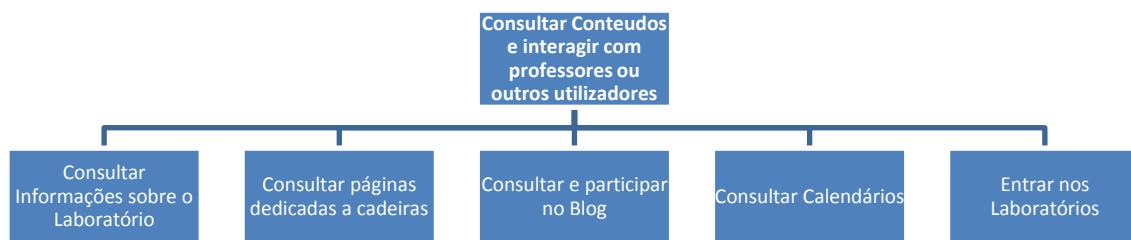


Figura 4.5 – Funcionalidades do Gestor de Conteúdos para o Utilizador.

Aqui encontrará todo o material didáctico disponibilizado pelo administrador, bem como informações e hipóteses de comunicar com os administrador, professor ou outros utilizadores.

O utilizador encontra aqui uma experiência que está descrita em detalhe na Tabela A.1 – Páginas de navegação do Gestor e Servidor de Conteúdos e Ficheiros.Tabela A.2 – Funcionalidades do administrador no Gestor e servidor de Conteúdos

4-2.2. UTILIZAR LABORATÓRIO REMOTO

Tal como no administrador, o utilizador accedendo inicialmente ao mesmo endereço url www.remotelabfct.pt.vu, clicando no menu RealLab e posteriormente na imagem que lá se encontra, será encaminhado para o Servidor e Gestor de Utilizadores e Laboratórios, ai terá uma experiência de utilização que não têm funcionalidades paralelas. É apenas escolhido um laboratório e é utilizado. Esta Experiência encontra-se descrita na Tabela A.7 – Páginas de interação do utilizador com o Gestor de Utilizadores e Laboratórios. Esta é a experiência de utilização principal, foi com esta finalidade que todo este trabalho foi projectado e desenvolvido.

Capítulo 5 – CONCLUSÃO

A concepção e desenvolvimento de um ambiente de ensino experimental à distância e de todos os seus elementos constituintes mostraram ser uma tarefa muito abrangente que envolve diversos conceitos e tecnologias actuais. Tentando cobrir as principais áreas relacionadas com a experimentação à distância, foram analisadas e apresentadas soluções para questões como a actuação de instrumentação remota, a transmissão de dados, de áudio e vídeo em tempo real, a implementação de simulações interactivas e a criação de interfaces ricas HMI.

Para cada um dos elementos do ambiente experimental, bem como para o ambiente em si, foram identificados requisitos e funcionalidades a disponibilizar, especificados os esquemas lógicos das bases de dados e definidas arquitecturas para todos os módulos a implementar.

Relativamente ao sistema de laboratórios remotos, foram especificadas as funcionalidades essenciais e concebida uma arquitectura tendo como base conceitos como independência, partilha, estabilidade, escalabilidade, integração em ambientes educacionais, acessibilidade e usabilidade.

Relembrando os objectivos propostos inicialmente no 1-2 e não esquecendo as limitações indicas no 1-2, é possível retirar conclusões e fazer a avaliação que se encontra na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Análise dos objectivos propostos.

	Objectivos	Conclusão / Avaliação
Gerais	Implementação de um Laboratório Remoto para o ensino de automação.	Este objectivo foi atingido. Foi implementado um Laboratório Remoto de automação.
	Implementação de uma estrutura – plataforma de gestão desse laboratório.	Objectivo atingido, pois é permitida a gestão dos conteúdos a disponibilizar no Servidor de Conteúdos e é permitida a gestão de utilizadores no Gestor de Utilizadores e laboratórios.
	O Laboratório tem de permitir a programação dos equipamentos disponíveis nos laboratórios.	Objectivo atingido. Na arquitectura implementada é possível aos utilizadores programarem os equipamentos disponíveis, neste caso os 2 PLC's, TSX Micro e M340.

	O Laboratório tem também de permitir o teste dessa programação nos <i>kits</i>	Objectivo atingido. Tanto no remotelab1 através da visualização pela <i>webcam</i> e afectação de variáveis no PL7, como na HMI disponibilizada pelo supervisor para o remotelab2, é permitido ao utilizador testar a programação nos <i>kits</i> experimentais.
	Pretende-se que o sistema seja simples para o utilizador.	Como já foi mencionado, o cliente necessita de correr ActiveX e ter o Java virtual machine instalados, para usufruir de todas as capacidades dos laboratórios. Esta não é uma estrutura de cliente simples. Contudo, não foi possível programar os equipamentos de outro modo, pois são de <i>software</i> fechado. Assim, conclui-se que dentro da realidade existente, este objectivo foi atingido, pois o cliente é o mais simples possível.
Do lado do Utilizador/ Cliente	O utilizador tem de ter ao seu dispor na plataforma, todo o material didáctico necessário para uma boa aprendizagem, bem como todas as instruções necessárias para utilização do Laboratório.	Objectivo atingido com a implementação do Gestor e Servidor de Conteúdos.
	A interface de programação deverá ser semelhante à que o utilizador teria se estivesse fisicamente no Laboratório, ou a trabalhar na indústria.	Objectivo atingido, pois o que é disponibilizado aos utilizadores, é exactamente o <i>software</i> disponibilizado pelos fabricantes dos PLC's.
	Possibilidade de interacção com o <i>kit</i> experimental com que está a trabalhar.	Ao permitir controlo ActiveX e ter instalado o JVM, o cliente tem ao seu dispor a possibilidade de interacção com os <i>kits</i> experimentais.

	O utilizador tem de poder interagir com os docentes e com os colegas.	Através do <i>Blog</i> implementado no Gestor de Conteúdos, este objectivo foi tornado realidade.
Do Lado do Servidor	O servidor terá de possuir todos os meios para que os objectivos gerais e do utilizador possam ser cumpridos de forma simples, expansível e dinâmica.	Qualquer uma das componentes implementadas podem ser expansíveis e melhoradas. Tanto a arquitectura como os seus componentes, foram desenhados com a possibilidade de existirem n laboratórios remotos ou virtuais.
	Deverão ser usados recursos facilmente acessíveis, quer monetariamente, quer burocraticamente.	Os recursos utilizados, foram os que já estavam disponíveis.

Como dificuldades, é de salientar apenas a relativa falta de suporte para trabalhar com equipamentos industriais como os PLC's, e a dificuldade de configuração da rede controlada pelo Centro de Informática da FCT-UNL.

Como conclusão final, é possível afirmar que o ambiente experimental à distância é em síntese a concretização de um espaço virtual em que a mobilidade, a aprendizagem activa, a interactividade e a comunicação atingem um expoente elevado. Além disto, o avanço das tecnologias *web* e das infra-estruturas de rede, aliado à crescente investigação e avaliação educacional deste tipo de implementações, permitirão o seu progressivo desenvolvimento e aperfeiçoamento ao longo do tempo e a sua consequente confirmação como elemento indispensável num modelo de ensino de qualidade.

Lista de publicações:

Brito Palma, L., Coito, F., Borracha, A., & Martins, J. F. (2011). A Platform to Support Remote Automation and Control Laboratories. *Experiment@ International Conference*.

Perspectivas de Trabalho Futuro

O projecto de implementação de um Laboratório Remoto, apresentado na presente tese, é o que frequentemente se designa, no campo da investigação, como um trabalho sem fim (*never-ending work*)

Existe uma infinidade de trabalhos que poderão dar seguimento ao presente projecto, quer em investigação, quer em implementação e até em gestão e manutenção. Passam-se a citar sugestões que deverão ser realizadas de modo a dar continuidade ao projecto (*must do*):

- Inserção de conteúdos didácticos;
- Integração de alguns laboratórios já existentes;
- Implementar um sistema de *Reset* de emergência;
- Colocar pontos de iluminação junto da *WebCam*;
- Melhorar a plataforma de gestão de utilizadores e expandi-la;
- Permitir uma inserção de novos laboratórios de modo fácil e intuitivo;
- Transferir o gestor de conteúdos localizado em servidor não próprio para um servidor do DEE executando uma aplicação do tipo Moodle ou Joomla.

Afirma-se assim que o início e o suporte base do Laboratório Remoto estão implementados. Com a continuação do trabalho, o Departamento de Engenharia Electrotécnica da FCT-UNL poderá usufruir de um bom e completo Laboratório Remoto, para apoiar e melhorar o excelente ensino já praticado.

BIBLIOGRAFIA

- Alhalabi, B., Marcovitz, D., Hamza, K., & Petrie, M. (2000). Remote labs: an innovative leap in the world of distance education. *SCI 2000 / ISAS 2000*.
- Anido, L., Llamas, M., & Fernández, M. J. (2001). Internet-based learning by doing. *IEEE Education Society, 44*(2).
- Atkan, B., Bohus, C. A., Crowl, L. A., & Shor, M. H. (1996). Distance learning applied to control engineering laboratories. *IEEE Transactions on Education, 39*, 320-326.
- Auer, M., Pester, A., Ursutiu, D., & Samoila, C. (2003). Distributed virtual and remote labs in engineering. *IEEE International Conference on Industrial Technology* (pp. 1208-1213).
- Automation.com. (2011). Programable Automation Controller (PAC).
http://www.automation.com/images/commerce/opto22/PAC_FAQ.swf.
- Aydogmus, Z., & Aydogmus, O. (2009). A Web-based remote access laboratory using SCADA. *IEEE Transactions on Education, 52*(1).
- Bagnasco, A., Parodi, G., & Scapolla, A. M. (2004). A remote laboratory tool-Kit and the perspective of a common approach to the release of online experiments. *Rev2004*.
- Bencomo, S. D. (2004). Control learning: present and future. *Annual Reviews in Control, 28*, 115-136.
- Berners-Lee, T., Fielding, R., & Frystyk, H. (1996). Hypertext Transfer Protocol - HTTP/1.0. *Internet Engineering Task Force*.
- Bischoof, A., & Rohring, C. (2001). Remote experimentation in a collaborative virtual environment. *20th World Conference on Open Learning and Distance Education*.
- Bohne, A., Faltin, N., & Wagner, B. (2002). Self-directed learning and tutorial assistance in a remote laboratory. *Interactive Computer Aided Learning Conference*.
- Brito Palma, L., Coito, F., Borracha, A., & Martins, J. F. (2011). A Platform to Support Remote Automation and Control Laboratories. *Experiment@ International Conference*.
- Casini, M., Prattichizzo, D., & Vicino, A. (2004). The automatic control Telelab. *IEEE Control Systems Magazine, 24*(3).
- Castrucci, P., & Moraes, C. (2007). Engenharia de Automação Industrial. *LTC, 2^a Ed.*
- Cmuk, D., Mutapcic, T., & Borsic, M. (2008). Mobile measurement support for remote laboratories and e-learning systems. *16th IMEKO TC4 Symposium Exploring New Frontiers of Instrumentation and Methods for Electronic Measurements*.
- Cooper, M. (2000). The challenge of practical work in a eUniverty - real, virtual and remote experiments. *Information Society Technologies (IST)*.

- Cooper, M. (2002). Remote controlled experiments for teaching over the Internet: A comparison of approaches developed in the PEARL project. *Open University UK*.
- Cooper, M. (2003). PEARL - practical experimentation by accessible remote learning. *Open University UK*.
- Costas-Pérez, L., Lago, D., Fariña, J., & Rodriguez-Andina, J. (2008). Optimization of an industrial sensor and data acquisition laboratory through time sharing and remote access. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*2, 55(6).
- Crawford, G. (2001). A case evaluation in internet assisted laboratory teaching. *Academic Exchange Quarterly*, 5(4).
- Djiev, S. (2003). Industrial Networks for Communication and Control. *Readings for Elements for Industrial Automation*, Technical University of Sofia, Bulgaria.
- Esche, S. K. (2002). Remote engineering laboratories for asynchronous learning networks. *The 8th Sloan-C International Conference on Asynchronous Learning Networks*.
- Faltin, N., Böhne, A., Tuttas, J., & Wagner, B. (2002). Distributed team-learning in an Internet-assisted laboratory. *International Conference on Engineering Education*.
- Farias, G., Keyser, R., Dormido, S., & Esquembre, F. (2010). Developing networked control labs: a Matlab and easy Java simulations approach. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*2, 57(10).
- Coito, F., & Palma, L. B. (2008). A Remote Laboratory Environment for Blended Learning. *PTLIE Workshop - Pervasive Technologies in E/M Learning and Internet Based Experiences, 1st ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (PETRA 2008)*.
- Ferreira, J. M., & Cardoso, A. M. (2005). A moodle extension to book online Labs. *International Journal of Online Engineering*, 1(2).
- Ferrero, A., Salicone, S., Bonora, C., & Parmigiani, M. (2003). ReMLab: A Java-Based Remote, Didactic Measurement Laboratory. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 52(3).
- Forinash, K., & Wisman, R. (2005). Building real laboratories on the internet. *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, 5(1/2).
- Fowler, M. (1998). Projectil motion. http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/Applets/.
- Froguts. (2001). Virtual frog dissection. http://www.froguts.com/flash_content/demo/frog.html.
- Gaddis, B. (2000). Learning in a virtual lab: distance educations and computer simulations. *University of Colorado*.
- Garcia-Zubia, J., López-de-Ipiña, D., & Orduña, P. (2008). Mobile devices and remote labs in engineering education. *IEEE International Conference on Advanced Learning*, 620-622.
- Garcia-Zubia, J., Orduña, P., & López-de-Ipiña, D. (2007). Remote laboratories from the software engineering point of view. *in Advances on Remote Laboratories and E-Learning Experiences*.

- Garcia-Zubia J., & Alves, G. R. (2011). *Using remote labs in education: Two little ducks in remote experimentation.* University of Deusto, Bilbao.
- Gomes, L. & Bogosyan, S. (2009). Current trends in remote laboratories. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(12), 4744-4756.
- Gomes, L. & García-Zubía, J. (2007). Advances on remote laboratories and e-learning experiences. *Deusto Publicaciones. University of Deusto, Bilbao*
- Guedes, L. A. (2005). Classificação das redes para automação industrial.
- Gutierrez, R., & Pan, S. (2008). Complexo eletrônico: Automação do controle industrial. *BNDES: o banco nacional do desenvolvimento.*
- Hardinson, J. L., Zych, D., del Álamo, J. A., Harward, V. J., & Lerman, S. R. (2005). The microelectronics weblab 6.0 - an implementation using web services and the iLab shared architecture. *iCEER-2005.*
- Harward, V. J., del Álamo, J., Choudhary, V. S., DeLong, K., & Hardinson, J. L. (2004). iLab: A scalable architecture for sharing online experiments. *International Conference on Engineering Education (ICEE) 2004.*
- ISILab. (2003). Internet shared instrumentation laboratory. <http://isilab-esng.dibe.unige.it/>.
- Kulik, J. A. (2002). School Mathematics and Science Programs Benefit From Instructional Technology. *Science Resources Statistics.*
- K.H. John , M. Tiegelkamp. (2007) , *IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems*
- Lasky, V., Liu, D., Murray, S., & Choy, K. (2005). No TitleA remote PLC system for e-learning. *ASEE/AAEE 4th Global Colloquium on Engineering Education.*
- Leitão, S. M. B. (2006). *Um ambiente experimental à distância.* Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Leleve, A., Benmohamed, H., Prevot, P., & Meyer, C. (2004). No Title. *ICTT Laboratory.*
- Lenz, A. L. (2003). Guia de Treinamento do CLP MODICON TSX MICRO 37 - *Hardware e Software. Tecnologia de Automação Industrial, SENAI.*
- Lima, J. R., & Capitão, Z. (2003). e-learning e e-conteúdos. *Centro Atlântico.*
- Lopes, A., Afonso, A., & Antunes, R. (2005). Monografia da disciplina de Seminário dos cursos de Eng. Informática e Eng. Informática e das Tecnologias de Informação da Escola Superior de Tecnologia. <http://redesindustriais.areadeservico.com/>.
- Marin, R., Sanz, P., Nebot, P., & Wirz, R. (2005). A multimodal interface to control a robot arm via the Web: a case study on remote programming. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 52(6).
- Ngolo, M. A. F. (2009). *Arquitectura Orientada a Serviços REST para Laboratórios Remotos.* Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Pinheiro, J. M. (2006). Introdução às redes de supervisão e controle. *Projecto de Redes.* Retrieved from

- Rapanello, R. M. (2008). *Laboratório remoto de qualidade da energia eléctrica*. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho.”
- Robson, C., Siverstein, S., & Bohm, C. (2007). Implementing clients for control and monitoring using AJAX. *IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record*.
- Rössler, P., Rausch, T., & Treytl, A. (2004). Analyzing three case studies of remote laboratories for education and training. *International Symposium Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2004)*.
- Schaf, F. M. (2006). *Arquitectura para ambiente de ensino de controle e automação utilizando experimentos remotos de realidade mista*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Smith, K. A. (1999). The craft of teaching cooperative learning: an active strategy. *Conference Frontiers in Education* (pp. 188-193).
- Souza, A. L., & Oliveira, J. C. (2001). Laboratórios acessíveis via internet: um recurso didático para o ensino/aprendizagem de engenharia eléctrica. *Encontro Educação em Engenharia*, 7, 1, 1-8.
- Tanenbaum, A. S. (1997). Redes de computadores. *Editora Campos*, 3^a Ed.
- Ugur, M., Savas, K., & Erdal, H. (2010). An internet-based real-time remote automatic control laboratory for control education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2, 5271-5275.
- Vargas, H., Sánchez, J., Jara, C., Candelas, F., Torres, F., & Dormido, S. (2011). A network of automatic control web-based laboratories. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 4(3).
- Watson, K. (1995). Utilization of active and cooperative learning in EE courses: three classes and the results. *Conference Frontiers in Education* (pp. 3c2.1 - 3c2.6).
- Weg, S. A. (2002). Automação de processos industriais - PC12 design center. *Apostila para treinamento interno, Jaraguá do Sul*.
- Wood, E. J. (2004). Problem-based learning: exploiting knowledge of how people learn to promote effective learning. *Bioscience Education*, 3.
- iebmedia. (2012). Industrial Ethernet book: enhancing automation and internet connectivity. <http://www.iebmedia.com/>.

ANEXOS

A-1. PÁGINAS DE NAVEGAÇÃO DO GESTOR E SERVIDOR DE CONTEÚDOS E FICHEIROS

Tabela A.1 – Páginas de navegação do Gestor e Servidor de Conteúdos e Ficheiros

Layout da página WEB	Título da Página
 <p>Remote Lab FCT Enjoy & Study !</p> <p>HomePage About Us Partners Instructions Automação T. Controlo Real LAB Blog Calendar Photos Contacts</p> <p>Welcome</p>  <p>Modicon TSX Micro odicon tsx micro</p> <p>Remotelab2 a funcionar Thursday March 22, 2012 Safari</p> <p>Remote Lab FCT remotelabfct remotelabfct Remote Lab FCT</p>	Home Page
 <p>Remote Lab FCT Enjoy & Study !</p> <p>HomePage About Us Partners Instructions Automação T. Controlo Real LAB Blog Calendar Photos Contacts</p> <p>About Us</p> <p>Remoto Lab FCT é um Laboratório Remoto distribuído, continuamente desenvolvido na Universidade Nova de Lisboa - FCT desde 2010. Ele torna possível oferecer experiências reais (por exemplo: PLC ...) para um determinado grupo de utilizadores através de qualquer rede de computadores, tais como Internet. A experiência de usar os experimentos remotamente tenta ser exatamente a mesma que usá-los no laboratório tradicional.</p>  <p>A Universidade Nova de Lisboa (UNL) identifica-se como uma instituição universitária com investigação reconhecida internacionalmente e</p>	About Us

Remote Lab FCT

Enjoy & Study !



[HomePage](#) [About Us](#) [Partners](#) [Instructions](#) [Automação](#) [T.Controlo](#) [Real LAB](#) [Blog](#) [Calendar](#) [Photos](#) [Contacts](#)

Partners

O Remote Lab FCT está inserido nas seguintes instituições:



A Universidade Nova de Lisboa (UNL) identifica-se como uma instituição universitária com investigação reconhecida internacionalmente e ensino de qualidade, orientado progressivamente para os segundo e terceiros ciclos, capaz de assegurar elevados níveis de sucesso profissional aos seus estudantes e de prestar relevantes serviços à comunidade, nacional e internacional; uma universidade com elementos distintivos no plano nacional – tanto nos programas de formação, como na investigação fundamental e aplicada – e com parcerias estratégicas e de excelência.

Partners

Remote Lab FCT

Enjoy & Study !



[HomePage](#) [About Us](#) [Partners](#) [Instructions](#) [Automação](#) [T.Controlo](#) [Real LAB](#) [Blog](#) [Calendar](#) [Photos](#) [Contacts](#)

Instructions

- Utilizar somente o browser Internet Explorer.
- Activar e permitir o Controlo ActiveX
- Ter o Java Instalado no PC

[HomePage](#) | [About Us](#) | [Partners](#) | [Instructions](#) | [Automação](#) | [T.Controlo](#) | [Real LAB](#) | [Blog](#) | [Calendar](#) | [Photos](#) | [Contacts](#)

This website is powered by SnapPages™

Instructions

Remote Lab FCT

Enjoy & Study !



HomePage About Us Partners Instructions Automação T.Controlo Real LAB Blog Calendar Photos Contacts

Automação



Automação

Remote Lab FCT

Enjoy & Study !



HomePage About Us Partners Instructions Automação T.Controlo Real LAB Blog Calendar Photos Contacts

T.Controlo



T.Controlo

Remote Lab FCT

Enjoy & Study !

Click on the image below to enter the REAL LAB



Real LAB

Remote Lab FCT

Enjoy & Study !

Remotelab2 a funcionar

by LBP on March 22nd, 2012



Já está disponível o modicon M340.
Já podes programar este PAC e testalo no kit Elevador monta cargas.
Experimenta o Sinóptico HMI no supervisor.
Consulta as instruções.

Remotelab1 a funcionar

by LBP on March 22nd, 2012

Search

Subscribe

Categories

Tags

Recent Posts

Blog

Remotelab2 a funcionar

by LBP on March 22nd, 2012

 Já está disponível o modicon M340.
Já podes programar este PAC e testalo no kit Elevador morra cargas.
Experimenta o Sinóptico HMI no supervisor.
Consulta as instruções.

Posted in not categorized **Tagged with no tags**

0 Comments

Leave a Comment

Type comment here...

Name Email Website (optional)

Submit

Search 

Subscribe 

Categories no categories

Tags no tags

Recent Posts

Remotelab2 a funcionar
Remotelab1 a funcionar
The First Post

Blog - Comentar

Remote Lab FCT

Enjoy & Study !



[HomePage](#) [About Us](#) [Partners](#) [Instructions](#) [Automação](#) [T. Controlo](#) [Real LAB](#) [Blog](#) [Calendar](#) [Photos](#) [Contacts](#)

 April 2012

Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

Lab em Manutencao @ 12:00 PM
Lab em Manutencao
Teste
Laboratorio 3

Calendar

Remote Lab FCT

Enjoy & Study !



HomePage About Us Partners Instructions Automação T.Conto Real LAB Blog Calendar Photos Contacts

Schneider modicon-m340.jpg



Workers DEE Schneider Material Logos

Photos

Remote Lab FCT

Enjoy & Study !

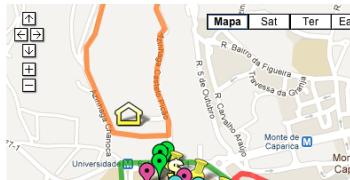


HomePage About Us Partners Instructions Automação T.Conto Real LAB Blog Calendar Photos Contacts

Location

Como chegar à FCT??

O campus é servido por uma rede de transportes variada, que inclui serviços combinados (autocarro, comboio, barco) e pelo Metro de superfície, cuja estação terminal ("Universidade") se situa junto a uma das entradas da FCT.



Contact Us

Name

Email

Phone

Message

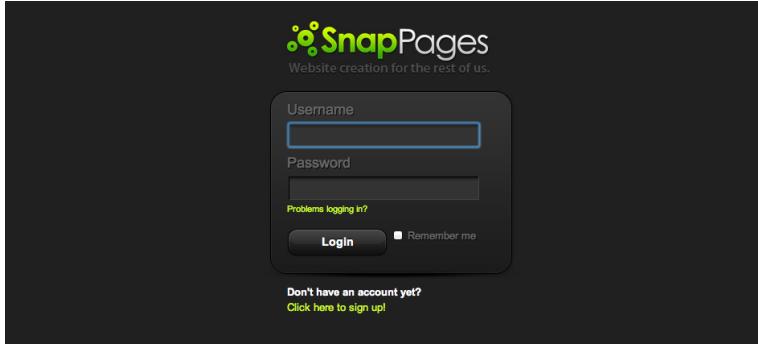
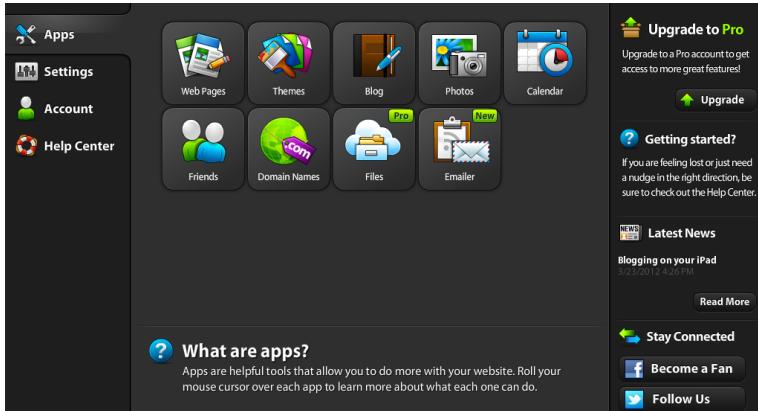
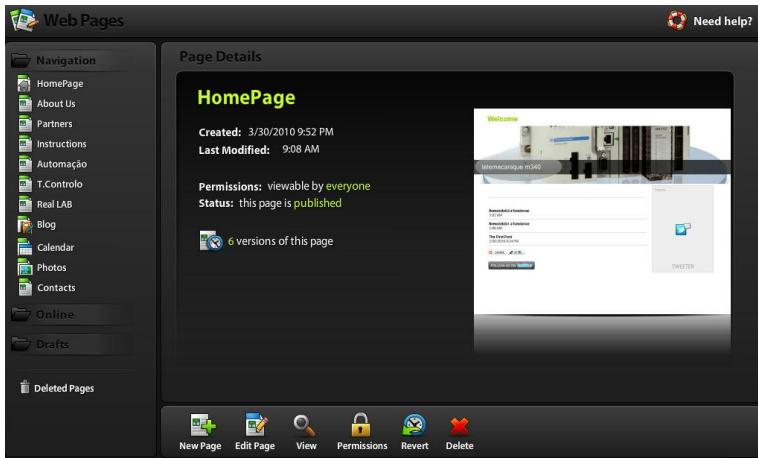
Submit

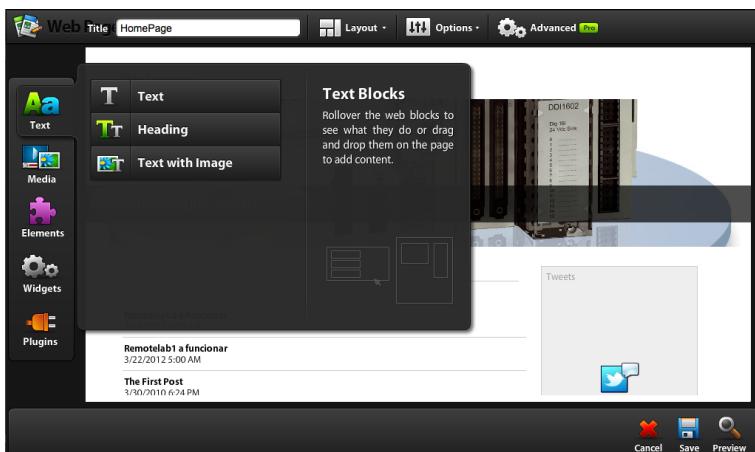
Partilhar

Contacts

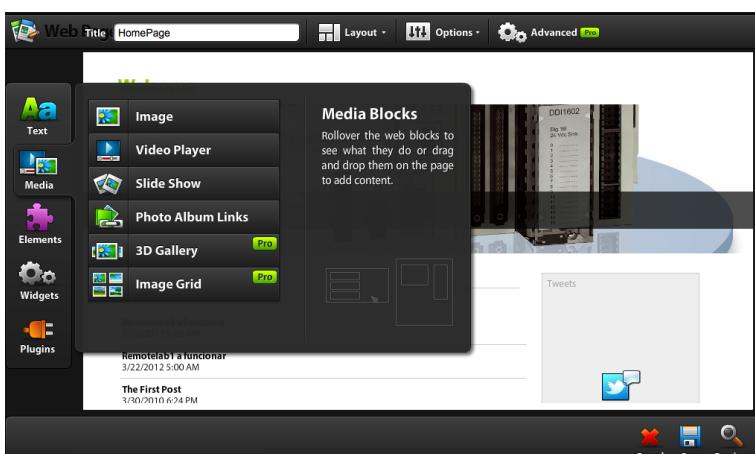
A-2. FUNCIONALIDADES DO ADMINISTRADOR NO GESTOR E SERVIDOR DE CONTEÚDOS

Tabela A.2 – Funcionalidades do administrador no Gestor e servidor de Conteúdos.

Imagen	Descrição
	<p>Antes de entrar na aplicação de administrador, têm que se efectuar login, introduzindo o username e a password correctos.</p>
	<p>Depois do login efectuado com sucesso, é apresentada esta página onde se encontram todas as APPS disponíveis para serem usadas.</p>
	<p>Entrando na APP Web Pages, podemos gerir todas as páginas do portal no menu Navigation do lado esquerdo, bem como escolher adicionar novas páginas, editar páginas, definir permissões, apagar páginas, etc.</p>

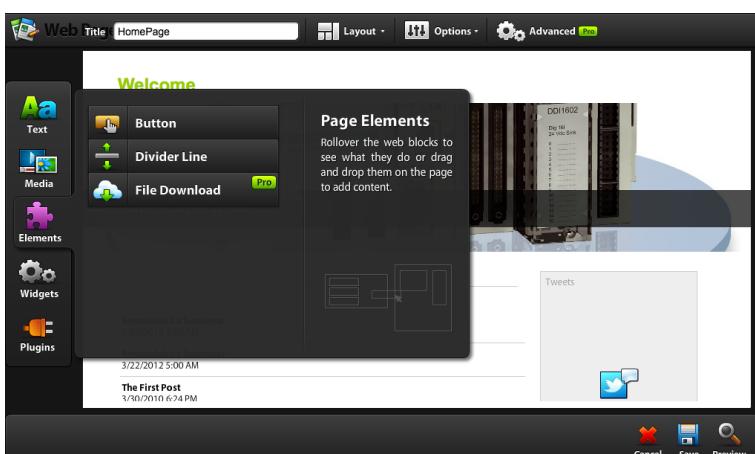


Como exemplo, escolhendo editar a HomePage, visualizamos aqui o separador Text de edição, onde é permitido adicionar blocos de texto simples, blocos de títulos e blocos de texto com imagem.



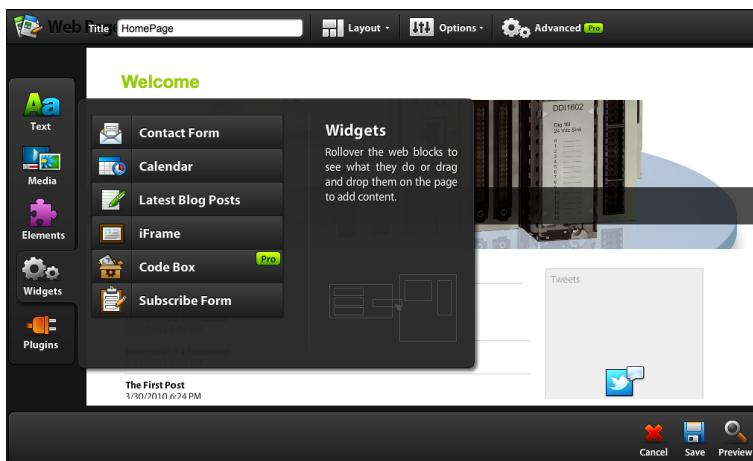
No separador Media, temos a hipótese de adicionar imagens, vídeos, slide shows, photo albuns, etc.

Todas as imagens podem ser editadas graficamente e serem associadas a links, para paginas internas ao website ou externas.

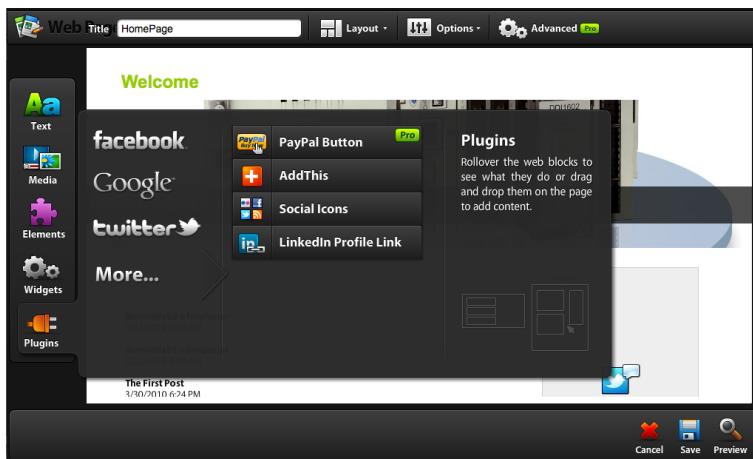


No separador elements, estão à disposição botões que podem ser configurados para fazerem submit em uma form, ou para serem apenas links.

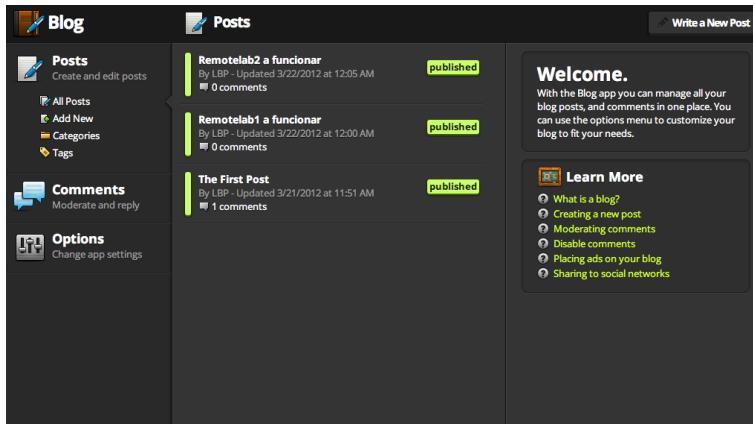
Temos a linha de divisão, para separar conteúdos e a hipótese de colocar qualquer formato de ficheiro para download.



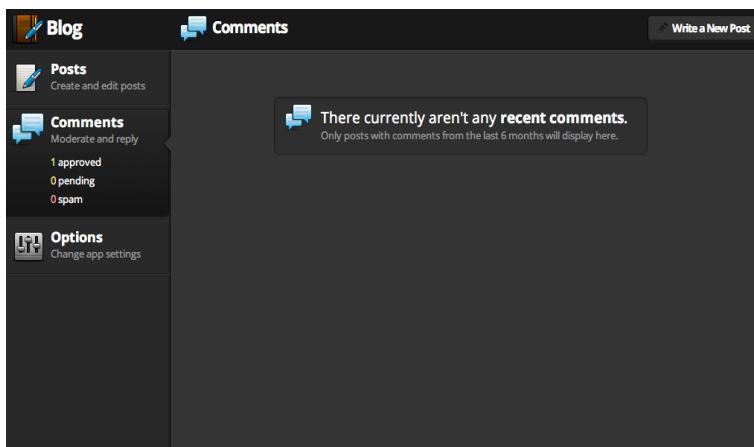
No separador Widgets, estão ao dispor forms de contacto, widgets do calendário, widgets dos últimos posts do blog, uma tag HTML iFrame, um bloco de código para incorporar na página, pode ser PHP, JavaScript, etc.



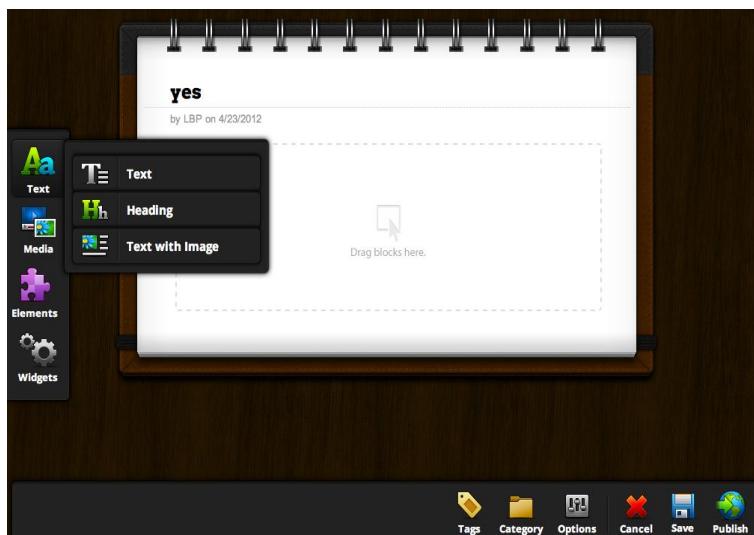
No separador Plugins, estão disponíveis conteúdos de ligação a redes sociais e a outras aplicações como o Google tradutor.



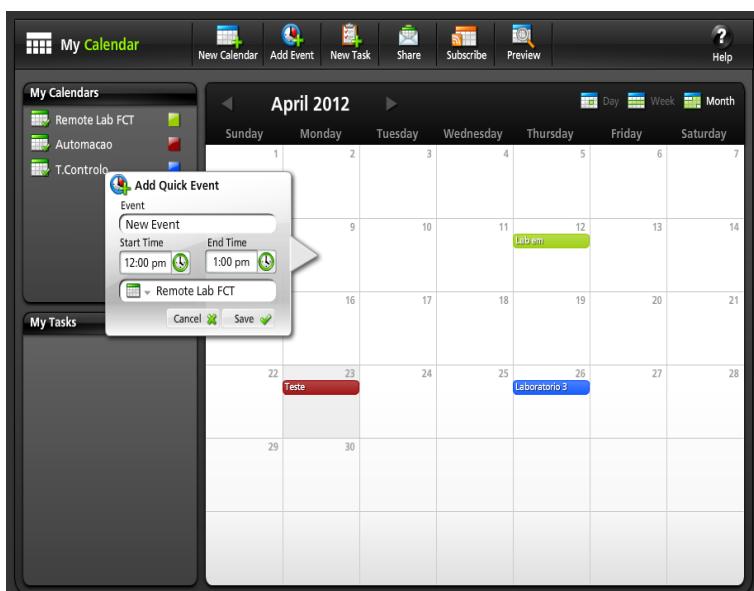
Entrando na APP Blog é possível criar novos posts, publicá-los, remove-los e editá-los.



Ainda dentro da APP *Blog*, mas no separador *Comments*, podem ser geridos os comments referentes a cada post, caso os posts estejam sujeitos a aprovação, é aqui que essa aprovação é dado ou recusada.



Ao criar um novo post, as possibilidades são semelhantes às de criação de uma página, cada post pode ser ainda catalogado por categorias.



Na APP calendário, é possível adicionar novos calendários, novos eventos com hora de início e fim, título, descrição e local, adicionar novas tarefas, etc.

Os calendários disponibilizados, podem ser subscritos por outras aplicações como o Google calendar ou o outlook.

É disponibilizado a vista mensal, semanal e diária.

A-3. FICHEIROS IMPLEMENTADOS PARA O GESTOR DE LABORATÓRIOS E GESTOR DE UTILIZADORES

ROOT Folder

Tabela A.3 – Ficheiros implementados no Gestor de Laboratórios e de Utilizadores – Root Folder.

Ficheiro	Breve Descrição
access-denied.php	Página Web para onde se é redireccionado, caso não se tenha acesso ás páginas, e onde é dada essa informação ao utilizador.
auth.php	Script PHP que não disponibiliza informação nenhuma, apenas corre um pequeno script para verificação de autenticação do utilizador. Caso o utilizador não esteja autenticado, encaminha-o para a página “accesse-denied.php”.
config.php	Outro Script PHP que não disponibiliza informação nenhuma, serve para definir variáveis globais de conexão á Base de Dados, sendo chamado sempre que seja necessário. Qualquer alteração na configuração da BD, pode assim ser facilmente efectuada, tendo assim apenas de se modificar este ficheiro, para que tudo continue a funcionar.
index-admin.html	Página de login para Administrador. Aqui o administrador introduz o Login e a Password.
index-user.html	Página de login para Utilizadores. Aqui o utilizador introduz o Login e a Password.
index.html	Página inicial, front/home-page deste servidor. Aqui é dada as boas vindas e é feita a separação entre utilizadores e administradores.
login-exec-admin.php	Página PHP chamada por index-admin.php que consulta a base de dados, verifica os dados introduzidos pelo administrador e caso estes sejam correctos, inicia uma sessão com variáveis PHP.

login-exec.php	Página PHP chamada por index-user.php que consulta a base de dados, verifica os dados introduzidos pelo utilizador e caso estes sejam correctos, inicia uma sessão com variáveis PHP.
login-failed.php	Página PHP que é chamada, caso os dados introduzidos para Login, sejam incorrectos.
loginmodule.css	Ficheiro .CSS, este tipo de ficheiro, tem gravado, configurações visuais de <i>sites WEB</i> . Estão aqui definidas localizações, cores, tamanhos, localizações e alguns comportamentos, para as tags HTML.
logout.php	Neste ficheiro PHP é feito o Logout, são apagadas as variáveis de sessão e a própria sessão é terminada.

ADMIN Folder

Tabela A.4 - Ficheiros implementados no Gestor de Laboratórios e de Utilizadores – Admin Folder.

Ficheiro	Breve Descrição
access-denied.php	Página Web para onde se é redireccionado, caso não se tenha acesso a outra das páginas, e onde é dada essa informação ao utilizador.
add-user.php	Página com uma form para preencher com os dados de um novo utilizador.
add-user-exec.php	Script PHP que verifica a integridade dos dados introduzidos na página add-user.php e caso se verifique, introduz os dados na base de dados.
add-user-success.php	Página de comunicação do sucesso na inserção na base de dados de um novo utilizador.
admin-index.php	Página inicial da sessão de administrador.
delete-user-exec.php	Script de eliminação de utilizadores da base de dados

delete-user.php	Página onde é indicado qual o utilizador que se pretende eliminar.
edit-user-exec.php	Página onde são consultados os dados actuais do utilizador que se pretende editar e posteriormente são apresentados em uma form editável.
edit-user-exec2.php	Script PHP que modifica os dados na base de dados
edit-user.php	Página onde é indicado qual o utilizador que se pretende editar.
labs.php	Página onde são apresentados os laboratórios existentes, com links directos para os mesmos.
view-user-online.php	Página onde se pode visualizar quais os utilizadores que estão online por cada laboratório.
view-users.php	Página que apresenta todos os utilizadores registados, apenas para consulta.

USER Folder

Tabela A.5 - Ficheiros implementados no Gestor de Laboratórios e de Utilizadores – User Folder.

Ficheiro	Breve Descrição
access-denied.php	Página Web para onde se é redireccionado, caso não se tenha acesso a outra das páginas, e onde é dada essa informação ao utilizador.
finish-time1.php	Script chamado para remover utilizador da tabela waitlist1 que é a tabela de espera do remotelab1.
finish-time2.php	Script chamado para remover utilizador da tabela waitlist2 que é a tabela de espera do remotelab2.

looseturn1.php	Script chamado e executado caso o utilizador perca o seu turno de utilização no remotelab1.
looseturn2.php	Script chamado e executado caso o utilizador perca o seu turno de utilização no remotelab2.
remotelab1.php	Primeira página do remotelab1. Serão feitas verificações sobre condições de acesso. Caso tudo esteja verificado é disponibilizado um link para se iniciar a utilização.
remotelab1el.php	Script que coloca o utilizador na waitlist1.
remotelab1real.php	Página controlada por sessões, variáveis e tempo. É aqui que será disponibilizado tudo o que é necessário á utilização do remotelab1.
remotelab2.php	Primeira página do remotelab2. Serão feitas verificações sobre condições de acesso. Caso tudo esteja verificado é disponibilizado um link para se iniciar a utilização.
remotelab2el.php	Script que coloca o utilizador na waitlist2.
remotelab2real.php	Página controlada por sessões, variáveis e tempo. É aqui que será disponibilizado tudo o que é necessário á utilização do remotelab2.
user-index.php	Primeira página dentro da sessão de utilizador. São aqui apresentados os laboratórios disponíveis, cada um com um link para serem acedidos.

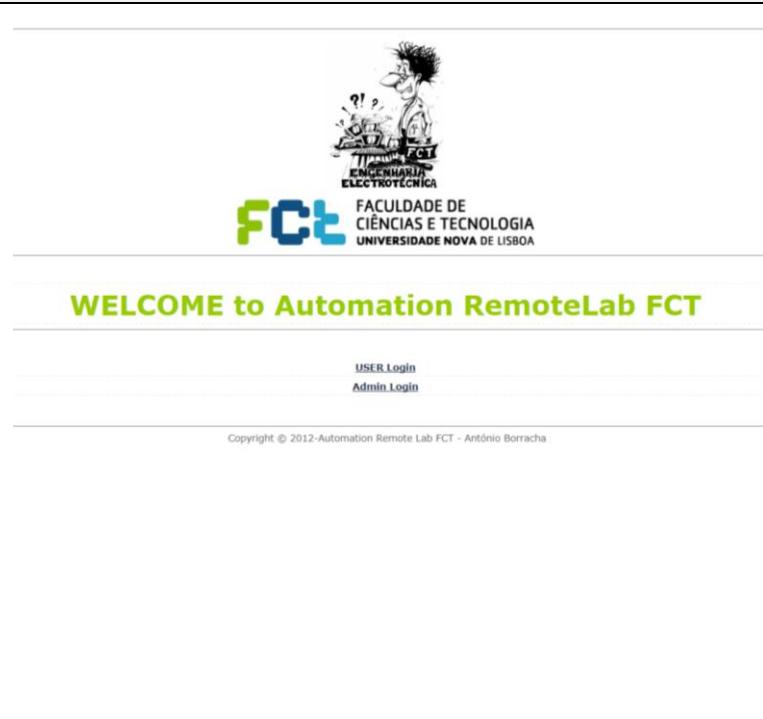
IMAGES Folder

Tabela A.6 – Imagens utilizadas no Gestor de Laboratórios e de Utilizadores.

Ficheiro	Imagen
Lab1.jpg	
Lab2.jpg	
logo electro grande.jpg	
logo_electro.jpg	
logo.jpeg	

A-4. PÁGINAS DE INTERAÇÃO DO UTILIZADOR COM O GESTOR DE UTILIZADORES E LABORATÓRIOS

Tabela A.7 – Páginas de interação do utilizador com o Gestor de Utilizadores e Laboratórios

Nº	Imagen	Descrição
0	 <p>The screenshot shows the homepage of the FCT RemoteLab. At the top is the FCT logo with the text 'FACULDADE DE CIÉNCIAS E TECNOLOGIA UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA'. Below the logo is a cartoon character with a speech bubble. The main heading is 'WELCOME to Automation RemoteLab FCT'. Underneath the heading are two login links: 'USER Login' and 'Admin Login'. At the bottom of the page, there is a copyright notice: 'Copyright © 2012-Automation Remote Lab FCT - António Borracha'.</p>	<p>Home page do gestor de utilizadores e de laboratórios.</p> <p>Têm dois links, um para utilizadores normais, outro para administradores.</p> <p>Estes links encaminham para a respectiva página de login.</p> <p>Ao clicar em USER Login, é encaminhado para a página 1.</p>

1

Página de login para utilizadores regulares.

Está página têm uma form HTML com um botão para fazer submit da form.

Têm dois campos para serem preenchidos, um de texto normal, outro do tipo password, onde não se os caracteres introduzidos são visualmente representados por pontos.

Depois dos campos serem preenchidos, o utilizador clica no botão de login serão desencadeados scripts de consulta á base de dados e de verificação.

2

Welcome aaaa
Logout

Lab Name	Image	Description	Link
Remotelab 1 TSX MICRO 3721		PLC - Modicon TSX Micro 3721 connected to a Traffic Light System Simulator with WebCam Visualization.	ENTER
Remotelab 2 M340		PLC / PAC - M340 connected to a Elevator System Simulator with HMI.	ENTER

This is a password protected area only accessible to members.

Caso os dados sejam incorrectos, a resposta é igual á do administrador.

Se o login for executado com sucesso, será apresentada esta página, onde o utilizador escolhe o laboratório em que quer trabalhar.

Welcome to RemoteLab 1 aaaa

Wait List

Member_Id	First Name	Order
3	bbbb	6

3

Procedures

You are Not on the Waiting List...

Do you Want to Join the Waiting List?

[Click here if YES.](#)

[Click here if NO.](#)

Serão apenas apresentados os resultados intermédio para um laboratório, neste caso o remotelab1, pois para o remotelab2 os resultados são semelhantes.

Ao entrar no remotelab1, o utilizador é encaminhado para esta página, que mostra a lista de espera e verifica se o utilizador já está inserido na mesma, caso não esteja, pergunta se este se quer entrar ou não.

Se a resposta for não, será feito o logoff do utilizador. Se a resposta for sim, será corrido um script que incluirá o utilizador na lista de espera e o encaminha para a página seguinte.

4

 **FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

Welcome to RemoteLab 1

aaaa

Procedures

You have just joined the WaitList

[Click here to see your place.](#)

Or Wait 10 seconds and you will be automatically redirected.

Página de confirmação de inserção na lista de espera, esta página disponibiliza um link de redireccionamento para a página anterior, mas têm também um script que o reencaminha automaticamente em 10 segundos.

Isto acontece, pois o utilizador já está inserido na lista de espera, e é na página anterior que se faz a verificação de quem está no topo da lista e posteriormente é dado um tempo limite para entrar no laboratório.

Welcome to RemoteLab 1 aaaa

Wait List

Member_Id	First Name	Order
3	bbbb	6
2	aaaa	7

O utilizador aaaa com o qual efectuamos o login já se pode observar na lista de espera, mas ainda há um utilizador á sua frente.

O utilizador aaaa verá esta página indicando que tem de esperar até ser ele o primeiro da lista.

5

Procedures

You are in the Wait List

You have to Wait...! It is not your time yet!

6

Welcome to RemoteLab 1 aaaa**Wait List**

Member_Id	First Name	Order
2	aaaa	8

Após o utilizador bbbb ter esgotado o seu tempo, é retirado da lista, passado o aaaa a ser o primeiro da lista.

A página é refrescada e aparecerá como está representada aqui.

Agora o aaaa tem 2 minutos para clicar no link que lhe disponibilizará o laboratório para trabalhar.

Caso não o faça nos 2 minutos, será feito logout e será retirado da lista de espera, e ao fazer login de novo, entrará para o fim da mesma.

Procedures

You are in the Wait List

On the top of the list , Its your time!

You have 2 minutes to enter the LAB, otherwise you will loose your turn.

Click

[HERE](#)

to enter the Real LAB

Ao entrar no remotelab1 o utilizador encontra uma página web onde têm o cabeçalho mostrado aqui, que o informa do tempo que têm disponível para trabalhar e o informa que não pode fazer refresh.

7



FCT
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

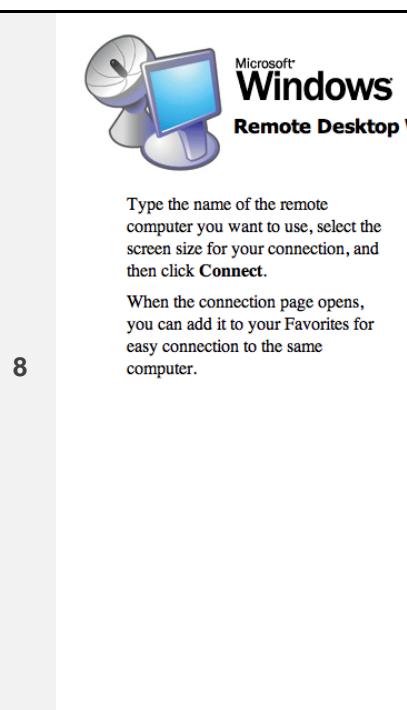
RemoteLab1 its Available for you

You have exactly seconds.

After that you will be redirect to login.

Don't REFRESH the page, you will loose your turn.

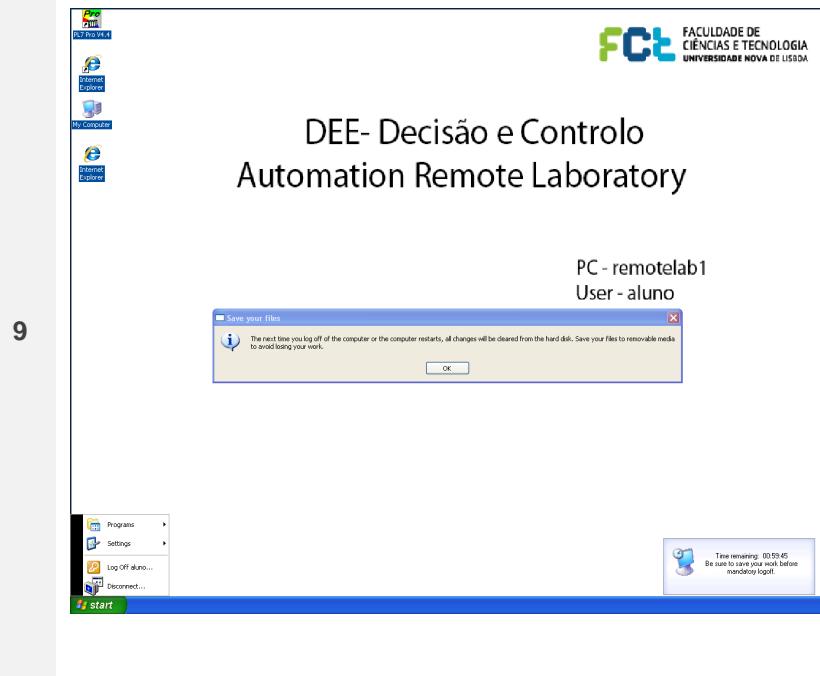
8



Type the name of the remote computer you want to use, select the screen size for your connection, and then click **Connect**.
When the connection page opens, you can add it to your Favorites for easy connection to the same computer.

Abaixo do cabeçalho temos uma iframe em HTML com o Servidor de Laboratório1 a ser executado através do TSWeb. Temos um Remote Desktop dentro do Browser. Após se escolher a resolução pretendida e fazer login no Windows com a conta Aluno a iframe passa a ter o aspecto apresentado em 9.

9



Temos agora dentro do browser uma iframe com este aspecto. O utilizador pode correr o software para trabalhar com os Kits laboratoriais, neste caso o PL7 e o Internet Explorer, para poder descarregar ficheiros pré-gravados e guardar novos ficheiros criados nesta sessão de trabalho.

10

Logo abaixo, o utilizador tem outra iframe, que disponibiliza um stream de vídeo pelo software WebcamXP.

O vídeo está a filmar o Kit experimental que está a ser controlado pelo PLC. Assim o utilizador pode observar fisicamente os resultados do seu trabalho.

11

As páginas seguintes, são apenas para mostrar o que difere do remotelab2 para o remotelab1.

Aqui temos um cabeçalho semelhante ao do remotelab1.

12

Esta Iframe também é semelhante á do remotelab1, a diferença é que é disponibilizado o Servidor de Laboratório2.

13

DEE- Decisão e Controlo
Automation Remote Laboratory

PC - remotelab2
User - aluno

A conta com que se faz login é a de aluno, como no remotelab1.

O software disponibilizado é que já é diferente, pois o PLC a controlar é outro, utilizando-se aqui o Unity Pro em vez do PL7.

14

Schneider Electric

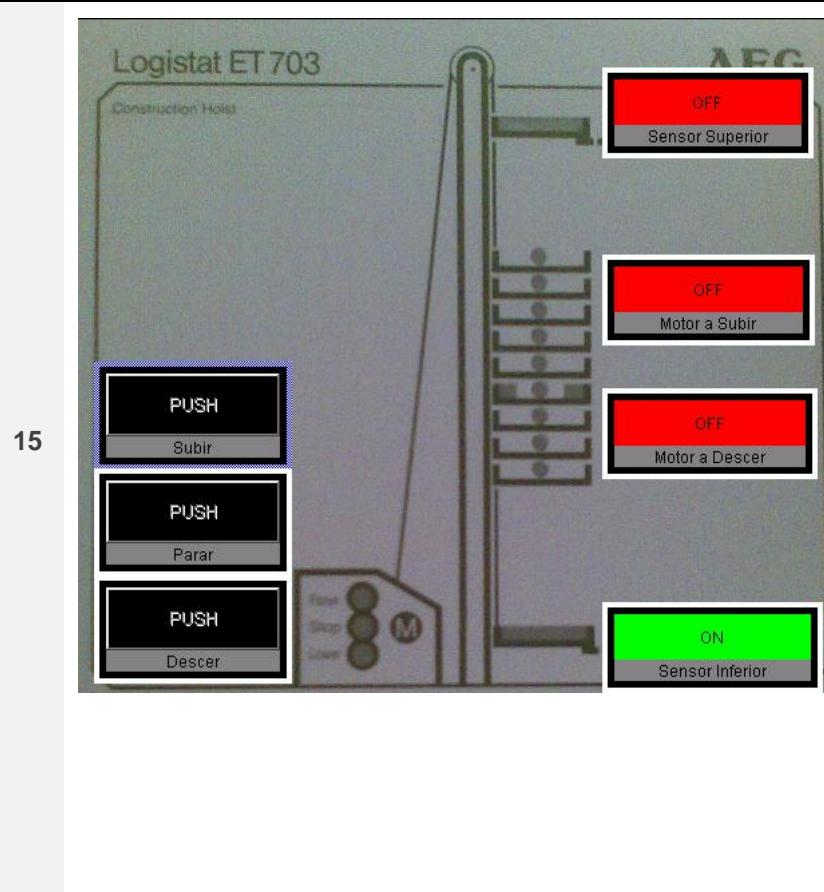
FactoryCast™ BMX NOE 0110

Home Documentation URL
Monitoring Control Diagnostics Main

Copyright © 1998-2008, Schneider Automation SAS. All Rights Reserved.

Aqui está a grande diferença, em vez de Webcam para visualizar o Kit experimental, será uma iframe que disponibiliza o servidor Web do Supervisor.

Este supervisor comunica com o PLC do remotelab2 e apresenta dentro da secção monitoring e depois de inserida a password para permitir interacção com as variáveis o sinóptico da página 15.



Este sinóptico é um java applet que foi carregado para o Supervisor.

É uma simulação do Kit Experimental do remotelab2, é animado através de cores, e têm botões que ao serem clicados simulam uma interacção real no hardware.

Assim o utilizador tanto pode ver o que está a acontecer, como pode interagir com o Kit.

A-5. PÁGINAS DE INTERAÇÃO DO ADMINISTRADOR COM O GESTOR DE UTILIZADORES E LABORATÓRIOS

Tabela A.8 - Páginas de interação do administrador com o Gestor de Utilizadores e Laboratórios

Nº	Imagen	Descrição
1	 <p>The screenshot shows the homepage of the FCT RemoteLab. At the top is the FCT logo with a cartoon character. Below it is the text "WELCOME to Automation RemoteLab FCT". Underneath that are two login links: "USER Login" and "Admin Login". At the bottom of the page, there is a copyright notice: "Copyright © 2012-Automation Remote Lab FCT - António Borracha".</p>	<p>Home page do gestor de utilizadores e de laboratórios.</p> <p>Têm dois links, um para utilizadores normais, outro para administradores.</p> <p>Estes links encaminham para a respectiva página de login.</p> <p>Ao clicar em Admin Login, o administrador passa para a página2.</p>



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Administrator RemoteLab FCT Login

2

Login

Password

[User Login Here](#)

3

Login Failed

Login Failed!
Please check your username and password

[Click here to Login](#)

Página de login para administradores.

Está página têm uma form HTML com um botão para fazer submit da form.

Têm dois campos para serem preenchidos, um de texto normal, outro do tipo password, onde não se os caracteres introduzidos são visualmente representados por pontos.

Depois dos campos serem preenchidos, o administrador clica no botão de login e serão desencadeados scripts de consulta á base de dados e de verificação.

Na página 2, se o resultado do scrip não for positive, o administrador, será encaminhado para esta página, que comunica a falha/erro no login e disponibiliza um link para a página de login, caso se queira tentar de novo.

4



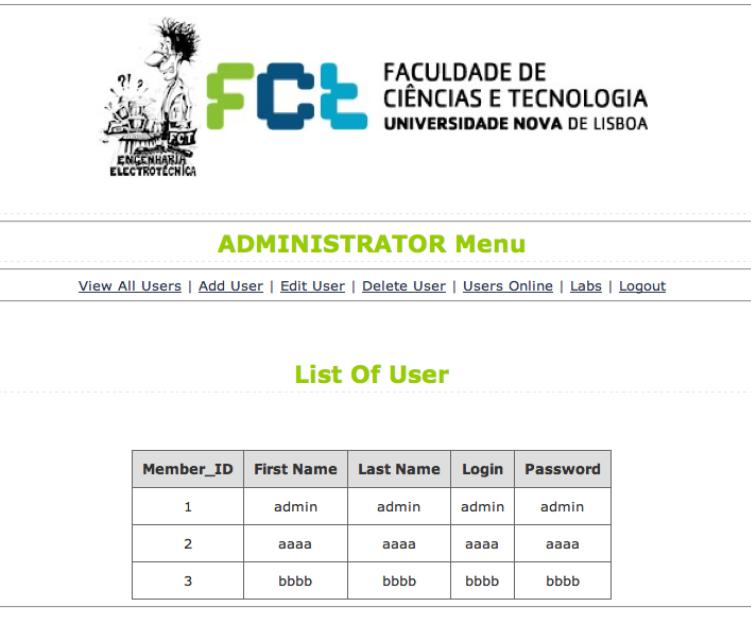
This is a password protected area only accessible to administrators.

Caso o login de administrador tenha um resultado positivo a partir da página 2, o administrador será encaminhado para aqui.

Nesta página têm ao seu dispor um menu com várias opções.

Será explicado nas próximas páginas, tudo o que se pode fazer como administrador.

5



Member_ID	First Name	Last Name	Login	Password
1	admin	admin	admin	admin
2	aaaa	aaaa	aaaa	aaaa
3	bbbb	bbbb	bbbb	bbbb

No primeiro link do menu, é apresentada uma página que tem uma lista de todos os utilizadores registados. Apresenta toda a informação registada sobre os mesmos. Nesta lista, estão incluídos também os administradores.

O segundo link deste menu é para adicionar novos utilizadores.

Temos mais uma form HTML para ser preenchida. Ao ser clicado o botão de submit, são chamados scripts que irão verificar a integridade dos dados inseridos, e gerar mensagens de erro, ou então inserir o novo utilizador na base de dados.

6



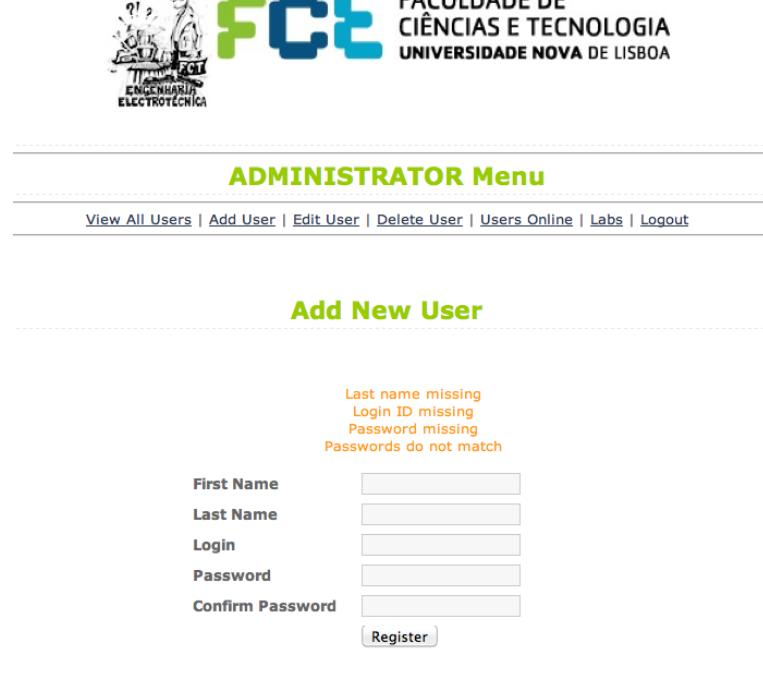
ADMINISTRATOR Menu

[View All Users](#) | [Add User](#) | [Edit User](#) | [Delete User](#) | [Users Online](#) | [Labs](#) | [Logout](#)

Add New User

First Name	eeee
Last Name	eeee
Login	eeee
Password	****
Confirm Password	****

7



ADMINISTRATOR Menu

[View All Users](#) | [Add User](#) | [Edit User](#) | [Delete User](#) | [Users Online](#) | [Labs](#) | [Logout](#)

Add New User

Last name missing
Login ID missing
Password missing
Passwords do not match

First Name	
Last Name	
Login	
Password	
Confirm Password	

Caso existam falhas no preenchimento da form detectadas pelos scripts de verificação, será apresentada uma página como esta, com a comunicação dos erros detectados e permitindo uma nova tentativa de adição de utilizador.

8
FCT
 FACULDADE DE
 CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
 UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

ADMINISTRATOR Menu
[View All Users](#) | [Add User](#) | [Edit User](#) | [Delete User](#) | [Users Online](#) | [Labs](#) | [Logout](#)
USER Added or Updated Successfully

Se não houver falhas, o novo utilizador é inserido com sucesso na base de dados e é apresentada esta página, com essa comunicação.

9


FCT
 FACULDADE DE
 CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
 UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

ADMINISTRATOR Menu
[View All Users](#) | [Add User](#) | [Edit User](#) | [Delete User](#) | [Users Online](#) | [Labs](#) | [Logout](#)
Edit User

Member_ID to Edit

O terceiro link do menu, é para editar utilizadores já existentes.

Esta página pergunta qual o Id do utilizador que se pretende editar. Só se indicar um Id e depois clicar no botão de submit desta form, serão executados scripts que vão recolher os dados do utilizador indicado á base de dados.



**FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

ADMINISTRATOR Menu

[View All Users](#) | [Add User](#) | [Edit User](#) | [Delete User](#) | [Users Online](#) | [Labs](#) | [Logout](#)

10 Edit User

First Name	ee
Last Name	eeii
Login	eeee
New PW	eeee

Os dados recolhidos da base de dados no seguimento da página 9, serão aqui utilizados para preencher uma form semelhante á da página 6. Esta já se encontra com os dados actuais do utilizador.

Todos os campos podem ser alterados e depois submetidos para alteração.

Serão feitas as mesmas verificações que na página 6 e os resultados serão também os mesmos.



**FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

ADMINISTRATOR Menu

[View All Users](#) | [Add User](#) | [Edit User](#) | [Delete User](#) | [Users Online](#) | [Labs](#) | [Logout](#)

11 DELETE User

Member_ID to DELETE	<input type="text"/>
---------------------	----------------------

O quarto link do menu é para apagar utilizadores.

É necessário como na página 9, introduzir o ID do utilizador que se pretende apagar, ao carregar no botão de submit, será apagado o utilizador com o respectivo ID.

12


FCT
 FACULDADE DE
 CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
 UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

ADMINISTRATOR Menu

[View All Users](#) | [Add User](#) | [Edit User](#) | [Delete User](#) | [Users Online](#) | [Labs](#) | [Logout](#)
User DELETED Successfully

Se o Id introduzido na página 11, for válido e o script que apaga o utilizador da base de dados tenha um resultado positivo, será mostrada esta página com a indicação que o utilizador foi apagado da base de dados.

13


FCT
 FACULDADE DE
 CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
 UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

ADMINISTRATOR Menu

[View All Users](#) | [Add User](#) | [Edit User](#) | [Delete User](#) | [Users Online](#) | [Labs](#) | [Logout](#)

Online User's of Remote Lab 1

Member_ID	First Name	OrderR
2	aaaa	5

O quinto link, é apenas para consulta, ele apresenta uma lista para cada laboratório configurado, a lista é composta por todos os utilizadores on-line, ou seja, na lista de espera.

Online User's of Remote Lab 2

Member_ID	First Name	OrderR

ADMINISTRATOR Menu

[View All Users](#) | [Add User](#) | [Edit User](#) | [Delete User](#) | [Users Online](#) | [Labs](#) | [Logout](#)

Please Choose The LAB

Lab Name	Image	Description	Link
RemoteLab 1 TSX MICRO 3721		PLC - Modicon TSX Micro 3721 connected to a Traffic Light System Simulator with WebCam Visualization.	ENTER
RemoteLab 2 M340		PLC / PAC - M340 connected to a Elevator System Simulator with HMI.	ENTER

14

Nesta Página o administrador pode entrar em qualquer laboratório, sem ter de passar pelas listas de espera, foi dada prioridade absoluta aos administradores.

15



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Logout

O último link é para o administrador fazer logout.

É assim apresentada esta página e todas as variáveis e a própria sessão PHP são apagadas.

You have been logged out.

Click here to [Login](#)