

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

JOAQUIM PESSÔA FILHO

**DESENVOLVIMENTO DE UM WEBLAB PARA ESTUDO DE
EFEITOS NÃO-LINEARES EM FIBRAS ÓPTICAS**

São Paulo
2007

JOAQUIM PESSÔA FILHO

**DESENVOLVIMENTO DE UM WEBLAB PARA ESTUDO DE
EFEITOS NÃO-LINEARES EM FIBRAS ÓPTICAS**

Trabalho de dissertação como requisito
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Szpigel
Co-Orientador: Prof. Dr. Eunézio Antonio de Souza

São Paulo
2007

A Deus, pela sabedoria que tem concedido,
pela paz que sempre sinto; à minha mãe e ao
meu pai, que sempre me apoiaram nos estudos
e na vida, me ensinado a respeitar e lutar; às
minhas irmãs, cunhados, à minha noiva e
amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas vitórias até aqui alcançadas.

À minha família, que me questionou quando decidi entrar no mestrado e que me apoiou após essa decisão. Em especial à minha mãe e ao meu pai, que sempre me apoiaram financeiramente e emocionalmente durante toda minha vida.

À minha noiva Célia, que me ajudou em muitos momentos.

Aos meus amigos que me motivavam ao ficavam fascinados quando conversávamos sobre meus estudos.

A todos os integrantes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Presbiteriana Mackenzie, que em conversas, aulas e brincadeiras motivaram e incentivaram ainda mais a ingressar no mundo científico.

Aos amigos do Laboratório de Fotônica Mackenzie, que são verdadeiros companheiros, sempre prontos a ajudar.

Ao meu orientador e amigo Prof. Sérgio Szpigel, que desde a graduação me acompanha, sempre me ensinando, motivando e aconselhando. Um amigo sempre pronto a ensinar.

Ao professor Eunézio Antonio de Souza (Thoroh), pelos conselhos que muito me ensinaram, principalmente a ser alguém mais independente dentro de um laboratório.

Ao professor Ismar Frango da Silveira, que desde a graduação mostrou-se um amigo em minha vida me ajudando nas disciplinas e que me incentivou a ingressar no mundo científico.

RESUMO

O advento da Internet e o desenvolvimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) geraram novos espaços para a comunicação e colaboração entre grupos de pessoas localizadas em regiões geograficamente distintas. A associação da tecnologia Web com a automação e controle de instrumentos por computador tornou possível o desenvolvimento dos chamados Laboratórios Remotos ou WebLabs - ambientes distribuídos que permitem o acesso e controle remoto de experimentos através de uma rede de comunicação ou da Internet em tempo real e com sensação de presença. Neste trabalho, foi desenvolvido um WebLab para o estudo de efeitos não-lineares em fibras ópticas, destinado a apoiar e complementar atividades em cursos de Comunicações ópticas presenciais e a distância. Foram desenvolvidos aplicativos e interfaces gráficas de usuário para o controle e aquisição de dados dos instrumentos utilizados em um experimento remoto de medida do coeficiente não-linear de uma fibra óptica pelo método da Auto-Modulação de Fase com Onda Contínua. Também foi desenvolvido um aplicativo integrado à interface de usuário para simulação numérica da medida através da integração da Equação de Schrödinger Não-linear pelo método Split-Step Fourier, bem como um componente baseado em Java Media Framework para transmissão de áudio e vídeo durante a execução remota do experimento. O trabalho é parte das atividades relacionadas à participação do Laboratório de Fotônica Mackenzie no Projeto KyaTera do Programa TIDIA da FAPESP.

Palavras-chave: Laboratório Remoto, WebLab, Efeitos Não-lineares em Fibras Ópticas.

ABSTRACT

The advent of the Internet and the development of Information and Communication Technologies generated new spaces for communication and collaboration between groups of people in geographically distinct regions. The association of Web Technology with instrument automation and control by computer has made possible the development of the so called Remote Laboratories or WebLabs – distributed environments that allow to access and control experiments remotely through a network or the Internet in real time and with the sensation of presence. In this work, a WebLab was developed for the study of non-linear effects in optical fibers, aiming to support and complement activities in face-to-face and distance courses on Optical Communications. Applications and graphic user interfaces were developed for instrument control and data acquisition in a remote experiment for measuring the non-linear coefficient of an optical fiber using the Continuous Wave Self-Phase Modulation Method. An application integrated to the user interface was also developed for the numerical simulation of the measurement through the integration of the Non-linear Schrödinger Equation by the Split-Step Fourier Method as well as a component based on Java Media Framework for audio and video transmission during the remote execution of the experiment. This work is part of the activities related to the participation of the Mackenzie Photonics Laboratory in the KyaTera Project of FAPESP's TIDIA Program.

Key-words: Remote Laboratory, WebLab, Non-linear Effect in Optical Fibers.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- (a) Exemplo de Painel Frontal e (b) Diagrama de Blocos de um Instrumento Virtual (VI).	20
Figura 2 - Exemplo de uma Função Matemática em um Diagrama de Blocos.	21
Figura 3 - Estrutura do sistema desenvolvido para implementação de WebLabs.	25
Figura 4 - WebLab baseado em uma arquitetura Cliente/Servidor dupla.	26
Figura 5 - Diagrama de Classes do Módulo WebLab.	27
Figura 6 - Diagrama de Navegação OOADM do Módulo WebLab.	28
Figura 7 - Diagrama de Casos de Uso do usuário Administrador.	29
Figura 8 - Tela de cadastramento de experimentos do Módulo WebLab.	30
Figura 9 - Diagrama de Casos de Uso do usuário Professor.	31
Figura 10 - Tela “Descrição”.	32
Figura 11 - Tela “Agendamento”.	33
Figura 12 - Tela “Experimento”.	34
Figura 13 - Tela “Relatório”.	35
Figura 14 - Diagrama de Casos de Uso do usuário Aluno.	36
Figura 15 - Tela “Descrição” exibida aos Alunos.	37
Figura 16 - Tela “Agendamento” exibida aos Alunos.	37
Figura 17 - Tela de execução do experimento.	38
Figura 18 - Tela de execução com VI do experimento.	39
Figura 19 - Tela Relatório exibida aos Alunos.	39
Figura 20 - Driver para Webcam Logitech PRO 4000.	40
Figura 21 - Imagem capturada com a Webcam Logitech PRO 4000.	41
Figura 22 - Interação entre cliente e servidor RTSP.	42
Figura 23 - Transmissão RTP.	43

Figura 24 - Recepção RTP.....	43
Figura 25 - Aplicativo JMF para monitoramento do experimento.	44
Figura 26 - Coeficiente de ganho g_R para uma fibra de sílica (AGRAWAL, 2001).	53
Figura 27 - Espectro da luz refletida para uma fibra de 500 m (LAMMINPÄÄ, 2003).....	54
Figura 28 - Esquema do Método Split-Step Fourier não-simetrizado.	56
Figura 29 - Esquema do Método Split-Step Fourier Simetrizado.....	57
Figura 30 - Esquemática do espectro de um sinal de frequência dual gerado por SPM.	61
Figura 31 - Espectro simulado do sinal de entrada com potência de 100mW.....	63
Figura 32 - Espectro simulado do sinal de saída para potência de 100mW.	63
Figura 33 - Simulação da medida de I_0 / I_1	64
Figura 34 - Deslocamento de fase não-linear.	64
Figura 35 - Simulação do efeito de dispersão sobre deslocamento de fase não-linear.	65
Figura 36 - Simulação do efeito da dispersão para fibras de comprimentos diferentes.....	66
Figura 37 - Coeficiente não-linear para fibras de comprimentos diferentes.	67
Figura 38 - Coeficiente não-linear para espaçamentos de comprimento de onda diferentes. ..	68
Figura 39 - Montagem experimental para medida do coeficiente não-linear pelo método CW SPM.....	69
Figura 40 - Montagem experimental para medida da potência refletida na entrada da fibra. ..	72
Figura 41 - Potência refletida na entrada da fibra.	72
Figura 42 - Espectro do Laser Diodo utilizando dois filtros de 1nm em 1550nm.....	73
Figura 43 - Espectro do Laser Sintonizável da Anritsu.	73
Figura 44 - Espectro do sinal de comprimento de onda dual injetado na Fibra.	74
Figura 45 - Espectro do Sinal de Saída com harmônicos gerados por SPM.	74
Figura 46 - Medidas da razão de I_0 / I_1	75
Figura 47 - Deslocamento de fase não-linear.	75

Figura 48 - Coeficiente não-linear para valores do espaçamento em comprimento de onda diferentes.....	76
Figura 49 - Montagem Experimental para medida do coeficiente de atenuação.....	78
Figura 50 - SubVi para controle do laser sintonizável da Anritsu.....	79
Figura 51 - Diagrama de Blocos do componente de controle do laser (PASCHOAL, 2006)..	80
Figura 52 - VI's do medidor de potência disponibilizados pela NEWPORT (PASCHOAL, 2006).	81
Figura 53 - VI de alto nível para alterar ou ler valor do comprimento de onda do Power Meter da Newport.....	81
Figura 54 - Componente para controle do medidor de potência.....	83
Figura 55 - Parte do Diagrama de Blocos do Medidor de Potência.....	83
Figura 56 - Esquema de funcionamento do <i>driver</i> do Medidor de Potência.....	84
Figura 57 - SubVi para obter dados medidos no OSA da Agilent.....	84
Figura 58 - SubVi's de alteração do Span e do Comprimento de Onda central do OSA da Agilent, respectivamente	85
Figura 59 - SubVi para detecção dos picos do sinal dual e primeiro harmônico	85
Figura 60 - SubVi para selecionar a potência de saída do amplificador óptico (EDFA).....	86
Figura 61 - SubVi para ler a potência de saída do amplificador óptico (EDFA).	86
Figura 62 - Diagrama de casos de uso da interface de usuário.....	87
Figura 63 - Interface para controle do OSA da Agilent	87
Figura 64 - Interface gráfica para controle do laser sintonizável	88
Figura 65 - Interface de controle do medidor de potência e amplificador óptico.....	88
Figura 66 - Interface para realização do experimento utilizando o método CW SPM	89
Figura 67 - SubVi do LabVIEW para simulação através do método Split-Step Fourier	90
Figura 68 - Integração do LabVIEW com MatLab para Realização da Simulação.....	91
Figura 69 - Interface Gráfica de Usuário para Simulação.....	91

Figura 70 - Parte da Interface que Controla os Parâmetros de Entrada da Simulação	92
Figura 71 - Parte da Interface que Exibe os Valores da Razão I_0/I_1 versus a Potência Média de Entrada.....	92
Figura 72 - Parte da interface que exibe o resultado do cálculo do deslocamento de fase, <i>fitting</i> dos dados e cálculo de n_2/A_{eff}	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo entre interfaces de controle.	22
Tabela 2 - Alguns Parâmetros para Fibras DSF (BOSKOVIC et al. 1996)	62
Tabela 3 - Device Commands do Laser Anritsu MG9541A.	79
Tabela 4 - Comandos utilizados no desenvolvimento do driver para o Medidor de Potência.	82
Tabela 5 - Comandos utilizados no desenvolvimento do driver para o Amplificador Óptico.	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CW SPM	Continuous Wave Self-Phase Modulation
DAQ	<i>Data AcQuisition board</i>
EAD	Educação à Distância
EDFA	<i>Erbium Doped Fiber Amplifier</i>
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
GPB	<i>General Purpose Interface Bus</i>
GUI	<i>Graphic User Interface</i>
HTTP	<i>HyperText Transfer Protocol</i>
IV-LAB	<i>Interactive Virtual-LAB</i>
LMS	<i>Learning Management System</i>
MIT	<i>Massachussets Institute of Technology</i>
MOODLE	<i>Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment</i>
NI	<i>National Instruments</i>
ODBC	<i>Open DataBase Connectivity</i>
OSA	<i>Optical Spectrum Analyser</i>
PHP	um acrônimo recursivo para " <i>PHP: Hypertext Preprocessor</i> "
RN	<i>Resource Name</i>
RS-232C	<i>Recommended Standard 232C</i>
SNR	<i>Signal to Noise Ratio</i>
SOAP/XML	<i>Simple Object Access Protocol / Extensible Markup Language</i>
SSFM	<i>Split-Step Fourier Method</i>
TIC's	Tecnologias da Informação e Comunicação
TIDIA	Tecnologia da Informação para o Desenvolvimento da Internet Avançada

USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VI's	<i>Virtual Instruments</i>
VISA	<i>Virtual Instrument Software Architecture</i>
VLAB	<i>Virtual Laboratory</i>
VXI	<i><u>V</u>MEbus <u>e</u>Xtensions for <u>I</u>nstrumentation</i>
WCNT	<i>Wavelength Center</i>
Web	<i>World Wide Web</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. AUTOMAÇÃO E CONTROLE DE EXPERIMENTOS.....	19
2.1 LabVIEW: Programa de Instrumentação e Análise.....	19
2.2 Controles de Instrumentos e Aquisição de Dados.....	21
3. AMBIENTES VIRTUAIS DE ENSINO-APRENDIZAGEM.....	23
4. ESTRUTURA GERAL DO WEBLAB.....	25
4.1 Arquitetura Cliente/Servidor dupla.....	26
4.2 Integração ao Ambiente Virtual de Ensino-Aprendizagem.....	27
4.2.1 Usuário Administrador.....	29
4.2.2 - Usuário Professor.....	31
4.2.3 Usuário Aluno.....	36
5. COMPONENTE PARA TRANSMISSÃO DE ÁUDIO E VÍDEO.....	40
6. EFEITOS NÃO-LINEARES E PROPAGAÇÃO DE ONDAS EM FIBRAS ÓPTICAS. ..	45
6.1 Equação de Schrödinger Não-Linear.....	46
6.2 Auto-Modulação de Fase.....	50
6.3 Espalhamento Não-Linear.....	52
6.4 Solução Numérica da Equação de Schrödinger Não-Linear.....	55
7. MEDIDA DO COEFICIENTE NÃO-LINEAR DE UMA FIBRA ÓPTICA.....	59
7.1 Método da Auto-Modulação de Fase de Onda Contínua (CW SPM).....	59
7.2 Simulações Numéricas.....	62
7.3 Descrição da Montagem Experimental.....	69
7.4 Resultados Experimentais.....	71
8. INSTRUMENTOS VIRTUAIS E EXPERIMENTO REMOTO.....	78

8.1 Drivers para Controle dos Equipamentos	78
8.1.1 Laser Sintonizável.	78
8.8.2 Medidor de Potência Óptica.....	80
8.8.3 Analisador de Espectro Óptico (OSA)	84
8.8.4 Amplificador de Fibra Dopada de Érbio (EDFA).....	85
8.2 Interface Gráfica de Usuário para Realização do Experimento.	86
8.3 Interface Gráfica de Usuário para Simulação Numérica.	90
9. CONCLUSÃO.	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1. INTRODUÇÃO.

O advento da Internet e o desenvolvimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) geraram novos espaços para a comunicação e colaboração entre grupos de pessoas localizadas em regiões geograficamente distintas. Uma grande variedade de sistemas baseados na tecnologia Web tem sido desenvolvida, integrando ferramentas de *groupware* e recursos para comunicação on-line síncrona e assíncrona.

No cenário educacional, as TIC's têm sido cada vez mais utilizadas na implementação de atividades de aprendizagem on-line. A Web passou a incorporar as chamadas Redes de Aprendizagem (HARASIM et al., 1995; PALLOFF e PRATT, 1999), possibilitando a criação de ambientes virtuais de ensino-aprendizagem onde ocorre intensa interação entre professores e estudantes no processo de aquisição e construção de conhecimento.

Outra tecnologia que tem apresentado um desenvolvimento crescente na última década é a automação de instrumentos de medida por computador. A associação da tecnologia Web com a automação e controle de instrumentos por computador tornou possível o desenvolvimento dos chamados Laboratórios Remotos ou WebLabs - ambientes distribuídos que permitem o acesso e controle remoto de experimentos através de uma rede de comunicação ou da Internet em tempo real e com sensação de presença, ampliando o nível de interatividade dos ambientes virtuais de ensino-aprendizagem (NEDIC *et al.*, 2003).

Vários trabalhos relacionados à automação e controle remoto de experimentos através da Internet têm sido desenvolvidos e atualmente já existem vários laboratórios remotos em operação, muitos com foco em aplicações educacionais direcionadas a cursos na área de Ciências Exatas (TELEROBOT, 2006). Entre os laboratórios remotos existentes destacam-se: o MIT *Microelectronics Weblab* (DEL ALAMO et al., 2002; HARWARD et al., 2004; HARDISON et al., 2005) e o iLabs (MIT, 2006), do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT); o laboratório remoto do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de

Singapura (CHEN *et al.*, 1999); o AIM (*Automated Internet Measurement*) (FJELDLY *et al.*, 1999; SHEN *et al.*, 1999); o laboratório remoto do Departamento de Automação e Controle da Universidade de Galati (CHICULITA e FRANGU, 2003); o laboratório remoto do Instituto de Tecnologia de Laussane (GILLET *et. al.*, 2002; LATCHMAN *et al.*, 1999); o IV-LAB (*InteractiveVirtual-LAB*) da Universidade de Massachusetts, Amherst (HUA e GANZ, 2003); o laboratório de simulação na área de fotônica do Departamento de Eletrônica e Telecomunicações da Universidade de Tecnologia de Kosice (TURÁN e OVSENÍK, 2006).

O objetivo deste trabalho foi implementar um WebLab para o estudo de efeitos não-lineares em fibras ópticas. O trabalho é parte das atividades relacionadas à participação do Laboratório de Fotônica Mackenzie no Projeto KyaTera do Programa TIDIA (Tecnologia da Informação para o Desenvolvimento da Internet Avançada) da FAPESP. A Rede KyaTera é um projeto cooperativo cujo objetivo é implantar uma rede de fibras ópticas destinada à pesquisa, desenvolvimento e demonstração de tecnologias para aplicações da Internet Avançada (TIDIA, 2006). Os laboratórios estão interconectados através de duas redes:

- **Rede Experimental:** Rede que interliga todos os laboratórios participantes do KyaTera por meio de fibras ópticas apagadas que chegam diretamente ao interior dos laboratórios (fiber-to-the-lab), possibilitando a realização de experimentos colaborativos e distribuídos de transmissão óptica e de redes sob condições reais.
- **Rede Estável:** Rede baseada no protocolo Ethernet/IP (oferecendo uma taxa de transmissão mínima de 1 Gbps) que interliga todos os laboratórios participantes do KyaTera através de uma malha óptica dedicada de fibras monomodo, cujo objetivo é fornecer serviços para promover a pesquisa colaborativa, tais como videoconferência de alta definição, VoIP, acesso à Internet 2, etc.

O WebLab descrito neste trabalho estará conectado à Internet e à Rede Estável,

possibilitando a disponibilização do experimento para todos os laboratórios do KyaTera bem como a realização de atividades em cursos de comunicações ópticas presenciais e a distância.

Esta dissertação está organizada da seguinte forma. No Capítulo 2 são descritas as tecnologias utilizadas para automação e controle remoto de experimentos. No Capítulo 3 são discutidos aspectos importantes relacionados ao desenvolvimento de ambientes virtuais de ensino-aprendizagem. No Capítulo 4 é descrita a arquitetura geral do sistema desenvolvido no Laboratório de Fotônica Mackenzie para a implementação de WebLabs. No Capítulo 5 é descrito o componente baseado em JMF (*Java Media Framework*) implementado para transmissão de áudio e vídeo, que permite a visualização dos instrumentos do laboratório em tempo real e a realização de vídeo-conferência em atividades colaborativas associadas à execução dos experimentos remotos. No Capítulo 6 são apresentados os conceitos teóricos básicos relacionados à propagação de ondas e aos efeitos não-lineares em fibras ópticas e é descrito o Método *Split-Step Fourier* (SSFM) utilizado para a solução numérica da Equação de Schrödinger Não-Linear. No Capítulo 7 é descrito o método da Auto-Modulação de Fase com Onda Contínua (*Continuous Wave Self-Phase Modulation - CW SPM*) e a montagem experimental utilizada para a medida do coeficiente não-linear em fibras ópticas, bem como são apresentados e analisados os resultados numéricos e experimentais obtidos. No Capítulo 8 são descritos os aplicativos desenvolvidos: os *drivers* para a automação e controle dos instrumentos utilizados, a interface gráfica de usuário (GUI) para execução remota do experimento e o aplicativo integrado à interface de usuário para simulação numérica da medida, que possibilita o estudo do efeito dos parâmetros envolvidos e a comparação das previsões teóricas com os resultados experimentais. No Capítulo 9 são apresentadas as conclusões do trabalho.

2. AUTOMAÇÃO E CONTROLE DE EXPERIMENTOS.

Neste capítulo são apresentadas as principais características do programa de instrumentação e análise LabVIEW da *National Instruments* (NI) e das interfaces de controle e aquisição de dados de instrumentos utilizados para a automação e execução de experimentos remotos através da Internet.

2.1 LabVIEW: Programa de Instrumentação e Análise.

Atualmente, muitos engenheiros têm utilizado o programa LabVIEW da NI como uma plataforma para aquisição de dados, análise de medidas e apresentação de dados (LABVIEW, 2006). Dentre os grupos que adotam o LabVIEW como padrão para o desenvolvimentos de suas aplicações estão os participantes do Projeto KyaTera, que o recomenda no desenvolvimento dos WebLabs.

O LabVIEW é baseado na linguagem de programação gráfica G e integra em um único sistema ferramentas para controle de instrumentos, aquisição de dados, análise e apresentação de resultados. Para a comunicação com os equipamentos, o LabVIEW suporta várias interfaces, tais como RS-232C (*Recommended Standard 232C*), GPIB, Ethernet, USB (*Universal Serial Bus*), VXI (*VMEbus eXtensions for Instrumentation*) e DAQ (*Data Acquisition board*), incluindo funções VISA (*Virtual Instrument Software Architecture*) (CHEN *et al.*, 1999; LABVIEW, 2006).

Os aplicativos para controle de instrumentos e aquisição de dados do experimento criados com o LabVIEW são chamados Instrumentos Virtuais (*Virtual Instruments – VI's*). A interface gráfica desses programas é chamada Painel Frontal, pois imita a aparência e operação dos instrumentos reais. A lógica de funcionamento do Painel Frontal é implementada no Diagrama de Blocos, onde são conectados os componentes gráficos e aplicados todos os cálculos e processamentos necessários.

Na Figura 1a é mostrado um exemplo simples de Painel Frontal de um VI e na Figura 1b o Diagrama de Blocos correspondente.

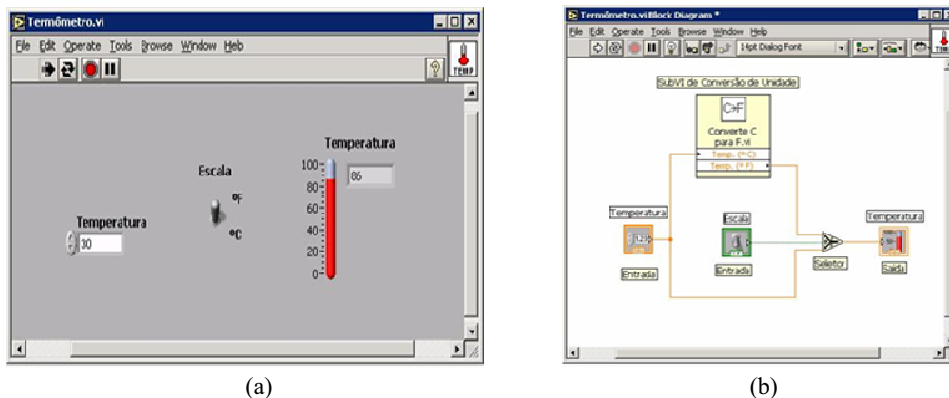


Figura 1- (a) Exemplo de Painel Frontal e (b) Diagrama de Blocos de um Instrumento Virtual (VI).

Podemos inserir outros VI's dentro de um Diagrama de Blocos através do uso de SubVI's. Um SubVI funciona como uma chamada de uma função ou procedimento, semelhante a uma sub-rotina utilizada em um programa, possibilitando o enriquecimento e simplificação do Diagrama de Blocos.

Outra característica importante do Diagrama de Blocos é o tipo de informações que podemos representar. Os blocos são interligados por “fios” que indicam, através de um código de cores, que tipo de informação será utilizado. Por exemplo:

- **Terminal Azul:** interliga blocos com valores inteiros.
- **Terminal Laranja:** interliga blocos com valores fracionários.
- **Terminal Rosa:** interliga blocos com valores do tipo *string*.
- **Terminal Verde:** interliga blocos com valores lógicos.

Também podemos trabalhar com Clusters no Diagrama de Blocos, os quais são agrupamentos de dados, como uma estrutura ou registro, facilitando assim a passagem de parâmetros entre os blocos.

Outro recurso importante no Diagrama de Blocos é a possibilidade de efetuarmos cálculos com funções matemáticas, através de um bloco que executa instruções escritas na linguagem C. A Figura 2 mostra um exemplo do uso de uma função matemática.



Figura 2 - Exemplo de uma Função Matemática em um Diagrama de Blocos.

Neste tipo de bloco é necessário criar variáveis de entrada e saída. O bloco recebe os valores das variáveis de entrada, executa os comandos inseridos em seu interior e disponibiliza o resultado nas variáveis de saída. Os valores armazenados nas variáveis de saída podem, então, ser utilizados por outros componentes do diagrama de blocos.

2.2 Controles de Instrumentos e Aquisição de Dados.

O controle dos instrumentos pode ser feito através de vários tipos de conexão, como RS-232C, GPIB, Ethernet e USB. Esses canais de comunicação possibilitam o envio e o recebimento de comandos entre o dispositivo de controle e o instrumento, tendo como diferencial a velocidade e os protocolos utilizados.

A Tabela 1 mostra um comparativo entre as velocidades de transmissão e a forma de conexão dos cabos de comunicação para essas interfaces.

Tabela 1 - Comparativo entre interfaces de controle.

Comparativo entre interfaces de controle				
Característica	GPIB	Ethernet	USB 1.1	USB2
Velocidade	500 Kbps	10-100 Mps	12 Mbps	480 Mbps
Conexão de Cabo	Robusta	Robusta	Frágil	Frágil

Existem também algumas soluções híbridas disponibilizadas pela NI, como um cabo GPIB-USB-HS (LABVIEW, 2006) que permite controlar um instrumento com interface GPIB através de uma interface de controle USB. Isso possibilita uma maior flexibilidade para controlar o instrumento, com taxa de transmissão de dados entre 1,8 MB/s e 7,2 MB/s.

Além das conexões convencionais, pode-se utilizar uma placa DAQ para ler dados analógicos ou digitais de equipamentos que não possuem conexão de controle como GPIB, USB, etc. Uma placa DAQ pode gerenciar diversos sinais simultaneamente, onde cada sinal é associado a um canal da placa. As placas DAQ possuem um conjunto de canais analógicos e outro conjunto de sinais digitais.

3. AMBIENTES VIRTUAIS DE ENSINO-APRENDIZAGEM.

Uma das características mais importantes da tecnologia Web é a possibilidade de utilizar recursos de comunicação on-line bidirecional para o desenvolvimento de atividades de ensino-aprendizagem colaborativas. A comunicação on-line pode ocorrer através de interações síncronas (que exigem a conexão simultânea dos participantes) utilizando-se recursos como “*chat*”, áudio-conferência e vídeo-conferência ou interações assíncronas (que não exigem a conexão simultânea dos participantes) utilizando-se recursos como e-mail, lista de discussão e fórum virtual. Esses recursos conectam professores e estudantes fora da sala de aula, eliminando as barreiras de espaço e tempo presentes no ensino tradicional.

Nesse sentido, a Web passou a incorporar as chamadas Redes de Aprendizagem, que podem ser utilizadas basicamente de três modos (PALLOFF e PRATT, 1999):

- **Modo Auxiliar** - Os recursos da tecnologia Web são utilizados como ferramenta opcional, para apoio e melhoria de cursos presenciais.
- **Modo Misto** - Os recursos da tecnologia Web são utilizados como parte integrante das atividades educacionais. É o modo correspondente aos cursos híbridos (parte presencial e parte a distância).
- **Modo Totalmente On-line** - Todas as atividades são desenvolvidas à distância. É o modo correspondente à Educação a Distância (EAD).

A EAD é essencialmente uma modalidade educacional em que professores e alunos estão fisicamente separados, interagindo através de tecnologias de comunicação para a realização das atividades. Essa definição inclui também modalidades em que a interação ocorre através de correio, rádio, televisão, vídeo, CD-ROM, telefone, fax ou tecnologias semelhantes.

Para descrever a modalidade educacional em que os processos de ensino-

aprendizagem acontecem especificamente através do uso de computadores em rede, foi criado o termo Educação Online. Nessa modalidade, são desenvolvidas atividades em ambientes virtuais de ensino-aprendizagem criados com base nas TIC's e principalmente nos recursos da tecnologia Web.

Os ambientes virtuais de ensino-aprendizagem consistem basicamente em um Sistema de Gerenciamento da Aprendizagem (*Learning Management System* - LMS) ou Sistema de Gerenciamento de Cursos (*Course Management System* - CMS) ao qual são incorporados materiais didáticos e aplicativos hipermídia interativos. O Sistema de Gerenciamento é um conjunto integrado de programas para a autenticação e gerenciamento de usuários, recursos para autoria e gerenciamento de conteúdos hipermídia, ferramentas de comunicação on-line e instrumentos para acompanhamento e avaliação das atividades.

A utilização cada vez mais ampla de tecnologias interativas e de comunicação on-line para complementar as atividades realizadas em sala de aula tem tornado indefinidas as fronteiras entre o ensino presencial e a EAD. Os sistemas híbridos ou bi-modais - parte presencial e parte a distância - permitem flexibilizar os currículos através da integração de atividades presenciais e à distância, mostrando-se extremamente promissores para o ensino em todos os níveis (MORAN, 2004).

No sistema desenvolvido no Laboratório de Fotônica Mackenzie, os WebLabs são integrados a um ambiente virtual de ensino-aprendizagem, viabilizando a sua utilização no contexto de cursos on-line ou em atividades de apoio a cursos presenciais.

4. ESTRUTURA GERAL DO WEBLAB.

Os principais requisitos para um laboratório remoto podem ser agrupados em quatro elementos: *equipamento, interface de controle do servidor, ambiente e software cliente* (CHICULITA e FRANGU, 2003). Na Figura 3 é mostrada a estrutura geral do sistema desenvolvido no Laboratório de Fotônica Mackenzie para a implementação de WebLabs (PASCHOAL Jr., 2006; SZPIGEL et al., 2006 (A); SZPIGEL, et al. 2006 (B)).

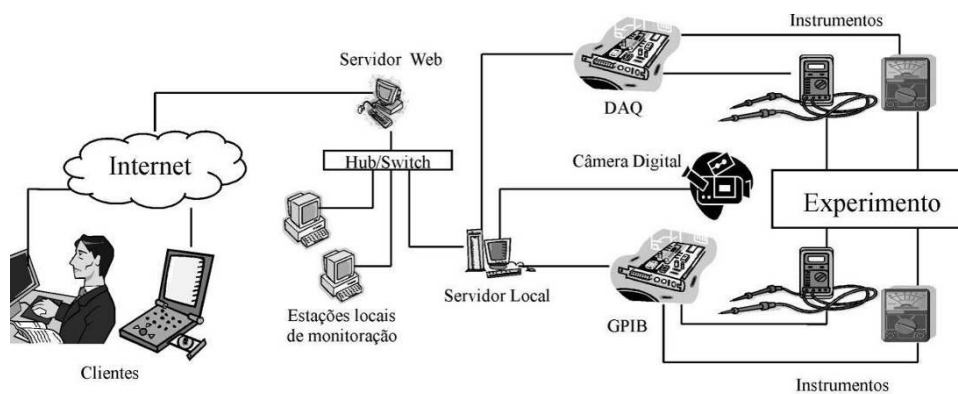


Figura 3 - Estrutura do sistema desenvolvido para implementação de WebLabs.

Essa estrutura é baseada em um ambiente distribuído que permite a automação local dos instrumentos e o acesso e controle remoto de experimentos através da Internet em tempo real e com sensação de presença. Para a automação do experimento, os instrumentos são conectados a um computador localizado no laboratório, denominado Servidor Local. A conexão é feita por meio de cabos e placas de interface GPIB (*General Purpose Interface Bus*), USB ou Ethernet, variando de acordo com o equipamento. O controle dos instrumentos e a aquisição de dados são implementados através de *drivers* desenvolvidos com o programa de instrumentação e análise LabVIEW, instalado no Servidor Local. Um computador denominado Servidor Web é o intermediário entre o cliente e o Servidor Local, possibilitando o controle e gerenciamento do acesso dos usuários ao experimento.

Um dispositivo de interconexão de redes (*Switch*) é utilizado para conectar o Servidor Local ao Servidor Web, bem como a estações locais que podem ser utilizadas para a monitoração do sistema. Completando o sistema desenvolvido, utiliza-se uma câmera digital (*Webcam*) conectada ao Servidor Local para a transmissão de áudio e vídeo à GUI, permitindo a visualização dos instrumentos em tempo real e a comunicação entre os usuários através de vídeo-conferência.

4.1 Arquitetura Cliente/Servidor dupla

Atualmente o controle remoto do experimento é implementado utilizando-se uma arquitetura Cliente/Servidor dupla (CHEN *et al.*, 1999), representada na Figura 4.

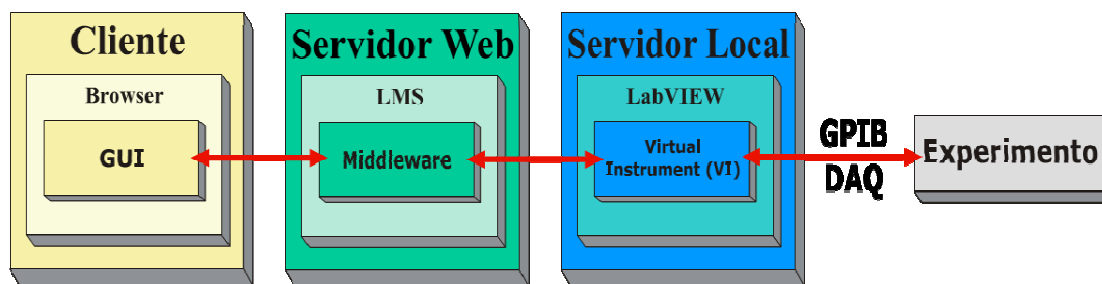


Figura 4 - WebLab baseado em uma arquitetura Cliente/Servidor dupla.

Nessa arquitetura, a comunicação entre os computadores Clientes e o Servidor Local que controla os instrumentos do experimento é mediada pelo Servidor Web, através de um conjunto de aplicativos e programas de interface, denominado *Middleware*.

Para o controle remoto do experimento, os usuários utilizam uma GUI acessada através de um navegador web (*browser*), que reproduz no computador do cliente o VI (*Virtual Instrument*) instalado no Servidor Local, responsável pelo controle dos equipamentos na bancada. Para a execução do VI, é necessária a instalação do aplicativo *LabVIEW Runtime Engine* no computador do cliente.

4.2 Integração ao Ambiente Virtual de Ensino-Aprendizagem

O usuário acessa o WebLab através de um ambiente virtual de ensino-aprendizagem implementado com o programa MOODLE (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*) (MOODLE, 2006). O MOODLE é um Sistema de Gerenciamento de Cursos (CMS) desenvolvido colaborativamente por uma comunidade virtual e distribuído gratuitamente sob os termos do *GNU Public License*. O programa é baseado em PHP, roda em diversas plataformas e suporta vários tipos de base de dados.

A integração do WebLab ao ambiente virtual de ensino-aprendizagem é implementada através de um novo módulo de atividades adicionado ao MOODLE, o Módulo WebLab, desenvolvido pelo grupo do Laboratório de Fotônica Mackenzie utilizando scripts em linguagem de programação PHP e componentes do próprio ambiente MOODLE.

A estrutura do Módulo WebLab é representada pelo Diagrama de Classes e pelo Diagrama de Navegação OOHDM (*Object-Oriented Hypermedia Design Method*), exibidos respectivamente nas Figura 5 e 6.

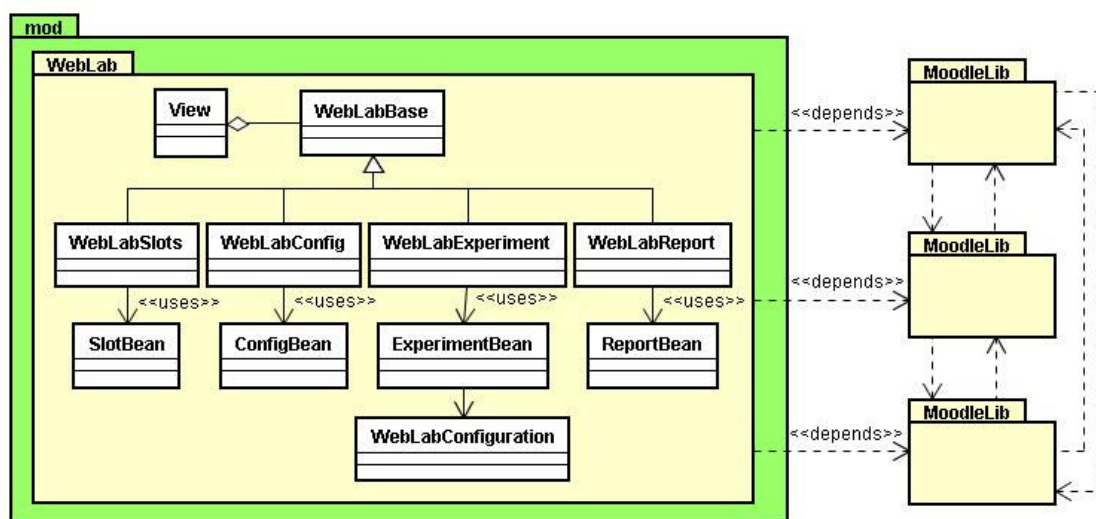


Figura 5 - Diagrama de Classes do Módulo WebLab.

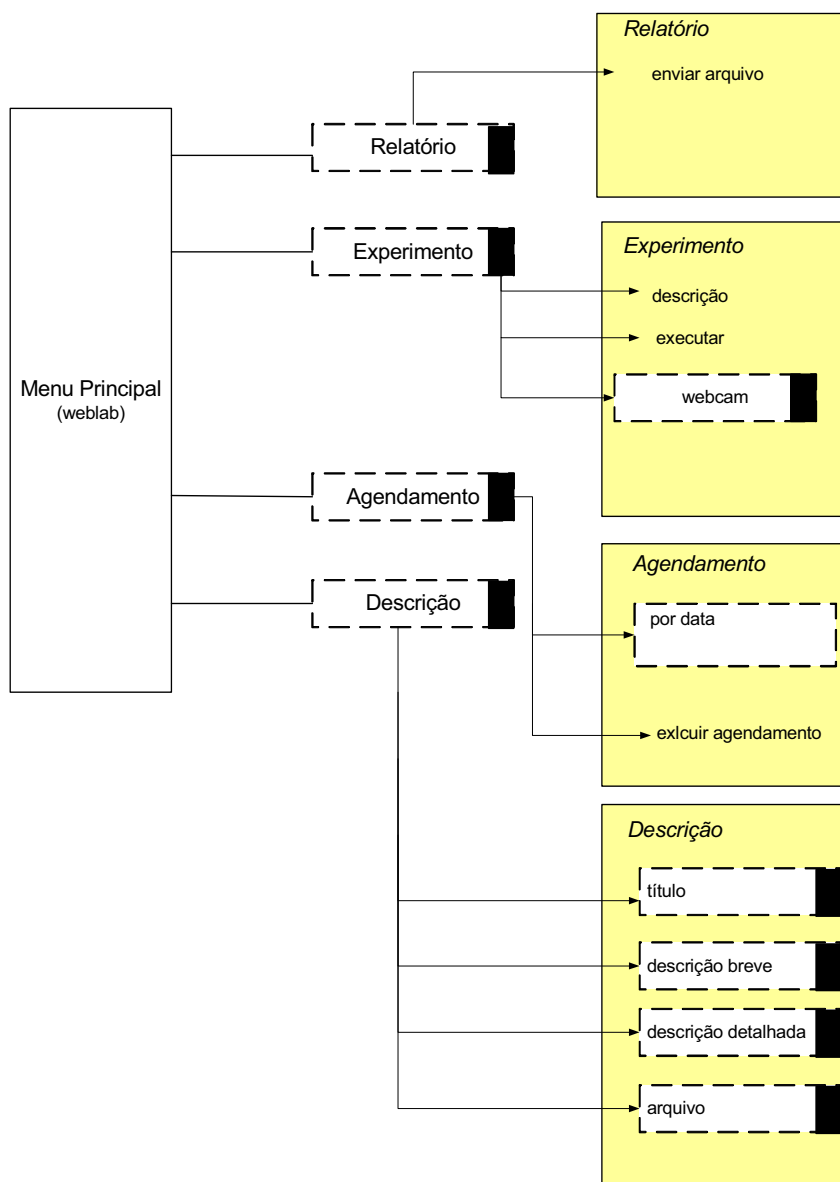


Figura 6 - Diagrama de Navegação OOHDm do Módulo WebLab.

Através desse módulo, pode-se inserir um experimento remoto como uma nova atividade, além de gerenciar a realização da atividade pelos usuários. Seguindo o padrão do MOODLE, as funcionalidades do Módulo WebLab são executadas de forma diferenciada por três tipos de usuários: Administrador, Professor e Aluno.

4.2.1 Usuário Administrador

O usuário Administrador é o responsável pela ativação do módulo WebLab dentro do ambiente MOODLE, tendo a função de cadastrar os experimentos remotos e outros recursos utilizados. Essas ações são mostradas no Diagrama de Casos de Uso da Figura 7.

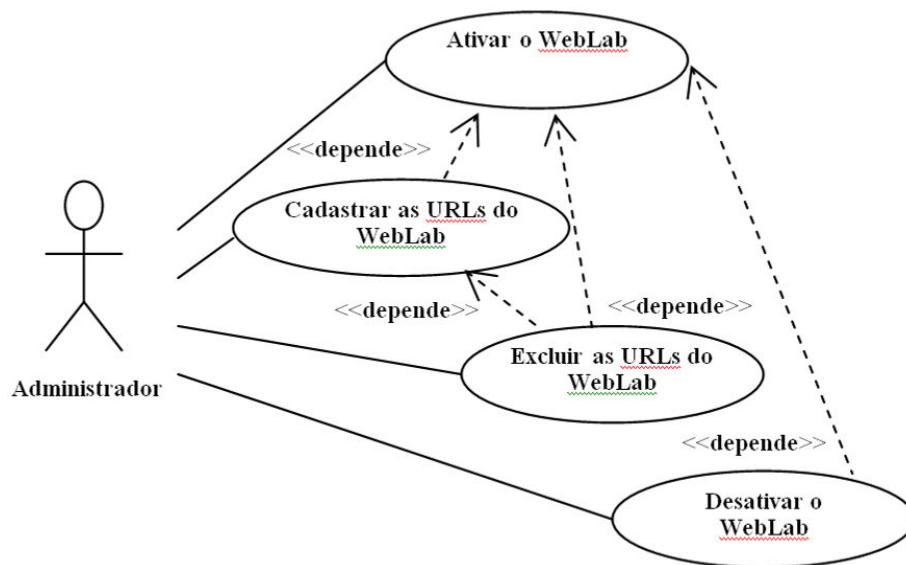
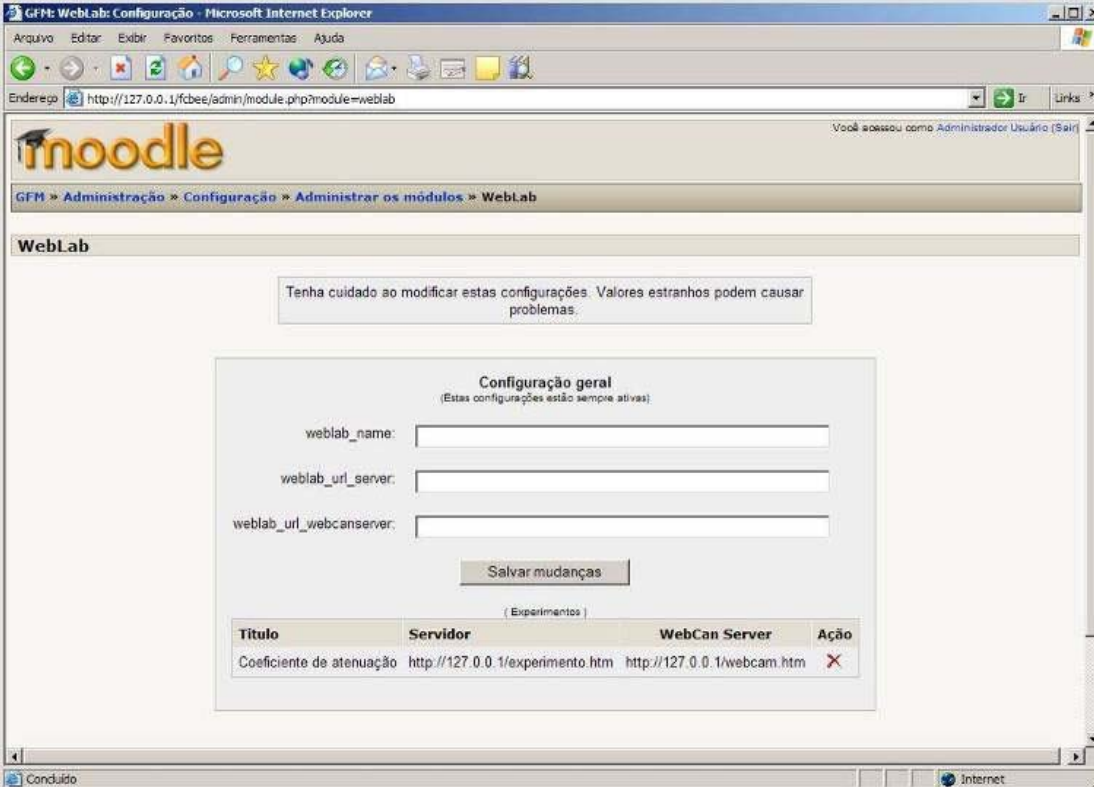


Figura 7 - Diagrama de Casos de Uso do usuário Administrador.

A ação de ativação do WebLab define a disponibilização do Módulo WebLab dentro do ambiente MOODLE. O Administrador deve ativar o módulo para que o usuário Professor possa criar uma atividade utilizando o mesmo. Além disso, o Administrador é responsável pelo cadastramento e configuração de cada experimento remoto dentro do módulo, definindo um nome, o endereço de Internet do VI do WebLab e o endereço Internet do VI da Webcam associada ao WebLab, para permitir o acompanhamento da execução do experimento. A Figura 8 mostra a tela utilizada para executar essa ação.



Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://127.0.0.1/fcbee/admin/module.php?module=weblab> Ir Links

moodle Você acessou como Administrador Usuário [Sair]

GFM » Administração » Configuração » Administrar os módulos » WebLab

WebLab

Tenha cuidado ao modificar estas configurações. Valores estranhos podem causar problemas.

Configuração geral
(Estas configurações estão sempre ativas)

weblab_name:

weblab_url_server:

weblab_url_webcanserver:

Salvar mudanças

(Experimentos)

Título	Servidor	WebCan Server	Ação
Coefficiente de atenuação	http://127.0.0.1/experimento.htm	http://127.0.0.1/webcam.htm	X

Concluído Internet

Figura 8 - Tela de cadastramento de experimentos do Módulo WebLab.

4.2.2 - Usuário Professor

É o responsável pela criação, configuração e gerenciamento de atividades envolvendo o uso do WebLab. Essas ações são mostradas no Diagrama de Casos de Uso da Figura 9.

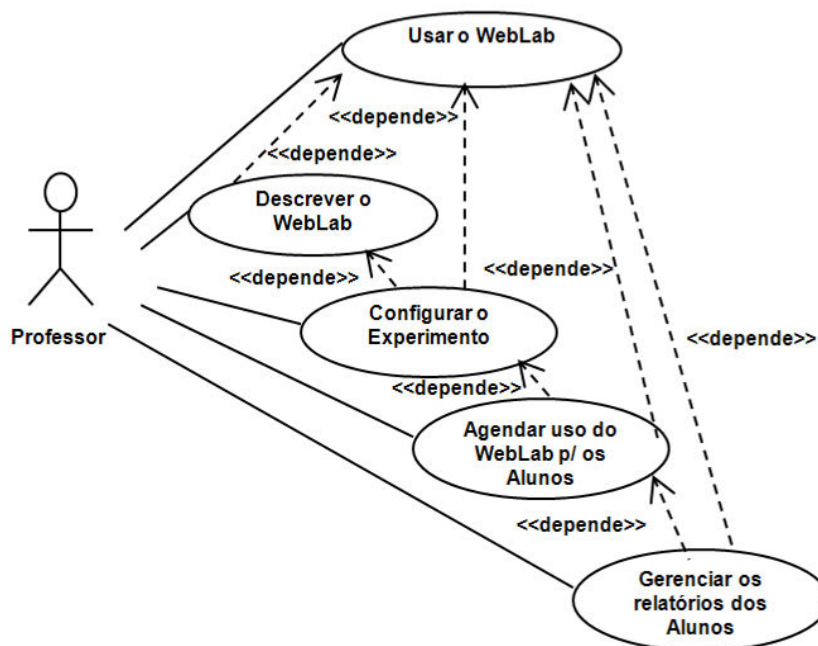


Figura 9 - Diagrama de Casos de Uso do usuário Professor.

O Professor deverá inserir e configurar uma nova atividade de WebLab, descrevendo as características da atividade: nome, sumário, descrição e objetivos. Também é possível anexar um arquivo eletrônico contendo um tutorial, com uma descrição mais detalhada da atividade e um roteiro para realização do experimento. Na Figura 10 é mostrada a tela “Descrição”, carregada após a configuração da atividade.

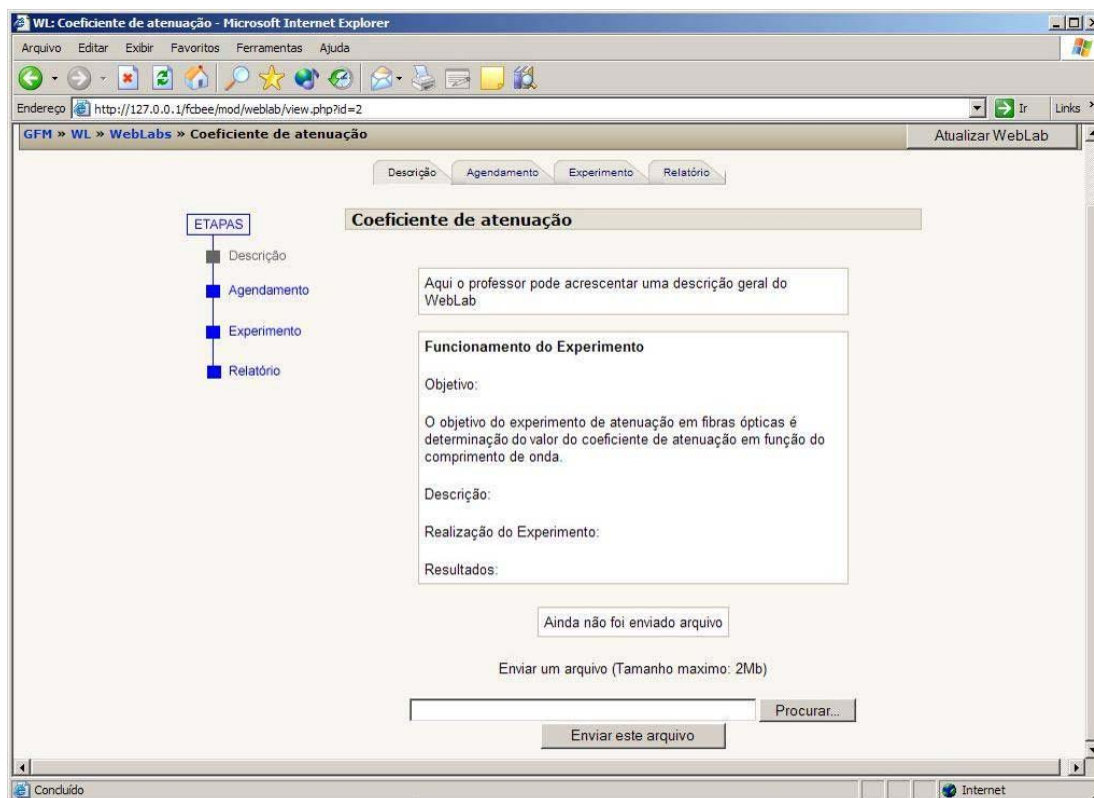


Figura 10 - Tela “Descrição”.

O Professor também deverá também criar os *slots* de execução do experimento, possibilitando que cada Aluno reserve um horário para fazer as suas medições. Para isso, o professor acessa o agendamento de utilização do WebLab definindo as características dos *slots*, como a data e hora inicial e a data e hora final, bem como a duração de cada um. A combinação dessas características define a quantidade de *slots* disponibilizados aos Alunos.

Na Figura 11 é mostrada a tela “Agendamento”, utilizada pelo Professor para a criação dos *slots* de execução do experimento remoto.

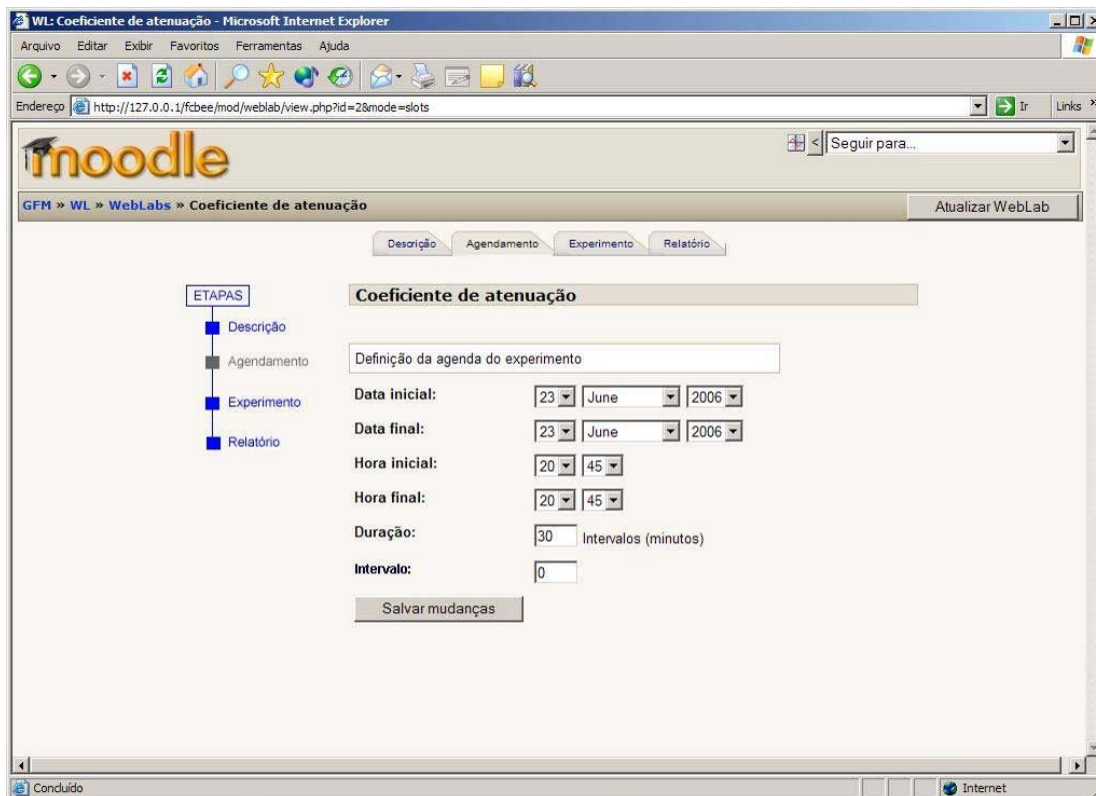


Figura 11 - Tela “Agendamento”.

O Professor seleciona o experimento a ser executado na atividade a partir de uma lista de experimentos cadastrados previamente pelo Administrador. Caso o experimento possua uma Webcam associada, o Professor poderá definir se deseja disponibilizá-la durante a realização do experimento. Na Figura 12 é mostrada a tela “Experimento”, carregada após a configuração do mesmo.

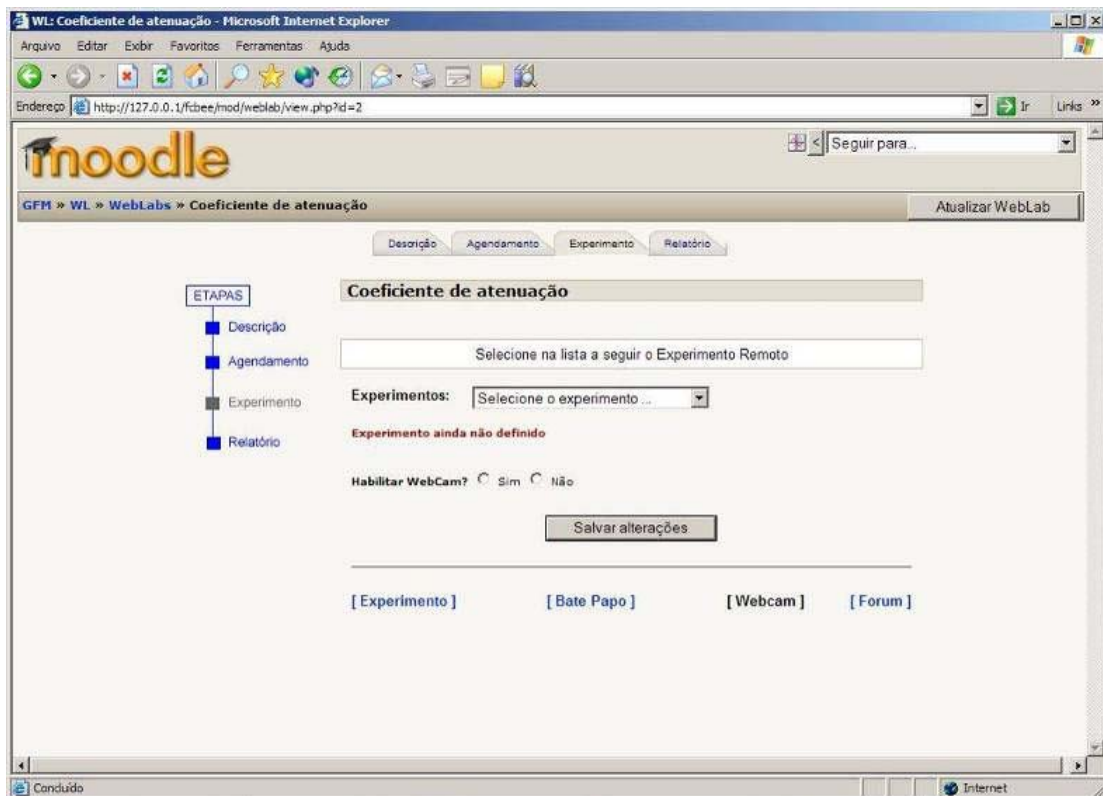
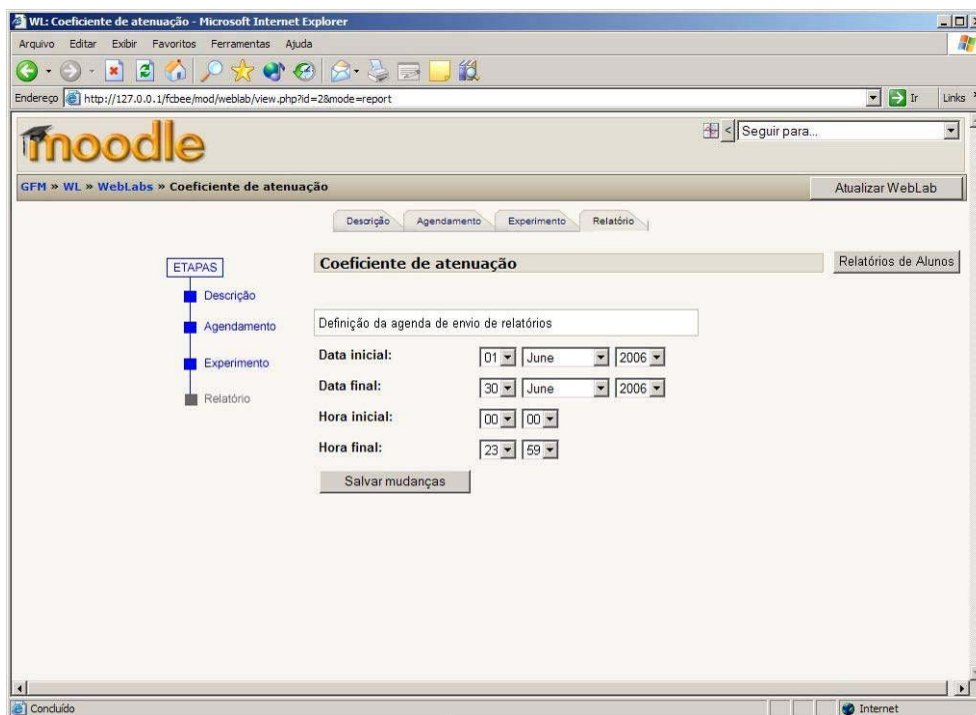
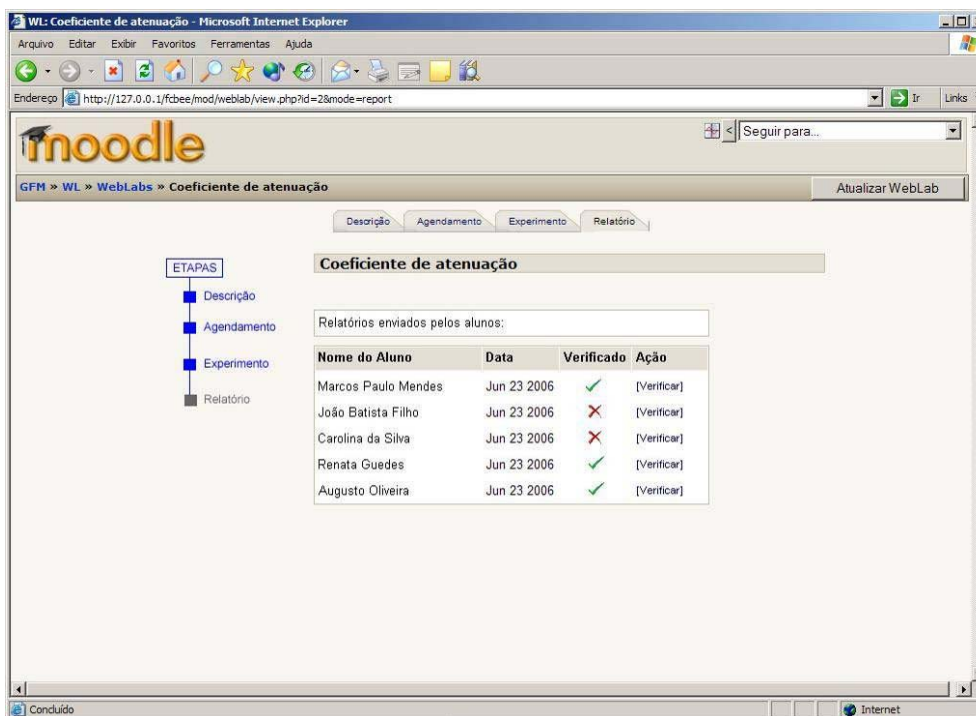


Figura 12 - Tela “Experimento”.

Na última etapa, o Professor faz a configuração para o envio de um relatório de execução do experimento pelos Alunos, indicando uma data e horário inicial, bem como uma data e horário final (Figura 13a). O Professor pode gerenciar os relatórios, verificando o envio e assinalando notas (Figura 13b).



(a)



(b)

Figura 13 - Tela "Relatório".

4.2.3 Usuário Aluno

As ações do usuário Aluno são mostradas no Diagrama de Casos de Uso da Figura 14.

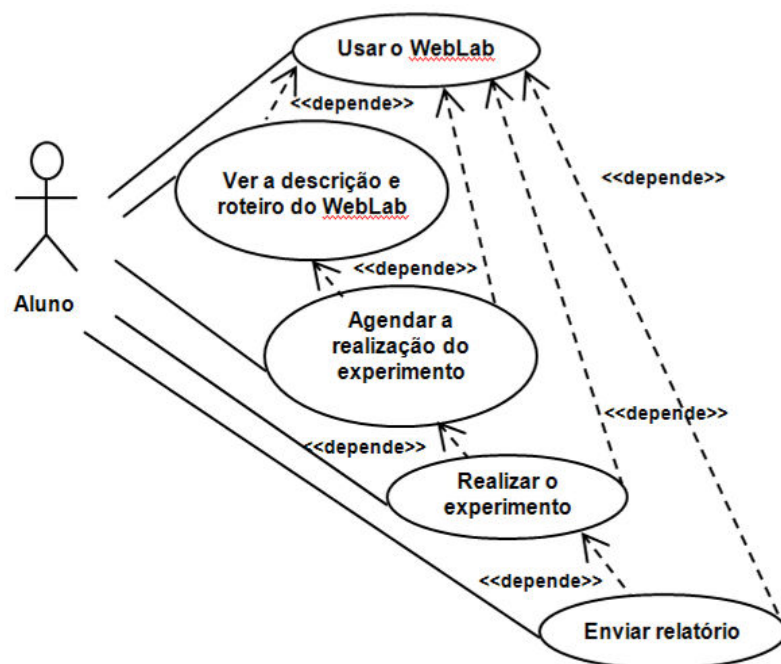


Figura 14 - Diagrama de Casos de Uso do usuário Aluno.

Quando o Aluno acessa a atividade de WebLab é apresentada a tela com a descrição da atividade para o mesmo, para que ele entenda quais são os conceitos envolvidos no experimento e para que veja os procedimentos de execução do WebLab (Figura 15). Posteriormente, o Aluno reserva um *slot* de execução de experimento (Figura 16). Na data e horário correspondentes ao *slot* reservado o aluno poderá acessar os VI's e controlar remotamente o WebLab.

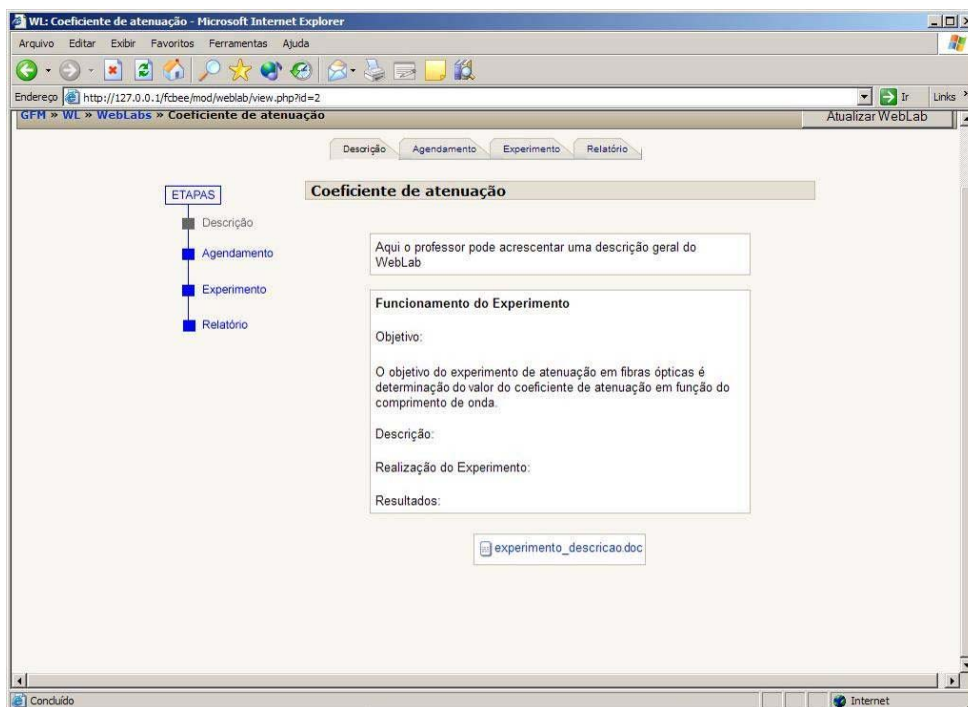


Figura 15 - Tela “Descrição” exibida aos Alunos.

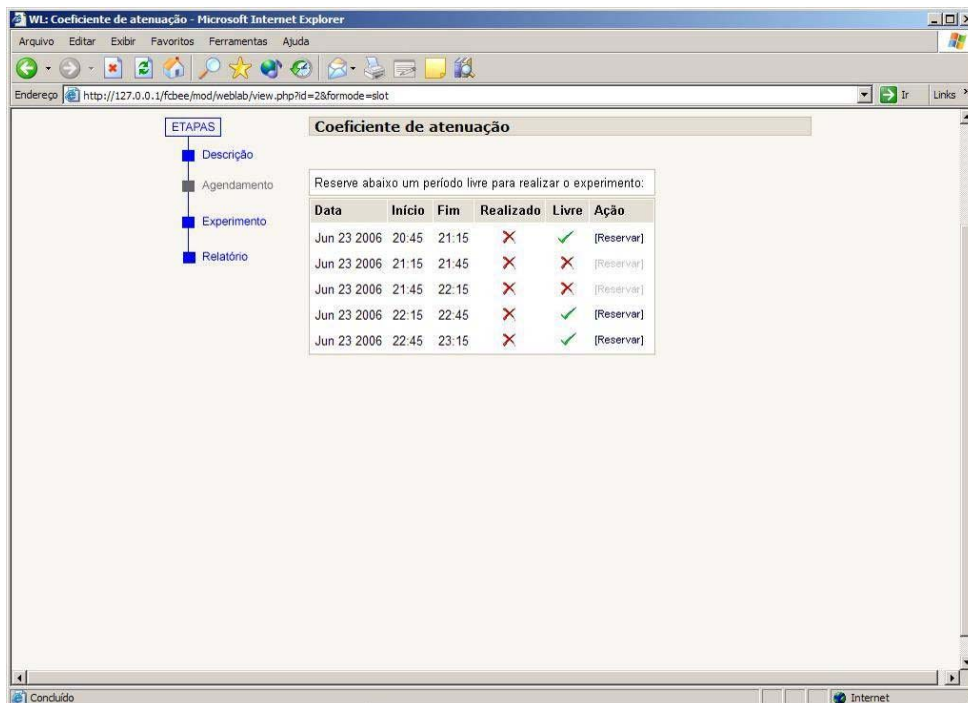


Figura 16 - Tela “Agendamento” exibida aos Alunos.

Após o agendamento, os links **Experimento** e **Webcam** estarão ativos apenas durante o período correspondente ao *slot* reservado (Figura 17).

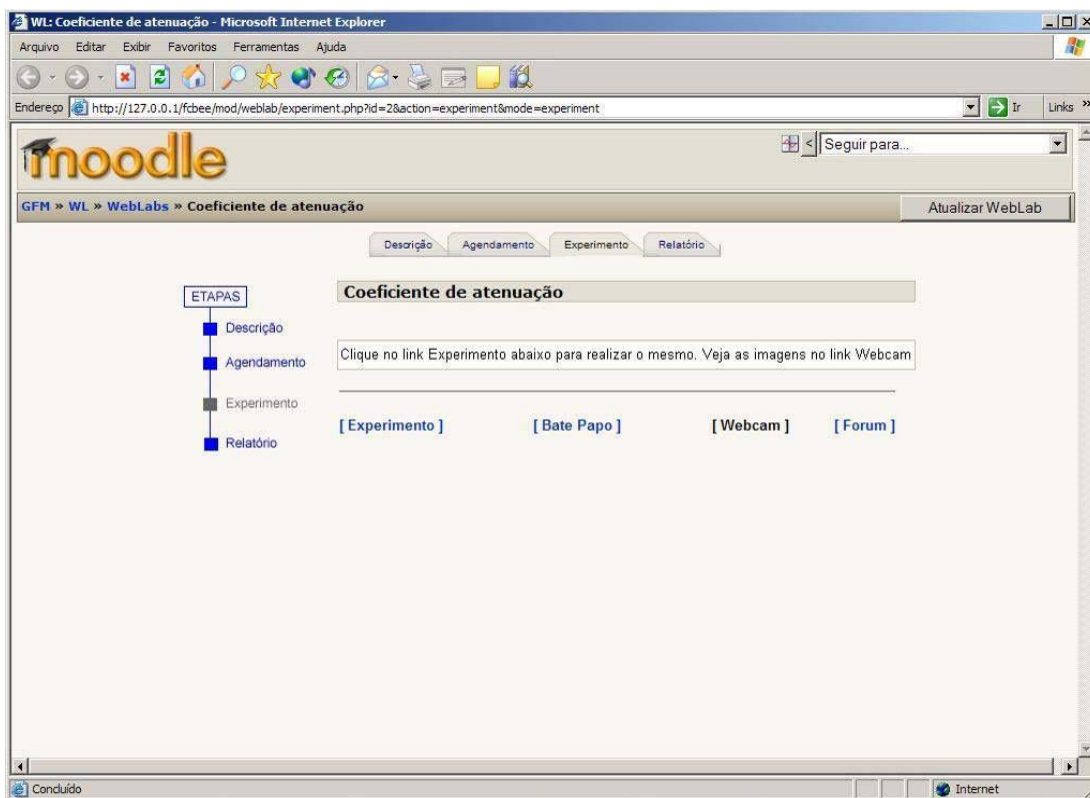


Figura 17 - Tela de execução do experimento.

Clicando-se nos links “**Experimento**” e “**Webcam**” serão exibidos os VI’s para execução e visualização do experimento remoto, conforme mostra a Figura 18.

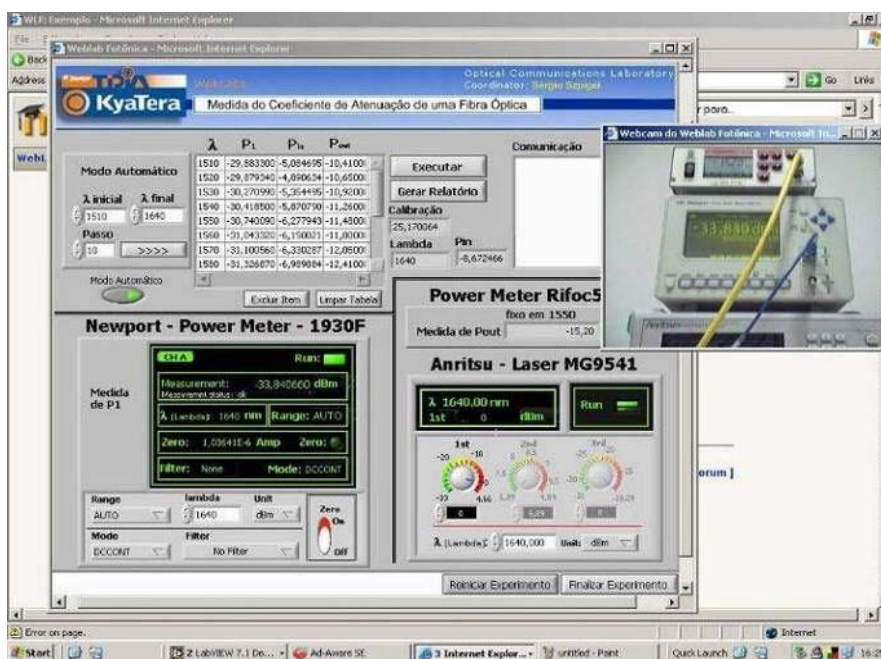


Figura 18 - Tela de execução com VI do experimento.

Após a execução do experimento, o Aluno poderá elaborar o relatório de atividades e submetê-lo ao professor (Figura 19).



Figura 19 - Tela Relatório exibida aos Alunos.