



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

**INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL COM LABVIEW EM LABORATÓRIO
EXPERIMENTAL DE ELETRÔNICA**

Rian Oliveira Barbosa

Lajeado, novembro de 2016

Rian Oliveira Barbosa

INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL COM LABVIEW EM LABORATÓRIO EXPERIMENTAL DE ELETRÔNICA

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado ao Centro de Ciências Exatas e
Tecnológicas do Centro Universitário UNIVATES,
como parte dos requisitos para a obtenção do título
de bacharel em Engenharia de Controle e
Automação.

Área de Concentração: Instrumentação
Virtual.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Hüseman

Lajeado, novembro de 2016

Rian Oliveira Barbosa

INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL COM LABVIEW EM LABORATÓRIO EXPERIMENTAL DE ELETRÔNICA

A Banca examinadora aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, na linha de formação específica em Engenharia de Controle e Automação, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação:

Prof. Dr. Ronaldo Hüseemann – orientador
Centro Universitário UNIVATES

Prof. Me. Henrique Worm
Centro Universitário UNIVATES

Prof. Me. Jaime André Back
Centro Universitário UNIVATES

Lajeado, dezembro de 2016

AGRADECIMENTOS

Ao findar mais uma etapa muito importante da minha vida, me sinto extremamente feliz pelo caminho que segui até aqui, e grato pelos princípios que me foram passados desde os primeiros anos de vida.

Primeiramente, agradeço aos meus pais Carlos Alberto e Marilene por todo o apoio incansável e suporte de sempre, muitas vezes abdicando de seus desejos pessoais para pensar no meu futuro e na minha realização.

À minha irmã Rafaela, pois sei que sempre a terei ao meu lado para me dar suporte em qualquer que seja a situação.

Aos meus avós maternos João (in memorian) e Denyr, que cumpriram um papel determinante na minha criação, podendo chamá-los de meus segundos pais.

Aos meus avós paternos Carlos e Helena, que com muita união construíram uma família unida e divertida, a qual eu tenho o privilégio de fazer parte.

À minha namorada Letícia, por não medir esforços para me apoiar, por estar sempre ao meu lado me dando suporte e me incentivando a seguir em frente.

Ao meu orientador, professor Dr. Ronaldo Hüseman, ao qual tenho imensa admiração, agradeço por toda a dedicação e preocupação prestada ao longo de todo o curso, e em especial, a este trabalho.

Ao professor Me. Henrique Worm, pelas contribuições e apoio dedicados a este trabalho.

Aos meus colegas de curso e amigos Gustavo H. Winter e Mateus Vorpapel, pela parceria e apoio nos diversos trabalhos e projetos dos anos de Engenharia.

Ao Centro Universitário UNIVATES, por oferecer a estrutura e os recursos necessários à realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos a todos os citados e aos demais familiares, amigos e professores, os quais fizeram parte da minha caminhada e de uma forma ou de outra ajudaram para o meu crescimento, tanto pessoal como profissional.

RESUMO

Um dos grandes desafios encontrados no ensino de engenharia tem sido lidar com a elevada abstração dos fundamentos teóricos abordados em suas disciplinas. Para isso, muitos professores optam pelo uso de experimentações práticas em complemento com a teoria. O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) descreve um conjunto de aplicativos de instrumentação virtual desenvolvidos através da utilização do software LabVIEW. Os aplicativos desenvolvidos buscam servir como instrumentos virtuais para práticas laboratoriais de eletrônica analógica e/ou digital, como ferramenta alternativa aos instrumentos convencionais, visando economizar os recursos e a estrutura necessária para a realização das aulas práticas. Para o desenvolvimento do projeto foi utilizada uma placa de aquisição de dados da fabricante National Instruments modelo PCIe-6341 e um módulo de entradas e saídas modelo SCB-68, do mesmo fabricante. Foram então desenvolvidos aplicativos gráficos que fazem interface com a placa utilizando o software LabVIEW. Foram desenvolvidos instrumentos básicos, tais como, multímetro, para medição de tensão e corrente elétrica, osciloscópio, com entradas para medição de sinais analógicos e digitais e gerador de funções, com saídas para geração de sinais analógicos e digitais. Para validação da proposta, foram realizados testes metrológicos das medidas elétricas, a fim de verificar se os instrumentos virtuais realizam as medições com padrões de erro próximos aos instrumentos convencionais. Além disso, foi seguido um roteiro de uma típica aula prática de eletrônica analógica e uma aula prática de eletrônica digital utilizando a plataforma desenvolvida, sendo avaliada a viabilidade prática de substituição dos instrumentos tradicionais bem como a percepção da facilidade de uso da plataforma. Para a avaliação destas questões foi respondido um questionário pelos alunos, professores e funcionários envolvidos na aula prática de eletrônica digital. Foram utilizadas as 16 licenças que a UNIVATES possui do software LabVIEW e 16 conjuntos de placa de aquisição com módulo de entradas e saídas instalados na Sala Tecnológica Multidisciplinar.

Palavras-Chave: Instrumentação, instrumentos virtuais, aquisição de dados, LabVIEW.

ABSTRACT

One of the major challenges in engineering education has been dealing with the high abstraction of theoretical foundations discussed in their disciplines. In this regard, many teachers choose to use practical experiments in addition to theory. This Final Course Work describes a set of virtual instrumentation applications developed using LabVIEW software. The developed applications seek to serve as virtual instruments for laboratory practices of analog electronic and / or digital, as an alternative tool to conventional instruments, aiming to save resources and infrastructure for the realization of practical classes. For the development of the project, a data acquisition board from National Instruments PCIe-6341 manufacturer model and module inputs and outputs model SCB-68, from the same manufacturer were used. It were developed graphical applications that interfaces with the board using LabVIEW software. Some basic tools have been developed, such as multimeter for measuring voltage and electric current, oscilloscopes, with inputs for measuring analog and digital signals and function generators with outputs to generate analog and digital signals. To validate the proposal, metrological testing of electrical measurements were performed in order to verify that the virtual instruments perform measurements with error patterns close to conventional instruments. In addition, it was followed a script of a typical practice class of analog electronics and a practical class of digital electronics was developed using the platform. It was evaluated the practical feasibility of replacing conventional instruments as well as the perception of ease of platform use. To evaluate these questions, a questionnaire was answered by students, professor and staff engaged in the practice class. 16 sets with LabVIEW licenses, acquisition board and inputs/outputs modules were used in the UNIVATES's Multidisciplinary Technology Room.

Keywords: Instrumentation, virtual instruments, data acquisition, LabVIEW.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Plataforma de instrumentação virtual	14
Figura 2 - Laboratório experimental de terceira geração	18
Figura 3 - Arquitetura básica de um instrumento virtual.....	19
Figura 4 - Esquemático básico de um instrumento virtual	20
Figura 5 - Plataformas para aquisição de dados	22
Figura 6 - Painel frontal do osciloscópio digital Tektronix TDS1002	25
Figura 7 - Painel frontal do gerador de sinais modelo Agilent 33210A.....	27
Figura 8 - Multímetro digital Minipa ET-1100	28
Figura 9 - Placa de aquisição de dados modelo PCIE-6341	33
Figura 10 - Bloco de entradas e saídas modelo SCB-68	33
Figura 11 – Alerta ao usuário	38
Figura 12 - Painel frontal do gerador de sinais virtual de 1 canal	38
Figura 13 - Painel frontal do gerador de sinais virtual de 2 canais	39
Figura 14 - Painel frontal do osciloscópio virtual de 1 canal	41
Figura 15 - Painel frontal do osciloscópio virtual de 2 canais.....	42
Figura 16 - Painel frontal do osciloscópio virtual de 4 canais.....	42
Figura 17 - Painel frontal do multímetro virtual.....	43
Figura 18 – Bloco de entradas e saídas	44
Figura 19 - Esquema de ligação do módulo SCB-68	45
Figura 20 – Vista interna do bloco de entradas e saídas.....	46
Figura 21 – Detalhe dos terminais de medição	46
Figura 22 – Bancada didática de instrumentos virtuais	47
Figura 23 – Medições de frequência dos geradores de sinais.....	49
Figura 24 - Medições de amplitude dos geradores de sinais	50

Figura 25 - Medições de frequência dos osciloscópios	51
Figura 26 – Medições de amplitude dos osciloscópios	52
Figura 27 – Medições de tensão dos multímetros	52
Figura 28 – Circuito com amplificador operacional montado em <i>proto-board</i>	53
Figura 29 – Medições dos sinais de entrada e saída do circuito 1	53
Figura 30 - Medições dos sinais de entrada e saída do circuito 2	54
Figura 31 - Medições dos sinais de entrada e saída do circuito 3	54
Figura 32 – Alunos realizando a aula prática de eletrônica digital	55
Figura 33 – Experimento realizado pelos alunos	56
Figura 34 – Gráfico do número de alunos por curso	56
Figura 35 – Gráfico do semestre do curso	57
Figura 36 – Instrumentos convencionais utilizados previamente.....	57
Figura 37 – Houve maior facilidade na retirada, montagem e utilização deste tipo de instrumento em relação aos instrumentos convencionais?	58
Figura 38 - Os instrumentos virtuais possuem as funcionalidades necessárias à prática realizada?	58
Figura 39 - Quanto à interface dos instrumentos virtuais, você a considera clara e acessível?.....	58

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
CC	Corrente Contínua
DAQ	<i>Data Acquisition</i> (Aquisição de Dados)
E/S	Entradas/Saídas
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i> (Transformada Rápida de Fourier)
GPIB	<i>General Purpose Interface Bus</i> (Barramento de interface de uso geral)
LabVIEW	<i>Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench</i> (Bancada de Instrumentos Virtuais para Laboratório de Engenharia)
LAN	<i>Local Area Network</i> (Rede de área local)
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (diodo emissor de luz)
NI	<i>National Instruments</i>
PCI	<i>Peripheral Component Interconnect</i> (Interconexão de Componentes Periféricos)
PID	Proporcional integral derivativo
PXI	<i>PCI eXtensions for Instrumentation</i> (Extensões PCI para Instrumentação)
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RMS	<i>Root Mean Square</i> (Raiz do valor quadrático médio)
STM	Sala Tecnológica Multidisciplinar
USB	<i>Universal Serial Bus</i> (Barramento Serial Universal)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Laboratórios de Ensino em Engenharia.....	16
2.2	Instrumentação Virtual.....	18
2.3	Hardware para aquisição de dados.....	21
2.4	Softwares de ambiente de desenvolvimento	22
2.5	Linguagens de programação.....	23
2.6	Instrumentos convencionais	24
2.6.1	Osciloscópios convencionais	24
2.6.2	Geradores de sinais convencionais.....	26
2.6.3	Multímetros portáteis convencionais	28
2.7	Trabalhos relacionados	29
3	METODOLOGIA.....	31
3.1	Placa de aquisição de dados.....	32
3.2	Bloco de entradas e saídas	33
3.3	Software e linguagem LabVIEW	34
3.4	Validação da proposta.....	34
3.4.1	Testes metrológicos.....	35
3.4.2	Aula prática de eletrônica analógica.....	36
3.4.3	Aula prática de eletrônica digital.....	36
4	DESENVOLVIMENTO	37
4.1	Instrumento virtual: gerador de sinais.....	37
4.2	Instrumento virtual: osciloscópio.....	39

4.3	Instrumento virtual: multímetro.....	43
4.4	Bloco de entradas e saídas	43
4.5	Bancada experimental.....	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
5.1	Testes metrológicos.....	48
5.2	Experimento de eletrônica analógica.....	53
5.3	Aula prática de eletrônica digital.....	54
6	CONCLUSÕES.....	60
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
	APÊNDICE A – DIAGRAMAS DE BLOCOS DESENVOLVIDOS NO LABVIEW	66
	APÊNDICE B – TABELAS DA AVALIAÇÃO METROLÓGICA	73
	APÊNDICE C – ROTEIRO DAS PRÁTICAS REALIZADAS.....	81
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIOS APLICADOS	86

1 INTRODUÇÃO

Diversos autores destacam a importância das atividades de experimentação em laboratório para assimilação de conceitos abstratos, percepção da realidade, compreensão dos fenômenos físicos envolvidos e aumento da capacidade do aluno aplicar o conhecimento obtido em aulas teóricas. As práticas, além de facilitarem a fixação do conteúdo, favorecem a conexão entre o conhecimento empírico e o conhecimento científico (MORAIS et al., 2014).

Normalmente, as atividades de experimentação nas disciplinas de eletrônica são realizadas em laboratórios que possuem instrumentos tradicionais, como osciloscópios, geradores de sinais e multímetros (AGILENT TECHNOLOGIES, 2012). Entretanto, esses laboratórios implicam em altos custos para as instituições de ensino, tanto na implantação quanto na sua manutenção, sendo que geralmente são necessários lugares apropriados para armazenamento desses instrumentos e instrutores de laboratório para gerenciar o empréstimo dos equipamentos aos alunos (FERREIRA et al., 2008).

O alto custo geralmente faz com que o número de instrumentos seja insuficiente para atender todas as turmas. Além do mais, a flexibilidade desses laboratórios é limitada, pois os instrumentos utilizados não permitem aos usuários expandi-los ou personalizar seus parâmetros de medida, como resolução, precisão e taxa de atualização, de acordo com a aplicação requerida, visto que esses equipamentos são projetados para tarefas específicas estabelecidas pelo fabricante.

O uso de softwares simuladores pode ser considerado uma alternativa flexível e de baixo custo para amenizar a falta de laboratórios devidamente equipados, tendo em vista que há diversos programas desenvolvidos para esse fim e seu uso está cada vez mais fácil e simplificado (BIANCHINI, 2006).

Porém, essa alternativa tem alguns aspectos negativos em relação à montagem do circuito. De acordo com os estudos de Bianchini (2006) e Mendes (2004), utilizar somente a simulação pode gerar uma falsa impressão de domínio do conhecimento por parte dos alunos, pois não considera obstáculos enfrentados na montagem do circuito, além de gerar insegurança nos alunos quando deparados com situações práticas reais. Além do mais, a montagem propicia maiores reflexões sobre os fenômenos físicos e exige mais conhecimento teórico, representando um desafio maior. Enfim, ambos concordam com o uso de simuladores como ferramentas complementares no ensino de eletrônica, mas não recomendam a substituição total das experiências de montagem por simuladas.

Para criar um instrumento virtual, é preciso um software que realize a interação entre o computador e o usuário. Dentre as soluções existentes, destaca-se o LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*), que é um software de programação gráfica que permite o desenvolvimento de aplicações com funções personalizadas para automatizar um dispositivo de aquisição de dados, processar os sinais e exibi-las em interfaces para o usuário (NATIONAL INSTRUMENTS, 2009).

A proposta deste trabalho consiste em apresentar potenciais aplicações didáticas do software LabVIEW, associado a uma placa de aquisição de dados, que atendam às necessidades das aulas experimentais de eletrônica dos cursos de engenharia como ferramenta de apoio ao ensino presencial.

Para tanto, utilizando a programação com software LabVIEW, propõe-se o desenvolvimento de uma plataforma com instrumentos virtuais, tais como: osciloscópio, gerador de sinais e multímetro, e a integração destes instrumentos virtuais com o hardware da placa de aquisição de dados PCIE-6341 e o bloco de entradas e saídas SCB-68 (Figura 1).

Figura 1 - Plataforma de instrumentação virtual



Fonte: autor (2016).

Os instrumentos virtuais possuem funcionalidades semelhantes aos instrumentos reais, porém são personalizáveis e expansíveis. Os instrumentos desenvolvidos possuem as funções básicas de seu instrumento convencional análogo, como um osciloscópio com medição de frequência, amplitude, tensão de pico, valor eficaz e amostra do sinal elétrico, um gerador de sinais com configuração de frequência, amplitude e formato de onda e um multímetro com medição de tensão e corrente elétrica.

O intuito da solução desenvolvida é fornecer aos professores das disciplinas de eletrônica uma plataforma flexível, na qual as aplicações de cada instrumento virtual possam ser executadas de acordo com a necessidade da aula prática.

O curso de graduação em Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário Univates conta com a Sala Tecnológica Multidisciplinar, que para fins didáticos, dispõe de 16 computadores equipados com placas de aquisição de dados National Instruments PCIe-6341, bloco de entradas e saídas SCB-68 e licença vigente do software LabVIEW.

Como meio de validação da proposta, foram realizados três tipos de testes da plataforma. Primeiramente, testes metrológicos visando garantir que os instrumentos virtuais possuem padrões de erro próximos aos dos instrumentos convencionais.

Logo após, foi seguido um roteiro de uma típica aula prática da disciplina de Eletrônica Analógica, a fim de avaliar se a plataforma pode ser utilizada em experimentos laboratoriais desta área do curso de engenharia.

Finalmente, a plataforma foi testada pelos alunos da instituição em uma aula experimental de laboratório da disciplina de Eletrônica Digital, com o objetivo de verificar se a solução proposta realmente traz benefícios às aulas práticas, como os alunos percebem a utilização de instrumentos virtuais e se estes podem ser uma alternativa à utilização dos instrumentos convencionais. Estas questões foram avaliadas através de um questionário respondido pelos alunos, professor e instrutores do laboratório.

Nos testes realizados foi constatado que a solução é capaz de atender as demandas das aulas práticas de algumas áreas da engenharia, podendo ser uma alternativa aos instrumentos convencionais.

Os capítulos seguintes estão organizados da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica sobre laboratórios de ensino em engenharia, instrumentação virtual, aquisição de dados, ambiente de desenvolvimento, instrumentos convencionais e trabalhos relacionados. O capítulo 3 apresenta os materiais e métodos utilizados no desenvolvimento da plataforma de instrumentação virtual, com o detalhamento da placa de aquisição de dados, bloco de entradas e saídas, software e linguagem de programação utilizada, além da descrição dos testes realizados. No capítulo 4 são apresentados os resultados e discussões a respeito do desenvolvimento e da validação da plataforma. No capítulo 5 são apresentadas as conclusões finais do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a estruturação do sistema proposto no presente trabalho torna-se necessário o conhecimento de alguns conceitos a respeito de laboratórios de ensino em engenharia, instrumentação virtual, aquisição de dados e softwares para virtualização de instrumentos, os quais são apresentados nas seções a seguir.

2.1 Laboratórios de Ensino em Engenharia

As atividades realizadas em laboratórios de ensino nos cursos superiores de engenharia são momentos importantes para os alunos colocarem em prática o conteúdo abordado de forma teórica. Nelas, são demonstrados fenômenos, coletados dados, testadas hipóteses, desenvolvidas habilidades de observação ou medida, e adquirida familiaridade com os instrumentos e aparatos de medida (RANGEL et al., 2014).

Conforme Salvucci e Peres apud Rangel et al. (2014), os laboratórios de ensino são espaços multidisciplinares importantes para fomento da pesquisa e produção de material didático, estreitando a relação entre ensino, pesquisa e extensão. Melo (2011) aponta que as atividades experimentais são recursos didáticos importantes no processo de aprendizagem, e devem ser realizadas conectando-se a teoria com a prática.

Os experimentos são desenvolvidos com o propósito de reforçar abordagens teóricas de determinados conceitos, sendo uma oportunidade para o surgimento de questionamentos e correções por parte de quem ensina, provocando desequilíbrio na estrutura cognitiva do aluno,

permitindo que novos conceitos mais elaborados sejam reestruturados (ROSA; ROSA, 2007). Ainda, conforme as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia, instituídas pela resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002, há a obrigatoriedade de atividades de laboratórios nos conteúdos básicos, bem como em conteúdos específicos de cada curso de engenharia. Desta forma, as instituições de ensino superior devem prover disciplinas com conteúdos práticos visando atender à legislação.

Constatada a importância dos laboratórios experimentais no ensino de engenharia, percebe-se que eles têm sido grandes aliados dos profissionais e pesquisadores ao proporcionarem ambientes adequados para a aplicação das técnicas de engenharia. Segundo o estudo de Moraes et al. (2014), os laboratórios experimentais em engenharia vêm evoluindo nas últimas décadas.

Inicialmente, tais laboratórios continham equipamentos pesados e volumosos, ocupavam uma extensa área física e tomavam um tempo significativo para montagem das práticas experimentais, tornando-os restritos a poucos alunos e impactando na interatividade e participação efetiva dos mesmos. Gradativamente, esses laboratórios de primeira geração foram substituídos por laboratórios com instrumentação digital, o que diminuiu os tempos de montagem das plataformas experimentais. Entretanto, ainda havia comprometimento da flexibilidade na realização dos experimentos.

Com a evolução dos equipamentos de informática, houve nos últimos anos uma forte integração entre os componentes físicos dos laboratórios e as ferramentas de informática, conversores analógicos/digitais e sistemas de aquisição de dados. Os chamados laboratórios de terceira geração introduziram o conceito de instrumentação virtual, dispensando o uso de muitos instrumentos analógicos e/ou digitais específicos.

A instrumentação virtual proporcionou montagens experimentais compactas e de menor custo, possibilitando um aumento no número de bancadas experimentais, o que permitiu práticas mais interativas e o aumento da participação efetiva dos alunos (MORAIS et al., 2014). Uma configuração típica de um laboratório experimental de terceira geração é mostrada na Figura 2.

Figura 2 - Laboratório experimental de terceira geração



Fonte: Moraes (2014).

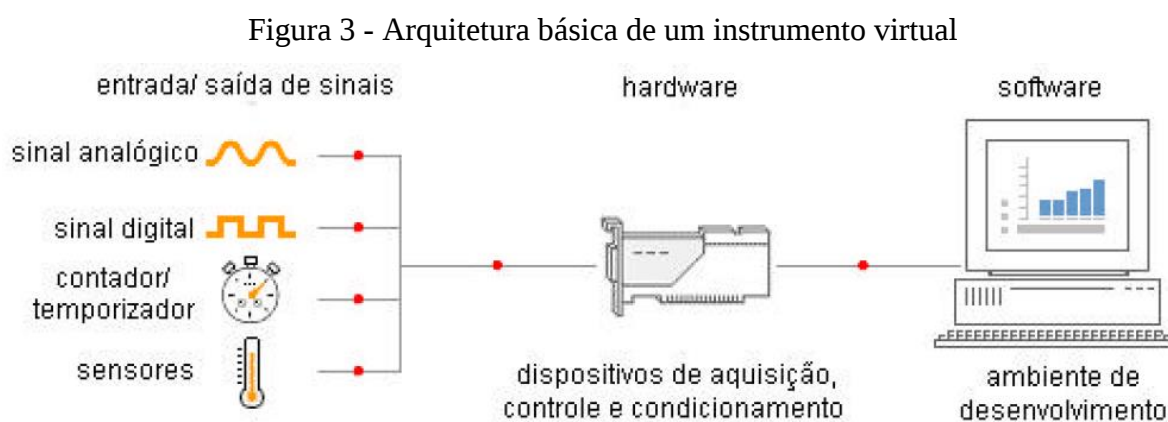
2.2 Instrumentação Virtual

Conforme NATIONAL INSTRUMENTS (2009), um instrumento virtual é composto por uma ferramenta de programação e um equipamento de aquisição flexível, que acoplados a um computador pessoal, executam juntos as funções de instrumentos tradicionais. Com a evolução das ferramentas computacionais ocorrida nas últimas décadas, os computadores pessoais agregaram processadores mais velozes e sistemas operacionais de fácil acesso, inclusive à internet. A instrumentação virtual se beneficia desses avanços para obter maiores taxas de amostragem e processamento dos dados.

Como uma forma de atender às demandas das aulas experimentais em eletrônica sem abrir mão da montagem prática, a virtualização de instrumentos representa uma alternativa flexível que se vale das últimas tecnologias incorporadas pelos computadores (LOPES, 2007). De acordo com Borges (2002), por sua instrumentação ser baseada em um computador, o processamento de dados dos instrumentos virtuais fica limitado ao hardware do computador em termos de velocidade de processamento e configuração das entradas e saídas, o que representa um maior potencial de aquisição e armazenamento de dados em relação a instrumentos tradicionais. Outro fator positivo é a possibilidade de disponibilização e compartilhamento dos resultados obtidos nas práticas em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), comumente utilizados no ensino à distância. Yi (2005) ressalta o ganho em flexibilidade com os instrumentos virtuais, que possibilitam ao aluno customizar seu instrumento e em seletividade ao se fazer somente os experimentos que lhe interessam.

De acordo com Ferrero apud Lopes (2007), a utilização de interfaces gráficas especializadas permite uma fácil comunicação com o instrumento e uma representação dos resultados de forma adequada e flexível. Em um instrumento virtual é possível que apenas a aquisição dos dados seja realizada pelo hardware, sendo que o processamento e a representação dos dados medidos ficam a cargo do software.

Na Figura 3 é demonstrado um exemplo de arquitetura de um instrumento virtual, composto por sensores, condicionadores de sinal, placa de aquisição de dados, computador e software de desenvolvimento.



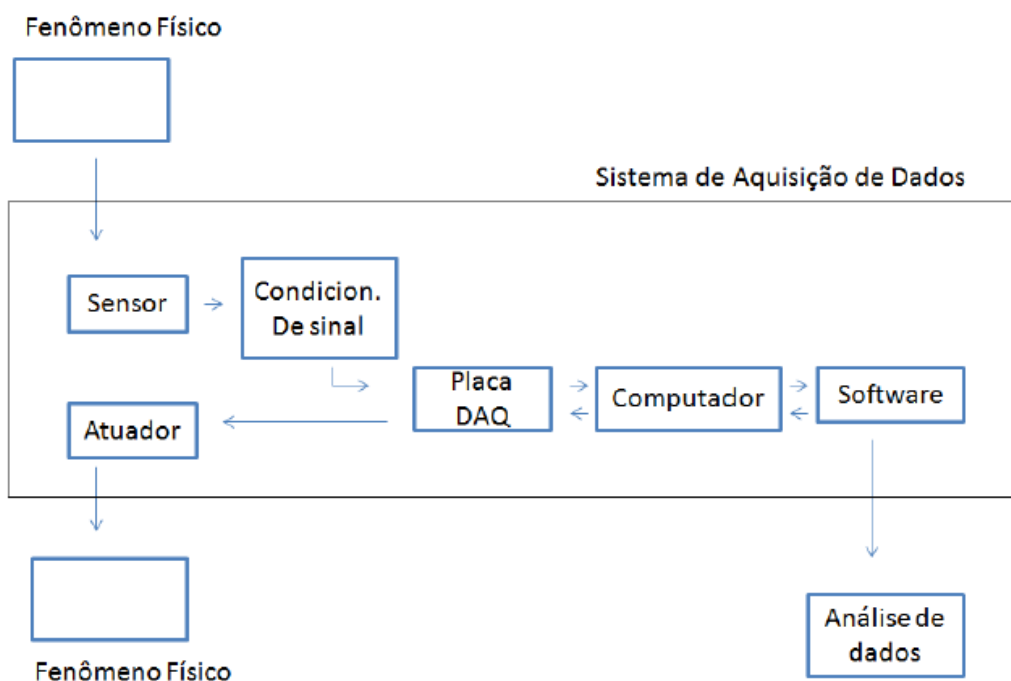
Fonte: Lopes (2007).

Instrumentos tradicionais como osciloscópios, geradores de sinal e multímetros geralmente são caros e projetados para executar tarefas estabelecidas pelo fabricante, o que dificulta a possibilidade de expansão e personalização desses instrumentos de acordo com a aplicação desejada. Toda a interface com o usuário, composta por botões, teclas, visores e telas do instrumento, assim como os circuitos internos e as funções disponíveis ao usuário, são específicos à natureza do instrumento. Já com o uso de instrumentos virtuais, o desenvolvedor pode personalizar a interface com o usuário, além de adicionar funções para um uso específico (LOPES, 2007).

Outra vantagem trazida pela instrumentação virtual diz respeito à redução de custo e de espaço físico. Enquanto são necessários diversos instrumentos tradicionais para a realização das aulas práticas, cada um para uma função específica, com instrumentos virtuais pode-se ter todos eles funcionando ao mesmo tempo em um computador pessoal. Além disso, há uma redução de espaço necessário para o armazenamento dos instrumentos tradicionais e seus cabos, geralmente estocados em armários, salas auxiliares ou almoxarifados de acesso restrito.

Na Figura 4 é demonstrado o esquemático básico necessário para o funcionamento de um instrumento virtual, composto por sensores e atuadores que interagem com os fenômenos físicos externos, uma seção que condiciona os sinais captados pelos sensores, de modo que possam ser lidos pela placa DAQ (*Data acquisition*), responsável pela aquisição dos dados e interface com o computador. O software controla a placa DAQ e fornece ao usuário as ferramentas necessárias para análise dos dados.

Figura 4 - Esquemático básico de um instrumento virtual



Fonte: Oliveira (2013).

O emprego de instrumentação virtual em laboratórios didáticos pode ainda, segundo Lopes (2014), dar uma maior versatilidade ao laboratório, uma vez que podem ser adicionadas novas funções às experiências didáticas, através do software, sem a necessidade de alteração do hardware utilizado nas aulas experimentais, uma vez que apenas a aquisição de dados fica a cargo do hardware, o processamento e representação das medidas obtidas são tarefas do software.

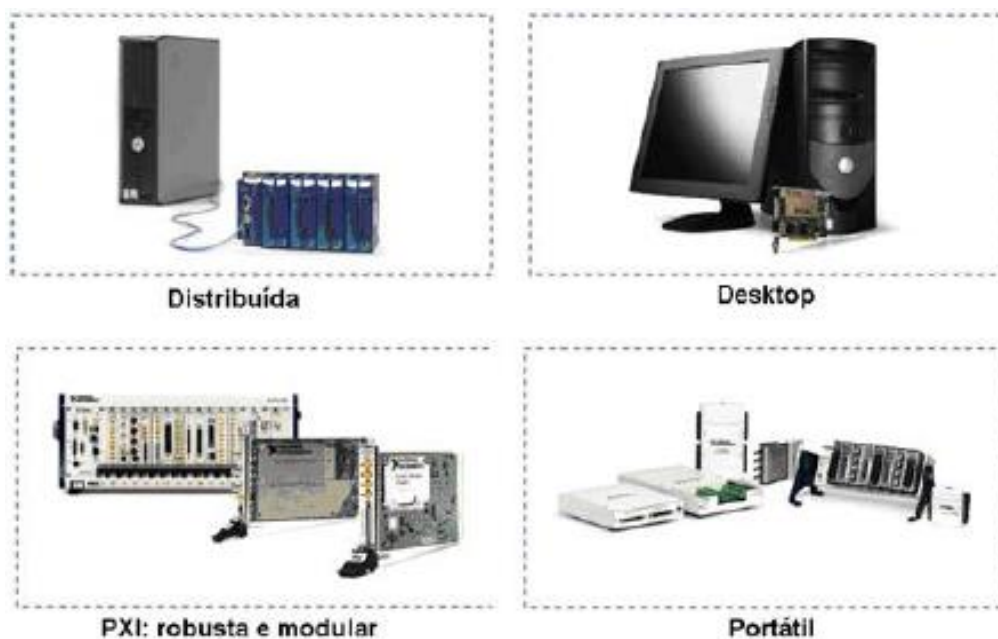
2.3 Hardware para aquisição de dados

O conceito de aquisição de dados consiste em obter ou gerar informação de forma automatizada a partir de fontes de medições digitais e analógicas, como sensores e dispositivos em teste (NATIONAL INSTRUMENTS, 2012).

Conforme Lopes (2007), os dispositivos responsáveis pela aquisição de dados atuam entre o computador e o mundo exterior e possuem função de conversores dos sinais analógicos em sinais digitais. O dispositivo pode conter entradas e saídas analógicas, entradas e saídas digitais, contadores, temporizadores e filtros. Existem diversas plataformas de aquisição de dados, sendo que alguns exemplos mais comuns são citados abaixo e mostrados na Figura 5.

- a) Desktop: placa de aquisição de dados acoplada a interface PCI (*Peripheral Component Interconnect*) do computador;
- b) PXI (*PCI eXtensions for Instrumentation*): plataforma robusta e modular com um computador dedicado para controlar os dispositivos de aquisição;
- c) Distribuída: plataforma baseada em módulos de entrada e saída de dados com comunicação *Ethernet*;
- d) Portátil: plataforma com comunicação via porta USB (*Universal Serial Bus*), apropriada para uso em notebooks.

Figura 5 - Plataformas para aquisição de dados



Fonte: Lopes (2007).

2.4 Softwares de ambiente de desenvolvimento

Segundo Lopes (2007), o software é o componente mais importante de um instrumento virtual, e tem sido componente essencial para o avanço na criação de instrumentos virtuais, pois a partir dele é possível agregar novas funções aos instrumentos. A partir do software que são criadas as aplicações, as rotinas de tratamento dos dados e as interfaces com o usuário, de forma geral, como o instrumento deve funcionar. Nele são especificados quais os tipos de dados a serem adquiridos, como e quando devem ocorrer as aquisições, como serão processados, manipulados e armazenados os dados e de que maneira o usuário poderá visualizar esses dados.

O LabVIEW, software de controle e aquisição de dados da National Instruments (NI), tem se mostrado bastante útil no que diz respeito aos processos automatizados e virtualização de instrumentos (FERREIRA et al., 2008). Além disso, ele fornece um ambiente de programação adequado à automação de um dispositivo de aquisição de dados, execução de algoritmos de processamento de sinais e exibição de interfaces com o usuário (PIECZKOSKI, 2015).

O ambiente de desenvolvimento do software LabVIEW se divide em duas telas: o painel frontal e o diagrama de blocos. No painel frontal é definida a interface com o usuário, onde é

possível adicionar e configurar botões, teclas, mostradores, gráficos, entre outros. Já no diagrama de blocos são criadas as funções de controle e determinado o fluxo de dados do instrumento virtual. As funções de controle podem ser operações matemáticas, lógicas ou estruturas de programação (*while*, *for*, *case*, etc.). A interação entre os painéis é instantânea, ou seja, ações num painel surtem efeitos no outro, por exemplo, caso um botão seja criado no painel frontal, seu respectivo bloco é criado no diagrama de blocos, o que facilita a conexão entre a interface e a programação gráfica (PIECZKOSKI, 2015).

2.5 Linguagens de programação

Instrumentos virtuais podem ser desenvolvidos em diversas linguagens de programação tais como Visual C/C++, C, Visual Basic .NET, Delphi, Java, entretanto a linguagem mais utilizada para este fim é a linguagem LabVIEW, também conhecida como “G”, desenvolvida pela NI. Por oferecer uma programação gráfica flexível projetada para facilitar a conexão entre os dispositivos de medição e o computador, ela é a linguagem mais utilizada em laboratórios.

Essa linguagem, de nome homônimo ao software de desenvolvimento, consiste na seleção e interconexão de blocos funcionais, formando rotinas que demonstram a lógica estabelecida para resolver um determinado problema. A linguagem LabVIEW é diferente de outras linguagens de programação textual que seguem um modelo de fluxo de controle da execução do programa. Nestas linguagens, a ordem sequencial dos elementos do programa determina sua ordem de execução. Já a LabVIEW, utiliza o fluxo de dados no programa, um nó do diagrama de blocos é executado somente quando recebe todas as entradas que necessita. Após a execução, este nó produz dados que fluem através dos próximos nós do diagrama de blocos, determinando a ordem de execução das funções (NATIONAL INSTRUMENTS, 2016).

Além da NI, empresas como a Advantech e a Data Translation, desenvolvem softwares para criação de instrumentos virtuais e são fabricantes de placas de aquisição de dados, ambas oferecem em suas soluções o suporte à programação em linguagem LabVIEW.

2.6 Instrumentos convencionais

Os instrumentos convencionais básicos, presentes na maioria das aulas práticas de engenharia são o osciloscópio, o gerador de sinais e o multímetro. Eles são utilizados desde as disciplinas iniciais dos cursos até as práticas finais, que abordam assuntos mais abrangentes, envolvendo conhecimentos de diversas áreas do curso.

2.6.1 Osciloscópios convencionais

Segundo Balbinot e Brusamarello (2014, p. 259), os osciloscópios convencionais utilizados nas aulas laboratoriais de engenharia podem ser do tipo analógico, funcionando a partir de um tubo de raios catódicos, ou do tipo digital, adquirindo e amostrando o sinal a partir de um sistema de aquisição de dados em alta frequência. De modo geral, possuem 1, 2 ou 4 canais de entrada de sinal. O painel frontal do equipamento pode se parecer com o da Figura 6 (modelo TDS1002 da fabricante Tektronix), que é utilizado nas aulas práticas da UNIVATES, ele geralmente contém os seguintes controles básicos:

- Interruptor: liga e desliga o instrumento;
- Ajuste de brilho e foco: altera a luminosidade e foco do traço do sinal;
- Ajuste de iluminação da retícula: controla a luminosidade da grade quadriculada das divisões da tela;
- Entrada do sinal: nesta entrada é conectada a ponta de prova;
- Chave seletora de ganho (V/div): controla a amplitude do sinal em relação às divisões horizontais da tela;
- Ajuste de posição vertical (*Position ou Offset*): altera a referência do sinal para cima ou para baixo sem interferir na forma da onda amostrada;
- Chave seletora da base de tempo (sec/div): varia o tempo de varredura horizontal do ponto na tela, podendo ampliar ou reduzir o horizontalmente a forma de onda projetada na tela entre as divisões verticais;
- Ajuste de posição horizontal (*Position*): possibilita a movimentação horizontal do sinal amostrado na tela;
- Chaves de controle de sincronismo (*trigger*): selecionam a fonte de sincronismo, que pode ser um dos canais amostrados, um sinal externo ou a própria rede de alimentação do osciloscópio. Além de definirem o modo do

sincronismo, automático ou manual e o nível de sincronismo, ajustado horizontalmente quando não se consegue um ajuste automático.

Os controles verticais correspondem ao canal selecionado, já os controles horizontais são aplicados a todos os canais amostrados.

Figura 6 - Painel frontal do osciloscópio digital Tektronix TDS1002



Fonte: TEKTRONIX (2005).

Além dos controles básicos, estes instrumentos podem possuir funções auxiliares que variam de acordo com o modelo e fabricante. Dentre as funções comumente encontradas, destaca-se:

- Visualização contínua de sinais de baixa frequência;
- Possibilidade de congelamento de telas;
- Possibilidade de programação de modo de disparo de telas (*trigger*);
- Visualização de parâmetros como V_{RMS} , $V_{MÉDIA}$, V_{PICO} , frequência, período;
- Auto ajuste de canais (função *Auto Set*);
- Possibilidade de ligar o instrumento em rede via porta GPIB (*General Purpose Interface Bus*);
- Interface com dispositivos para armazenamento de sinais;
- Recursos para medição precisa nos eixos das ordenadas e abscissas (cursors);
- *Zoom* de parte da tela;
- Recurso de FFT (Transformada Rápida de Fourier do sinal);
- Salvamento de imagens;
- Exportação dos dados adquiridos para um arquivo em formato de planilha;
- Comunicação USB.

Uma informação importante ao se utilizar um osciloscópio diz respeito ao seu limite de frequência, esse fator determina a máxima frequência do sinal que pode ser analisado, para os osciloscópios digitais ainda é importante verificar a taxa de amostragem do sinal (*sampling*) dada em amostras por segundo (*Sa/s*). Segundo o teorema de Nyquist, a taxa de amostragem mínima deve ser o dobro da frequência máxima do sinal amostrado. Porém quanto maior for a taxa de amostragem, mais fiel será o sinal amostrado.

As pontas de prova ou ponteiros utilizadas para as medições possuem uma garra-jacaré que deve ser conectada à referência (terra) do circuito medido e uma ponta de entrada do sinal que deve ser conectada ao ponto do circuito a ser medido. Em geral, as pontas de prova possuem uma chave de ajuste de escala com duas opções, 1:1 e 10:1. No ajuste 1:1, a entrada do osciloscópio é conectada diretamente à ponta de medição, já no ajuste 10:1, a entrada do osciloscópio recebe apenas um décimo da tensão lida na ponta de medição (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2014, p. 263).

2.6.2 Geradores de sinais convencionais

O gerador de sinais, ou gerador de funções, é um instrumento utilizado nas práticas laboratoriais como fonte de sinais elétricos com diversos formatos de onda. Ele é utilizado, principalmente, em testes de circuitos analógicos e digitais, e de equipamentos eletrônicos. Este instrumento gera diferentes níveis de tensões como uma função do tempo, podendo estes níveis serem positivos ou negativos em relação a uma referência (terra). A amplitude da forma de onda corresponde ao valor máximo, em módulo, da tensão gerada em relação à referência (MORAES, 2014).

Seu funcionamento é baseado em circuitos eletrônicos osciladores, filtros e amplificadores. Os circuitos osciladores geram sinais alternados a partir de uma fonte de alimentação de corrente contínua (CC), ou seja, os osciladores não precisam de um sinal externo de referência para formação dos sinais de saída. Os osciladores são divididos em dois tipos: os harmônicos, que produzem sinais do tipo senoidal, e os de relaxação, que geram sinais não senoidais como o dente-de-serra (*sawtooth*), quadrado ou multivibrador (SANTANA et al., 2010).

Em relação aos controles e funções básicas presentes nos geradores de sinais disponíveis comercialmente, podem variar de acordo com o modelo e fabricante, porém a maioria deles contém os controles descritos a seguir, conforme modelo da Figura 7 (modelo 33210A da fabricante Agilent), utilizado pelos alunos da UNIVATES:

- Interruptor: liga e desliga o instrumento;
- Chave ou botão seletor do tipo de onda: senoidal, quadrada, triangular, dente-de-serra, pulso, ruído, arbitrária e CC;
- Chave ou botão de ajuste de frequência: controla a frequência do sinal, podendo estar em uma faixa de 1 mHz a 10 MHz, este controle também pode ser feito a partir do período da onda;
- Chave ou botão de ajuste de amplitude: controla a amplitude do sinal, podendo estar em uma faixa de 10 mVpp a 10 Vpp;
- Chave ou botão de ajuste do nível alto e nível baixo (*offset*): ajusta o nível alto e baixo do sinal, podendo deslocá-lo em relação à referência;
- Chave ou botão de ajuste do ciclo de trabalho (*Duty-cycle*): para ondas quadradas, dado em porcentagem que pode ser de 20% a 80%;
- Adição de ruído ao sinal: podendo ser controlado por ajuste de tensão ou porcentagem.

Figura 7 - Painel frontal do gerador de sinais modelo Agilent 33210A



Fonte: Keysight Technologies (2014).

Alguns recursos adicionais podem ser encontrados nos modelos comerciais, dentre os mais comuns estão:

- Conexões USB, GPIB e LAN (*Local area network*);
- Visualização gráfica do sinal;
- Sincronização com fonte de frequência externa.

Uma informação relevante em relação aos geradores de sinais é a taxa de amostragem do sinal, essa taxa define a máxima frequência do sinal que pode ser gerado, a taxa de amostragem do gerador 33210A é de 50 MSa/s, por exemplo.

2.6.3 Multímetros portáteis convencionais

Utilizados em quase todos os experimentos laboratoriais que envolvem medidas elétricas, os multímetros portáteis podem ser analógicos ou digitais, possuem geralmente as funções de medição de tensão, corrente e resistência elétrica, podendo apresentar funções adicionais como medição de capacitância, ganhos de transistores, testes de diodos e temperatura. Apesar de multímetros analógicos permitirem uma melhor visualização das medições de grandezas variáveis, os multímetros digitais, em geral, têm leitura mais fácil de valores fixos, especialmente ao medir valores com várias casas decimais, razão pela qual seu uso é tão presente em práticas laboratoriais de engenharia.

Um multímetro digital é composto internamente por um conversor analógico/digital, conectado a um circuito de seleção e tratamento e a um display para visualização. A resolução dos multímetros digitais é dada pelo número de dígitos do instrumento, que em geral, para instrumentos de baixo custo, é de 3 ½ dígitos (BALBINOT e BRUSAMARELLO, 2014, p. 234).

O painel dos multímetros portáteis geralmente é simples, possui uma chave seletora da função e escala de medida e terminais para conexão das pontas de prova. Um exemplo de multímetro utilizado nas aulas práticas da UNIVATES é apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Multímetro digital Minipa ET-1100



Fonte: MINIPA (2016).

2.7 Trabalhos relacionados

No estudo de Oliveira (2013), foram desenvolvidas aplicações do tipo “supervisório” com o LabVIEW ligado ao controlador lógico programável da NI CompactRIO, para monitoramento de processos de controle. Neste trabalho foi constatado que o conjunto de software e hardware da NI é capaz de monitorar e atuar sobre plantas de controle. Desta forma, foi desenvolvido um controle do tipo *on/off* e um tipo PID (Proporcional Integral Derivativo) com acionamento por PWM (*pulse-width-modulation*).

Lopes (2007), apresentou algumas potenciais aplicações do LabVIEW, associado a uma placa de aquisição de dados, aplicados em experiências ligadas à área de sistemas de energia elétrica como ferramenta de apoio ao ensino presencial. Concluiu que a instrumentação virtual possibilita vários arranjos experimentais utilizando o mesmo hardware de aquisição de dados, podendo fornecer um novo modelo de construção de sistemas de medição em laboratórios didáticos.

Consonni et. al. (2004), desenvolveram aplicações de bancadas virtuais com circuitos e instrumentos virtuais com LabVIEW, tais como osciloscópios, geradores de sinais, multímetros digitais e analógicos e fontes. Este trabalho foi desenvolvido com propósito didático, visando até mesmo o ensino à distância, portanto as práticas que utilizam os instrumentos virtuais foram preestabelecidas de modo que o aluno não tem acesso à montagem do circuito, o que torna a utilização dos instrumentos virtuais uma mera simulação. Os autores destacam que a utilização dos instrumentos virtuais como ferramentas complementares no laboratório ajuda os alunos a se familiarizarem com os métodos básicos de medidas e instrumentação, além de servirem de suporte para uma rápida demonstração de respostas de circuitos.

Já Ferreira et al. (2008), desenvolveram um aplicativo de osciloscópio virtual para utilização em ambientes industriais, utilizando o LabVIEW em conjunto com uma placa de aquisição de dados da NI. Os autores constataram que instrumentos virtuais, como o osciloscópio desenvolvido, podem trazer significativa flexibilidade, redução de custo e mais segurança ao usuário em relação a instrumentos convencionais.

Outro trabalho recente, feito por Pieczkoski (2015), utilizou o ambiente de desenvolvimento e a linguagem LabVIEW para desenvolver instrumentos virtuais tais como termômetro, inclinômetro e decibelímetro. Entretanto, utilizou a placa de som de um

computador como placa de aquisição de dados. Segundo o autor, a proposta atendeu às demandas do projeto, mas houve dificuldade na modulação do sinal devido à falta de componentes de precisão.

Diversos outros trabalhos foram feitos usando o LabVIEW como ferramenta para desenvolvimento de instrumentos virtuais, mas visando a virtualização de laboratórios didáticos, no intuito de servirem de suporte ao ensino à distância, como por exemplo, os trabalhos de Yi (2005) e Borges (2002).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma plataforma de instrumentos virtuais para utilização nas aulas práticas em um laboratório experimental de eletrônica (Figura 1).

Foram desenvolvidas aplicações de osciloscópios de até 4 canais pois os modelos encontrados comercialmente possuem, em geral, 2 ou 4 canais, que atendem praticamente todas necessidades exigidas pelos experimentos desenvolvidos ao longo do curso de engenharia.

Foram também implementadas aplicações de geradores de sinais de 1 e 2 canais com funções semelhantes aos instrumentos convencionais. Verificou-se que comercialmente este tipo instrumento é encontrado geralmente com apenas um canal de saída, porém em alguns casos os alunos de engenharia utilizam mais de um canal, como em práticas de eletrônica digital, para geração de sinais periódicos de diferentes frequências. Foi adicionalmente desenvolvida uma aplicação de multímetro virtual com as funções de medição de tensão e corrente elétrica.

Para tanto, foi utilizada uma placa de aquisição de dados modelo PCIE-6341 da NI acoplada a um computador. Um bloco de entradas e saídas SCB-68 conectado à placa de aquisição de dados completa o hardware da plataforma. As aplicações foram desenvolvidas em linguagem gráfica LabVIEW, utilizando o software LabVIEW versão 2011.

Este conjunto de equipamentos foi utilizado neste trabalho especialmente por oferecer os parâmetros técnicos necessários para o desenvolvimento de instrumentos virtuais, como uma placa de aquisição de dados com taxa de amostragem adequada, um bloco de entradas e saídas (E/S) com um número de E/S que atendem aos requisitos da maioria das aulas práticas de

engenharia e um ambiente de desenvolvimento com diversos recursos de programação, que proporcionam fácil manipulação da aquisição e tratamento dos sinais. Além do mais, foi fator significativo para a escolha destes equipamentos o fato da UNIVATES possuir 16 conjuntos completos com placa de aquisição, bloco SCB-68 e software LabVIEW instalados em um laboratório experimental da instituição.

3.1 Placa de aquisição de dados

A placa de aquisição de dados utilizada no projeto foi do modelo PCIe-6341 (Figura 9) da NI. Há 16 computadores na STM (Sala Tecnológica Multidisciplinar) do Centro Universitário Univates, cada um deles equipado com uma placa de aquisição desse modelo. As especificações básicas da placa de aquisição de dados são (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015):

- Entradas analógicas: 16
 - Resolução: 16 bits
 - Taxa de amostragem: 500kS/s
 - Faixa máxima de tensão: -10V a 10V
 - Escalas de medição: 4
 - Escala máxima: -10V a 10V
 - Precisão: 2,19 mV
 - Escala mínima: -0,2V a 0,2V
 - Precisão: 60 μ V
 - Impedância de entrada: >10 G Ω em paralelo com 100 pF
- Saídas analógicas: 2
 - Resolução: 16 bits
 - Faixa máxima de tensão: -10V a 10V
 - Precisão: 3,271mV
 - Taxa de atualização: 900kS/s
 - Drive de corrente: 5mA
- Entradas e saídas digitais (bidirecionais): 24
 - Taxa máxima de *clock*: 1MHz
 - Faixa máxima de tensão: 0V a 5V

- Contadores: 4

Figura 9 - Placa de aquisição de dados modelo PCIe-6341



Fonte: NATIONAL INSTRUMENTS (2015).

3.2 Bloco de entradas e saídas

Foi utilizado no projeto um bloco de entradas e saídas do modelo SCB-68 (Figura 10) da NI. Este é um bloco blindado de 68 entradas e saídas que permite uma fácil conexão a um dispositivo de aquisição da NI. Suas especificações técnicas básicas são (NATIONAL INSTRUMENTS, Mar., 2009):

- Número de terminais: 68 (tipo parafuso)
- Tensão máxima de trabalho: $30 V_{rms}/42 V_{pp}/60 VDC$
- Consumo de máximo de energia (+5 VDC, $\pm 5\%$): 800mA (alimentado pelo computador hospedeiro)

Figura 10 - Bloco de entradas e saídas modelo SCB-68



Fonte: NATIONAL INSTRUMENTS (Mar., 2009).

3.3 Software e linguagem LabVIEW

O ambiente de desenvolvimento do software LabVIEW e a linguagem de mesmo nome foram utilizadas no desenvolvimento de todos os aplicativos dos instrumentos virtuais. Cada aplicativo foi implementado com base nos blocos e funcionalidades disponíveis neste software, eles foram escolhidos para o desenvolvimento do trabalho por serem específicos para criação de instrumentos virtuais, além de conter uma ampla biblioteca de funções para aquisição e tratamento de sinais. Os principais blocos utilizados foram o “*Simulate Signal*”, responsável pela configuração da geração de sinais via saída analógica da placa DAQ. O bloco “*DAQ Assistant*”, que recebe a configuração da aquisição dos dados e o bloco “*Waveform Graph*”, para visualização dos sinais adquiridos e gerados.

Os arquivos executáveis possuem extensão “.exe”. Para exibição há apenas a necessidade do LabVIEW *Run-Time Engine* estar instalado no computador, software este que pode ser baixado gratuitamente no website da NI.

3.4 Validação da proposta

A proposta foi validada de três formas distintas, a primeira delas por meio de testes metrológicos para avaliar o erro das medições dos instrumentos virtuais em comparação aos convencionais, para isso foram realizados testes de frequência e amplitude do sinal gerado pelo gerador de sinais virtual, testes comparativos de frequência e amplitude do sinal lido pelo osciloscópio virtual e testes de tensão e corrente lidas pelo multímetro virtual.

Posteriormente, seguiu-se o roteiro de uma aula prática que geralmente é realizada na disciplina de eletrônica analógica II, usando os instrumentos virtuais, no intuito de avaliar a capacidade dos instrumentos virtuais desenvolvidos atenderem às necessidades das aulas práticas das disciplinas desta área dos cursos engenharia.

Finalmente, foi realizada uma aula prática com a turma de eletrônica digital I da UNIVATES com o objetivo de avaliar a percepção dos alunos, professores e funcionários em relação a facilidade de uso dos instrumentos virtuais nesta aula prática.

3.4.1 Testes metrológicos

Para verificar se os instrumentos virtuais possuem padrões de erro próximos aos dos instrumentos convencionais foram realizados testes metrológicos que avaliaram as principais grandezas medidas por cada instrumento. Foi utilizado o multímetro digital Agilent 34410A de 6 ½ dígitos como referência para as medições por ser o instrumento com mais casas decimais que se teve acesso. As medições foram realizadas com o software Keysight Benchvue versão 3.5, este programa adquire os dados dos instrumentos via porta USB do computador.

Através deste software foi configurada uma bateria de mil medições consecutivas, o próprio software retorna o valor máximo, mínimo e a média aritmética da série. Esses valores foram tabelados e geraram gráficos, que comparam os erros percentuais das médias feitas pelos instrumentos em relação ao valor medido pelo instrumento de referência para cada tipo de onda. Para aquisição das medidas feitas pelos instrumentos virtuais foi desenvolvido um bloco de geração de arquivos em formato de planilha, a partir das planilhas geradas foram considerados os primeiros mil valores medidos para cálculo dos valores máximos, mínimos e média.

Primeiramente foram realizados os testes com os geradores de sinais, foram avaliadas a frequência e a amplitude do sinal gerado pelo gerador convencional modelo Agilent 33210A e pelo gerador de sinais virtual. Os valores de frequência foram configurados nos instrumentos e lidos pelo multímetro de referência. Em seguida adotou-se o mesmo procedimento para avaliação da amplitude do sinal gerado, levando-se em consideração que os valores lidos pelo multímetro representam o valor RMS do sinal, foram feitas as respectivas operações matemáticas para obtenção do valor da amplitude para cada tipo de onda.

Os testes do osciloscópio seguiram o mesmo procedimento, neste caso foi utilizado o gerador de sinais convencional para geração do sinal lido pelos osciloscópios.

Para o teste dos multímetros foi utilizada uma fonte de tensão contínua variável modelo Instrutherm FA-3050, o valor padrão foi lido com o multímetro 34410A. Não foram feitos testes de corrente lida pelo multímetro virtual pois suas medições de corrente são medições de tensão sobre um resistor “*shunt*”, portanto os valores de corrente lidos pelo multímetro virtual terão erro proporcional ao erro de tensão mensurado.

3.4.2 Aula prática de eletrônica analógica

Foi realizado um experimento prático envolvendo alguns temas abordados na disciplina de eletrônica analógica, a fim de verificar se os instrumentos virtuais podem ser utilizados nas aulas práticas desta área da engenharia.

O experimento envolve a montagem de circuitos com amplificadores operacionais, cálculo de ganho de tensão e comparação entre sinais de entrada e saída do circuito.

O roteiro seguido nesta prática encontra-se no apêndice D deste trabalho, foram realizadas as medições com os instrumentos virtuais e com os instrumentos convencionais para fins de comparação.

3.4.3 Aula prática de eletrônica digital

A aula prática de eletrônica digital ocorreu na STM da UNIVATES e contou com a participação de 27 alunos matriculados na disciplina de eletrônica digital I, divididos em grupos de trabalho. A turma era composta por alunos dos cursos de Engenharia de Controle e Automação, Engenharia da Computação e Engenharia Elétrica da UNIVATES.

O tema abordado nesta aula prática foi o estudo dos circuitos geradores de sinais periódicos ou circuitos de *clock*, além da utilização de *flip-flops*. O professor fez uma introdução ao circuito gerador de *clock* e aos cálculos para obtenção da frequência, período ou *duty cycle* desejado.

No decorrer desta aula prática, os alunos utilizaram os instrumentos virtuais em substituição aos convencionais, apenas um multímetro portátil convencional por grupo foi utilizado para medir a resistência elétrica dos resistores. Os alunos utilizaram o aplicativo do gerador de sinais de 1 canal, do osciloscópio de 1 e 2 canais e do multímetro virtual.

Foram analisadas a capacidade dos instrumentos virtuais de atender às necessidades dos experimentos realizados, a adaptação dos alunos e professor aos novos instrumentos, a facilidade de uso da plataforma, além de serem coletadas sugestões de melhoria, por meio de um questionário que foi distribuído e respondido ao final da aula prática pelos alunos, professor, e funcionário responsável pela manutenção do laboratório.

4 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos no desenvolvimento dos aplicativos dos instrumentos virtuais.

4.1 Instrumento virtual: gerador de sinais

Foram desenvolvidos dois aplicativos de geradores de sinais virtuais, um deles com um gerador de 1 canal e outro com 2 canais, pois a placa DAQ possui duas saídas analógicas. O desenvolvimento dos aplicativos dos geradores de sinais virtuais foi facilitado pela ampla biblioteca de blocos de programação disponível na plataforma do LabVIEW. Além de diversas operações lógicas e matemáticas, os principais blocos utilizados na programação da aplicação foram o “*simulate signal*”, responsável pela geração do sinal e o bloco “*DAQ Assistant*”, que controla a geração do sinal na placa DAQ. Este bloco teve seu parâmetro de taxa de amostragem configurado em 900 kSa/s para o gerador de 1 canal, ou seja, para amostrar o sinal gerado 900 mil vezes por segundo, valor máximo admitido pela placa DAQ utilizada. Para o aplicativo do gerador de 2 canais, a taxa de amostragem foi configurada em 450 kSa/s por canal.

Foram desenvolvidas as principais funcionalidades de um gerador de sinais convencional como ajuste de frequência, amplitude e offset da onda, acréscimo de ruído e controle de *Duty Cycle* de onda quadrada. Os valores máximos e mínimos de cada parâmetro foram definidos com base nas limitações técnicas da placa DAQ e em testes visando a correta visualização do sinal. Cabe ressaltar que em algumas aplicações com circuitos de resistência de entrada muito baixa, o gerador virtual pode ter seu sinal atenuado.

Estes aplicativos podem gerar ondas senoidais, quadradas, triangulares, em rampa e sinal CC. A frequência destas ondas pode ser configurada de 1 mHz a 50 kHz. Em testes realizados constatou-se que o formato da onda fica descaracterizado em frequências acima de 50 kHz. A faixa máxima de tensão da placa DAQ limita os valores de amplitude, offset e ruído do sinal, a soma destes três parâmetros não pode ultrapassar 10V. Caso isso aconteça, o sinal não será gerado, portanto foi prevista uma mensagem de alerta (Figura 11) quando o usuário configurar um valor que extrapole este patamar. Quando o usuário clica no botão “OK”, os parâmetros de amplitude, *offset* e ruído são zerados.

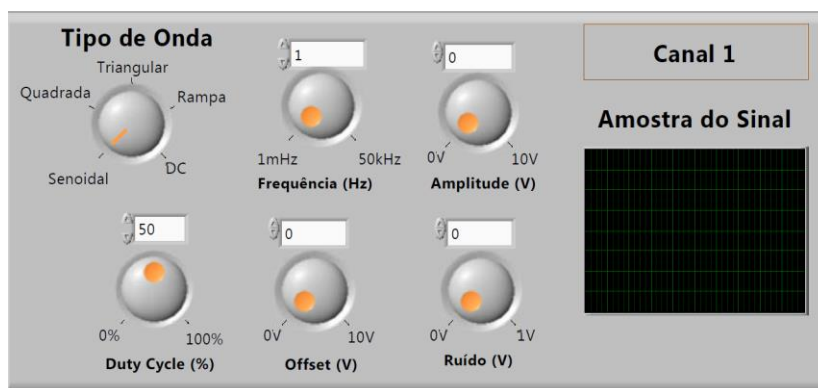
Figura 11 – Alerta ao usuário



Fonte: autor (2016).

O tipo de onda gerada é escolhido por meio de uma chave seletora, que pode selecionar um dos tipos de onda disponíveis no bloco “*simulate signal*”. Os outros parâmetros da onda são configurados por botões do tipo *knob*, que podem tanto ser configurados clicando e arrastando o mouse sobre os botões, quanto digitados os valores desejados no campo na parte superior de cada botão. Além destes, foi previsto uma visualização do sinal gerado por meio de um gráfico. Nas figuras 12 e 13 são mostrados os painéis frontais dos geradores de sinais virtuais de 1 e 2 canais desenvolvidos.

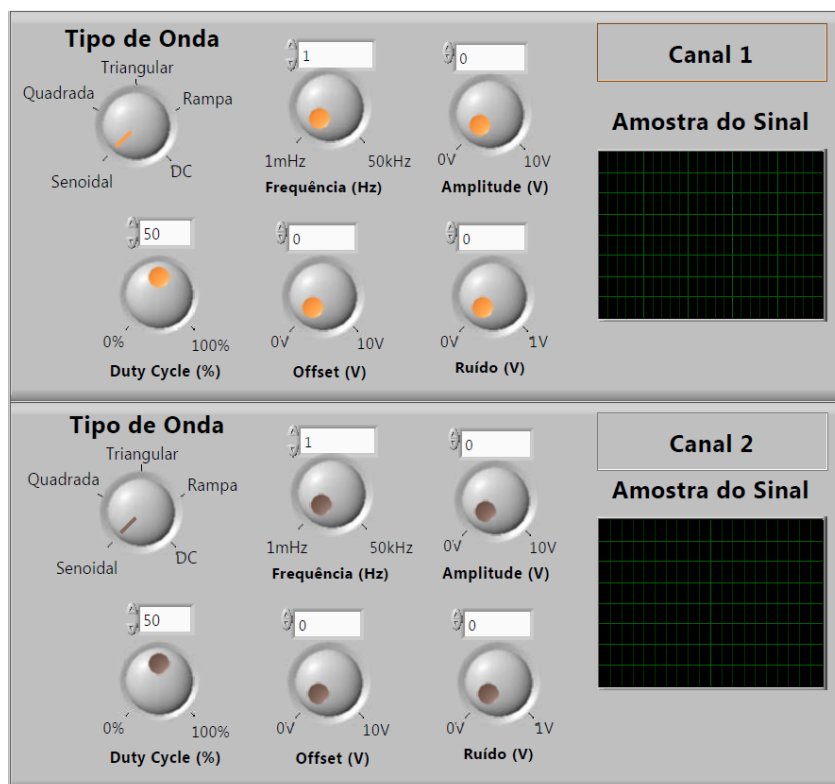
Figura 12 - Painel frontal do gerador de sinais virtual de 1 canal



Fonte: autor (2016).

Para o desenvolvimento do gerador de sinais virtual de 2 canais as rotinas de programação foram meramente duplicadas.

Figura 13 - Painel frontal do gerador de sinais virtual de 2 canais



Fonte: autor (2016).

4.2 Instrumento virtual: osciloscópio

Foram desenvolvidos três aplicativos de osciloscópios virtuais, um deles com um osciloscópio de 1 canal e os outros com 2 e 4 canais, pois estas são as quantidades de canais mais comuns comercialmente e atendem praticamente a totalidade dos experimentos laboratoriais realizados no curso de engenharia.

Um dos principais blocos utilizados nestes aplicativos foi o “DAQ Assistant”, que foi configurado para adquirir os sinais a uma taxa de amostragem de 500 kSa/s no aplicativo de 1 canal, 250 kSa/s no de 2 canais e 125 kSa/s no de 4 canais. Também foi utilizado o bloco “Tone Measurements”, que retorna as medidas de frequência e amplitude dos sinais amostrados e o bloco “Trigger and Gate”, usado para estabilização do sinal na tela, quando ativado o *Trigger*, o usuário deve selecionar o canal de referência para a estabilização. Para a visualização dos sinais foi utilizado um bloco do tipo “Waveform Graph”.

Para o controle das escalas dos eixos do gráfico, foram previstos botões tipo chave seletora, sendo o controle da escala de tempo (eixo x) comum a todos os canais, e o controle da escala de amplitude (eixo y) individuais para cada canal. Os valores das escalas foram definidos com base nos valores encontrados nos instrumentos convencionais, sendo na escala de tempo 5 ns o menor valor e 50 s o maior e na escala de amplitude, 10 mV o menor e 50 V o maior.

Cabe salientar que o LabVIEW não possui recurso de amostragem em tempo real, presente em alguns osciloscópios convencionais. O número de amostras a serem coletadas por ciclo é definido de acordo com o valor selecionado no botão da escala de tempo, sendo assim, para escalas de tempo maiores, o *buffer* armazenará as amostras suficientes para preencher a tela. Somente após coletadas esse número de amostras é que o sinal lido é mostrado no gráfico. Este fato gera um tempo de espera na visualização do gráfico quando o usuário seleciona as maiores escalas de tempo. Caso o usuário selecione a escala de 10 s, por exemplo, o gráfico ficará com o último sinal adquirido até que a aquisição dos 10 s se complete e possa ser visualizado o sinal deste intervalo de tempo, mantendo-se a escala neste valor, a atualização do gráfico se dará uma vez a cada 10 s.

Atrelados ao gráfico da aplicação, foram previstos quatro cursores, dois para cada eixo, podendo estes serem habilitados por uma entrada do tipo “checkbox” e controlados no próprio gráfico clicando e arrastando. Ao lado direito do gráfico ficam as informações relativas aos cursores como a posição e a diferença entre eles.

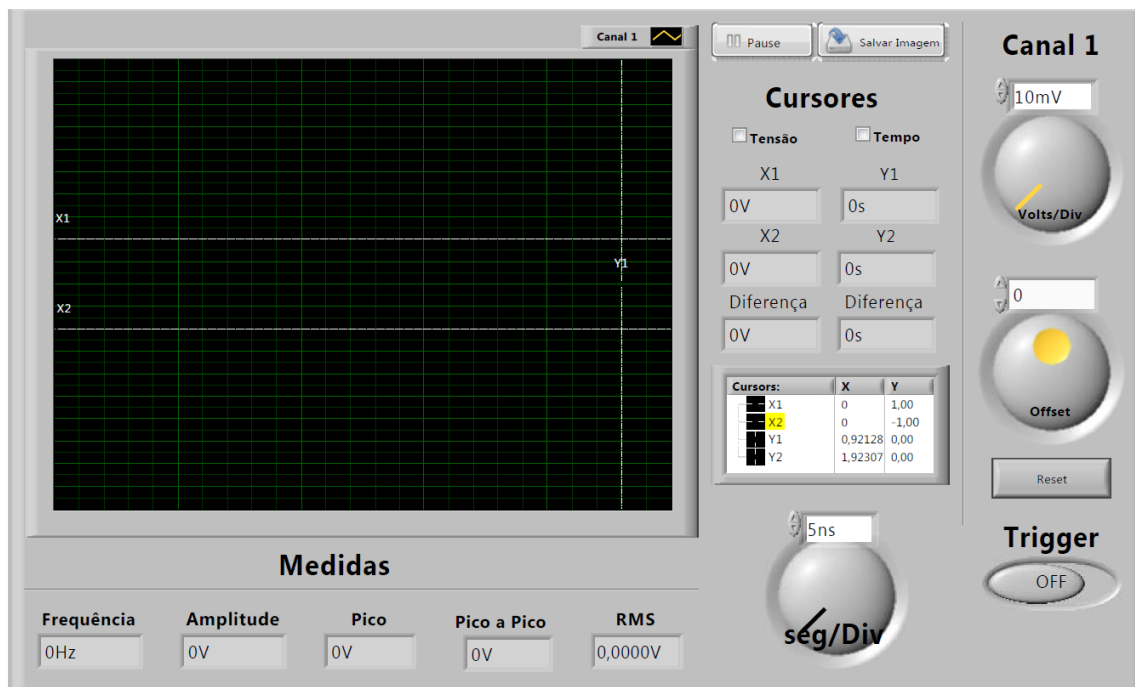
Foi previsto também a adição de *offset* ao sinal amostrado, que pode ser configurado clicando-se sobre o botão tipo *knob* ou digitando-se o valor no campo imediatamente acima do botão. Abaixo deste botão foi posicionado um botão de *reset*, que zera o valor do *offset*.

Foi adicionado um botão de pausa do gráfico, ele não interrompe as aquisições que já estão em curso, portanto ao final da aquisição em curso o gráfico ainda plota este último sinal adquirido. Outro botão foi previsto para salvamento de imagens do gráfico, quando clicado ele abre uma janela para seleção do local onde o arquivo de imagem do tipo “.png” será salvo.

As medidas de frequência, amplitude, pico, pico-a-pico e tensão RMS (*Root Mean Square*) de cada canal são mostradas em campos numéricos abaixo do gráfico, sempre acompanhadas das suas respectivas unidades de medida.

Nas figuras 14 a 16 são apresentados os painéis frontais dos aplicativos dos osciloscópios virtuais de 1, 2 e 4 canais.

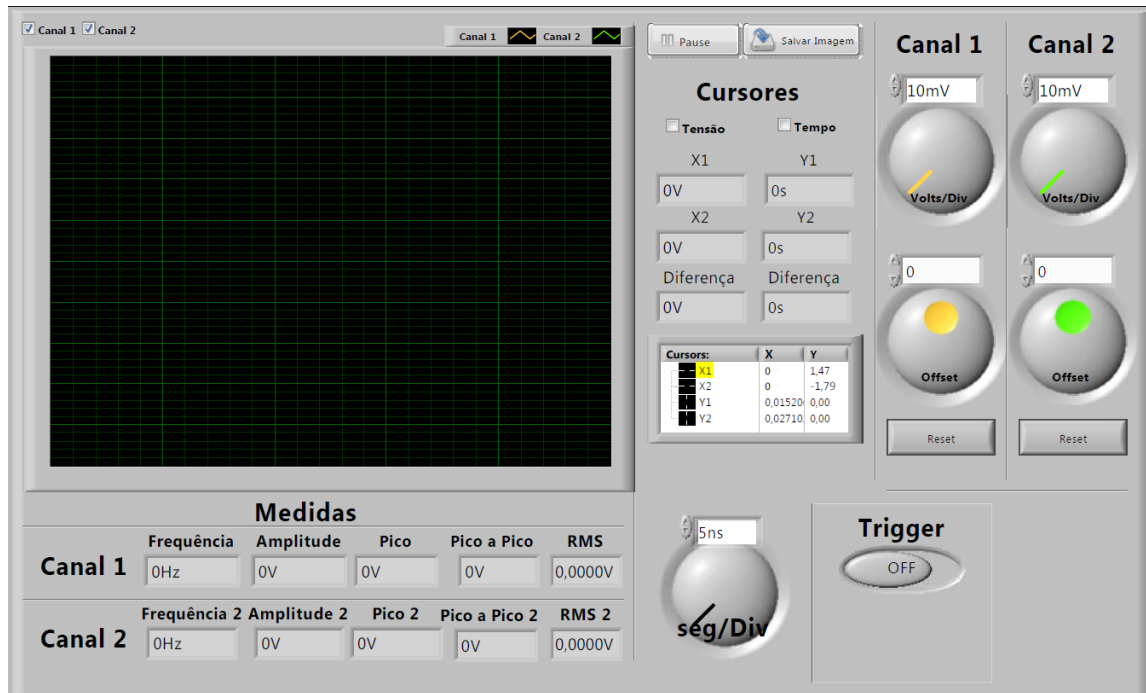
Figura 14 - Painel frontal do osciloscópio virtual de 1 canal



Fonte: autor (2016).

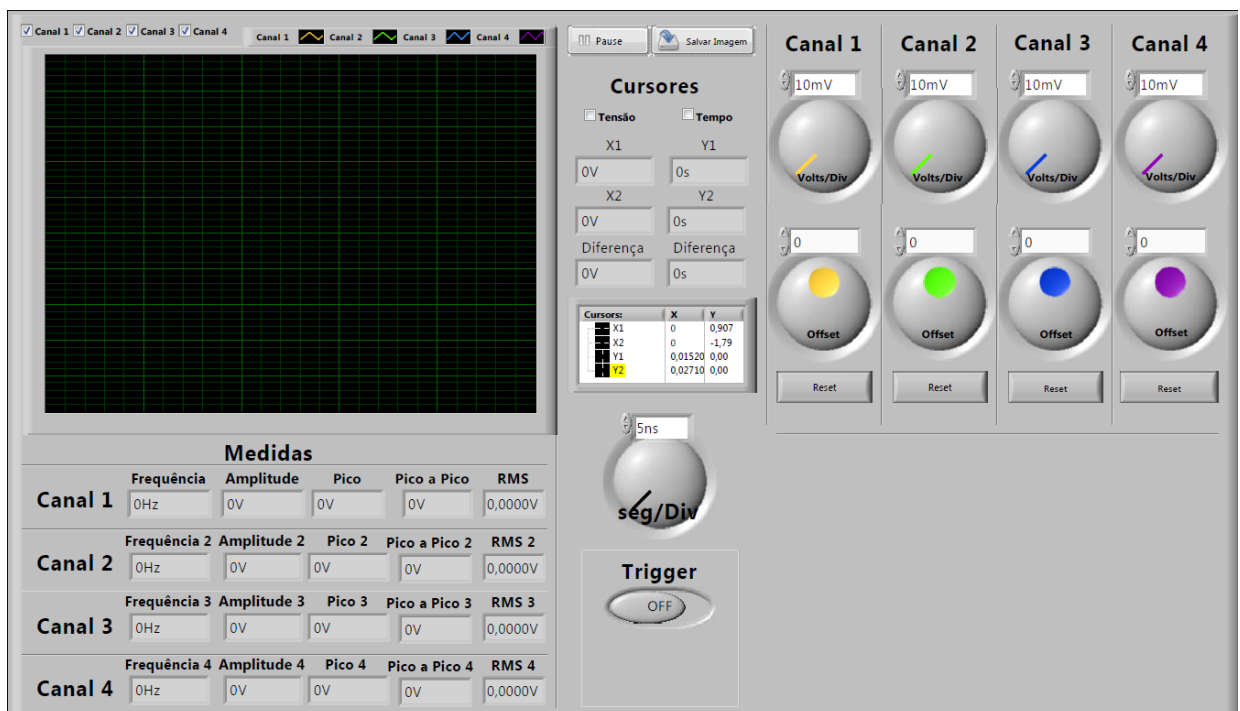
Nos aplicativos dos osciloscópios virtuais de 2 e 4 canais, as rotinas de programação foram multiplicadas, com o acréscimo de entradas do tipo *checkbox* para seleção dos canais visíveis no gráfico. Foram definidas cores diferentes para identificação dos controles de cada canal, seguindo o padrão adotado pela maioria dos osciloscópios de 4 canais.

Figura 15 - Painel frontal do osciloscópio virtual de 2 canais



Fonte: autor (2016).

Figura 16 - Painel frontal do osciloscópio virtual de 4 canais



Fonte: autor (2016).

4.3 Instrumento virtual: multímetro

Foi desenvolvido um aplicativo de multímetro virtual com medidas de tensão e corrente elétrica. O painel frontal do instrumento (Figura 17) contém uma chave seletora de duas posições para seleção da função e um campo numérico com a respectiva unidade de medida para visualização das medidas.

Este instrumento virtual pode medir tensões de -10 V a 10 V e correntes de -190 mA a 190 mA. O multímetro virtual, quando executado simultaneamente ao osciloscópio virtual, compartilha a mesma referência (terra).

A função de medição de resistência elétrica não foi desenvolvida pois a placa de aquisição de dados necessita de uma fonte de corrente elétrica externa.

Figura 17 - Painel frontal do multímetro virtual



Fonte: autor (2016).

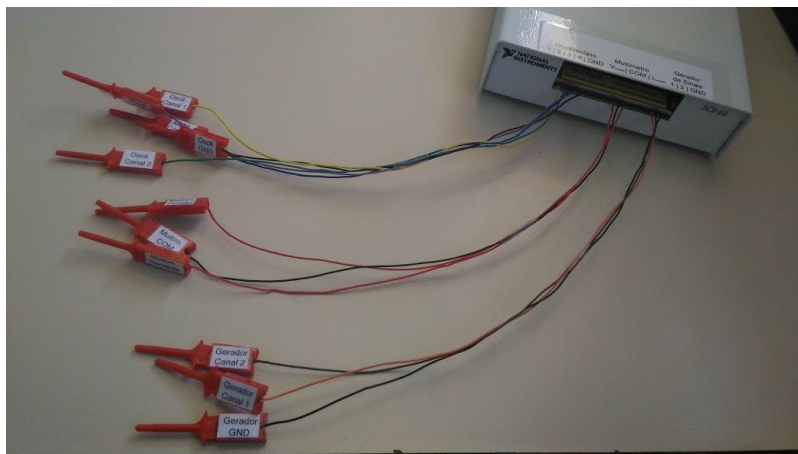
Os programas desenvolvidos encontram-se no apêndice A deste trabalho.

4.4 Bloco de entradas e saídas

Foi utilizado em conjunto com a placa de aquisição NI pcie-6341 um bloco de entradas e saídas modelo SCB-68 conectados por um cabo blindado específico para este fim. Neste bloco de E/S foram conectados cabos com conectores de analisador lógico com garras metálicas retráteis que são as pontas de prova dos instrumentos virtuais. Estas pontas de prova (Figura 21) foram identificadas de acordo com o terminal de conexão que representam nos instrumentos virtuais. Além disso, sobre o bloco SCB-68 foi fixada uma etiqueta para identificação dos cabos. Os cabos possuem cerca de 30 cm de comprimento, medidos entre o bloco e as pontas de prova, e são de cores diferentes de modo que o usuário possa identificar nos aplicativos as

cores correspondentes ao terminal desejado. Nas figuras 18 a 21 são apresentados o bloco de E/S, seu esquema de ligações, sua vista interna e detalhes dos terminais de medição.

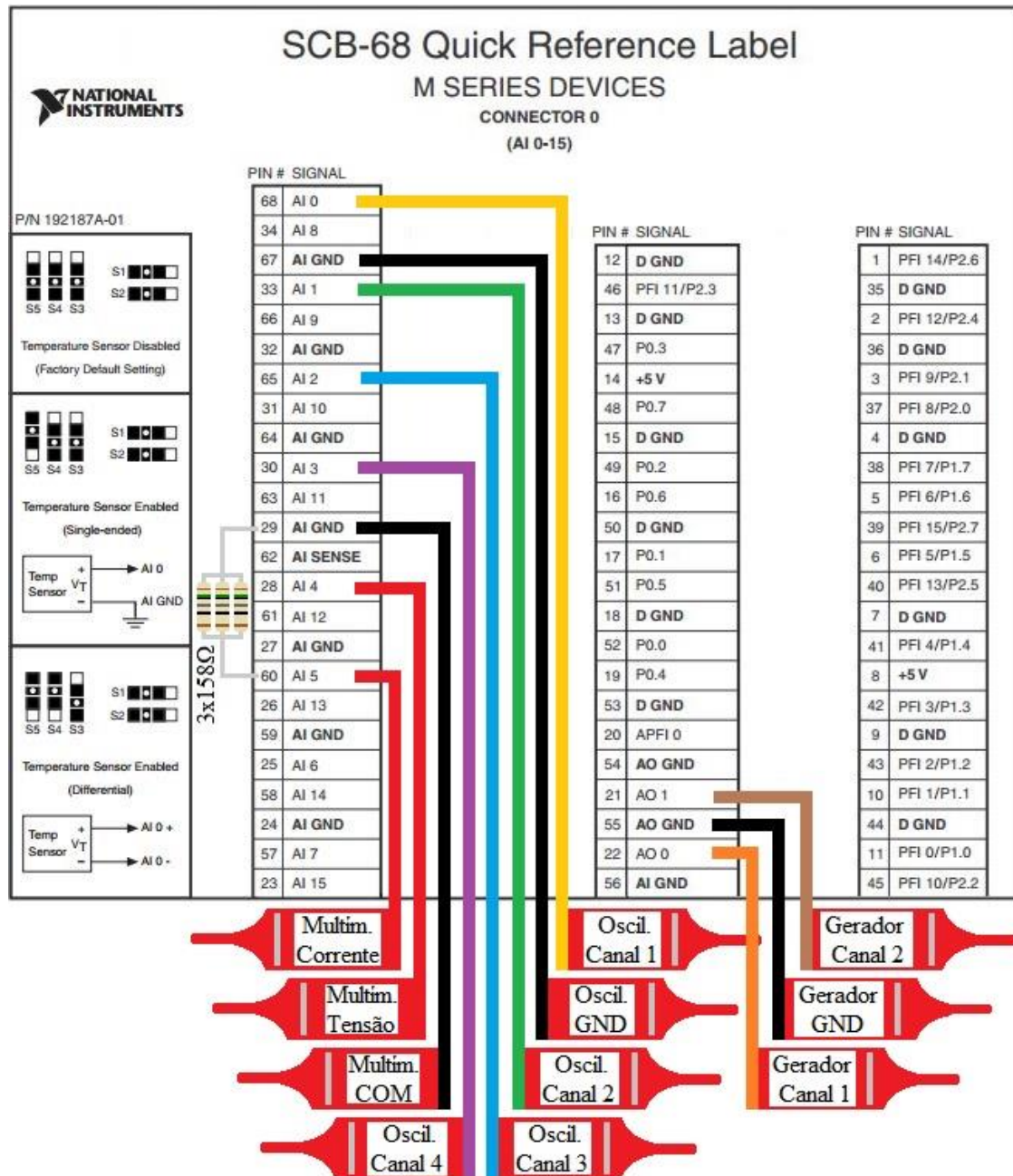
Figura 18 – Bloco de entradas e saídas



Fonte: autor (2016).

Os cabos referentes aos aplicativos dos osciloscópios virtuais correspondem aos 4 canais de entrada dos sinais (amarelo-verde-azul-roxo) mais um canal de referência (terra-preto). Os cabos do multímetro correspondem a uma entrada para medição de tensão elétrica (vermelho), uma para medição de corrente elétrica (vermelho) e outra para referência (terra-preto). Já os cabos dos geradores de sinais virtuais correspondem a dois canais de saída dos sinais e um de referência (terra-preto). Entre os terminais 29 e 60 do bloco foram conectados três resistores de $158\ \Omega$ em paralelo, resultando em um resistor de $52,6\ \Omega$, que serve como resistor *shunt* para medida da corrente elétrica do multímetro virtual. Deste modo, o multímetro virtual é capaz de medir uma faixa de correntes elétricas de $-190\ \text{mA}$ a $190\ \text{mA}$.

Figura 19 - Esquema de ligação do módulo SCB-68



Fonte: adaptado de NATIONAL INSTRUMENTS (Mar., 2009).

Figura 20 – Vista interna do bloco de entradas e saídas



Fonte: autor (2016).

Figura 21 – Detalhe dos terminais de medição

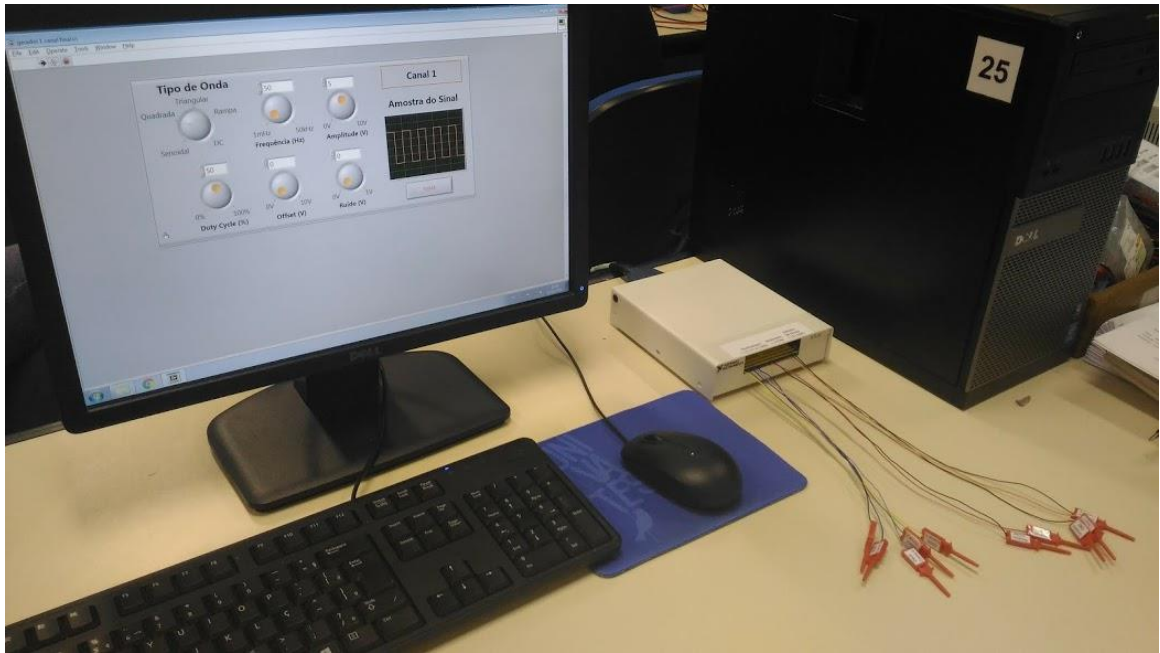


Fonte: autor (2016).

4.5 Bancada experimental

A bancada experimental de instrumentos virtuais (Figura 22) conta com a estrutura física de bancadas didáticas da STM da UNIVATES, com um computador com placa de aquisição de dados acoplada à placa-mãe via módulo PCI-e e um bloco de E/S conectado ao computador via cabo blindado específico, as bancadas ainda possuem espaço para a montagem de circuitos e posicionamento de outros equipamentos como fontes e/ou plantas didáticas.

Figura 22 – Bancada didática de instrumentos virtuais



Fonte: autor (2016).

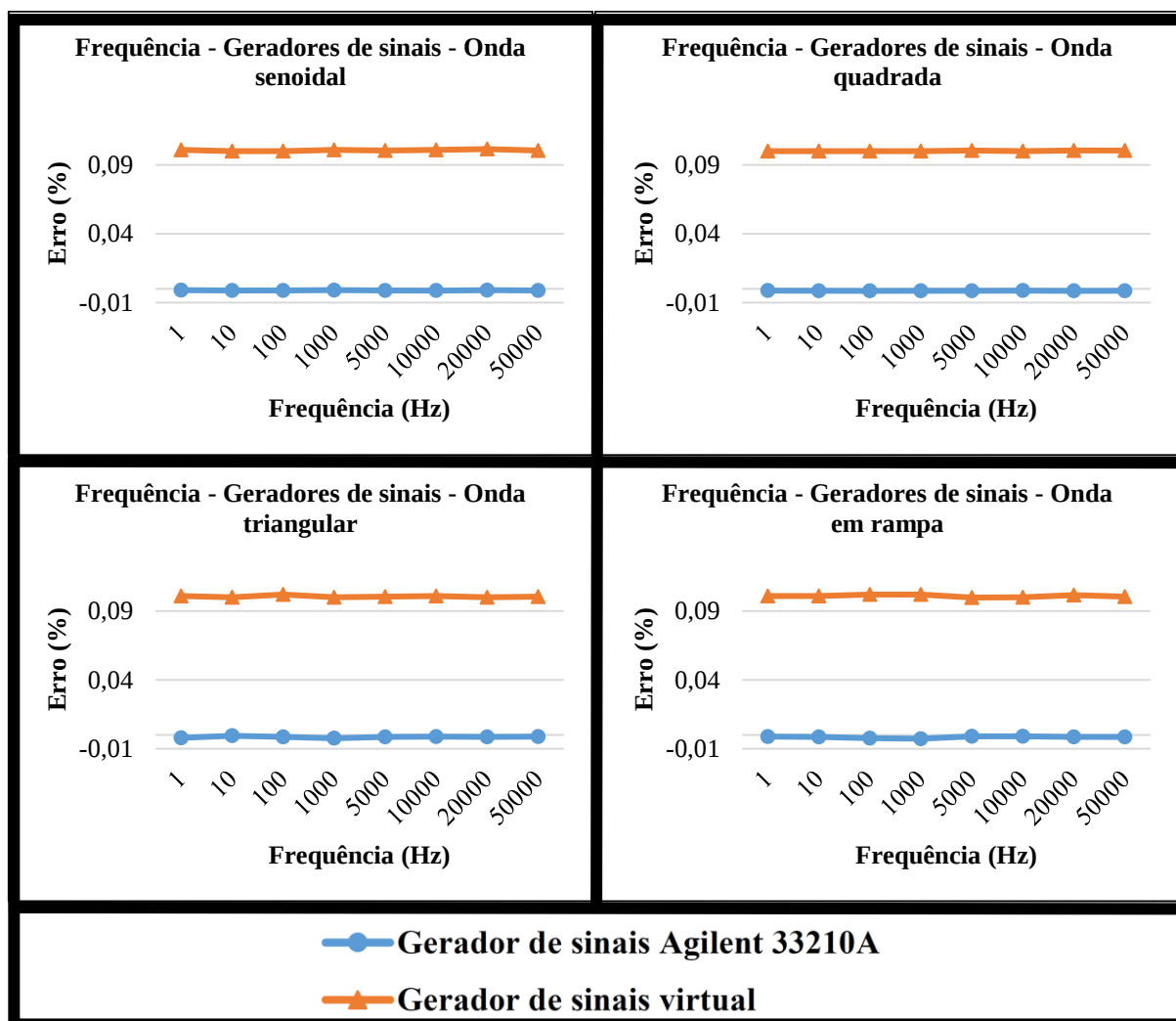
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos nos testes metrológicos e nos experimentos práticos realizados.

5.1 Testes metrológicos

De acordo com os testes realizados com os geradores de sinais convencional e virtual, verificou-se que o erro da frequência para todas as faixas de frequência e tipos de onda medidos ficou em torno de -0,01% nos sinais gerados pelo gerador de sinais convencional, já com o gerador virtual este erro ficou em torno de 0,1%, como apresentado no apêndice C. Os gráficos comparativos das medições de frequência realizadas encontram-se na Figura 23.

Figura 23 – Medições de frequência dos geradores de sinais

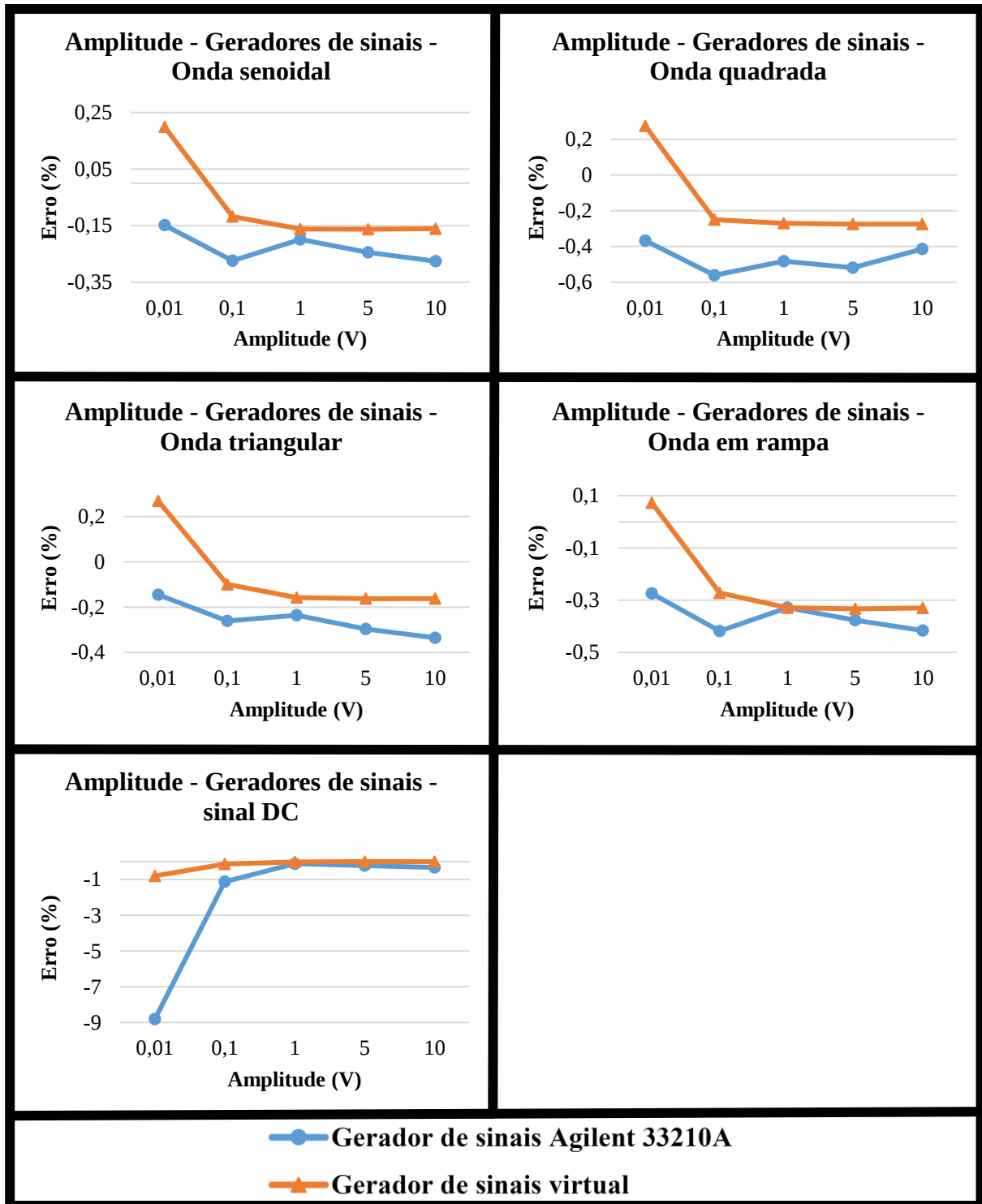


Fonte: autor (2016).

Nos testes da amplitude dos sinais gerados por estes instrumentos (Figura 24), observou-se um erro proporcional maior em amplitudes menores como as de 10 mV e 100 mV, fato que ocorreu em ambos instrumentos.

Em geral, foram obtidos erros proporcionais menores nos sinais do gerador de sinais virtual em relação ao gerador convencional.

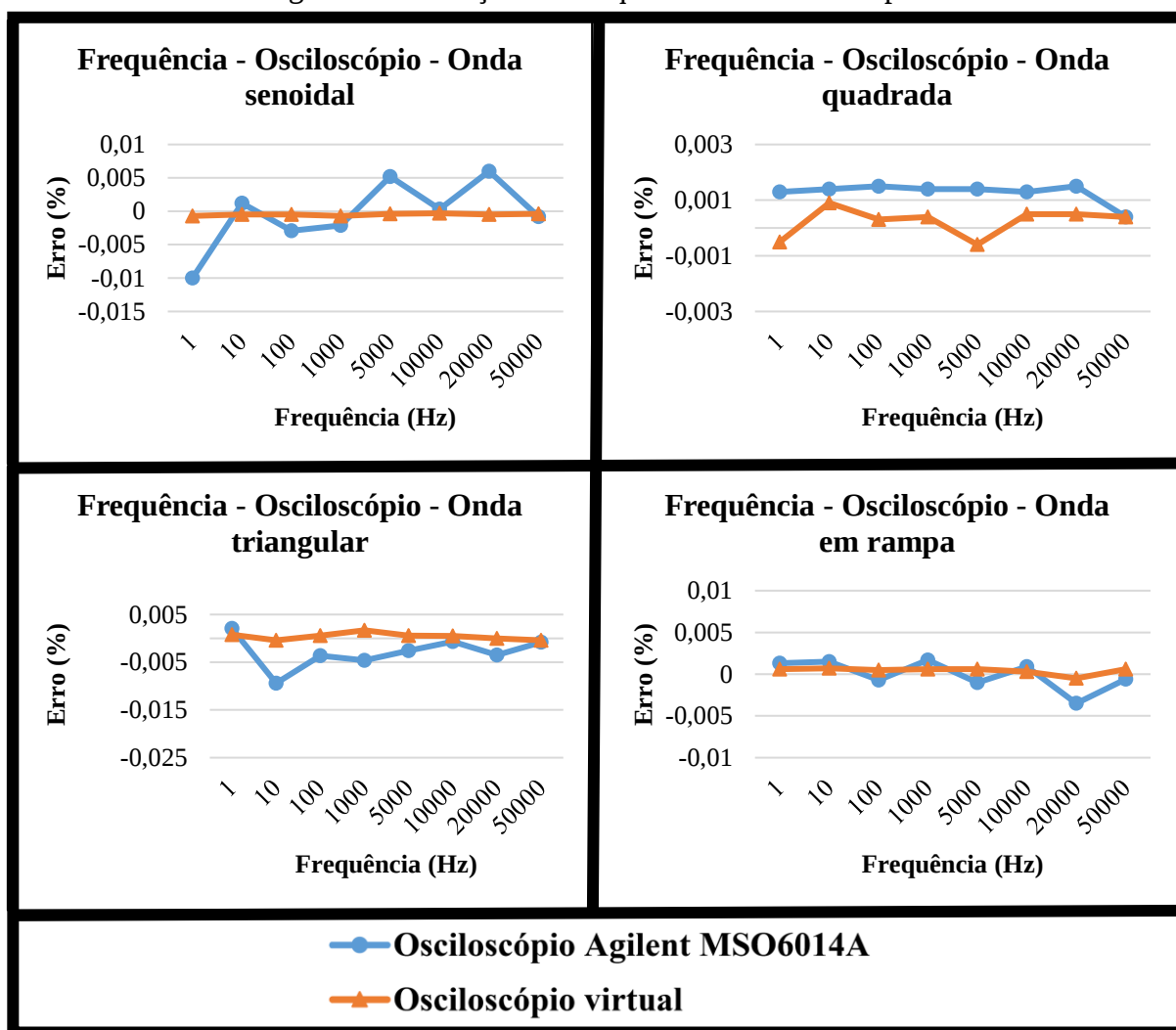
Figura 24 - Medições de amplitude dos geradores de sinais



Fonte: autor (2016).

Nos testes realizados com os osciloscópios convencional e virtual, o erro proporcional de frequência lida pelos instrumentos (Figura 25) foi bastante semelhante para todos os valores de frequência e tipos de onda medidos, na maior parte das amostras observando-se diferença apenas na terceira casa decimal.

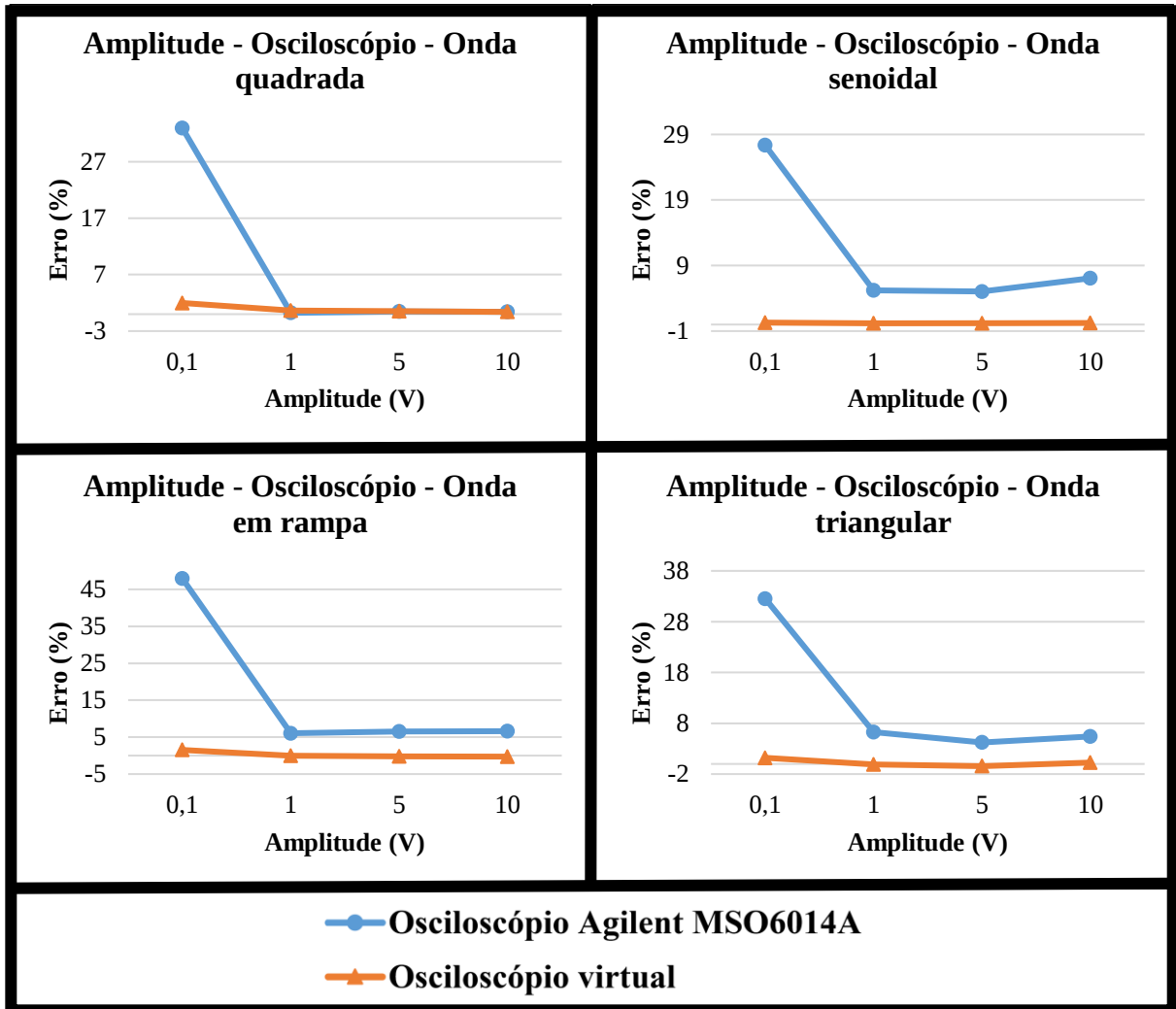
Figura 25 - Medições de frequência dos osciloscópios



Fonte: autor (2016).

Nas medições de amplitude dos osciloscópios (Figura 26), foi verificado que o osciloscópio de referência apresentou erros significativamente maiores em relação ao erro apresentado pelo osciloscópio virtual nas medidas de sinais de baixa amplitude da ordem de 100 mV. Para os outros valores de amplitude o erro também foi maior nas medidas feitas com o osciloscópio convencional, porém a diferença para o instrumento virtual não foi tão significativa.

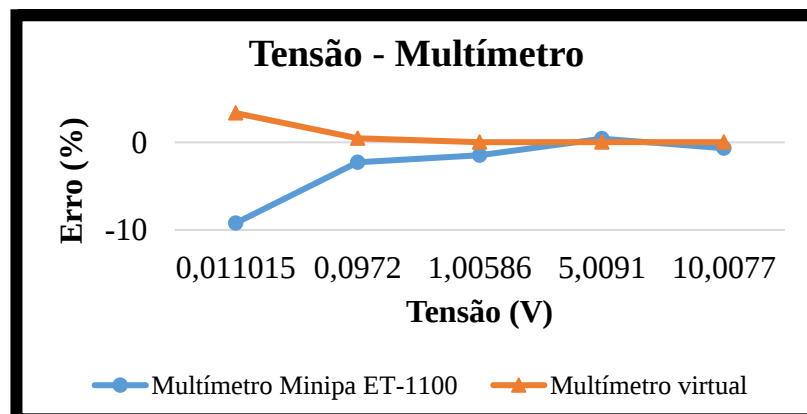
Figura 26 – Medições de amplitude dos osciloscópios



Fonte: autor (2016).

Quanto os testes feitos com os multímetros (Figura 27), o multímetro virtual apresentou erros proporcionais menores em relação ao multímetro convencional utilizado pelos alunos nas aulas práticas.

Figura 27 – Medições de tensão dos multímetros

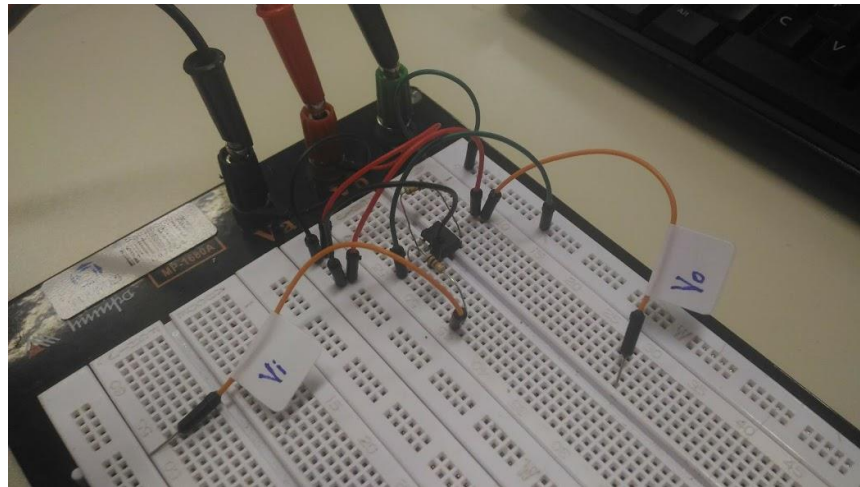


Fonte: autor (2016).

5.2 Experimento de eletrônica analógica

Foi feito um experimento seguindo um roteiro de uma típica aula prática de eletrônica analógica, este roteiro encontra-se no apêndice D deste trabalho. Esta prática foi realizada com os instrumentos convencionais e posteriormente com os instrumentos virtuais. Foram montados em uma *proto-board* os três arranjos de circuitos com um amplificador operacional LM741 conforme esquemas presentes no roteiro (Figura 28).

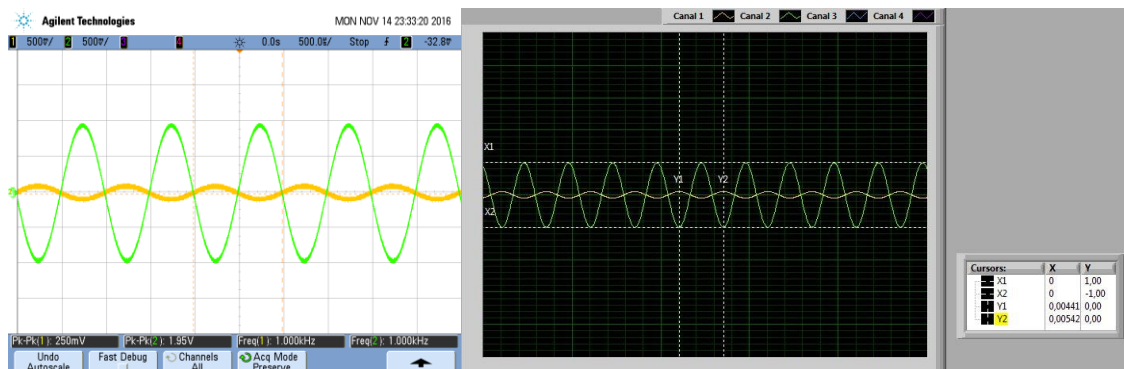
Figura 28 – Circuito com amplificador operacional montado em *proto-board*



Fonte: autor (2016).

Os testes consistiam na verificação da entrada e da saída do circuito com amplificador operacional, para isso, foi conectado um canal do gerador de sinais na entrada do circuito e dois canais do osciloscópio, um na entrada e outro na saída. Nos testes com o circuito 1 foi claramente percebida a diferença de fase entre o sinal de entrada (amarelo) e de saída (verde), e pôde ser medido o ganho de tensão do circuito ($A_v = 10$), os gráficos obtidos pelos instrumentos foram dispostos lado a lado para fins de comparação (Figura 29).

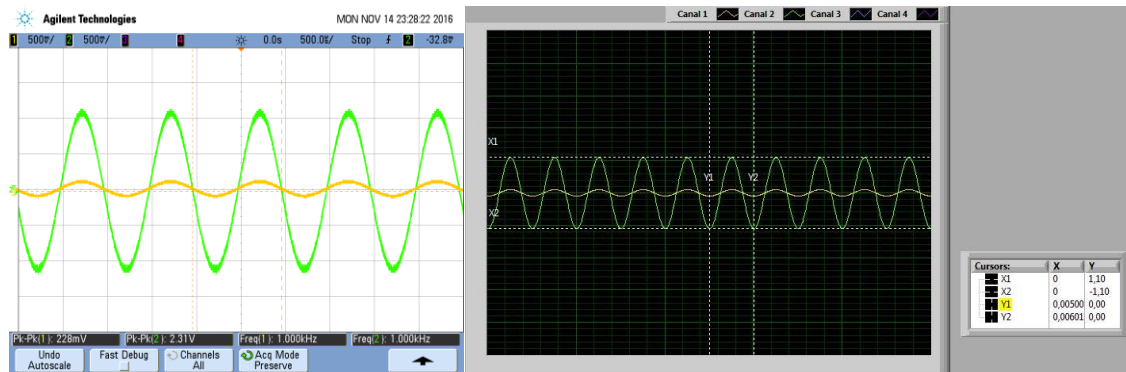
Figura 29 – Medições dos sinais de entrada e saída do circuito 1



Fonte: autor (2016).

O segundo teste foi feito da mesma forma, porém com o circuito 2, onde foi percebida a igualdade de fase entre os sinais de entrada (amarelo) e saída (verde) e o mesmo ganho de tensão (Figura 30).

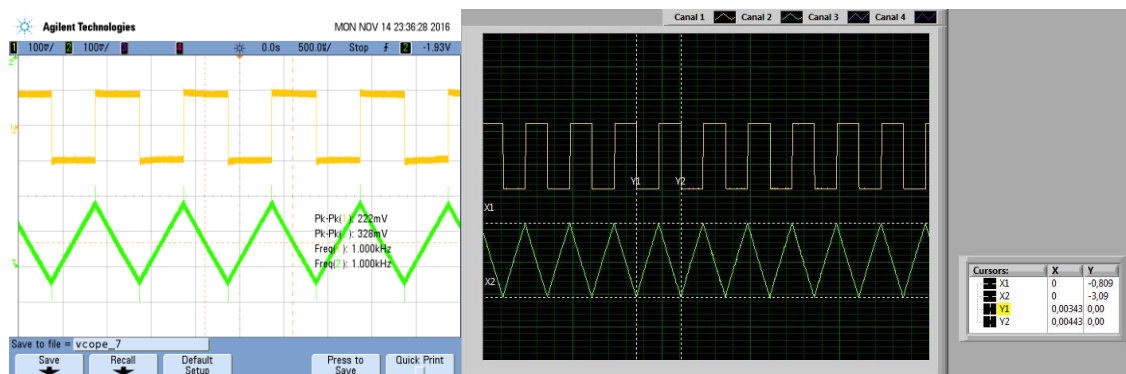
Figura 30 - Medições dos sinais de entrada e saída do circuito 2



Fonte: autor (2016).

Após a montagem do circuito 3, em ambos instrumentos pôde ser claramente observado o formato de onda triangular do sinal de saída (verde) em relação ao sinal de entrada quadrado do circuito (amarelo), conforme ilustrado na Figura 31.

Figura 31 - Medições dos sinais de entrada e saída do circuito 3



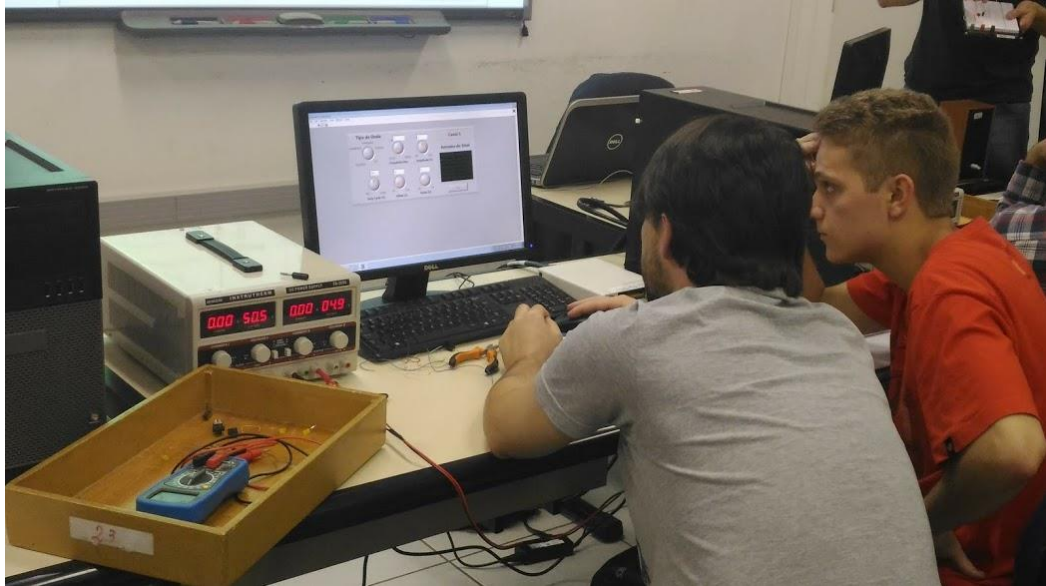
Fonte: autor (2016).

5.3 Aula prática de eletrônica digital

Ao início da aula prática de eletrônica digital o professor deu algumas instruções a respeito da utilização dos instrumentos virtuais. Os alunos utilizaram os instrumentos virtuais para medir o sinal de saída do circuito gerador de *clock* com o LM555, como a frequência do sinal era da ordem de 1 Hz, foram utilizadas as escalas de tempo maiores do osciloscópio virtual, como as de 5 e 10 s, o que fez os alunos perceberem o efeito de demora na visualização

do gráfico, descrito na seção 4.2. Entretanto foi possível visualizar o formato de onda e as medidas de frequência e amplitude do sinal.

Figura 32 – Alunos realizando a aula prática de eletrônica digital

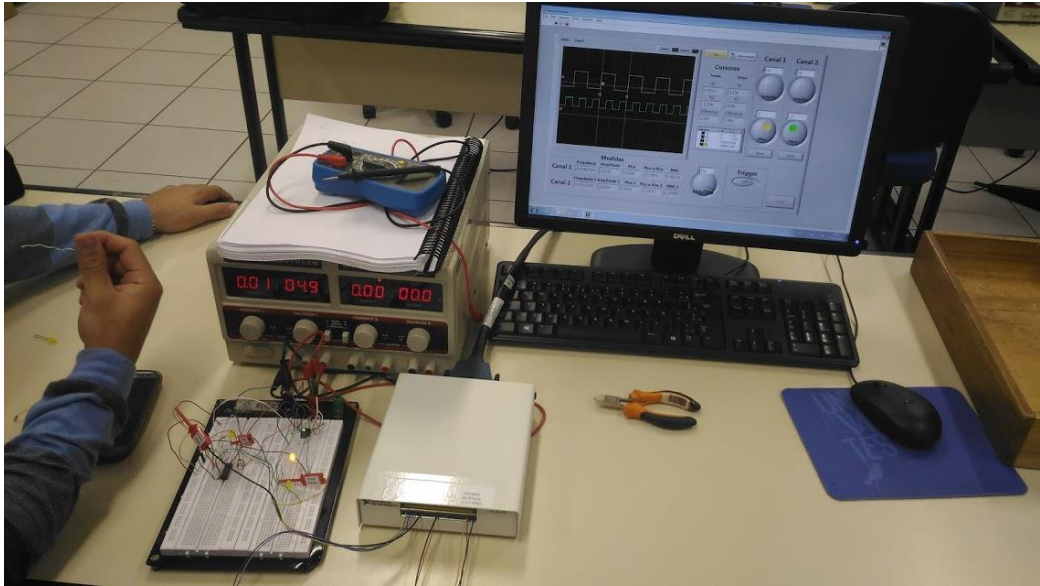


Fonte: autor (2016).

Após a realização do experimento inicial, os alunos usaram um circuito integrado 74LS112 para montar um circuito pisca LED (*Light Emitting Diode*). Usaram o aplicativo do gerador de sinais virtual de 1 canal como entrada de *clock* para o *flip-flop* JK e mediram a saída do *flip-flop* com o osciloscópio virtual de 1 canal.

Em seguida, conectaram o circuito gerador de *clock* ao *flip-flop* e utilizaram o aplicativo do osciloscópio virtual de 2 canais para comparar os sinais de entrada e saída do *flip-flop* (Figura 33).

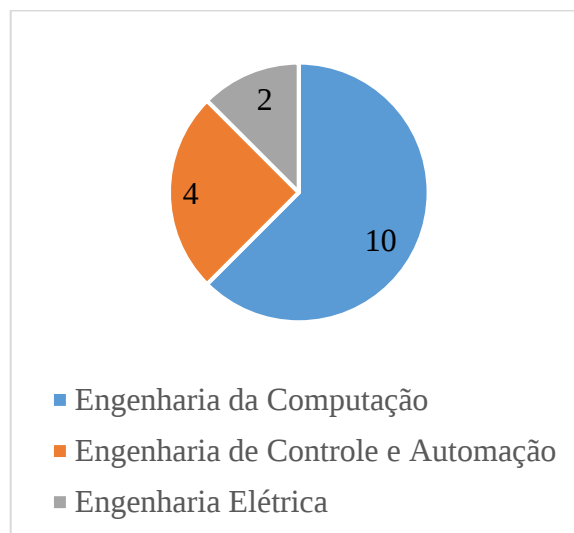
Figura 33 – Experimento realizado pelos alunos



Fonte: autor (2016).

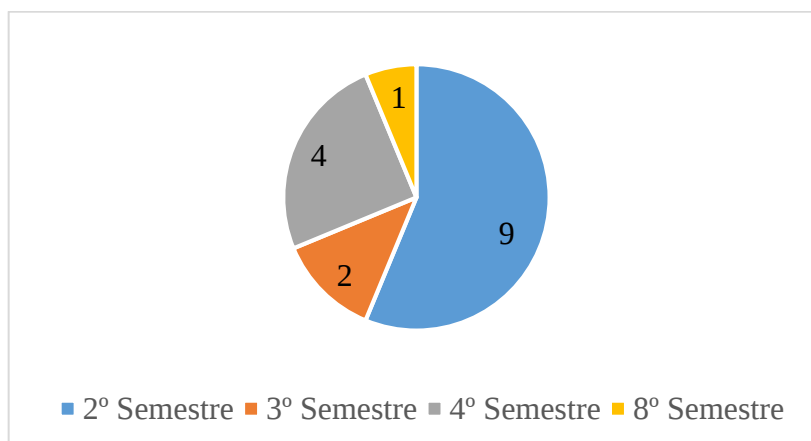
Ao término da aula prática foi oferecido o questionário (apêndice E) aos alunos, que foi voluntariamente respondido por 16 alunos. Deste grupo, todos os alunos cursam engenharia e a maioria está nos primeiros semestres do curso, conforme apresentado nas figuras 34 e 35.

Figura 34 – Gráfico do número de alunos por curso



Fonte: autor (2016).

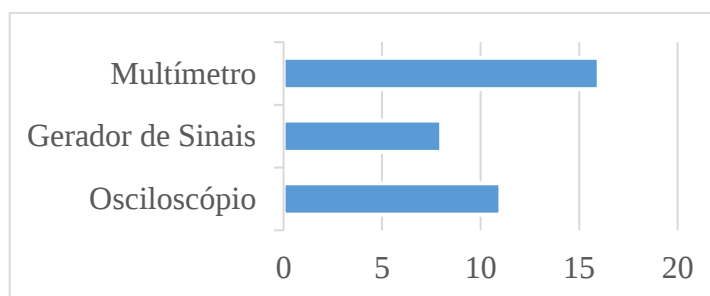
Figura 35 – Gráfico do semestre do curso



Fonte: autor (2016).

Como se tratam de alunos na fase inicial da engenharia, alguns deles nunca haviam utilizado um gerador de sinais e osciloscópio convencionais, o que pode ter gerado maior dificuldade e maior necessidade de auxílio do professor ao configurar estes instrumentos.

Figura 36 – Instrumentos convencionais utilizados previamente



Fonte: autor (2016).

Quanto a percepção dos alunos em relação aos instrumentos virtuais, pode-se destacar que todos eles acharam os aplicativos interessantes e perceberam mais facilidade na retirada, montagem e utilização destes instrumentos em relação aos convencionais, além disso a grande maioria achou a interface gráfica dos instrumentos clara e acessível, fatos constatados pelos resultados obtidos nas respostas das perguntas 4 a 6 do questionário (Figuras 37 a 39).

Figura 37 – Houve maior facilidade na retirada, montagem e utilização deste tipo de instrumento em relação aos instrumentos convencionais?



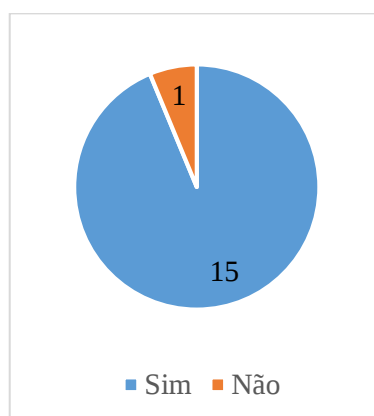
Fonte: autor (2016).

Figura 38 - Os instrumentos virtuais possuem as funcionalidades necessárias à prática realizada?



Fonte: autor (2016).

Figura 39 - Quanto à interface dos instrumentos virtuais, você a considera clara e acessível?



Fonte: autor (2016).

O professor da disciplina e os funcionários que prestavam apoio ao laboratório na data da aula prática também responderam questionários específicos que se encontra no apêndice E deste trabalho. O professor relatou que os equipamentos contemplaram os requisitos

demandados pela disciplina de eletrônica digital, porém foram detectados alguns problemas, como a demora na visualização dos sinais de baixa frequência, que não foi resolvido pois o LabVIEW não possui recurso de amostragem em tempo real, os botões de ajuste da frequência do gerador de sinais virtual que assumiam valores altos com um pequeno movimento de arrasto do mouse, e um problema no botão de pausa do gráfico, que não interrompia a aquisição em curso, fazendo com que o gráfico mostrasse uma nova leitura mesmo com o botão de pausa acionado.

O professor também comentou que os alunos conseguiram utilizar os instrumentos virtuais após uma breve explicação de seus funcionamentos e apontou que o bloco de entradas e saídas está organizado e bem identificado.

Os funcionários que prestavam apoio ao laboratório relataram através do questionário que houve uma diminuição na demanda de trabalho no período de realização da aula prática, pois não houve a necessidade de montagem dos kits com instrumentos convencionais, o que acarretaria a necessidade de seleção de cabos apropriados. Durante a prática poderia haver a necessidade de substituição de cabos e equipamentos e, após a aula, haveria necessidade de organização dos kits.

6 CONCLUSÕES

Neste trabalho, realizou-se um estudo sobre instrumentação virtual aplicada a um laboratório experimental de engenharia. Foram desenvolvidos aplicativos executáveis com instrumentos virtuais como osciloscópios, geradores de sinais e multímetro. Como meio de validar o uso destes aplicativos em aulas práticas de engenharia em substituição aos instrumentos convencionais, foram realizados testes metrológicos comparativos que verificaram que, os erros proporcionais das medidas feitas pelos instrumentos virtuais são semelhantes aos das medidas feitas com instrumentos convencionais.

Foram realizados experimentos laboratoriais de eletrônica analógica e digital, neles foi constatado que os instrumentos virtuais podem ser uma alternativa aos instrumentos convencionais em aulas práticas de engenharia, contudo deve-se avaliar os níveis de tensão, frequência e corrente elétrica envolvidos nos experimentos para que estejam em conformidade com os limites suportados pelas aplicações.

A percepção dos alunos em relação à utilização dos instrumentos virtuais e suas interfaces gráficas foi positiva, além de perceberem maior facilidade na montagem e utilização, conseguiram realizar a prática apenas com uma breve orientação do professor a respeito dos instrumentos.

Em trabalhos futuros sugere-se que os instrumentos virtuais sejam testados em outros experimentos didáticos e em outras áreas da engenharia, podendo ser agregadas novas funcionalidades aos instrumentos já desenvolvidos, como medição de resistência elétrica e temperatura no multímetro virtual e exportação de planilhas e configuração de baterias de medições no osciloscópio virtual, além do desenvolvimento de um circuito de isolamento para solucionar o problema de atenuação do sinal do gerador de sinais virtual. Há possibilidade de

criação de aplicativos com outros instrumentos virtuais como termômetros, além de utilizar o LabVIEW em outras aplicações como controle e monitoramento de plantas didáticas e criação de supervisórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGILENT TECHNOLOGIES. **Osciloscópios na área educacional**. Fev. 2012. Disponível em: <<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5990-9166PTBR.pdf>>. Acesso em 20 nov.

BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, Valner J. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. v. 1.

BIANCHINI, David; GOMES, Francisco de S. C. **O ensino de engenharia por meio de laboratórios virtuais de eletrônica: uma reflexão entre a montagem no protoboard e a simulação**. Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo, Set. 2006. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2006/artigos/1_226_892.pdf>. Acesso em: 22 set. 2016.

BORGES, Adriana P. **Instrumentação virtual aplicada a um laboratório com acesso pela Internet**. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3140/tde-20052002-142722/pt-br.php>>. Acesso em 12 nov. 2016

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Resolução CNE/CES nº 11/2002, de 11 de Março de 2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2016.

CHEMIN, Beatris F. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos: planejamento, elaboração e apresentação**. 3. ed. Lajeado: Univates, 2015.

CONSONNI, Denise; AZEVEDO, Márcio F.; NETO, Osvaldo B.; ROGERI, Ronaldo C. **Applications of Virtual Instruments in Electrical Engineering Education**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. International Conference on Engineering Education and Research "Progress Through Partnership", Praga, República Checa, 2004. Disponível em: <<http://www.ineer.org/Events/ICEER2004/Proceedings/papers/1075.pdf>>. Acesso em 22 out. 2016.

FERREIRA, Rafael F.; LINS, Zanoni D.; CAVALCANTI, Marcelo C. **Virtualização de instrumentos industriais utilizando o LabVIEW**. Dept. de Eng. Elétrica e Sistemas de Potência, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco. VIII Conferência Internacional de Aplicações Industriais – Induscon. Ago. 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267965547_VIRTUALIZACAO_DE_INSTRUMENTOS_INDUSTRIAIS_UTILIZANDO_O_LABVIEW>. Acesso em: 20 nov. 2016.

KEYSIGHT TECHNOLOGIES. **Keysight 33210A 10 MHz Function/Arbitrary Waveform Generator User's Guide**. 2. ed. Nov. 2014. Disponível em: <<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/33210-90001.pdf?id=1489923>>. Acesso em: 22 out. 2016.

LOPES, Vinícius J. S. **Instrumentação Virtual Aplicada ao Ensino Experimental de Engenharia Elétrica**. Dissertação de mestrado, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-09012008-150802/pt-br.php>>. Acesso em 15 nov. 2016.

MELO, Edina S. **Atividades experimentais na escola**. Revista Virtual P@rtes. fev. 2011. Disponível em: <<http://www.partes.com.br/educacao/experimentais.asp>>. Acesso em: 12 out. 2016.

MENDES, Mauricio A.; FIALHO, Francisco A. P. **Avaliação de simuladores aplicados na educação tecnológica a distância**. Associação Brasileira de Educação a Distância – ABED, 11º Congresso de Educação a Distância, Salvador, BA, 2004. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2004/por/htm/036-TC-B1.htm>>. Acesso em: 22 mai. 2016.

MINIPA. **Multímetro digital ET-1100**. Disponível em: <<http://www.minipa.com.br/1/5/39-Minipa-Multimetros-Digitais-ET-1100>>. Acesso em: 22 out. 2016.

MORAES, Elisabete N. **Manuseio do Gerador de Funções**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 11 nov. 2014. Apresentação em Power-point. 7 slides. Disponível em: <<http://www.daelt.ct.utfpr.edu.br/elisanm/Eletronica/ManuseioGeradorFuncoes.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2016.

MORAIS, Érica V.; OLIVEIRA, Luís C. O.; OLIVEIRA, Rodrigo A. N.; BOVOLATO, Luiz F.; ORTEGA, Aleciana V. **Evolução dos laboratórios experimentais de engenharia elétrica: premissas para o ensino à distância e pesquisa corporativa**. Revista Visão Universitária v.1, n.1. 2014. Disponível em: <<http://www.visaouniversitaria.com.br/ojs/index.php/home/article/view/27/18>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

NATIONAL INSTRUMENTS. **Instrumentação Virtual**. Nov. 2009. Disponível em: <<http://www.ni.com/white-paper/4752/pt/#toc3>>. Acesso em: 22 mai. 2016.

NATIONAL INSTRUMENTS. **Programação Gráfica**. 2016. Disponível em: <<http://www.ni.com/getting-started/labview-basics/pt/dataflow>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

NATIONAL INSTRUMENTS. **NI 6341 Device Specifications**. 2015. Disponível em: <<http://www.ni.com/pdf/manuals/374566c.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2016.

NATIONAL INSTRUMENTS. **SCB-68 User Manual for Advanced Functions**. Mar. 2009. Disponível em: <<http://www.ni.com/pdf/manuals/372551a.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2016.

NATIONAL INSTRUMENTS. **Vantagens da utilização do LabVIEW em pesquisas acadêmicas**. Fev. 2012. Disponível em: <<http://www.ni.com/white-paper/8534/pt/>>. Acesso em: 15 out. 2016.

OLIVEIRA, Kledder H. C. P. de. **Sistema de aquisição de dados e controle de processos: aplicações com CompactRIO e LabVIEW**. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2013. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/cecau/monografias/2013/KLEDDER%20HUGO%20CORREIA%20POUSAS%20DE%20OLIVEIRA.pdf>>. Acesso em 30 out. 2016.

PIECZKOSKI, Renan. **Instrumentos Virtuais Baseados no LabVIEW e Placa de Som.** Universidade de Passo Fundo, 2015. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/17790741-Universidade-de-passo-fundo.html>>. Acesso em 22 out. 2016.

RANGEL, Silvana V. D.; SILVA, Marcos B. C.; RANGEL, Luís A. D.; SOARES, Rosana A. R. **Segurança em práticas de ensino em Laboratórios de Engenharia.** Revista Praxis, ano IV, n. 12, Dez. 2014. Disponível em: <<http://web.unifoa.edu.br/praxis/numeros/12/105-116.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2016.

RICHTER, Eduardo M.; ROCHA, Fábio R. P.; ANGNES, Lúcio. **Multímetro Interfaceado de baixo custo para aquisição de dados.** Revista Química Nova, v. 27, n. 2, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n2/19279.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2016.

ROSA, Cleci W.; ROSA, Alvaro B. **O ensino de física na universidade de passo fundo: uma investigação nos objetivos das atividades experimentais.** Educere, v. 11, n. 37, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-49102007000200019>. Acesso em 15 out. 2016.

SANTANA, Leonardo; LIMA, Andreilton C. S.; SILVEIRA, Claudio A. de.; SILVA, Matheus S. da. **Gerador de Funções Senoidais Monofásicas e Trifásicas: Projeto Informacional.** Florianópolis, Dez. 2010. Disponível em: <https://www.academia.edu/20021456/Gerador_de_fun%C3%A7%C3%B5es_senoidais_monof%C3%A1sicas_e_trif%C3%A1sicas>. Acesso em 22 out. 2016.

TEKTRONIX. **Digital Storage Oscilloscopes. TDS1000 and TDS2000 Series.** Abr. 2005. Disponível em: <http://www.upc.edu/sct/documents_equipment/d_109_id-533.pdf>. Acesso em 23 out. 2016.

YI, Zhou; JIAN-JUN, Jiang; SHAO-CHUN, Fan. **A LabVIEW-Based, Interactive Virtual Laboratory for Electronic Engineering Education.** Int. J. Engng Ed. v. 21, n. 1, 2005. Tempus Publications. Disponível em: <<http://www.ijee.ie/articles/Vol21-1/Ijee1604.pdf>>. Acesso em 15 nov. 2016.

APÊNDICE A – DIAGRAMAS DE BLOCOS DESENVOLVIDOS NO LABVIEW

Os diagramas contém primeiramente o algoritmo do programa principal e na sequência os blocos com as condições escondidas.

Diagrama de blocos do gerador de sinais virtual de 1 canal:

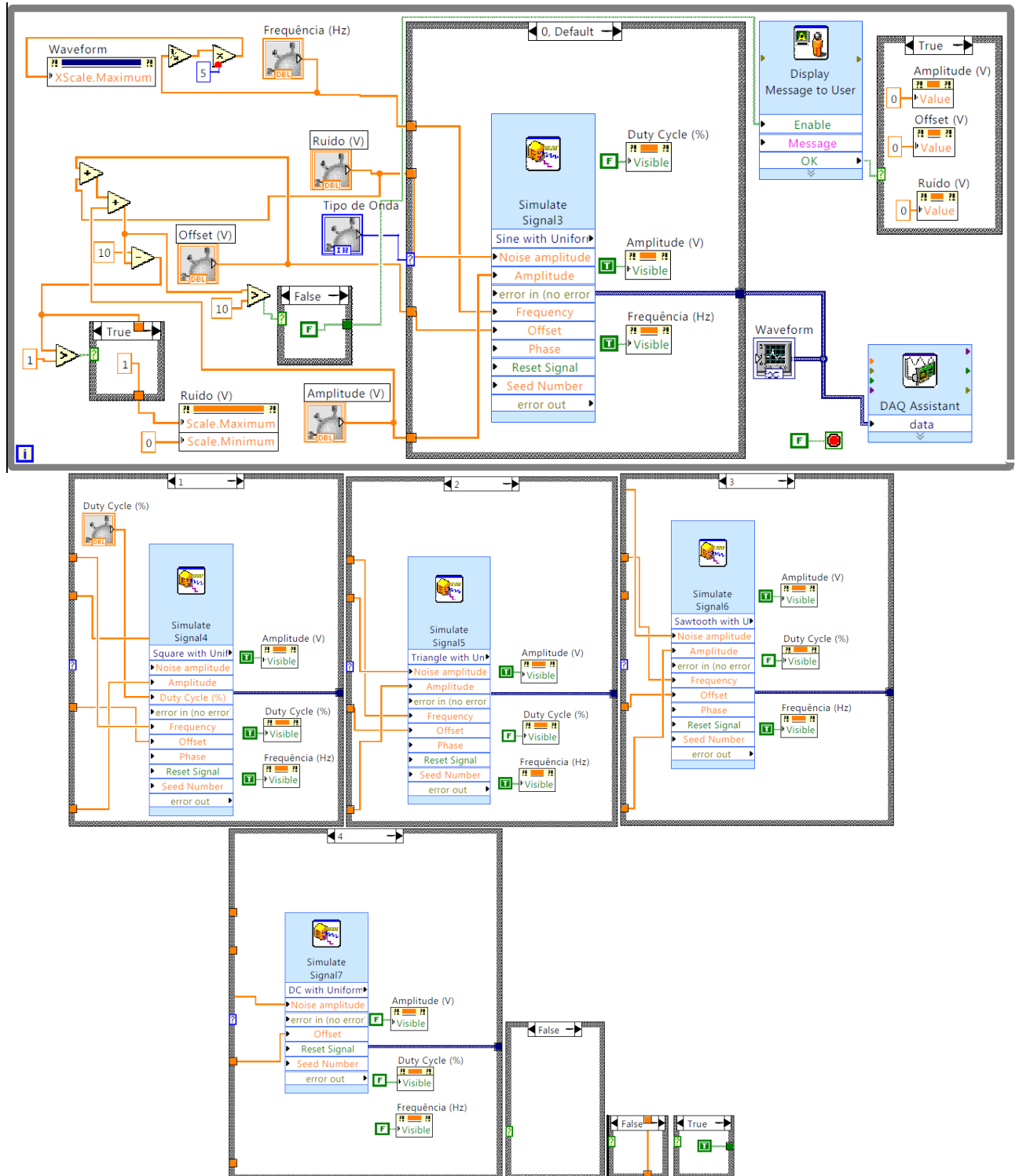


Diagrama de blocos do gerador de sinais virtual de 2 canais:

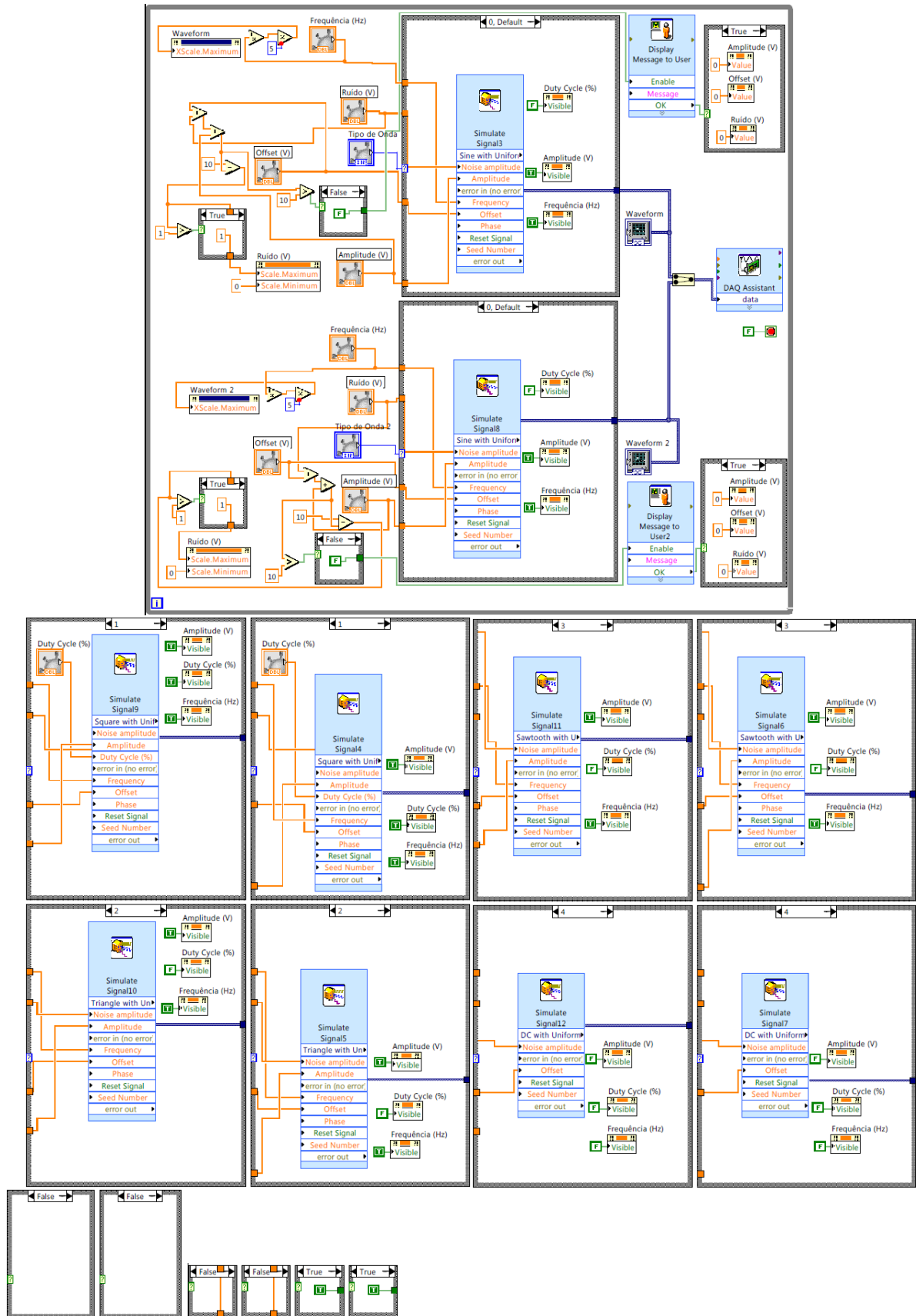


Diagrama de blocos do osciloscópio virtual de 1 canal:

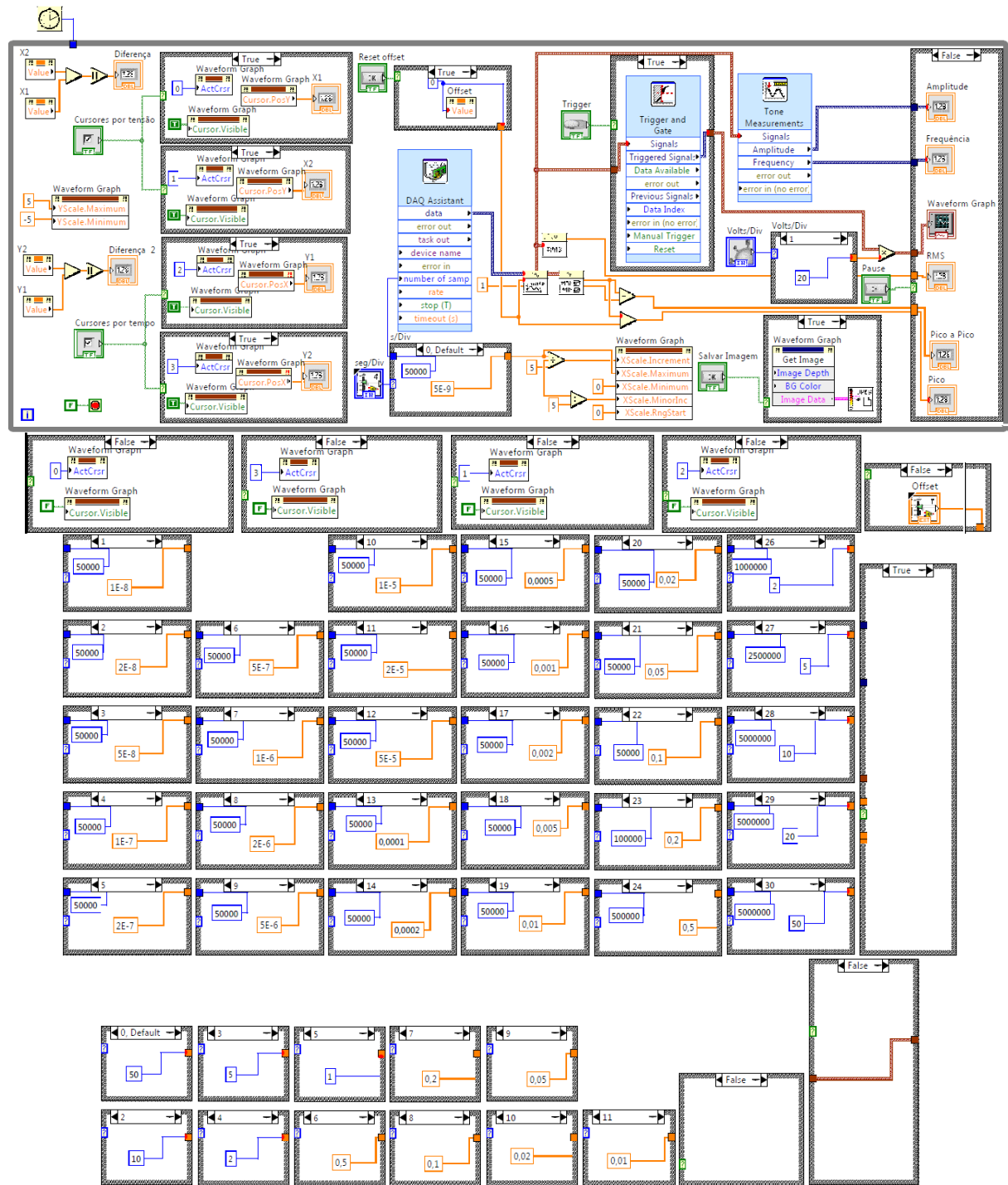


Diagrama de blocos do osciloscópio virtual de 2 canais:

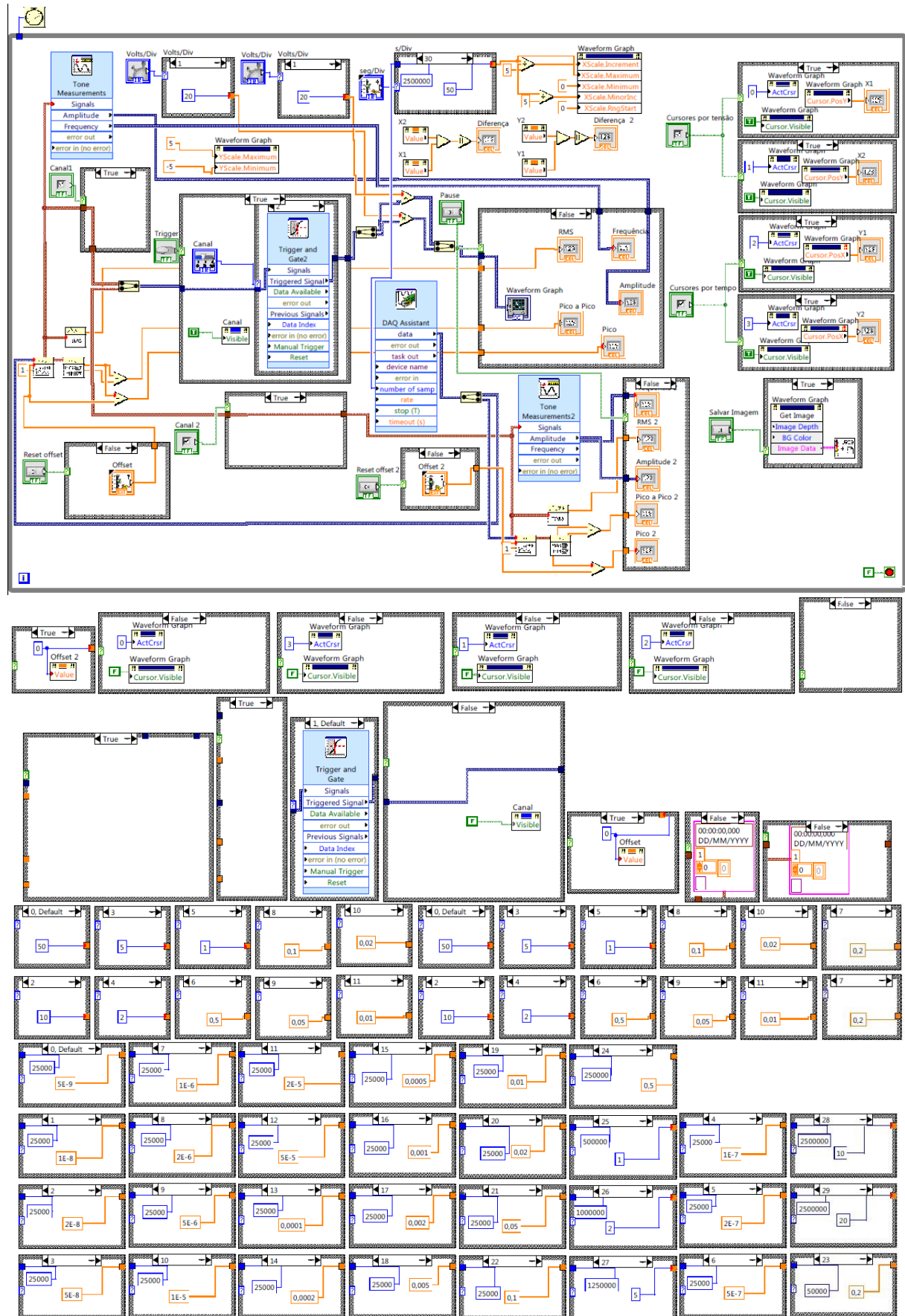


Diagrama de blocos do osciloscópio virtual de 4 canais:

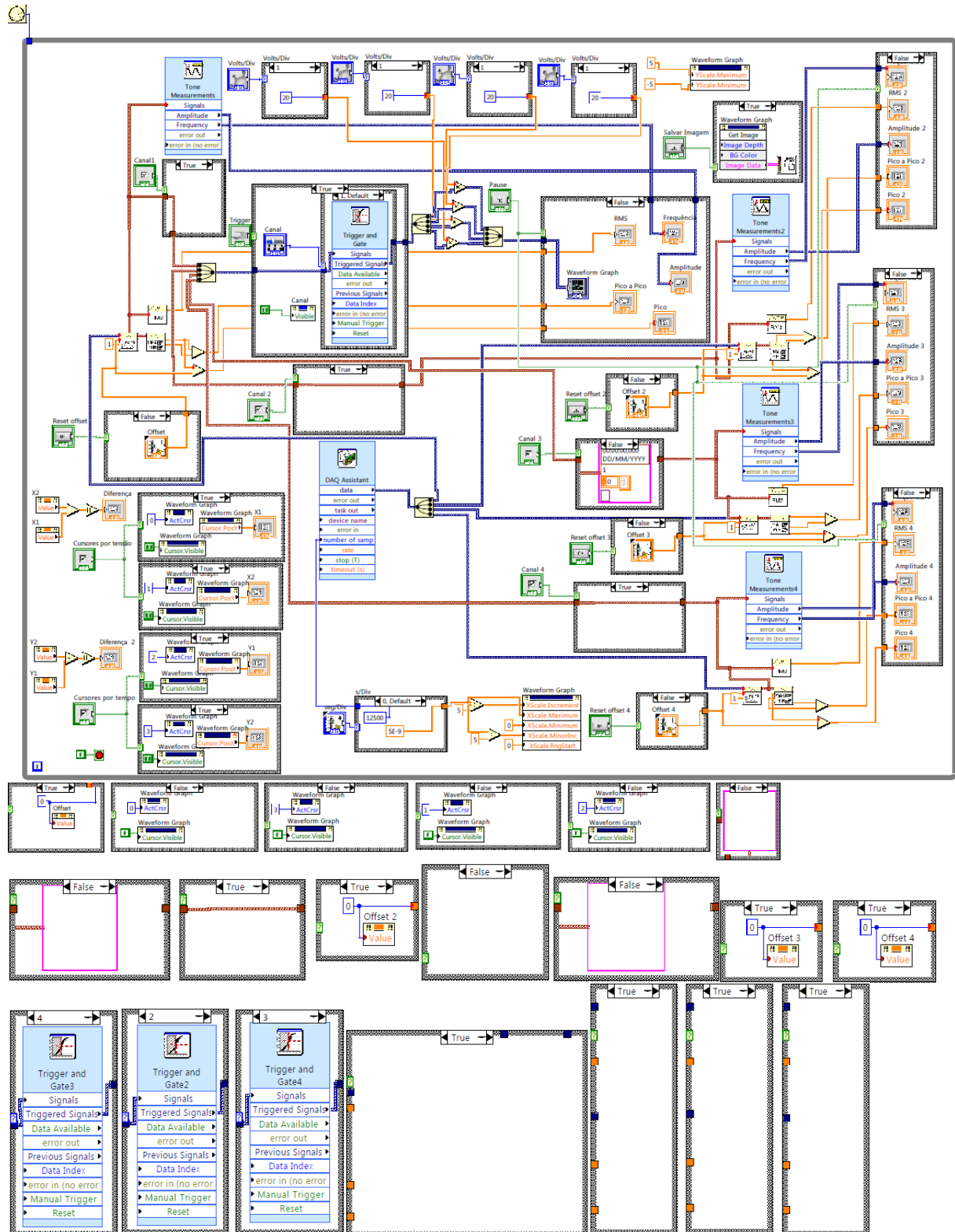
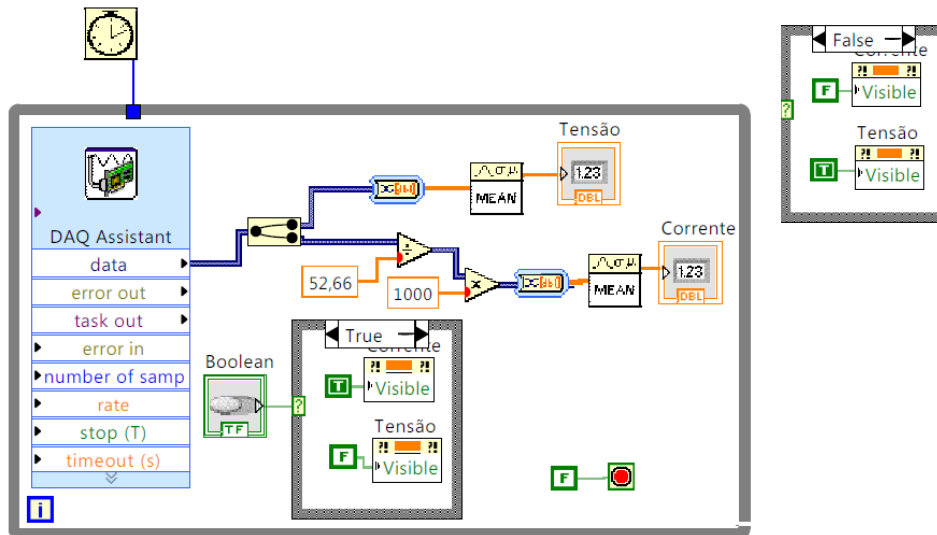


Diagrama de blocos do multímetro virtual:



APÊNDICE B – TABELAS DA AVALIAÇÃO METROLÓGICA

TESTES DE MEDIDAS DE FREQUÊNCIA E AMPLITUDE DO GERADOR DE SINAIS VIRTUAL

Medições feitas com o multímetro Agilent 34410A 6 1/2 Dígitos
(Parâmetros: Tipo de Onda = senoidal; amplitude = 1V; Offset = 0V; Ruído = 0V)

Frequência do Gerador de sinais 33210A	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	1	1,00012	0,999883	0,99999	-1E-05	-0,001
	10	10,0006	9,99924	9,99988	-0,00012	-0,0012
	100	100,011	99,9891	99,9989	-0,0011	-0,0011
	1000	1000,14	999,836	999,991	-0,009	-0,0009
	5000	5000,17	4999,79	4999,94	-0,06	-0,0012
	10000	10000,1	9999,59	9999,87	-0,13	-0,0013
	20000	19999,9	19999,4	19999,8	-0,2	-0,001
	50000	49999,8	49998,9	49999,4	-0,6	-0,0012
Frequência do Gerador de sinais virtual	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	1	1,0011	1,0009	1,00101	0,00101	0,101
	10	10,0107	10,0094	10,01	0,01	0,1
	100	100,113	100,091	100,1	0,1	0,1
	1000	1001,14	1000,87	1001,01	1,01	0,101
	5000	5005,12	5004,88	5005,02	5,02	0,1004
	10000	10010,2	10009,9	10010,1	10,1	0,101
	20000	20020,3	20019,9	20020,3	20,3	0,1015
	50000	50050,7	50049,7	50050,2	50,2	0,1004

Medições feitas com o multímetro Agilent 34410A 6 1/2 Dígitos
(Parâmetros: Tipo de Onda = quadrada; amplitude = 1V; Offset = 0V; Ruído = 0V; Duty Cycle = 50%)

Frequência do Gerador de sinais 33210A	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	1	1,00021	0,999732	0,999987	-1,3E-05	-0,0013
	10	10	9,99934	9,99986	-0,00014	-0,0014
	100	100,002	99,9931	99,9985	-0,0015	-0,0015
	1000	1000,05	999,921	999,986	-0,014	-0,0014
	5000	5000,03	4999,79	4999,93	-0,07	-0,0014
	10000	9999,96	9999,74	9999,87	-0,13	-0,0013
	20000	19999,9	19999,5	19999,7	-0,3	-0,0015
	50000	49999,8	49998,9	49999,3	-0,7	-0,0014
Frequência do Gerador de sinais virtual	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	1	1,00123	1,0007	1,001	0,001	0,1
	10	10,01	10,01	10,01	0,01	0,1
	100	100,1	100,1	100,1	0,1	0,1
	1000	1001,01	1000,99	1001	1	0,1
	5000	5005,07	5004,97	5005,02	5,02	0,1004
	10000	10010	10009,9	10010	10	0,1
	20000	20043,7	19996,6	20020,1	20,1	0,1005
	50000	50050,7	50049,7	50050,2	50,2	0,1004

Medições feitas com o multímetro Agilent 34410A 6 1/2 Dígitos
(Parâmetros: Tipo de Onda = triangular; amplitude = 1V; Offset = 0V; Ruído = 0V)

Frequência do Gerador de sinais 33210A	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	1	1,00011	0,999886	0,999979	-2,1E-05	-0,0021
	10	10,0012	9,99852	9,99994	-6E-05	-0,0006
	100	100,011	99,9825	99,9986	-0,0014	-0,0014
	1000	1000,29	999,752	999,976	-0,024	-0,0024
	5000	5000,17	4999,65	4999,93	-0,07	-0,0014
	10000	10000,1	9999,59	9999,87	-0,13	-0,0013
	20000	20000,1	19999,4	19999,7	-0,3	-0,0015
	50000	49999,4	49998,8	49999,4	-0,6	-0,0012
Frequência do Gerador de sinais virtual	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	1	1,00109	1,00093	1,00101	0,00101	0,101
	10	10,0115	10,0091	10,01	0,01	0,1
	100	100,119	100,087	100,102	0,102	0,102
	1000	1001,23	1000,83	1001	1	0,1
	5000	5004,64	5005,4	5005,02	5,02	0,1004
	10000	10010,3	10009,9	10010,1	10,1	0,101
	20000	20020,5	20014,1	20020	20	0,1
	50000	50050,7	50049,7	50050,2	50,2	0,1004

Medições feitas com o multímetro Agilent 34410A 6 1/2 Dígitos
(Parâmetros: Tipo de Onda = rampa; amplitude = 1V; Offset = 0V; Ruído = 0V)

Frequência do Gerador de sinais 33210A	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	1	1,00014	0,999836	0,999987	-1,3E-05	-0,0013
	10	10,0022	9,99815	9,99985	-0,00015	-0,0015
	100	100,031	99,9652	99,9977	-0,0023	-0,0023
	1000	1000,34	999,601	999,973	-0,027	-0,0027
	5000	5000,5	4999,46	4999,95	-0,05	-0,001
	10000	10000,3	9999,3	9999,9	-0,1	-0,001
	20000	20000,1	19999,2	19999,7	-0,3	-0,0015
	50000	50000,3	49998,4	49999,3	-0,7	-0,0014
Frequência do Gerador de sinais virtual	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	1	1,00121	1,00083	1,00101	0,00101	0,101
	10	10,0127	10,0073	10,0101	0,0101	0,101
	100	100,127	100,075	100,102	0,102	0,102
	1000	1001,53	1000,66	1001,02	1,02	0,102
	5000	5005,4	5004,55	5004,99	4,99	0,0998
	10000	10010,5	10009,3	10010	10	0,1
	20000	20025,2	20019,3	20020,3	20,3	0,1015
	50000	50050,7	50049,7	50050,2	50,2	0,1004

Medições feitas com o multímetro Agilent 34410A 6 1/2 Dígitos
(Parâmetros: Tipo de Onda = senoidal; Frequência = 1kHz; Offset = 0V; Ruído = 0V)

	Valor configurado (V)	Max (V)	Min (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Amplitude do Gerador de sinais 33210A	0,01	0,00998906	0,00998289	0,009985154	-0,00001	-0,1484615
	0,1	0,0997380	0,0997179	0,0997260	-0,000274	-0,2740436
	1	0,998035	0,997998	0,998012	-0,0019881	-0,1988075
	5	4,98785	4,98775	4,98779	-0,0122074	-0,2441472
	10	9,97251	9,97238	9,97244	-0,0275599	-0,2755993
	Valor configurado (V)	Max (V)	Min (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Amplitude do Gerador de sinais virtual	0,01	0,0100291	0,0100140	0,0100199	1,9887E-05	0,19886937
	0,1	0,0998894	0,0998578	0,0998819	-0,0001181	-0,1180559
	1	0,998395	0,998375	0,998387	-0,0016133	-0,1613308
	5	4,99190	4,99186	4,99188	-0,0081203	-0,1624056
	10	9,98389	9,98384	9,98387	-0,0161303	-0,1613025

Medições feitas com o multímetro Agilent 34410A 6 1/2 Dígitos
(Parâmetros: Tipo de Onda = quadrada; Frequência = 1kHz; Offset = 0V; Ruído = 0V; Duty Cycle = 50%)

	Valor configurado (V)	Max (V)	Min (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Amplitude do Gerador de sinais 33210A	0,01	0,0099706	0,00995721	0,00996332	-0,00004	-0,3668
	0,1	0,0994575	0,0993679	0,0994393	-0,0005607	-0,5607
	1	0,995186	0,995166	0,995175	-0,004825	-0,4825
	5	4,9741	4,97403	4,97406	-0,02594	-0,5188
	10	9,9587	9,95466	9,95863	-0,04137	-0,4137
	Valor configurado (V)	Max (V)	Min (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Amplitude do Gerador de sinais virtual	0,01	0,0100353	0,0100196	0,0100275	2,75E-05	0,275
	0,1	0,0997555	0,0997428	0,0997502	-0,0002498	-0,2498
	1	0,9973	0,997288	0,997296	-0,002704	-0,2704
	5	4,98627	4,98623	4,98626	-0,01374	-0,2748
	10	9,97257	9,97252	9,97254	-0,02746	-0,2746

Medições feitas com o multímetro Agilent 34410A 6 1/2 Dígitos
(Parâmetros: Tipo de Onda = triangular; Frequência = 1kHz; Offset = 0V; Ruído = 0V)

	Valor configurado (V)	Max (V)	Min (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Amplitude do Gerador de sinais 33210A	0,01	0,00999456	0,00997118	0,00998546	-0,00001	-0,1454
	0,1	0,0998123	0,0996621	0,09973851	-0,0002615	-0,26149
	1	0,997681	0,997607	0,997645	-0,002355	-0,2355
	5	4,98521	4,98506	4,98514	-0,01486	-0,2972
	10	9,9665	9,96636	9,96644	-0,03356	-0,3356
	Valor configurado (V)	Max (V)	Min (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Amplitude do Gerador de sinais virtual	0,01	0,0100392	0,0100165	0,0100269	2,69E-05	0,269
	0,1	0,0999127	0,0998911	0,0999005	-9,95E-05	-0,0995
	1	0,998435	0,998411	0,998421	-0,001579	-0,1579
	5	4,99188	4,99183	4,99186	-0,00814	-0,1628
	10	9,98384	9,98376	9,98381	-0,01619	-0,1619

Medições feitas com o multímetro Agilent 34410A 6 1/2 Dígitos
(Parâmetros: Tipo de Onda = rampa; Frequência = 1kHz; Offset = 0V; Ruído = 0V)

	Valor configurado (V)	Max (V)	Min (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Amplitude do Gerador de sinais 33210A	0,01	0,00998423	0,00996312	0,00997256	-0,00003	-0,2744
	0,1	0,0995943	0,0995672	0,0995817	-0,0004183	-0,4183
	1	0,996733	0,996691	0,996712	-0,003288	-0,3288
	5	4,98125	4,98111	4,98118	-0,01882	-0,3764
	10	9,95845	9,95821	9,95833	-0,04167	-0,4167
	Valor configurado (V)	Max (V)	Min (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Amplitude do Gerador de sinais virtual	0,01	0,010017	0,00999572	0,0100073	7,3E-06	0,073
	0,1	0,0997387	0,0997191	0,0997273	-0,0002727	-0,2727
	1	0,996722	0,996695	0,996711	-0,003289	-0,3289
	5	4,98339	4,98329	4,98334	-0,01666	-0,3332
	10	9,96702	9,96693	9,96697	-0,03303	-0,3303

Medições feitas com o multímetro Agilent 34410A 6 1/2 Dígitos
(Parâmetros: Tipo de Onda = DC; Offset = 0V; Ruído = 0V)

	Valor configurado (V)	Max (V)	Min (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Amplitude do Gerador de sinais 33210A	0,01	0,00913204	0,00910551	0,00911924	-0,00088	-8,8076
	0,1	0,0988999	0,09884	0,0988775	-0,0011225	-1,1225
	1	0,998889	0,998863	0,998875	-0,001125	-0,1125
	5	4,98885	4,98859	4,98874	-0,01126	-0,2252
	10	9,96751	9,96728	9,96739	-0,03261	-0,3261
	Valor configurado (V)	Max (V)	Min (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Amplitude do Gerador de sinais virtual	0,01	0,00994113	0,00990799	0,00992042	-7,958E-05	-0,7958
	0,1	0,0998954	0,0998564	0,0998717	-0,0001283	-0,1283
	1	0,999917	0,99988	0,999897	-0,000103	-0,0103
	5	5,00021	5,00019	5,0002	0,0002	0,004
	10	10,0003	10,0003	10,0003	0,0003	0,003

TESTES DE MEDIDAS DE FREQUÊNCIA E AMPLITUDE DO OSCILOSCÓPIO VIRTUAL

Sinal gerado com o gerador de sinais Agilent 33210A
(Parâmetros: Tipo de Onda = senoidal; amplitude = 1V; Offset = 0V; Ruído = 0V)

Frequência medida com Osciloscópio Agilent MSO6014A	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	0,99999	1,004	0,998	0,99989	-0,0001	-0,0100001
	9,99988	10,05	9,95	10	0,00012	0,00120001
	99,9989	100,5	99,5	99,996	-0,0029	-0,0029
	999,991	1010	990	999,97	-0,021	-0,0021
	4999,94	5050	4950	5000,2	0,26	0,00520006
	9999,87	10,1	9,9	9999,9	0,03	0,0003
	19999,8	20100	19900	20001	1,2	0,00600006
	49999,4	50500	49500	49999	-0,4	-0,0008
Frequência medida com Osciloscópio virtual	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	0,99999	0,999986	0,999978	0,999983	-7E-06	-0,0007
	9,99988	9,99988	9,99979	9,99983	-5E-05	-0,0005
	99,9989	99,9995	99,9976	99,9984	-0,0005	-0,0005
	999,991	999,985	999,982	999,984	-0,007	-0,0007
	4999,94	4999,93	4999,91	4999,92	-0,02	-0,0004
	9999,87	9999,85	9999,83	9999,84	-0,03	-0,0003
	19999,8	19999,7	19999,7	19999,7	-0,1	-0,0005
	49999,4	49999,2	49999,2	49999,2	-0,2	-0,0004

Sinal gerado com o gerador de sinais Agilent 33210A
(Parâmetros: Tipo de Onda = quadrada; amplitude = 1V; Offset = 0V; Ruído = 0V; Duty Cycle = 50%)

Frequência medida com Osciloscópio Agilent MSO6014A	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	0,999987	1	1	1	1,3E-05	0,00130002
	9,99986	10	10	10	0,00014	0,00140002
	99,9985	100	100	100	0,0015	0,00150002
	999,986	1000	1000	1000	0,014	0,00140002
	4999,93	5000	5000	5000	0,07	0,00140002
	9999,87	10000	10000	10000	0,13	0,00130002
	19999,7	20000	20000	20000	0,3	0,00150002
	49999,8	50000	50000	50000	0,2	0,0004
Frequência medida com Osciloscópio virtual	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	0,999987	0,999993	0,999976	0,999982	-5E-06	-0,0005
	9,99986	9,9999	9,99982	9,99995	9E-05	0,00090001
	99,9985	99,9996	99,9975	99,9988	0,0003	0,0003
	999,986	999,998	999,978	999,99	0,004	0,00040001
	4999,93	4999,96	4999,75	4999,9	-0,03	-0,0006
	9999,87	10000	9999,85	9999,92	0,05	0,00050001
	19999,7	20000	19999,5	19999,8	0,1	0,00050001
	49999,3	50000	49998,9	49999,5	0,2	0,00040001

Sinal gerado com o gerador de sinais Agilent 33210A
(Parâmetros: Tipo de Onda = triangular; amplitude = 1V; Offset = 0V; Ruído = 0V)

Frequência medida com Osciloscópio Agilent MSO6014A	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	0,999979	1,005	0,995	1	2,1E-05	0,00210004
	9,99994	10,05	9,95	9,999	-0,00094	-0,0094001
	99,9986	100,5	99,5	99,995	-0,0036	-0,0036001
	999,976	1005	995	999,93	-0,046	-0,0046001
	4999,93	5030	4980	4999,8	-0,13	-0,0026
	9999,87	10050	9950	9999,8	-0,07	-0,0007
	19999,7	20200	19800	19999	-0,7	-0,0035001
	49999,4	50500	49500	49999	-0,4	-0,0008
Frequência medida com Osciloscópio virtual	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	0,999979	0,999992	0,999975	0,999987	8E-06	0,00080002
	9,99994	9,99993	9,99986	9,9999	-4E-05	-0,0004
	99,9986	100	99,9985	99,9992	0,0006	0,00060001
	999,976	999,995	999,99	999,993	0,017	0,00170004
	4999,93	4999,98	4999,9	4999,96	0,03	0,00060001
	9999,87	9999,95	9999,89	9999,92	0,05	0,00050001
	19999,7	19999,7	19999,7	19999,7	0	0
	49999,4	49999,2	49999,1	49999,2	-0,2	-0,0004

Sinal gerado com o gerador de sinais Agilent 33210A
(Parâmetros: Tipo de Onda = rampa; amplitude = 1V; Offset = 0V; Ruído = 0V)

Frequência medida com Osciloscópio Agilent MSO6014A	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	0,999987	1	1	1	1,3E-05	0,00130002
	9,99985	10	9,99	10	0,00015	0,00150002
	99,9977	100	99,9	99,997	-0,0007	-0,0007
	999,973	1000	999,9	999,99	0,017	0,00170005
	4999,95	5000	4990	4999,9	-0,05	-0,001
	9999,9	10000	9999	9999,99	0,09	0,00090001
	19999,7	20200	19800	19999	-0,7	-0,0035001
	49999,3	50500	49500	49999	-0,3	-0,0006
Frequência medida com Osciloscópio virtual	Valor configurado (Hz)	Max (Hz)	Min (Hz)	Média (Hz)	Variação (Hz)	Erro (%)
	0,999987	1	0,999989	0,999993	6E-06	0,00060001
	9,99985	10	9,99983	9,99992	7E-05	0,00070001
	99,9977	100	99,9965	99,9982	0,0005	0,00050001
	999,973	1000	999,972	999,979	0,006	0,00060002
	4999,95	5000	4999,92	4999,98	0,03	0,00060001
	9999,9	10000	9999,84	9999,93	0,03	0,0003
	19999,7	20000	19999,1	19999,6	-0,1	-0,0005
	49999,3	50000	49999,1	49999,6	0,3	0,00060001

Sinal gerado com o gerador de sinais Agilent 33210A
(Parâmetros: Tipo de Onda = senoidal; Frequência = 1kHz; Offset = 0V; Ruído = 0V)

Amplitude medida com	Valor configurado (V)	Max (V)	Mín (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Osciloscópio Agilent MSO6014A	0,099725956	0,13	0,123	0,127	0,02727404	27,3489918
	0,998011925	1,08	1,05	1,05	0,05198807	5,20916369
	4,987792642	5,25	5,19	5,2394	0,25160736	5,04446308
	9,972440072	10,8	10,5	10,676	0,70355993	7,05504293
Amplitude medida com	Valor configurado (V)	Max (V)	Mín (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Osciloscópio virtual	0,099725956	0,100023	0,100008	0,100018	0,00029204	0,29284617
	0,998011925	1,00009	1,00001	1,00006	0,00204807	0,20521547
	4,987792642	4,99791	4,99778	4,99785	0,01005736	0,20163947
	9,972440072	9,99602	9,99625	9,9962	0,02375993	0,23825591

Sinal gerado com o gerador de sinais Agilent 33210A
(Parâmetros: Tipo de Onda = quadrada; Frequência = 1kHz; Offset = 0V; Ruído = 0V; Duty Cycle = 50%)

Amplitude medida com	Valor configurado (V)	Max (V)	Mín (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Osciloscópio Agilent MSO6014A	0,0994393	0,163	0,091	0,13221	0,0327707	32,9554814
	0,995175	1	0,98	0,99745	0,002275	0,22860301
	4,97406	5	4,94	4,9986	0,02454	0,49335955
	9,95863	10	10	10	0,04137	0,41541859
Amplitude medida com	Valor configurado (V)	Max (V)	Mín (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Osciloscópio virtual	0,0994393	0,102292	0,101142	0,101407	0,0019677	1,9787951
	0,995175	1,00176	1,00143	1,00154	0,006365	0,639586
	4,97406	5,02171	4,99204	5,00056	0,0265	0,53276398
	9,95863	10,6235	9,98768	9,99831	0,03968	0,39844838

Sinal gerado com o gerador de sinais Agilent 33210A
(Parâmetros: Tipo de Onda = triangular; Frequência = 1kHz; Offset = 0V; Ruído = 0V)

Amplitude medida com	Valor configurado (V)	Max (V)	Mín (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Osciloscópio Agilent MSO6014A	0,09973851	0,136	0,128	0,1322	0,03246149	32,5465961
	0,997645	1,08	1,06	1,0602	0,062555	6,27026648
	4,98514	5,25	5,19	5,1956	0,21046	4,22174703
	9,96644	10,6	10,5	10,508	0,54156	5,43383595
Amplitude medida com	Valor configurado (V)	Max (V)	Mín (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
Osciloscópio virtual	0,09973851	0,101923	0,100649	0,10094	0,00120149	1,20464001
	0,997645	1,00887	0,98435	0,99662	-0,001025	-0,102742
	4,98514	4,99322	4,92612	4,96339	-0,02175	-0,4362967
	9,96644	9,99732	9,8532	9,99119	0,02475	0,24833341

Sinal gerado com o gerador de sinais Agilent 33210A
(Parâmetros: Tipo de Onda = rampa; Frequência = 1kHz; Offset = 0V; Ruído = 0V)

Amplitude medida com Osciloscópio Agilent MSO6014A	Valor configurado (V)	Max (V)	Min (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
	0,0995817	0,153	0,144	0,14729	0,0477083	47,9087021
	0,996712	1,069	1,056	1,0571	0,060388	6,05872107
	4,98118	5,38	5,25	5,3071	0,32592	6,54302796
	9,95833	10,8	10,6	10,619	0,66067	6,63434532
Amplitude medida com Osciloscópio virtual	Valor configurado (V)	Max (V)	Min (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
	0,0995817	0,101692	0,100926	0,101104	0,0015223	1,52869453
	0,996712	1,00048	0,987894	0,9964	-0,000312	-0,0313029
	4,98118	4,99453	4,92825	4,97138	-0,0098	-0,1967405
	9,95833	9,99827	9,85234	9,93102	-0,02731	-0,2742428

TESTES DE MEDIDAS DE TENSÃO DO MULTÍMETRO VIRTUAL

Valores padrões obtidos com o multímetro Agilent 34410A 6 1/2 Dígitos

Tensão com Multímetro Minipa ET-1100	Valor padrão (V)	Max (V)	Min (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
	0,011015	0,01	0,01	0,01	-0,0010	-9,2147072
	0,0972	0,095	0,095	0,095	-0,0022	-2,2633745
	1,00586	0,991	0,991	0,991	-0,01486	-1,4773428
	5,0091	5,03	5,03	5,03	0,0209	0,41724062
	10,0077	9,94	9,94	9,94	-0,0677	-0,6764791
Tensão com Multímetro virtual	Valor padrão (V)	Max (V)	Min (V)	Média (V)	Variação (V)	Erro (%)
	0,011015	0,01142	0,01136	0,01138	0,0003675	3,33635951
	0,0972	0,09769	0,09764	0,09766	0,0004600	0,47325103
	1,00586	1,006	1,006	1,006	0,0001	0,01391844
	5,0091	5,01	5,01	5,01	0,0009	0,0179673
	10,0077	10,01	10,01	10,01	0,0023	0,0229823

APÊNDICE C – ROTEIRO DAS PRÁTICAS REALIZADAS

ROTEIRO DA PRÁTICA DE ELETRÔNICA ANALÓGICA II

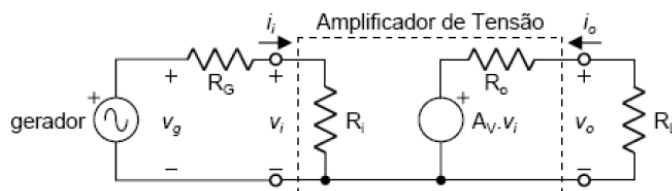


CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DISCIPLINA DE ELETRÔNICA ANALÓGICA - II

Nome do aluno: _____ Data: _____

Laboratório – Amplificadores Operacionais I

- 1) Ajuste o gerador de funções para uma onda senoidal com 200 mVpp e 1 kHz, ajustando seu nível DC (offset) para zero.
- 2) Monte o circuito 1 na proto-board, alimentando o amplificador operacional com ± 12 V, e usando $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ e $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$.
- 3) Meça o ganho de tensão $A_v = v_o/v_i$ sem carga na saída. Observe a fase do sinal, em relação à entrada.
- 4) Meça a resistência de entrada ($R_i = V_i/I_i$). Para tanto, utilize um resistor da ordem de $1 \text{ k}\Omega$ em série com o gerador (R_g), para medir a corrente de entrada. (No circuito 2, utilize $10 \text{ k}\Omega$). Caso não haja queda apreciável de tensão sobre este resistor, para onde pode-se deduzir que tende R_i ?



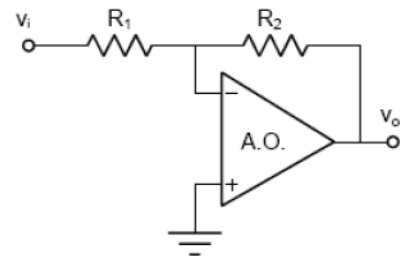
- 5) Meça a resistência de saída. Faça isso em duas etapas: primeiro, ligue uma carga (R_L : entre $10 \text{ e } 100 \text{ }\Omega$), meça a tensão V_o , reajustando o gerador para que a saída não pareça distorcida, e anote esse valor; depois, meça novamente a tensão V_o , mas agora a circuito aberto (sem carga – corrente $I_o = 0$) e anote, pois este valor equivale à fonte interna do modelo. Com estas duas medidas de V_o é possível calcular a malha de saída na situação “com carga”, e se estimar o valor de R_o . Caso não haja alteração apreciável de V_o entre as situações (com e sem carga), para onde pode-se deduzir que tende R_o ?
- 6) Confronte os valores medidos com aqueles resultantes da análise teórica feita em aula.
- 7) Repita o procedimento acima para o circuito 2.
- 8) No circuito 1, substitua o resistor R_2 por um de valor $1 \text{ M}\Omega$ e acrescente em paralelo um capacitor de 220 nF (circuito 3). Aplique um sinal retangular com 200 mVpp e 1 kHz, ajustando

seu nível DC (offset) para zero. Observe o formato da onda de saída. Qual operação matemática está sendo implementada neste circuito?

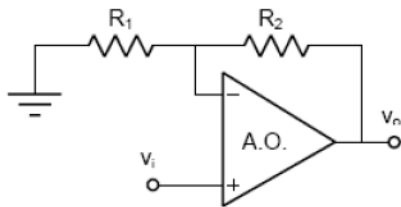
Pinagem do 741



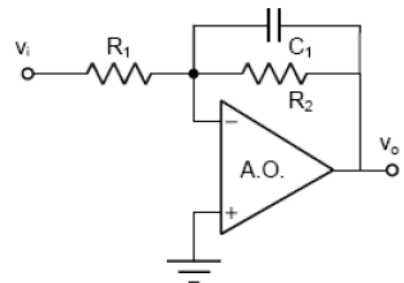
Circuito 1



Circuito 2



Circuito 3



ROTEIRO DA PRÁTICA DE ELETRÔNICA DIGITAL I



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DISCIPLINA DE ELETRÔNICA DIGITAL - I

Nome do aluno: _____ Data: _____

Laboratório – Circuitos geradores de *clock* e *flip-flops*

- 1) Monte um circuito gerador de *clock* de 1 Hz utilizando um LM555. Meça a saída deste circuito com o osciloscópio virtual.
- 2) Configure o gerador de sinais virtual para gerar uma onda de 1 Hz, 5V, *duty cycle* 50%.
- 3) Monte o circuito com o 74LS112 e conecte o gerador de sinais virtual à entrada do *flip-flop* JK. Meça a saída do *flip-flop* JK.
- 4) Conecte o circuito do LM555 ao *flip-flop* JK. Meça a saída do circuito do LM555 e a saída do *flip-flop* JK com o osciloscópio virtual de 2 canais.

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIOS APLICADOS

QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ALUNOS

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Prezado Participante

O presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido têm por objetivo firmar acordo escrito com o(a) voluntária(o) para participação da pesquisa abaixo, autorizando sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos a que ela(e) será submetida(o).

TÍTULO DO TRABALHO: INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL COM LABVIEW EM LABORATÓRIO EXPERIMENTAL DE ENGENHARIA

1. Informações da Pesquisa: A pesquisa busca coletar dados para a escrita de monografia de Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Controle e Automação, do Centro Universitário Univates.

2. Natureza da pesquisa: Esta pesquisa tem como finalidade compreender a maneira como os discentes, docentes e funcionários do Curso de Engenharia de Controle e Automação da Univates percebem o uso de instrumentação virtual nas práticas laboratoriais.

3. Envolvimento na pesquisa: Você tem liberdade de se recusar a participar e ainda de se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo para você. Sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do e-mail do pesquisador, que segue: rbarbosa@universo.univates.br

4. Sobre as coletas ou entrevistas: Ao participar deste estudo você responderá a um questionário, através de perguntas pré-estabelecidas que serão entregues em mãos.

5. Confidencialidade: Todas as informações coletadas neste estudo são confidenciais. Os dados da (o) voluntária (o) serão identificados com um código, e não com o nome. Apenas os membros da pesquisa terão conhecimento dos dados, assegurando assim sua privacidade.

Após estes esclarecimentos, solicito o seu consentimento de forma livre para permitir sua participação nesta pesquisa. Portanto, preencha os itens que seguem:

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____,
RG _____ após a leitura e compreensão das informações acima relatadas, estou
ciente que minha participação, é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo.
Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de
pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Lajeado, ____/____/____.

Telefone para contato: _____

Nome: _____

Assinatura: _____

Assinatura do Pesquisador: _____

Contato: Rian Oliveira Barbosa- e-mail: rbarbosa@universo.univates.br

Telefone: (51) 9818-7630

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Acadêmico: Rian Oliveira Barbosa Professor Orientador: Ronaldo Hüsemann

Título do trabalho: INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL COM LABVIEW EM
LABORATÓRIO EXPERIMENTAL DE ENGENHARIA

QUESTIONÁRIO

1. Qual é o seu curso de graduação? _____

2. Em qual semestre do curso você está? ____ semestre.

3. Assinale os instrumentos convencionais que você já tenha utilizado:

() Osciloscópio () Multímetro () Gerador de Sinais

4. Após a utilização dos instrumentos virtuais, você percebe maior facilidade na retirada, montagem e utilização deste tipo de instrumento em relação aos instrumentos convencionais?

Em caso negativo, justifique.

() Sim () Não () Indiferente

Justificativa: _____

5. Os instrumentos virtuais possuem as funcionalidades necessárias à prática realizada?

Em caso negativo, cite a funcionalidade inexistente.

() Sim () Não

6. Quanto à interface dos instrumentos virtuais, você a considera clara e acessível? Em caso negativo, justifique.

() Sim () Não () Indiferente

Justificativa: _____

Sugestões:

QUESTIONÁRIO APLICADO AO PROFESSOR

[illegible]

QUESTIONÁRIO APLICADO AOS FUNCIONÁRIOS DO LABORATÓRIO

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Acadêmico: Rian Oliveira Barbosa Professor Orientador: Ronaldo Hüsemann

Título do trabalho: INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL COM LABVIEW EM
LABORATÓRIO EXPERIMENTAL DE ENGENHARIA

Caro funcionário, na data de hoje ocorreu uma aula prática no laboratório 413-11 com a utilização de instrumentos virtuais em substituição aos instrumentos convencionais tais como osciloscópio, gerador de sinais e multímetro. Por favor, responda os questionamentos abaixo com base na demanda de trabalho exigida por esta aula prática.

QUESTIONÁRIO

1. Você percebeu mudança na demanda de trabalho necessário para a preparação da aula prática?

() Sim () Não () Indiferente

Comentários:_____

2. Você percebeu mudança na demanda de trabalho necessário durante a realização da aula prática?

() Sim () Não () Indiferente

Comentários:_____

3. Você percebeu mudança na demanda de trabalho necessário após a realização da aula prática?

() Sim () Não () Indiferente

Comentários:_____
