

Eduardo Tocchetto de Oliveira Junior

**DESENVOLVIMENTO DE UM LABORATÓRIO REMOTO PARA
PRÁTICAS DE ACIONAMENTO DE MOTORES ELÉTRICOS NA
EDUCAÇÃO PROFISSIONALIZANTE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Tecnologias da Informação e Comunicação.

Orientador: **Prof. João Bosco da Mota Alves, Dr.**

Coorientador: **Prof. Juarez Bento da Silva, Dr.**

Araranguá

2019

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

Oliveira Junior, Eduardo Tocchetto de
Desenvolvimento de um laboratório remoto para
práticas de acionamento de motores elétricos na
educação profissionalizante / Eduardo Tocchetto de
Oliveira Junior ; orientador, João Bosco da Mota
Alves, coorientador, Juarez Bento da Silva, 2019.
121 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, , Programa de Pós-Graduação em
Tecnologias da Informação e Comunicação,
Florianópolis, 2019.

Inclui referências.


1. Tecnologias da Informação e Comunicação. 2.
Laboratório Remoto. 3. Motor de Indução. 4. Método de
Partida. I. Alves, João Bosco da Mota. II. Silva,
Juarez Bento da. III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da
Informação e Comunicação. IV. Título.

Eduardo Tocchetto de Oliveira Junior

**DESENVOLVIMENTO DE UM LABORATÓRIO REMOTO PARA
PRÁTICAS DE ACIONAMENTO DE MOTORES ELÉTRICOS NA
EDUCAÇÃO PROFISSIONALIZANTE**

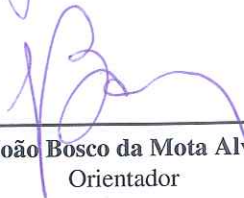
Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de “Mestre em Tecnologias da Informação e Comunicação”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação.

Araranguá, 27 de fevereiro de 2019.



Prof.ª Andréa Cristina Trierweiler, Dr.ª
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Prof. João Bosco da Mota Alves, Dr.
Orientador



Prof. Emerson Silveira Serafim, Dr.
Instituto Federal de Santa Catarina



Prof. Paulo Manuel Mafra, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Simone Meister Sommer Bilessimo, Dr.ª.
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico a Humberto e à minha família.

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas contribuíram para que eu pudesse me dedicar à conclusão desse trabalho, as quais merecem toda a minha gratidão. Agradeço, então:

A Deus, pela saúde, energia e sabedoria a mim concebido.

Aos meus pais e irmãos, pelo amor, afago, cuidado e estímulo.

À minha esposa e companheira, Milene, que sempre esteve ao meu lado, me incentivando incansavelmente para minha permanência e êxito.

Ao meu filho Humberto, pelos momentos de descontração preenchidos com brincadeiras, risos e carinho.

Aos professores membros da banca examinadora, por aceitarem o convite para defesa, e aos demais professores do programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Informação e Comunicação, por seus conhecimentos compartilhados e por todo apoio prestado. Aos colaboradores do RExLab, por todo suporte proporcionado, em especial ao Eduardo de Vila e ao Alex Sandro Moretti, pelo acompanhamento e apoio técnico na construção do protótipo.

Ao IFSC campus Araranguá por permitir a realização da pesquisa, bem como incentivá-la, fornecendo todos os recursos necessários para a consolidação. E também por me conceder o afastamento para que eu pudesse me dedicar ao desenvolvimento da pesquisa.

Aos amigos, companheiros de mestrado, por tornar essa caminhada mais leve.

E por fim, gostaria de agradecer imensamente ao meu orientador, João Bosco, e ao meu coorientador, Juarez Bento da Silva, pela confiança em mim depositada e por todo o suporte fornecido para a conclusão deste trabalho.

Obrigado!

“Computadores são excelentes e eficientes serviçais,
mas não tenho vontade de os servir”

Spock

RESUMO

O uso de laboratórios remotos se apresenta como uma alternativa para contribuir com procedimentos de aulas práticas, buscando solucionar, dessa forma, alguns problemas dos laboratórios presenciais. Este trabalho se propôs a desenvolver um laboratório remoto para, juntamente a um simulador e ao laboratório presencial, ser utilizado nas aulas de acionamentos de motores de indução, e contribuir nos processos de ensino e de aprendizagem. Para o desenvolvimento, foram utilizadas as teorias da pesquisa tecnológica, e os procedimentos do *Design Science Resarch Methodology*. O protótipo desenvolvido foi apresentado para os alunos de uma turma do curso técnico integrado em eletromecânica, do Instituto Federal de Santa Catarina, que cursavam a disciplina de máquinas e acionamentos. Os dados apresentados foram coletados e validados por meio de questionário específico, o qual, de forma geral, apresentou resultados positivos, demonstrando aceitação quanto ao uso do laboratório remoto. Vale destacar também a contribuição desse laboratório no processo de ensino e aprendizagem, bem como a possibilidade de os alunos executarem suas atividades laboratoriais em qualquer lugar e horário, sem a necessidade de agendamento, o que pode gerar autonomia no processo.

Palavras-chave: Laboratório Remoto. Motor de Indução. Método de Partida.

ABSTRACT

The remote laboratories usage presents itself as an alternative to contribute with practical classes, seeking to solve issues related to hands-on laboratories. The purpose of this study was to develop a remote lab to be used in "Induction Motor Starting Method" teaching. The remote lab was used as a complementary source for both hands-on and virtual laboratories in order to add a significant contribution for the teaching and learning process of this specific subject. The study was designed according to the models and procedures of Design Science Research Methodology and Technological Research. The prototype was introduced to a group of students from Instituto Federal de Santa Catarina, which were attending the school subject "Máquinas e acionamentos". They are high-school students who also attend a technical course in Electromechanical (similar to a Career Technical Education - CTE). Its validation was done through questionnaires which, in general, returned positive results about the developed remote Lab. It is also important to highlight the contribution of this laboratory to the teaching and learning process, as well as the possibility for students to perform their laboratory activities in any place and time, without the need for scheduling, which can bring autonomy to the process.

Keywords: Remote Lab. Induction Motor. Starting Method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Correlação entre as linhas de pesquisa do PPGTIC.	33
Figura 2	Correlação entre a dissertação e a metodologia adotada.	34
Figura 3	Classificação dos laboratórios.	36
Figura 4	Simulador online.	37
Figura 5	Simulador offline.	38
Figura 6	Laboratórios remotos.	39
Figura 7	Laboratório de eletrotécnica.	40
Figura 8	Diagrama com os tipos de motores existentes.	41
Figura 9	Vista explodida do motor elétrico de indução.	42
Figura 10	Representação do princípio de funcionamento do motor de indução trifásico.	43
Figura 11	Design Science Research Methodology DSRM.	48
Figura 12	Etapas da pesquisa utilizando a metodologia DSRM.	49
Figura 13	Ciclo da aplicação.	51
Figura 14	Representação dos laboratórios remotos.	53
Figura 15	Padrão adotado pelo RExLab para experimentos remotos.	54
Figura 16	Módulo laboratório real.	55
Figura 17	Dados do motor utilizado, retirados da placa de identificação do motor.	56
Figura 18	Placa de aquisição e controle.	57
Figura 19	Sensor de corrente elétrica ACS712-05.	58
Figura 20	Representação do conjunto de chave óptica e disco de encoder.	59
Figura 21	Termistor sensor para medir temperatura.	60
Figura 22	Painel elétrico utilizado.	61
Figura 23	Placa Raspberry Pi.	62
Figura 24	Página inicial do sistema RELLE.	64
Figura 25	Módulo computador embarcado.	65
Figura 26	Página de acesso ao sistema RELLE.	66
Figura 27	Página de acesso ao laboratório.	67
Figura 28	Página do laboratório remoto Motor CA.	67
Figura 29	Acionamento partida direta.	68
Figura 30	Diagrama tradicional da partida direta para MIT.	69

Figura 31 Gráfico para corrente elétrica de partida direta.	69
Figura 32 Acionamento partida estrela-triângulo	70
Figura 33 Diagrama tradicional da partida estrela-triângulo para MIT. . .	71
Figura 34 corrente elétrica partida estrela-triângulo	71
Figura 35 Corrente para diversas partidas de MIT.	72
Figura 36 Corrente para diversas partidas de MIT.	73
Figura 37 corrente elétrica de partida direta do analisador de energia, teste 1.	75
Figura 38 corrente elétrica de partida direta do analisador de energia, teste 2.	76
Figura 39 corrente elétrica de partida direta do laboratório remoto, teste 1.	76
Figura 40 corrente elétrica de partida direta do laboratório remoto, teste 2.	77
Figura 41 corrente elétrica de partida estrela-triângulo do analisador de energia, teste 1.	77
Figura 42 corrente elétrica de partida estrela-triângulo do analisador de energia, teste 2.	78
Figura 43 Corrente de partida estrela-triângulo do laboratório remoto, teste 1.	78
Figura 44 corrente elétrica de partida estrela-triângulo do laboratório re- moto, teste 2.	79
Figura 45 Faixa etária da amostra.	85
Figura 46 Gênero da amostra.	86
Figura 47 Quanto a algum tipo de deficiência.	86
Figura 48 Ocupação profissional da amostra.	87
Figura 49 Posse de computador.	87
Figura 50 Acesso à internet.	88
Figura 51 Local preferencial de acesso à internet.	88
Figura 52 Meio de acesso à internet.	89
Figura 53 Uso do acesso à internet.	89
Figura 54 Uso do acesso à internet.	90
Figura 55 Áreas pretendidas.	90
Figura 56 Subescala avaliadas.	93
Figura 57 Frequência relativa e absoluta identificadas na subescala usa- bilidade durante a aplicação teste.	94

Figura 58	Análise por questão da subescala Usabilidade na aplicação teste.	95
Figura 59	Gráfico sobre a percepção de usabilidade apontada na aplicação teste	96
Figura 60	Frequência relativa e absoluta identificadas na subescala percepção de aprendizagem durante a aplicação teste.	96
Figura 61	Análise por questão da subescala percepção da aprendizagem na aplicação teste.	97
Figura 62	Gráfico sobre a percepção da aprendizagem apontada na Aplicação Teste	98
Figura 63	Frequência relativa e absoluta identificadas na subescala satisfação durante a aplicação teste.....	99
Figura 64	Análise por questão da subescala satisfação na aplicação teste.	100
Figura 65	Gráfico sobre a satisfação apontada na Aplicação Teste	100
Figura 66	Frequência relativa e absoluta identificadas na subescala utilidade durante a aplicação teste.	101
Figura 67	Análise por questão da subescala utilidade na aplicação teste.	102
Figura 68	Gráfico sobre a satisfação apontada na Aplicação Teste	103
Figura 69	Visão geral dos resultado por subescala na aplicação teste. ...	103
Figura 70	Visão geral dos resultado por subescala na aplicação teste. ...	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comparativo de corrente elétrica analisador de energia vs laboratório remoto, para a partida direta, medido em ampères.	74
Tabela 2	Comparativo de corrente elétrica analisador de energia vs laboratório remoto, para a partida estrela-triângulo, medido em ampères. . .	74
Tabela 3	Recomendações para interpretar os valores obtido para o alfa de cronbach.	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Objetivos da rede federal de ensino técnico.	29
Quadro 2	Linha de pesquisa do PPGTIC	33
Quadro 3	Característica do sensor de corrente elétrica	58
Quadro 4	Bases tecnológicas da disciplina de máquinas e acionamentos.	82
Quadro 5	Escala de valores numéricos	91

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC	<i>Alternating Current</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DSRM	<i>Design Science Reserch Methodology</i>
FIC	Formação Inicial e Continuada
GT-MRE	Grupo de Trabalho em Experimentação Remota Móvel
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IF	Instituto Federal
IFSC	Instituto Federal de Santa
LED	Acrônimo em inglês para Diodo emissor de Luz
LR	Laboratório Remoto
MEC	Ministério da Educação
MIT	Motor de Indução Trifásico
NTC	Acrônimo em inglês para Negative Temperature Coefficient
PPGTIC	Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Informação e Comunicação
PPCTI	Projeto Pedagógico de Curso Técnico integrado
PROEJA	Programa Nacional de Integração Profissional com a Educação Básica na modalidade de Educação de Jovens e Adultos
PTC	<i>Positive Temperature Coefficient</i>
RELLE	Acrônimo em inglês para Ambiente de Aprendizagem com Experimentos Remotos <i>Remote Labs Learning Environment</i>
RExLab	Laboratório de experimentação remota
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
T&I	Tecnologia e Inovação
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	29
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO	29
1.1.1 Problema de pesquisa	31
1.2 JUSTIFICATIVA	31
1.3 OBJETIVOS	32
1.3.1 Objetivo Geral	32
1.3.2 Objetivos Específicos	32
1.4 ADERÊNCIA AO PROGRAMA	32
1.5 ESTRUTURA DO TEXTO	34
2 REFERENCIAL TEÓRICO	35
2.1 TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO	35
2.2 LABORATÓRIOS	36
2.2.1 Laboratórios Virtuais - Simuladores	36
2.2.2 Laboratórios Remotos	37
2.2.3 Laboratórios Presenciais	39
2.3 MOTORES ELÉTRICOS	40
3 METODOLOGIA	47
3.1 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA	47
3.2 ETAPAS DA PESQUISA	49
4 CONSTRUÇÃO DO LABORATÓRIO REMOTO	53
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LABORATÓRIO REMOTO	53
4.2 ARQUITETURA GT-MRE	54
4.2.1 Módulo Laboratório Real	55
4.2.1.1 Motor de Indução Trifásico	55
4.2.1.2 Placa de aquisição e controle	56
4.2.1.3 Sensor de corrente elétrica	58
4.2.1.4 Sensor de velocidade	59
4.2.1.5 Sensores de temperatura	60
4.2.1.6 Painel de acionamento	61
4.2.1.7 Placa de Raspberry	61
4.2.2 Módulo RELLE	63
4.2.3 Módulo Computador Embarcado	64
4.3 FUNCIONAMENTO	66
4.3.1 Modo de partida direta	68
4.3.2 Modo de partida estrela-triângulo	70
4.4 ANALISADOR DE ENERGIA	73
4.4.1 Comparativo de corrente elétrica	74

5 APLICAÇÃO DO LABORATÓRIO REMOTO	81
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL E SUJEITOS UTILIZADOS NA PESQUISA	81
5.1.1 Disciplina Abordada	81
5.2 LABORATÓRIOS UTILIZADOS NA PESQUISA	83
6 AVALIAÇÃO DO LABORATÓRIO REMOTO.....	85
6.1 PERFIL DA AMOSTRA	85
6.2 APLICAÇÃO TESTE	91
6.2.1 Resultados referentes ao questionário de avaliação da utili- zação de laboratório remoto	93
6.2.1.1 Usabilidade	94
6.2.1.2 Percepção da Aprendizagem.....	96
6.2.1.3 Satisfação	98
6.2.1.4 Utilidade	100
6.2.1.5 Visão Geral	102
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
7.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS	106
7.2 TRABALHOS FUTUROS.....	106
REFERÊNCIAS	109
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE LABO- RATÓRIOS REMOTOS	115
APÊNDICE B - Questionário de verificação do perfil dos alunos. . .	119

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO

A rede federal de ensino técnico iniciou em 1909 com as escolas de aprendizes artífices. Segundo o Ministério da Educação, MEC (2016), até 2002, a rede federal de ensino profissional contava com 140 escolas técnicas distribuídas em todo o território nacional. Entre o período de 2003 a 2016, ocorreu a maior expansão do ensino profissional, criando-se mais de 500 novas unidades, resultando em 644 campi em funcionamento (IFSC, 2016).

De acordo com a lei de criação LEI N° 11.892, os Institutos Federais (IF's) têm os seguintes objetivos, listados no Quadro 1.

Quadro 1 – Objetivos da rede federal de ensino técnico.

Objetivos	Ministrar educação profissional técnica de nível médio, prioritariamente na forma de cursos integrados.
	Ministrar cursos de formação inicial e continuada em todos os níveis de escolaridade nas áreas da educação profissional e tecnológica.
	Realizar pesquisas aplicadas, estendendo seus benefícios à comunidade.
	Desenvolver atividades de extensão em articulação com o mundo do trabalho e os segmentos sociais, e com ênfase na produção, desenvolvimento e difusão de conhecimentos científicos e tecnológicos.
	Estimular e apoiar processos educativos que levem à geração de trabalho e renda e à emancipação do cidadão na perspectiva do desenvolvimento socio-econômico local e regional.
	Ministrar em nível de educação superior, principalmente na área de engenharias, licenciaturas e cursos tecnológicos.

Fonte: Adaptado MEC (2016).

Observando os propósitos listados acima, e somando-os ao fato de a lei N 11.892 garantir que 50% das vagas existentes nas instituições sejam de ensino técnico de nível médio, é possível constatar a relevância do papel dos IFs na formação profissional e técnica. É válido ressaltar também que esse

perfil da instituição tende a estimular o interesse pelos cursos de engenharia e de tecnologia.

Para Pacheco (2018), o fazer pedagógico, nos IFs, busca superar a separação ciência/tecnologia e teoria/prática e, por isso, as aulas experimentais são amplamente utilizadas em seus currículos. Nesse sentido, Oliveira, Araujo e Prado (2011) acreditam que, de modo geral, a inclusão da experimentação na forma de aulas práticas está relacionada à melhoria do ensino.

Shanab et al. (2012) afirmam que a engenharia é uma ciência aplicada, e, para tal, requer o uso de laboratórios. O uso da experimentação prática é fundamental na formação do engenheiro, principalmente em sua formação acadêmica (IKHLEF et al., 2014). Traçando um paralelo com o ensino técnico, vê-se também a importância das aulas experimentais para a formação dos profissionais técnicos. Assim, apresentando a necessidade de um aporte de laboratórios presenciais similares aos utilizados nos cursos de engenharia.

Para Fabregas et al. (2011), os laboratórios presenciais podem se beneficiar da internet, uma vez que ela possibilita o acesso a equipamentos ou plantas alocados, por exemplo, em outras instituições. Assim, Ma e Nickerson (2006) caracterizam os laboratórios remotos (LRs) como sendo laboratórios reais mediados pela internet. Fabregas et al. (2011) apresentam o uso de alguns desses LRs, incorporados a cursos de engenharia de controle com a finalidade de reduzir restrições típicas dos laboratórios presenciais, tais como, número de alunos acessando o laboratório, limitação do horário de funcionamento e dependência de um técnico ou professor responsável para a utilização do laboratório.

Fabregas et al. (2011) afirmam que laboratórios virtuais também são alternativas para solucionar os problemas dos laboratórios presenciais. No entanto, Ávila, Amaral e Tarouco (2013) apresentam esses laboratórios como sendo representações virtuais que reproduzem o ambiente real, tratando-se, portanto, de aplicações baseadas em simulações, ou seja, aproximações computacionais que não representam todos os aspectos do fenômeno real (FABREGAS et al., 2011).

Nesse sentido, Lourenço (2014) afirma que os laboratórios remotos surgem como uma atividade intermediária entre os laboratórios virtuais e os laboratórios presenciais.

Pensando em disponibilizar laboratórios remotos como ferramenta para auxiliar os processos de ensino e de aprendizagem, algumas soluções inovadoras têm sido desenvolvidas por meio dos avanços da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) (VALLS; VAL, 2013). A união da TIC com a internet das coisas (IoT) e os conhecimentos utilizados na automação industrial têm ajudado a implementar instrumentos para facilitar a pesquisa e o ensino de cursos que requeiram o uso de aulas práticas em laboratórios. Se-

gundo Lowe et al. (2016), os laboratórios remotos despontam como um dos instrumentos mais promissores para contribuir com o processo de ensino e aprendizagem.

De acordo com Tomaz et al. (2017), os laboratórios remotos vêm avançando no campo tecnológico, no que diz respeito à automação de experimentos de laboratórios didáticos.

Para Goedtel, Silva e Serni (2006), os motores de Indução Trifásicos (MIT) são amplamente utilizados nos setores da indústria que necessitam a conversão de energia elétrica em energia mecânica. Ainda de acordo com os autores, esse uso está associado à características construtivas dos MITs, a facilidade de manutenção e ao bom custo-benefício apresentado.

Com base nesse panorama, o presente trabalho buscou contribuir com o tema ao passo que propõe o desenvolvimento de um laboratório remoto para tratar dos conceitos de acionamentos elétricos de motores de indução (MIT).

1.1.1 Problema de pesquisa

Considerando tal cenário, com a presente pesquisa pretende-se responder a seguinte pergunta: como o uso dos laboratórios remotos pode contribuir nos processos de ensino e de aprendizagem de acionamento de motores para alunos do ensino técnico em eletromecânica?

1.2 JUSTIFICATIVA

No âmbito industrial, temos a indústria 4.0, considerada a quarta revolução industrial, e que, segundo Arancegui e Laskurain (2016), é impulsionada pelos avanços da TIC, e da internet, atuando como protagonistas na automação industrial, cada vez mais presente nas indústrias. Essa junção tem possibilitado a utilização de equipamentos e instrumentos que fazem uso dos conceitos da IoT, os quais garantem a comunicação entre pessoas, produtos, dispositivos e máquinas de forma autônoma e por meio de rede sem fio (SALTIÉL; NUNES, 2017).

Uma possibilidade de colocar os alunos em contato com essas tecnologias na forma de usuário é a implementação da experimentação em laboratórios on-line. Esses laboratórios são ferramentas tecnológicas que permitem atividades de experimentação, seja ela por meio de simulação ou de manipulação real do experimento, viabilizadas por dispositivos conectados à internet (DJALIC et al., 2012).

1.3 OBJETIVOS

Com base no que foi exposto anteriormente, serão apresentados os objetivos geral e específico da pesquisa realizada.

1.3.1 Objetivo Geral

Propor um laboratório remoto que, utilizado em conjunto com simulação e laboratório presencial, possa contribuir para o aprendizado na disciplina de acionamento de motores elétricos do curso técnico em eletromecânica do IFSC, campus Araranguá.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Efetuar revisão bibliográfica a respeito da integração de tecnologias na Educação e o uso de laboratórios virtuais e remotos no contexto educacional.
- Especificar e construir um experimento remoto utilizando acionamento de motores.
- Demonstrar e validar o protótipo para a turma teste, através de questionário.

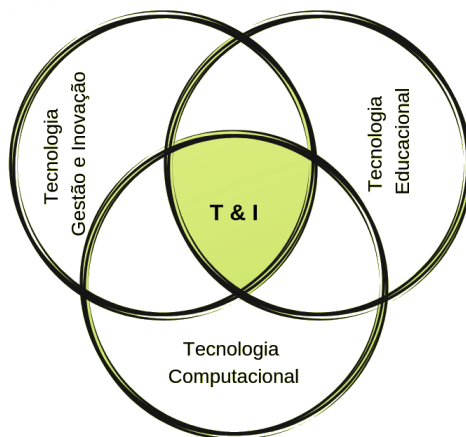
1.4 ADERÊNCIA AO PROGRAMA

O Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Informação e Comunicação (PPGTIC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – sediado no Campus Araranguá, é um programa interdisciplinar dentro da área de concentração “Tecnologia e Inovação” (T&I). O programa é composto por três linhas de pesquisa que se correlacionam em função da área de concentração, conforme demonstrado na Figura 1.

Dessa forma, com o caráter tecnológico e inovador que o PPGTIC possui, acrescido das atribuições de cada uma das três linhas que visam se correlacionar, o programa consegue cumprir o seu objetivo ao implementar soluções para diversos problemas demandados pela sociedade.

Conforme demonstrado no Quadro 2, a linha de pesquisa tecnologia computacional tem como objetivo buscar desenvolver ou conceber materiais

Figura 1 – Correlação entre as linhas de pesquisa do PPGTIC.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 2 – Linha de pesquisa do PPGTIC

Linha de pesquisa	Descrição
Tecnologia Gestão e Inovação	Trabalha a TIC para o desenvolvimento de novas metodologias, técnicas, processos para a gestão das organizações.
Tecnologia Educacional	Estuda a concepção, o desenvolvimento e a construção de materiais de apoio ao ensino e à aprendizagem (hardware e software) no contexto educacional.
Tecnologia Computacional	Desenvolve modelos, técnicas e ferramentas computacionais, auxiliando na resolução de problemas de natureza interdisciplinar, especificamente, para aplicação nas áreas de educação e gestão.

Fonte: Adaptado ppgtic.ufsc.br/linhas-de-pesquisa/.

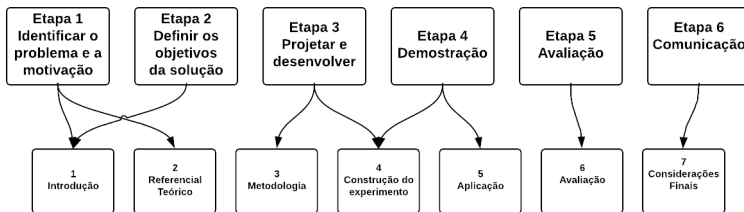
de apoio aos processos de ensino e de aprendizagem. Nesse sentido, este trabalho de pesquisa é aderente ao programa, pois busca desenvolver um sistema computacional, na forma de um laboratório remoto, para contribuir com os processos de ensino e de aprendizagem na disciplina de acionamentos elétricos. Além de demonstrar a importância do uso de novas tecnologias nos processos educacionais, principalmente no ensino técnico profissionalizante.

Além disso, o tema abordado nesta dissertação converge com outros trabalhos desenvolvidos no programa, como os apresentados por Antonio (2016), Nicolete (2016), Santos (2016) e Chitungo (2018), que abordam a utilização da experimentação remota como solução para diferentes contextos.

1.5 ESTRUTURA DO TEXTO

A Figura 2 demonstra a correlação entre as etapas do *Design Science Research Methodology* (DSRM) e os capítulos da dissertação, a qual é dividida em sete capítulos.

Figura 2 – Correlação entre a dissertação e a metodologia adotada.



Fonte: O autor.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como objetivo apresentar a revisão de literatura das seguintes temáticas: integração de TIC na Educação, laboratórios Virtuais, simuladores, e remotos e motores trifásicos de indução.

2.1 TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO

Para Selwyn (2009), a disseminação da internet e o alto desenvolvimento da TIC vêm modificando a forma de conceber o tempo e espaço, alterando as atividades sociais e, na área educacional, estão contribuindo com uma mudança na organização pedagógica e escolar (SILVA, 2015). Para Dzia-benko et al. (2012) professores e alunos devem estar envolvidos e interessados em utilizar ferramentas inovadoras, compreendendo as implicações do uso da tecnologia. Assim, ocorreria, de fato, a integração da TIC às práticas pedagógicas, à sala de aula, à escola e à vida, com o objetivo de construir uma sociedade democrática, participativa e responsável (PRADO, 2001).

Para Moran (2011), as TIC não substituem o professor, mas alteram o modo como ele atua. O professor passa a ser um instigador, incentivando o estudante a buscar o conhecimento, através de questionamentos adaptando para a realidade do aluno. Assim transformando a informação em conhecimento e o conhecimento em saber em sabedoria com ética (MORAN, 2011).

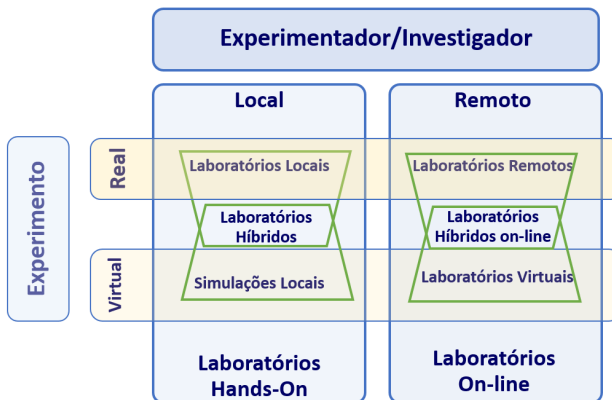
A adoção de tal prática implicaria na utilização de métodos de ensino centrados no aluno, o que resultaria numa mudança do método de ensino. Para Prado (2001), a melhor forma de ensinar é propiciar aos alunos o desenvolvimento das competências necessárias para interagir com a sociedade atual, buscando a autonomia do aluno por meio do ensino criativo e colaborativo.

É importante salientar, no entanto, que a mera inserção de recursos tecnológicos não necessariamente implicará em mudanças pedagógicas. Conforme defende Caetano (2015), a introdução das tecnologias na Educação não pode ser considerada apenas como uma mudança tecnológica, é preciso que a inserção propicie aos alunos a interação com a tecnologia, retirando-os da passividade e colocando-os na condição de receptores e produtores de informações (FERNANDES, 2012).

2.2 LABORATÓRIOS

Para Nerguizian et al. (2012), várias instituições mudaram a abordagem clássica com laboratórios presenciais e passaram a utilizar laboratórios virtuais ou remotos. Para uma melhor compreensão, Zutin et al. (2010) fazem uma classificação dos tipos de laboratório, os quais estão apresentados na Figura 3.

Figura 3 – Classificação dos laboratórios.



Fonte: Adaptado de Zutin et al. (2010).

Nessa figura, é demonstrado que os laboratórios podem ser classificados pelo tipo do experimento, seja real ou virtual, e pela localização do experimento, que pode ser local - optou-se neste trabalho pela nomenclatura “presencial” - , ou remoto, cujo acesso é feito via internet, por exemplo.

2.2.1 Laboratórios Virtuais - Simuladores

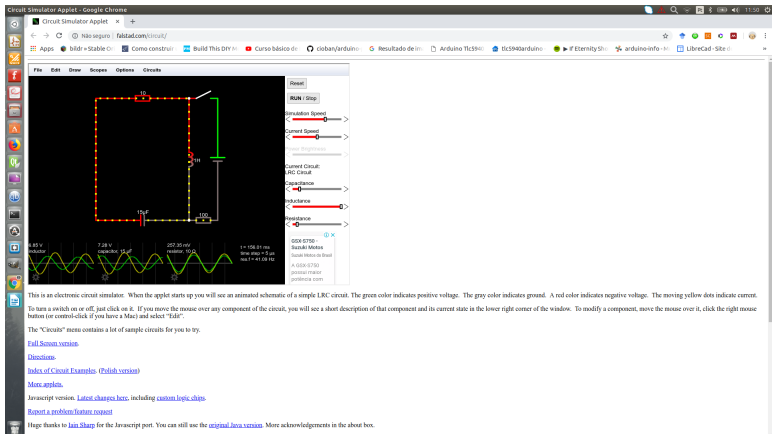
Para Ma e Nickerson (2006), os laboratórios virtuais são imitações de experimentos reais e toda a infraestrutura não é real. Nesse sentido, Gunčaga e Janiga (2016) afirmam que essa imitação do funcionamento ocorre através do tempo, com a utilização do computador. Mesmo sendo uma imitação dos laboratórios reais, os laboratórios virtuais são uma ferramenta necessária e um processo com modelo mais barato, mais rápido e menos arriscado (MA; NICKERSON, 2006).

Para Calvo et al. (2009), os modelos simulados são válidos desde que

cumpram as seguintes premissas:

- sejam modelos matemáticos realistas e;
- resultem gráficos com animações que permitam, aos alunos, a visualização e compreensão do comportamento do sistema.

Figura 4 – Simulador online.



Fonte: O autor.

Ao utilizar os simuladores, os estudantes podem parar e “sair do processo simulado para rever e entender melhor os conceitos” (PARUSH; HAMM; SHTUB, 2002, v. 39, p.320, tradução do autor). Além disso, o uso de simuladores associado a uma abordagem de ensino ativa como, por exemplo a abordagem investigativa, pode reduzir as dificuldades comuns ao processo de ensino e de aprendizagem de conteúdos abstratos (GREGÓRIO; OLIVEIRA; MATOS, 2016).

Pode-se citar o Falstad¹ como exemplo de simulador online, demonstrado na Figura 4, e o QUCS² como simulador offline, na Figura 5.

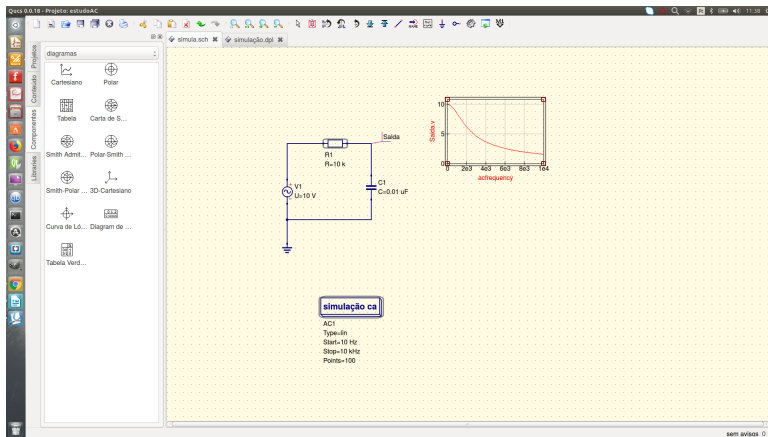
2.2.2 Laboratórios Remotos

Ma e Nickerson (2006) definem laboratório remoto como uma ferramenta constituída por software e hardware, a qual permite que um ou mais

¹<http://falstad.com/circuit/>

²<http://qucs.sourceforge.net/>

Figura 5 – Simulador offline.



Fonte: O autor.

usuários acessem, via internet, um experimento físico que se encontra alocado remotamente, podendo estar localizado na mesma instituição ou em outra. Corroborando, Rochadel et al. (2013) afirmam que os laboratórios remotos são elementos físicos que interagem com comandos ativados remotamente via web. O uso do experimento remoto, seja por meio de equipamentos ou dispositivos, proporciona, ao estudante, uma experiência semelhante à obtida por meio dos laboratórios reais.

Segundo Rochadel et al. (2013), a experimentação remota pode ser utilizada para complementar as aulas expositivas nas áreas das ciências, tecnologia e engenharias, pois possibilita aos estudantes interagir e observar fenômenos dinâmicos que são, muitas vezes, difíceis de compreender por meio de material teórico. Os laboratórios remotos cumprem esse papel complementar ao contar com interações diretas com equipamentos reais, controlando relés, circuitos ou sensores, os quais obtêm o resultado online das experiências, observando-as através de *streaming* de vídeo de uma câmera IP direcionada para o experimento (ROCHADEL et al., 2013).

Há de se destacar também a flexibilização espacial e temporal, aspectos importantes dos laboratórios remotos, que permitem o acesso de locais diferentes de onde se encontra o experimento real e em qualquer horário (SCHAF, 2006). Podem ser observados alguns exemplos de laboratório remoto na Figura 6.

Figura 6 – Laboratórios remotos.



Fonte: <http://relle.ufsc.br/>.

2.2.3 Laboratórios Presenciais

Em cursos como os de engenharia, nos quais o fazer profissional é baseado em conhecimentos teóricos e práticos, o uso de laboratórios é indispensável, e, por muito tempo, os laboratórios presenciais foram a única opção para as aulas práticas (BALAMURALITHARA; WOODS, 2009). Segundo Ma e Nickerson (2006), os laboratórios presenciais apresentam duas características:

- todo o equipamento necessário para o laboratório é físico;
- os alunos realizam as interações com os equipamentos ou dispositivos fisicamente presentes no laboratório.

Tais aspectos acabam por tornar caro e de manutenção complexo esse tipo de laboratório (DZIABENKO et al., 2012).

Pode-se visualizar o laboratório de eletrotécnica utilizado no IFSC Campus Araranguá na Figura 7. Nota-se a diversidade de equipamentos e dispositivos necessários na implantação de um laboratório para práticas de aula em acionamentos de motores.

Figura 7 – Laboratório de eletrotécnica.



Fonte: O Autor.

2.3 MOTORES ELÉTRICOS

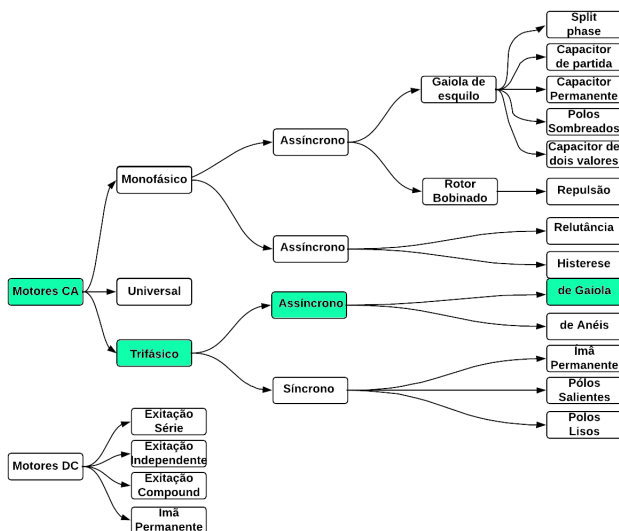
Os primeiros indícios de que poderia ocorrer intercâmbio entre energia elétrica e energia mecânica foi apresentado por Michael Faraday em 1831, com a lei da indução eletromagnética. Baseado nos estudos de Faraday, o físico Galileu Ferraris, em 1885, desenvolveu o motor elétrico assíncrono de corrente alternada, chamado de motor de indução.

Os motores de indução trifásica (MIT) são, segundo Guedes (1994), máquinas elétricas de corrente alternada com um só circuito alimentado, as quais convertem energia elétrica em energia mecânica, na forma de energia cinética. Com a presença de uma corrente elétrica, seja contínua ou alternada, produzindo movimento em um eixo, que pode ser aproveitado de diversas formas.

Franchi (2008) apresenta os principais tipos de motores na Figura 8 e, em destaque, está o tipo de motor utilizado para este trabalho.

Os motores se diferenciam de acordo com a fonte de alimentação, po-

Figura 8 – Diagrama com os tipos de motores existentes.



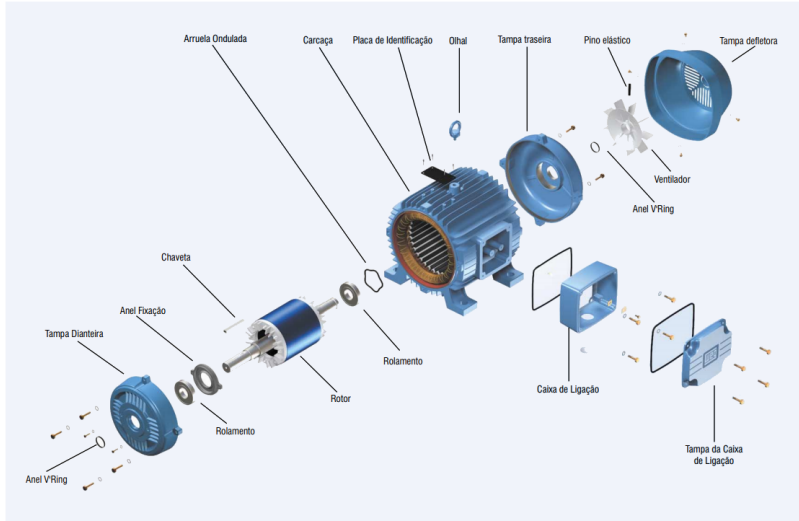
Fonte: Adaptado de Franchi (2008).

dendo ser motores de corrente contínua (DC) ou motores de corrente alternada (AC). Os motores que utilizam AC podem ser divididos em três categorias: monofásico, universal e trifásico. Os motores trifásicos, por sua vez, podem ter duas categorias: assíncronos e síncronos. Já os motores assíncronos podem ser classificados quanto ao tipo de rotor, podendo ser de gaiola ou de anéis.

Segundo Franchi (2008), o motor de indução é constituído de estator e rotor, apresentado na Figura 9. O estator é a parte estática, composta por carcaça, núcleo de chapas e enrolamento trifásico. Conforme Filho (2002), o núcleo de chapas recebe um tratamento para reduzir as perdas por histerese e correntes parasitas. Essas chapas têm formas de anel para acomodar os enrolamentos. O enrolamento trifásico é composto de bobinas defasadas de 120 graus entre si, responsáveis por gerar o campo magnético girante dentro da máquina (CARVALHO, 2007).

O rotor é composto de eixo, núcleo de chapas, barras e anéis de curto-circuito, e é dotado de velocidade angular em relação ao estator (SIMONE; CREPPE, 1999). Fisicamente o rotor encontra-se inserido no interior do estator, constituído por um núcleo de chapas magnéticas quase sempre do mesmo material do estator, e é suportado pelo eixo do motor (WEG, 2017).

Figura 9 – Vista explodida do motor elétrico de indução.



Fonte: Manual de instalação WEG (2017).

Carvalho (2007) define o funcionamento do MIT baseando-se no princípio da interação eletromagnética do campo girante no estator e das correntes induzidas no rotor. Assim, quando o rotor é submetido a um campo girante ou, de alguma outra forma, ocorre a interação entre os dois campos, o eixo do motor gira.

O campo girante é produzido no motor de indução trifásico em virtude da passagem de correntes elétricas defasadas de 120 graus no tempo, em três enrolamentos defasados de 120 graus no espaço (VOGES, 2011).

A Figura 10 apresenta, de forma simplificada, o funcionamento do MIT.

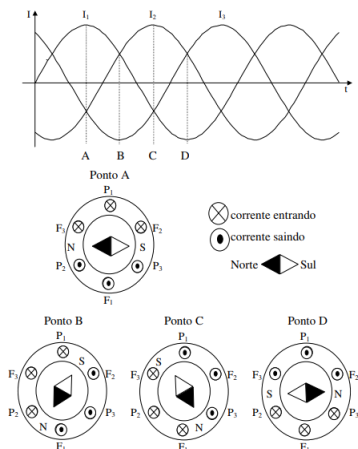
A velocidade com que o campo girante se movimenta é chamada de velocidade do campo magnético ou velocidade síncrona e é estabelecida pela Equação (2.1) (WEG, 2017).

$$N_S = \frac{120f}{p} \quad (2.1)$$

onde:

- $N_S \rightarrow$ velocidade de rotação do campo girante ou velocidade síncrona

Figura 10 – Representação do princípio de funcionamento do motor de indução trifásico.



Fonte: Adaptado Manual VOGES (2011).

(rpm);

- $f \rightarrow$ frequência em (Hz);
- $p \rightarrow$ número total de polos.

A velocidade síncrona não é a velocidade do eixo do motor, existe uma diferença entre elas e é chamada de escorregamento, definido pela Equação (2.2). O escorregamento (S) de um motor de indução trifásico convencional do tipo gaiola de esquilo não é maior que 5% (SIMONE; CREPPE, 1999).

$$S\% = \frac{N_S - N_r}{N_S} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

onde:

- $S \rightarrow$ escorregamento;
- $N_S \rightarrow$ velocidade de rotação do campo girante ou velocidade síncrona (rpm);
- $N_r \rightarrow$ velocidade do rotor (rpm).

Quando o motor está a vazio, ou seja, não há carga conectada ao motor, o rotor gira praticamente à velocidade síncrona e a corrente é reduzida a apenas o suficiente para produzir o conjugado a vazio. O conjugado ou torque do motor depende da intensidade da interação entre os campos do rotor e do estator e das relações de fase entre eles (VOGES, 2011).

Segundo Carvalho (2007), com o aumento da aceleração do rotor, o conjugado aumenta até o valor máximo. Ao continuar com o aumento da velocidade, o valor do conjugado diminui até um valor necessário para carregar a carga do motor a uma velocidade constante. Se a carga for aumentada, a rotação do motor diminui ao ponto do conjugado atingir o valor máximo em uma rotação nominal. Ainda assim, se continuar aumentando a carga do motor, e o conjugado do motor também aumentar, a rotação diminui podendo travar o motor (WEG, 2017).

A partida de um motor elétrico é definida como a “passagem de uma máquina do estado de repouso à velocidade de regime, incluindo arranque, aceleração e se necessário a sincronização com a fonte de alimentação” (VOGES, 2011, p.20)

O estudo das partidas dos motores é de relativa importância devido ao alto uso dos motores de indução trifásico na indústria. Ao escolher uma partida para um motor, deve-se respeitar algumas condições básicas definidas pelos fabricantes.

Franchi (2008), VOGES (2011), WEG (2017), entre outros autores, recomendam que a partida direta de um motor deve ser utilizada sempre que possível, porém as concessionárias de energia limitam a potência dos motores para esses casos, em virtude ao pico de corrente que ocorre na partida de um motor elétrico. Para minimizar o efeito da corrente de partida, são utilizadas partidas indiretas, como a partida estrela-triângulo, partida compensadora, ou partidas eletrônicas com *soft-starter* ou inversores de frequência.

Para os casos em que o pico da corrente for muito elevado, pode ocorrer as seguintes consequências:

- elevada queda de tensão no sistema de alimentação da rede;
- interferência em outros equipamentos instalados na rede;
- superdimensionamento do sistema de proteção (cabos, contadores, etc.);
- elevado custo de projeto e execução;
- a imposição das concessionárias de energia elétrica.

Para Franchi (2008), VOGES (2011), WEG (2017), ao utilizar a partida estrela-triângulo, o motor deve possibilitar a ligação em dupla tensão, ou

seja, em 220/380V, 380/660V ou 440/760V. Esses tipos de motores apresentam no mínimo seis bornes de ligação.

A partida estrela-triângulo pode ser utilizada quando a curva de conjugado do motor é suficiente para garantir a aceleração da máquina com corrente reduzida (CARVALHO, 2007). Essa partida funciona ligando o motor em dois estágios. No primeiro deles, acontece a ligação em estrela e a corrente fica reduzida para a faixa de 25% a 33% da corrente de partida direta. No segundo estágio, o motor é ligado em triângulo e recebe a tensão nominal com o rotor em movimento, não apresentando um pico de corrente elevado. Existem casos em que esse sistema de partida não pode ser usado.

Uma alternativa para a partida estrela-triângulo é a partida compensadora, que pode ser utilizada com motores sob carga (VOGES, 2011). Para Franchi (2008), VOGES (2011), WEG (2017), essa opção reduz a corrente de partida, evitando sobrecarga no circuito, e o motor permanece com um conjugado suficiente para a partida e aceleração. A partida compensadora utiliza um autotransformador com saídas intermediárias para reduzir a tensão de alimentação, podendo ser de 50, 65 ou 80% da tensão nominal.

Outra alternativa é a partida série-paralelo, a qual necessita de um motor que possibilite a ligação em duas tensões, a menor delas, igual a tensão da rede, e a maior, duas vezes maior que a da rede. Esse tipo de partida exige um motor de nove terminais e a ligação inicia com o motor ligado em configuração série até atingir a rotação nominal e, depois da comutação, para configuração em paralelo (SIMONE; CREPPE, 1999).

Os *soft-starter* são chamados de partidas eletrônicas pois utilizam um dispositivo específico que controla a tensão de forma eletrônica, fazendo uso de componentes de estado sólido. O controle é executado para que a tensão nominal seja atingida depois de decorridos o tempo entre 2 a 30 segundos.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem como finalidade descrever os procedimentos metodológicos usados para a realização deste trabalho.

3.1 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA

Segundo Freitas Junior et al. (2014), na academia, há vários tipos de comunidades segmentadas em função do foco de estudo. Ainda segundo os autores, nas áreas de engenharia e informática, há prevalência da pesquisa tecnológica, enquanto em áreas da pedagogia, sociologia e psicologia, a pesquisa científica básica se destaca.

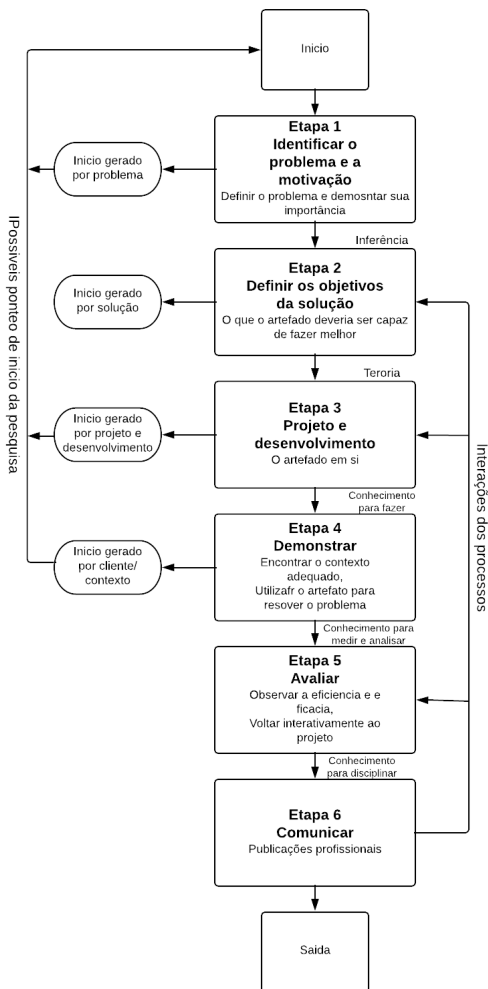
Peffer et al. (2007) afirmam que a pesquisa científica se propõe desenvolver teorias de ampla aplicação, enquanto a pesquisa tecnológica é responsável por teorias restritas e com objetivo de solucionar questões específicas por meio da inovação tecnológica. O objetivo da pesquisa tecnológica, segundo Jung (2003), é promover a inovação de um produto ou processo por necessidade de uma demanda, tendo como resultado a solução concreta do problema. Para Cupani (2016), a pesquisa tecnológica não é a mera utilização do conhecimento tecnológico, e apresenta, como desafios, a factibilidade, confiabilidade, eficiência dos inventos e relação custo-benefício.

Com relação aos procedimentos, foram adotados os conceitos da *Design Science Research Methodology* (DSRM), definida por Jappur (2014) como sendo uma metodologia que busca suprir uma necessidade pela falta de um modelo aceito e validado para o desenvolvimento de artefatos. De modo geral, essa metodologia cria e avalia artefatos que buscam resolver um problema, contribui para pesquisas, avalia projetos e comunica os resultados para públicos-alvo.

Segundo Peffer et al. (2007), a DSRM apresenta seis etapas, apresentadas na Figura 11.

Jappur (2014), Freitas Junior (2016) e Jappur (2014) afirmam que, embora a apresentação esteja em formato sequencial, o início da pesquisa pode iniciar em quatro pontos distintos, a ser definido conforme o foco que se pretende dar à pesquisa, sendo eles: início gerado por problema, início gerado por solução, início gerado por projeto e desenvolvimento, e início gerado por cliente. Contudo, se o início se der de modo não sequencial, as etapas anteriores não desenvolvidas devem ser identificadas e alinhadas ao

Figura 11 – Design Science Research Methodology DSRM.



Fonte: Adaptado de Peffers et al. (2007).

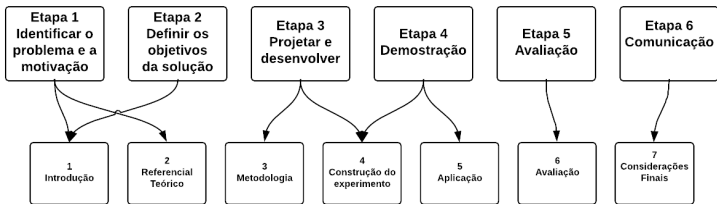
tema da pesquisa (PEFFERS et al., 2007).

Considerando a caracterização da pesquisa tecnológica, o presente trabalho classifica-se como pesquisa tecnológica, por se ocupar em desenvolver um artefato físico, mais especificamente, um produto físico, um protótipo para a implementação de um laboratório remoto. Sendo delimitado pela tarefa a qual se propõe a solucionar, definida na questão de pesquisa.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

As etapas da pesquisa, apresentadas na Figura 12 e baseadas na DSRM, serão detalhadamente explicadas abaixo:

Figura 12 – Etapas da pesquisa utilizando a metodologia DSRM.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Etapa 1 - Identificar o problema e sua motivação: segundo Peffers et al. (2007), Jappur (2014) e Freitas Junior (2016), nessa etapa, define-se o problema de pesquisa e justifica-se o valor de sua solução, utilizando a definição do problema para desenvolver um artefato que pode oferecer a solução. Em reunião com os orientadores, foi definido o tema “experimentação remota” e, com base nesse tema mais genérico, buscou-se delimitar a temática a uma necessidade apresentada por professores de acionamentos elétricos, qual seja, dispor de um artefato ou equipamento que apresentasse o comportamento dos motores elétrico de indução em dois acionamentos de partida, um acionamento estrela-triângulo e um acionamento direto.

Nessa etapa, realizou-se ainda uma pesquisa bibliográfica para a verificação do estado da arte e demais pesquisas pertinentes ao tema. A temática “laboratório remoto” não é nova, uma vez que a busca realizada na base de dados da IEEE, utilizando a regra “virtual lab OR remote lab” retornou 16.355 resultados. Alterando-se a regra para “((virtual lab OR remotelab) AND starting method)”, o número de resultados baixou para 92. Refinando-se a busca com a regra “(((virtual lab OR re-mote lab) AND starting method)

AND (ac motor OR induction motor))”, o resultado obtido foi de seis publicações. O mesmo procedimento foi realizado na SCOPUS e a primeira busca retornou 22.304 documentos, e, com o refinamento, obteve-se 78 para a segunda regra, e quatro publicações para a terceira regra. Aplicando-se a regra na SCIENCE DIREC, nenhuma publicação foi encontrada. O resultado das duas bases de dados foram 7 artigos, dos quais foram retirados os que apresentavam o mesmo título e os que não apresentavam aderência ao tema central deste trabalho, restando, portanto, apenas um artigo.

Etapa 2 - Definir os objetivos para uma solução: de acordo com Peffers et al. (2007), Jappur (2014) e Freitas Junior (2016), uma vez que esteja definido o problema e que é conhecida a viabilidade, definem-se os objetivos da solução proposta, bem como os recursos necessários.

Nessa etapa, verificou-se que, apesar de os professores utilizarem aulas teóricas complementadas com montagens práticas em laboratórios presenciais, os alunos apresentam certa dificuldade de formalização dos conhecimentos sobre o comportamento da corrente no momento de partida do motor de indução elétrica. Foi analisada a viabilidade de construção de um equipamento que disponibilizasse, através de um gráfico, o comportamento da corrente, para contribuir no entendimento dos conceitos de acionamentos elétricos. Cumpriu-se essa etapa com a construção dos objetivos apresentados no capítulo de introdução.

Etapa 3 - Projetar e Desenvolver: criar um protótipo de laboratório remoto para acionamentos de motores. Nesse momento, segundo Peffers et al. (2007), Jappur (2014) e Freitas Junior (2016), ocorre a determinação da funcionalidade desejada e a arquitetura a ser utilizada, para, em seguida, realizar a criação do artefato.

Nesse momento, foi caracterizado o funcionamento do artefato. Concomitantemente aos testes dos sensores a serem utilizados, foi definido o hardware a ser utilizado, o qual será detalhado no Capítulo 4.

Etapa 4 - Demonstrar: para Peffers et al. (2007), Jappur (2014) e Freitas Junior (2016), nessa etapa, deve-se demonstrar o uso do artefato, resolvendo uma ou mais instâncias do problema por meio de um experimento.

Neste trabalho, o artefato foi demonstrado para um grupo de 12 alunos do terceiro ano do curso técnico em eletromecânica do Instituto Federal de Santa Catarina, e, por meio de questionário aplicado, no período do dia 12 ao dia 19 de outubro, foi realizada a validação do protótipo. A aplicação ocorreu em 4 estágios: 1 - aula teórica para formalização dos conceitos; 2 - uso do laboratório virtual para montagem do circuito elétrico; 3 uso do laboratório presencial - implementação prática do circuito teórico e 4 uso do laboratório remoto e visualização do comportamento da corrente elétrica no momento de partida do motor de indução. Os estágio da aplicação são mostrados na Figura

13.

Também foram consultados alguns profissionais que atuam com o desenvolvimento de laboratórios remotos para coletar informações para melhorias incrementais do artefato implementado.

Figura 13 – Ciclo da aplicação.



Fonte: O Autor.

Etapa 5 - Avaliar: no geral, os autores afirmam que essa etapa é destinada a observar e mensurar como o artefato atende à solução do problema. Com a execução dessa avaliação, pode-se retornar à etapa três ou quatro para melhorar a eficácia ou seguir com a comunicação e deixar as melhorias para trabalhos futuros. Para essa etapa, foi utilizado um questionário a ser abordado no Capítulo 6.

Etapa 6 - Comunicar: Peffers et al. (2007), Jappur (2014) e Freitas Junior (2016) falam a respeito da importância de divulgar o problema e sua relevância, o artefato concebido, sua utilidade e ineditismo, sua concepção e a sua efetividade, utilizando publicações formais e aceitas pela academia. A comunicação para este trabalho se dará por meio da concretização desta dissertação.

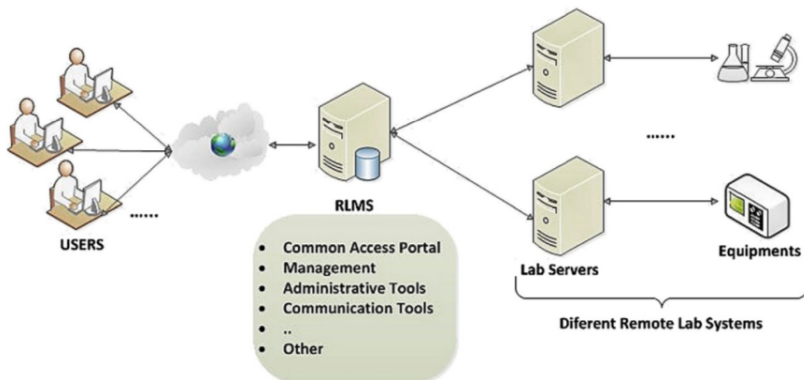
4 CONSTRUÇÃO DO LABORATÓRIO REMOTO

Neste capítulo, será detalhada a construção do laboratório remoto, a caracterização dos componentes utilizados (*hardware*), os *softwares* de controle, e o funcionamento do laboratório remoto. Em seguida, serão detalhados os testes e os comparativos feitos com instrumento de medição (analisador de energia), contrapondo-se, então, os resultados entre os valores medidos pelo analisador de energia e o experimento desenvolvido, para comprovar a confiabilidade do laboratório remoto.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LABORATÓRIO REMOTO

Foi desenvolvido um laboratório remoto, em parceria com Grupo de Trabalho em Experimentação Remota Móvel (GT - MRE), vinculado ao Laboratório de Experimentação Remota (RExLab) da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá. A Figura 14 apresenta de forma ilustrativa um laboratório remoto, por meio do qual os usuários podem acessar o experimento através da internet.

Figura 14 – Representação dos laboratórios remotos.



Fonte: Lowe et al. (2016).

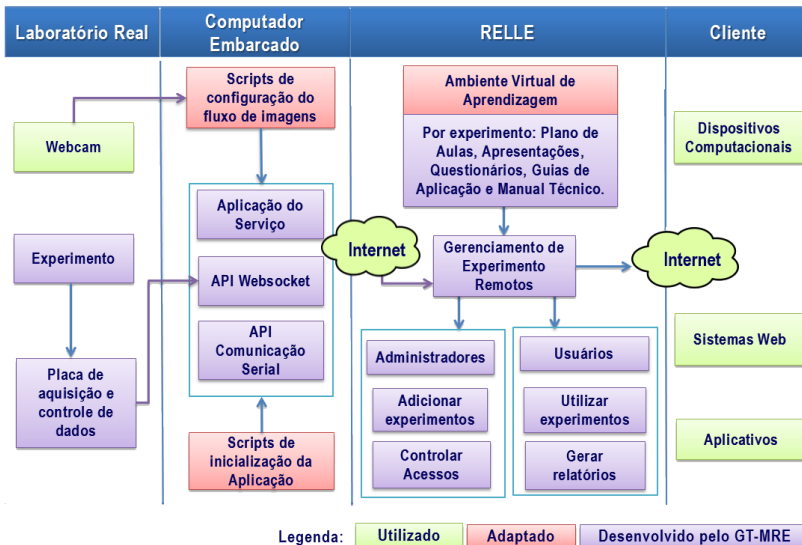
O laboratório remoto desenvolvido possui o intuito de auxiliar especificamente os professores da disciplina de máquinas e acionamentos no processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de acionamentos de motores,

nas questões relativas à partida de motores elétricos. Para este experimento, foram escolhidos dois processos de acionamento a fim de apresentar as diferenças de comportamento: um acionamento direto e outro indireto, chamado de estrela-triângulo.

4.2 ARQUITETURA GT-MRE

O GT-MRE adota, para o desenvolvimento dos laboratórios remotos, o padrão de arquitetura dividida em quatro módulos, que, segundo Nicolete (2016), são: o módulo Laboratório Real, trata dos experimentos; o módulo Computador Embarcado, responsável por disponibilizar o laboratório na rede; o módulo RELLE, trata do sistema de gerenciamento, e o módulo Cliente, responsável pelo modelo de acesso utilizado para a manipulação dos laboratórios, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Padrão adotado pelo RExLab para experimentos remotos.



Fonte: <http://rexlab.ufsc.br/GT-MRE/sobre.php>.

Nicolete (2016) ressalta que tal arquitetura faz uso de três tipos de recursos: utilizados em seu estágio original; adaptados a partir de outros disponíveis e de livre acesso; e desenvolvidos e implementados pela equipe de

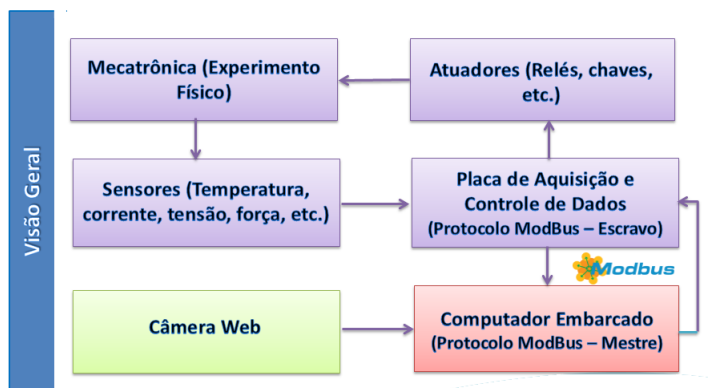
desenvolvimento GT-MRE. Vide legenda na Figura 15.

4.2.1 Módulo Laboratório Real

O módulo laboratório real contém uma placa de aquisição e controle responsável por receber sinais dos sensores e transmitir ao computador embarcado, que gerencia o laboratório através da aplicação desenvolvida.

A Figura 16 apresenta, de forma geral, os itens para esse módulo, ou seja os *hardwares* construídos.

Figura 16 – Módulo laboratório real.



Fonte: RELLE <http://relle.ufsc.br/>.


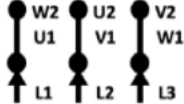

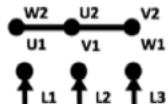
O módulo laboratório real, para o desenvolvimento do protótipo em questão, utiliza os seguintes itens apresentados na sequência.

4.2.1.1 Motor de Indução Trifásico

A Figura 17 apresenta uma representação gráfica da placa de identificação do motor utilizado no protótipo, motor esse com potência nominal de 1/4 de CV e operando em uma rede com frequência de 60 Hz. Para executar a partida em estrela-triângulo, o motor de indução trifásica precisa suportar duas tensões de alimentação, 220V ou 380V, absorvendo respectivamente uma corrente elétrica de 1,11 A e 0,64 A.

De acordo com a razão corrente elétrica de pico pela corrente elétrica nominal (I_p/I_n) que é igual a 4,0, esse motor pode demandar uma corrente

Figura 17 – Dados do motor utilizado, retirados da placa de identificação do motor.

MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO						
Mod.		B 63 a4		N° 050114		
1 / 4 cv		Isol. B		IP 55		
Regime Contínuo				Ip/In 4,0		
Hz	Rpm	V	220 Δ	380 Y	Cat. N	
60	1695	A	1,11	0,64	F.S. 1,15	
Rendimento		64%		Cos. φ 0,68		
Rol. Dianteiro			6201zz		Rol. Traseiro 6201zz	
 220 VOLTS				 380 VOLTS		
						

Fonte: Adaptada da placa de identificação do motor utilizado.

elétrica de pico quatro vezes maior que a corrente elétrica nominal. Ainda como característica, o motor utilizado tem a velocidade nominal do rotor de 1695 rpm e rendimento de 64%.

A escolha desse motor ocorreu por ocupar pouco espaço e ser de fácil instalação. Outra característica importante é o I_p/I_n que determinou a especificação do sensor de corrente elétrica utilizado.

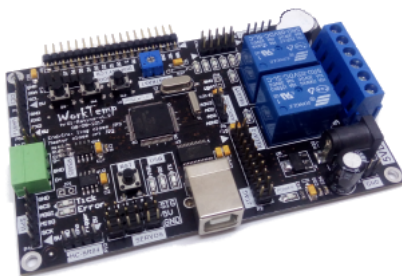
4.2.1.2 Placa de aquisição e controle

Para controlar os modos de acionamentos e realizar as aquisições dos valores das grandezas medidas, foi utilizado o kit ARM Ravina, apresentado na Figura 18. Essa placa é utilizada como padrão nos experimentos remotos desenvolvidos, atendendo as necessidades e especificações dos projetos do GT-RME.

O kit de desenvolvimento ARM Ravina tem as seguintes especificações:

- Microcontrolador ARM Ipc1752 Cortex-M3;
- 64 KBytes de memória FLASH;

Figura 18 – Placa de aquisição e controle.



Fonte: O autor.

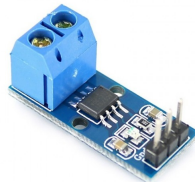
- 16 KBytes de SRAM;
- 100MHZ;
- Alimentação 5VDC;
- EEPROM externa SPI de 8kbytes;
- RTC interno (Real time Clock);
- Minitclado com 3 teclas;
- Buzzer interno;
- Dois relés de 10A;
- Duas entradas analógicas (ADC);
- Porta de comunicação UAT (rs485, USB, e TTL), I2C e SPI;
- Interface para displays de textos, gráficos e 7 segmentos;
- Interface para sensor de peso hx11;
- Seis saídas para servo motores;
- Interface para encoders;
- Portas IO em geral.

Para a implementação do protótipo, foi utilizada uma placa expansora de relé, pois o Kit Ravina contém apenas dois relés, no entanto, o experimento necessita de três para acionar os contadores presentes no painel de comando usado para acionar os motores.

4.2.1.3 Sensor de corrente elétrica

O sinal de corrente elétrica de consumo do motor é realizado por um transdutor ACS712-05, conforme a Figura 19, o qual utiliza um sensor de efeito Hall. Esse sensor é fabricado pela indústria ALLEGRO e apresenta algumas características mostradas no Quadro 3. Por apresentar uma boa precisão de leitura, esse tipo de sensor pode ser utilizado em aplicações industriais, comerciais e na área de telecomunicações.

Figura 19 – Sensor de corrente elétrica ACS712-05.



Fonte: O Autor.

Quadro 3 – Característica do sensor de corrente elétrica

	Descrição
1	Medição em corrente alternada e contínua
2	Faixa de -5 a 5 A
3	Alimentação de 4,5 a 5V
4	Sensibilidade 185 mV/A

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse componente é responsável por transformar a informação da corrente elétrica, consumida pelo motor de indução, em um sinal de tensão para que a placa de aquisição e controle consiga convertê-lo em uma informação digital, para ser, então, manipulada e apresentada em valores e gráficos para o usuário.

Quando a corrente elétrica flui em um condutor, gera um campo magnético em torno dele. Esse campo é medido através do sensor Hall, transformando a informação em tensão.

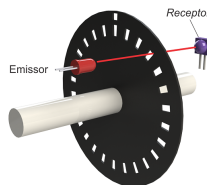
Depois de alguns testes com outros sensores de corrente elétrica, optou-se por utilizar o ACS712-05, por apresentar um sinal de saída linear, evi-

tando a necessidade de cálculos matemáticos para a linearização. Também devido à baixa resistência interna, em torno de $1,2\text{m}\ \Omega$, que diminui as perdas de energia. Apesar de ser especificado para 5A, o dispositivo suporta cinco vezes a corrente elétrica nominal. E o próprio dispositivo realiza a isolamento galvânica, sem a necessidade de outras técnicas de isolamento ou o uso de opto isoladores. Ele é capaz de suportar tensões de isolamento na ordem de 2kV, protegendo, assim, a placa de aquisição e controle.

4.2.1.4 Sensor de velocidade

Para verificar a velocidade no eixo do motor, foi montado um sistema com uma chave óptica e um disco de encoder (mostrado na Figura 20). O disco de encoder é um pequeno disco com marcações, que ora permite a passagem da luz, ora bloqueia. Existem dois tipos principais de encoder, sendo eles: incremental e absoluto, e ambos apresentam diferentes tecnologias de detecção, tais como ópticos e magnéticos. No protótipo em questão, foi utilizado o disco de encoder óptico de 20 linhas.

Figura 20 – Representação do conjunto de chave óptica e disco de encoder.



Fonte: <https://www.hitecnologia.com.br/blog/o-que-%C3%A9-encoder-para-que-serve-como-escolher-como-interfacear/>.

A chave óptica é um dispositivo composto por um LED que emite uma onda infravermelha, não-visível ao olho humano, e um fotoreceptor. Quando o disco do encoder estiver alinhado, com vão vazado, a onda infravermelha atinge o receptor, mandando um sinal para a placa de aquisição. Quando o disco estiver com o anteparo alinhado, o sinal é bloqueado. Desse modo, a placa de aquisição e controle não recebe sinal, como ilustrado na Figura 20.

Esse conjunto formado por uma chave óptica e o disco de encoder foi utilizado para estimar a velocidade, executando um cálculo na placa de aquisição, que conta o número de pulsos em um determinado tempo, estimando, assim, a velocidade do eixo do motor.

4.2.1.5 Sensores de temperatura

Para medir a temperatura, foram utilizados dois termistores, apresentados na Figura 21, que são resistores que alteram o valor da resistência em função da temperatura. Os termistores podem ser NTC, que diminui o valor da resistência com o aumento da temperatura, e PTC, que, ao contrário, aumenta o valor da resistência com o aumento da temperatura. Esses sensores

Figura 21 – Termistor sensor para medir temperatura.



Fonte: O autor.

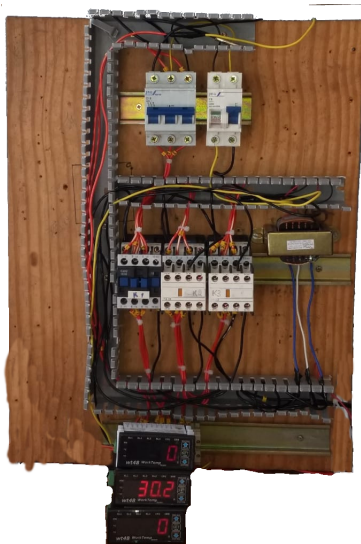
foram conectados a um módulo da WorkTemp, chamado wt2900-ac. Eles são responsáveis por apresentar o valor da temperatura na página quando o experimento for acessado via web. Foram utilizados mais dois módulos wt2900 para mostrar o valor da corrente elétrica e o valor da rotação do eixo do motor.

Foram usados dois sensores de temperatura, sendo um para medir a temperatura ambiente e outro para medir a temperatura do motor. É importante monitorar a temperatura do motor, pois, em caso de elevação, pode ocorrer a queima das bobinas do estator. Se o motor ficar ligado por um longo período, a ventoinha, acoplada a ele, refrigera, não deixando que o motor sobreaqueça. Já em casos em que é dada a partida no motor deixando-o acionado por um curto período de tempo, pode ocorrer sobreaquecimento e o estator pode ser danificado.

4.2.1.6 Painel de acionamento

O painel de acionamentos é a parte do sistema responsável por realizar o acionamento do motor trifásico de indução. Esse painel é composto por contatores, disjuntores e bornes de ligação, apresentado na Figura 22. Acessando a página web, o estudante/usuário poderá selecionar o tipo de acionamento que a placa de aquisição deve executar, sendo estas as opções disponíveis de acionamento: estrela-triângulo ou direta.

Figura 22 – Painel elétrico utilizado.



Fonte: O autor.

4.2.1.7 Placa de Raspberry

O Raspberry, mostrado na Figura 23, é um minicomputador, desenvolvido pela Raspberry Pi Foundation com o objetivo de instigar o ensino de programação em escolas e universidades. Apesar de ser um *hardware* em uma única placa eletrônica de tamanho reduzido, a capacidade de processamento é considerável. Essa placa pode ser utilizada em diversos projetos, tais como: controlar motores, realizar leituras de sensores e implementar pequenos servidores Web. O raspberry pode ser programado em diversas linguagens de

programação, como, por exemplo, C e PHYTON. Existe um sistema operacional chamado Raspbian, que é uma distribuição do Linux para o Raspberry Pi, baseado na distribuição Debian, no entanto, a distribuição do Arch Linux também pode ser utilizada, pois são compatíveis.

Figura 23 – Placa Raspberry Pi.



Fonte: O autor.

A placa utilizada no experimento em questão é o modelo Raspberry Pi 3, Modelo B, a qual apresenta as seguintes características:

- Adaptador wi-fi e Bluetooth 4.1 integrados;
- Antena wi-fi integrada;
- Processador Broadcom Quad Core BCM2837 de 64 bits e clock de 1.2GHz;
- Quatro entradas USB;
- Saída de vídeo HDMI;
- Roda com sistema operacional Linux e Windows 10;
- Tensão de operação 5V por 2A;
- 1Gb de memória.
- Câmera;
- Fontes de tensão CC;
- Transformador Trifásico;

- Cabos de ligação;
- Cabo de rede;
- Alimentação 5VDC;
- Placa expansora de relé.

O Raspberry, serve para implementar o módulo Computador Embarcado que será tratado na seção 4.2.3 com mais detalhes.

4.2.2 Módulo RELLE

O RELLE é o sistema de gerenciamento dos laboratórios remotos desenvolvido pelo GT-MRE, sob licença MIT ¹ e com código disponível no GitHub ². Segundo Nicolete (2016), esse ambiente permite o gerenciamento e o suporte a laboratórios remotos em diversas áreas, executando o controle de usuários e acessos múltiplos. Oferece também suporte à plataforma de terceiros, ou seja, podem ser disponibilizados tanto os laboratórios remotos desenvolvidos no âmbito do GT-MRE, quanto os de instituições parceiras.

No RELLE, são disponibilizadas funções específicas para cada tipo de usuário. Nicolete (2016) define que, para administrador de laboratório, é permitido utilizar o sistema como um serviço de gerenciamento dos laboratórios remotos. Nesse caso, os usuários são providos de funcionalidades específicas, tais como: adicionar, editar e excluir experimentos, cadastrar usuários e adicionar permissão, gerenciar filas, incorporar experimento e analisar acessos.

Já para usuários padrão, as funções estão relacionadas ao uso do laboratório remoto em diversas plataformas, com destaque aos dispositivos móveis. Nicolete (2016) define as seguintes funcionalidades para esses usuários: acessar, visualizar documentos, ajustar o *streaming* da câmera, manipular o experimento, gerar relatório, entre outros.

Ao professor, é concedida a permissão para que realize o gerenciamento dos agendamentos de uso para cada laboratório remoto. É concedido, para tal, um token especial para compartilhar com seus alunos a fim de que tenham acesso prioritário conforme agendamento prévio.

Na página inicial do RELLE, é apresentado um slide que exhibe imagens e descrições dos laboratórios. A Figura 24 apresenta a definição de um experimento remoto e como esse é disponibilizado na plataforma RELLE.

¹<https://opensource.org/licenses/MIT>

²<https://github.com/REXLab/relle>

Figura 24 – Página inicial do sistema RELLE.

relle Experimentos Cursos Tutoriais Sobre Contato

Entrar

Microscópio Remoto

Microscopia de caducifolias

Acessar

O que é um experimento remoto?
 Você pode utilizar um equipamento real para fazer seus experimentos através da internet, a qualquer hora e de qualquer lugar.

Crie seus experimentos
 Além de acessar os experimentos disponíveis, você pode usar o RELLE para disponibilizar os seus próprios experimentos.

Cursos Todos os cursos >

- Painel CC: Associação de Resistores
- Painel CC: Associação de Resistores
- Painel CC: Associação de Resistores
- Lei de Ohm
- Painel CC: Associação de Resistores

Fonte:RELLE <http://relle.ufsc.br/>.

4.2.3 Módulo Computador Embarcado

Esse módulo é responsável por funcionalidades relativas à disponibilização dos experimentos na internet. Esse módulo está baseado em placas *Single board Computers* (SBC), como Raspberry Pi, a qual foi adotada para o desenvolvimento dos projetos do GT-MRE. Vale ressaltar que essa escolha deve-se à presença de recursos similares aos computadores *desktops*, como o suporte ao sistema operacional Linux, além da facilidade de aquisição do dispositivo no mercado (NICOLETE, 2016).

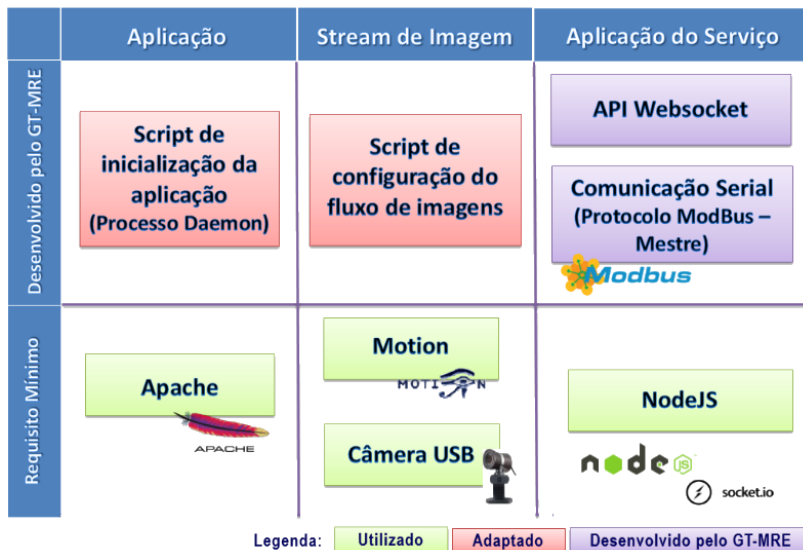
Nessa placa, é embarcada a API³ desenvolvida pelo GT-MRE. Essa API oferece uma interface aos sensores e atuadores na estrutura de um serviço web utilizando protocolos de alto desempenho, enquanto o sistema RELLE é responsável pela interface (UI) e outros serviços intrínsecos aos usuários (NICOLETE et al., 2018). Essa aplicação pode ser utilizada em qualquer sistema Linux, pois não requer alto uso de memória.

O resultado é uma arquitetura facilmente reutilizável que habilita o compartilhamento dos laboratórios em outras plataformas. Esse paradigma, chamado de Smart Devices (SALZMANN et al., 2015), já é utilizado no projeto

³API é o acrônimo de Application Programming Interface ou Interface de Programação de Aplicação

Go-Lab⁴ (Global Online Science Labs for Inquiry Learning at School), no qual estão bem definidas aplicações clientes e servidor. A Figura 25 apresenta os principais componentes do módulo Computador Embarcado.

Figura 25 – Módulo computador embarcado.



Fonte: RELLE <http://relle.ufsc.br/>.

Além das funcionalidades providas pelo RELLE, a aplicação no computador embarcado é solução chave para permitir a integração de diferentes experimentos nas mais variadas opções de placas com sistemas embarcados. Em resumo, as funcionalidades providas pela aplicação no computador embarcado são: fluxo da câmera, API Websocket para ser consumida por navegadores, aplicação Android, Unity, IOS, dentre outros, inicialização de serviços, comunicação com os sensores, gerenciamento dos atuadores, validação das entradas, gerência da conexão, gerência de Fila, configuração inicial, páginas de testes, entre outros.

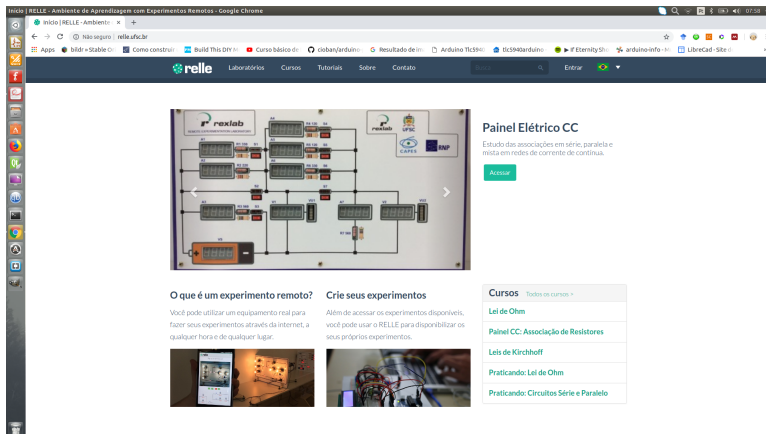
Atualmente, os principais navegadores do mercado como Firefox, Google Chrome e Safari, já possuem o suporte nativo para o *streaming* MJPEG. Para clientes Android, existem bibliotecas de código fonte aberto para incluir um visualizador MJPEG em aplicações de código nativo (LIMA et al., 2015).

⁴<http://www.go-lab-project.eu>

4.3 FUNCIONAMENTO

Para acessar o laboratório remoto referente ao protótipo em questão, o usuário precisa entrar na página inicial do Relle (ilustrada na Figura 26) e selecionar a aba Laboratórios, sendo aberta, então, a página em que são disponibilizados também os demais laboratórios remotos desenvolvidos pelo Rexlab. Clicando no botão Acessar da caixa relativa ao Laboratório Motor CA, o usuário acessará o experimento do qual trata o presente trabalho (ilustrado na Figura 27)⁵.

Figura 26 – Página de acesso ao sistema RELLE.



Fonte: RELLE <http://relle.ufsc.br/>.

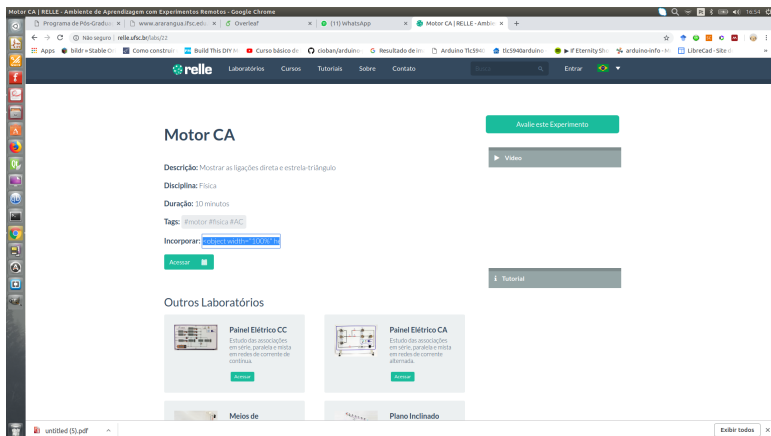
A página principal do Laboratório CA contém: um botão para avaliação do laboratório remoto, acesso ao tutorial, vídeo demonstrativo, e o botão de acesso ao experimento.

Ao acessar o experimento, o estudante é apresentado a duas escolhas através de botões de seleção, sendo elas: partida direta e partida estrela-triângulo, ambas são modos de funcionamento da partida do motor, conforme a Figura 28.

Nessa página, o estudante tem acesso ao *streaming* de vídeo, que mostra o funcionamento do motor e do painel de comando, detalhando o acionamento dos contadores, através de uma câmera web. A página do laboratório traz também a representação gráfica da placa de identificação do motor, bem como informações da corrente elétrica, velocidade, temperatura do ambiente

⁵<http://relle.ufsc.br/>

Figura 27 – Página de acesso ao laboratório.



Fonte:RELE <http://rele.ufsc.br/>.

Figura 28 – Pagina do laboratório remoto Motor CA.

MOTOR AC

MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO

Mod.	B 63	a4	Nº	050114
	1/4 cv	Isol.	B	IP 55
Regime Contínuo		Ip/In 4,0		
Hz	Rpm	V	Δ	380 Y
60	1695	A	1,11	0,64
Rendimento		Cos. φ 0,68		
Rol. Dianteiro		6201zz		
Rol. Traseiro		6201zz		

220 VOLT'S

380 VOLT'S

PARTIDAS

Off

Partida Direta

Off

Partida Estrela-Triângulo

DADOS DO MOTOR

Corrente

RPM

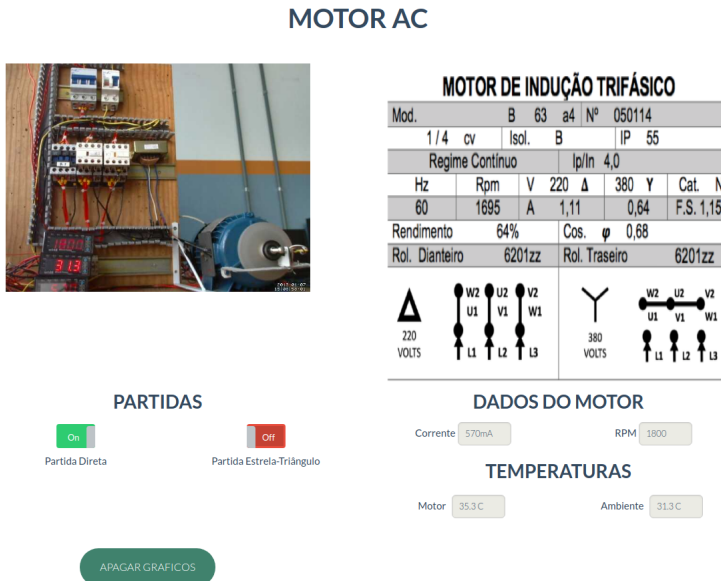
Fonte:RELE <http://rele.ufsc.br/>.

e do motor. As informações de corrente elétrica, temperatura e velocidade são valores obtidos por meio de medições dos sensores e da placa de aquisição e controle. Todo o processo é realizado de forma online, sujeito, portanto, à velocidade da conexão.

4.3.1 Modo de partida direta

Ao selecionar o modo de partida direta através do botão Partida Direta, conforme mostra a Figura 29.

Figura 29 – Acionamento partida direta



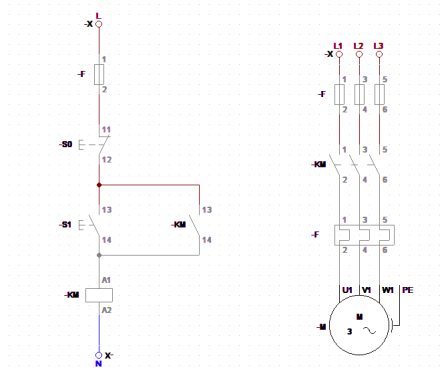
Fonte:RELLE <http://relle.ufsc.br/>.

Nesse modo de operação, o motor recebe a tensão nominal 220V, iniciando o seu funcionamento, e ocorrendo o pico de corrente elétrica.

Para esse acionamento o computador embarcado envia um comando para a placa de acionamento e controle, e esse aciona os contatores na configuração triângulo. A Figura 30 apresenta um diagrama elétrico tradicional para o modo de partida direta.

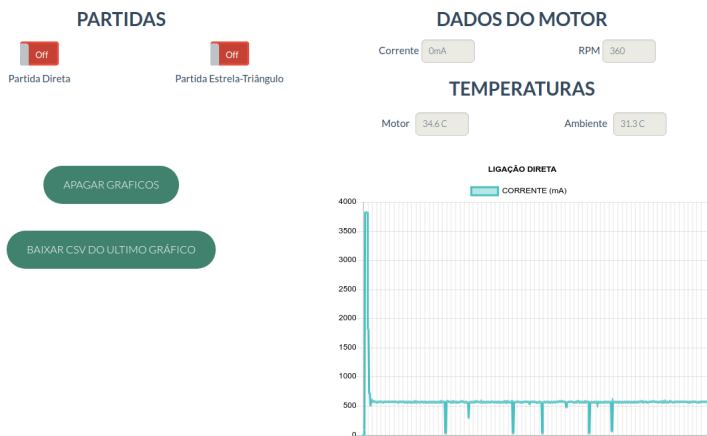
Ao escolher a configuração partida direta, o motor apresenta maior

Figura 30 – Diagrama tradicional da partida direta para MIT.



Fonte: O autor.

Figura 31 – Gráfico para corrente elétrica de partida direta.



Fonte: RELLE <http://relle.ufsc.br/>.

pico de corrente elétrica, como mostra a Figura 31.

Esse pico de corrente elétrica elevado pode gerar problemas em outros equipamentos instalados na rede. O motor utilizado apresenta as seguintes características: tensão em triângulo de 220V, corrente elétrica nominal 1,11 A e corrente elétrica de pico que pode atingir o valor máximo de 4,4 A em função do I_p/I_n , que é a razão entre corrente elétrica de pico e corrente elétrica nominal.

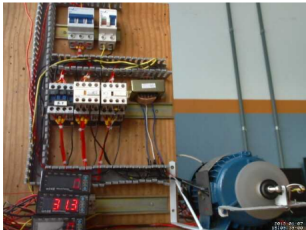
4.3.2 Modo de partida estrela-triângulo

Para acessar o modo de partida estrela-triângulo, o estudante precisa selecionar o botão Partida Estrela-Triângulo, conforme apresenta a Figura 32.

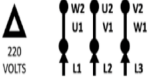
Figura 32 – Acionamento partida estrela-triângulo

Tempo restante: 8:45 Sair

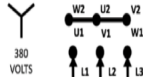
MOTOR AC



MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO					
Mod.	B	63	a4	Nº	050114
1/4	cv	Isol.	B	IP	55
Regime Contínuo			Ip/In 4,0		
Hz	Rpm	V	Δ	380	Y
60	1695	A	1,11	0,64	F.S. 1,15
Rendimento		64%		Cos. φ 0,68	
Rol. Dianteiro			6201zz		
Rol. Traseiro			6201zz		



220
VOLTS



380
VOLTS

PARTIDAS

Off
 Partida Direta

On
 Partida Estrela-Triângulo

DADOS DO MOTOR

Corrente 557mA RPM 1800

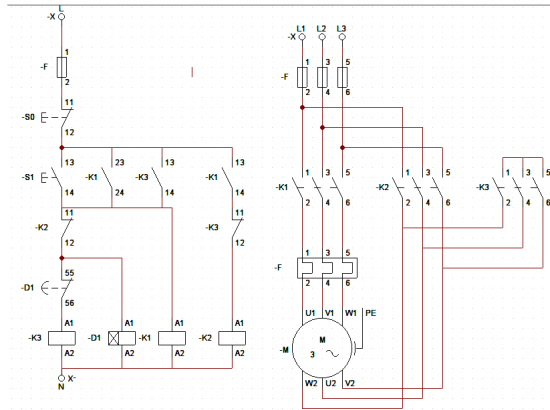
TEMPERATURAS

Motor 34,6 C Ambiente 31,3 C

Fonte: RELLE <http://relle.ufsc.br/>.

Nesse modo de partida, representado na Figura 33, o motor é acionado em duas etapas : primeiramente o motor é acionado no modo estrela, assim o motor recebe a tensão reduzida devido a forma de ligação, e, depois de um determinado tempo, é passado para o modo triângulo, nesse momento as bobinas do motor recebem a tensão nominal. O motor escolhido apresenta,

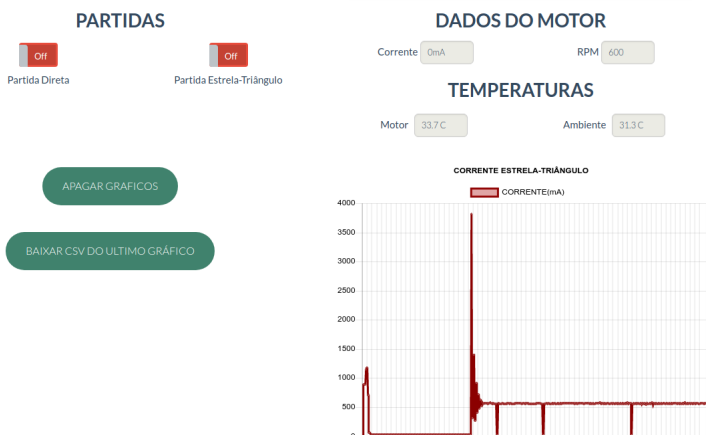
Figura 33 – Diagrama tradicional da partida estrela-triângulo para MIT.



Fonte:O autor.

como característica, a tensão nominal de 380V. Como o motor está ligado em uma rede trifásica de 220V, ele recebe uma tensão menor que a tensão nominal. Em consequência desse modo de acionar, a corrente elétrica de partida é menor, podendo ser a até 30% do valor nominal, segundo (FRANCHI, 2008).

Figura 34 – corrente elétrica partida estrela-triângulo

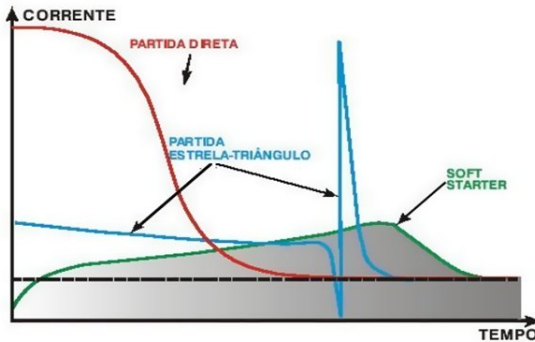


Fonte:RELLE <http://relle.ufsc.br/>.

Acionando o botão Partida Estrela-Triângulo, a placa do computador embarcado envia um comando para a placa de acionamento e controle, a qual executa a configuração estrela por determinado tempo, que, para o protótipo, foi configurado em 2 segundos. Encerrando esse tempo, a placa de acionamento e controle altera o modo de acionamento para o modo triângulo. O comportamento da corrente elétrica pode ser verificado na Figura 34.

Desse modo, é possível perceber as diferenças entre os dois modos de partida de forma mais clara e ainda com a possibilidade de verificar o comportamento da corrente elétrica através da plotagem de gráficos.

Figura 35 – Corrente para diversas partidas de MIT.



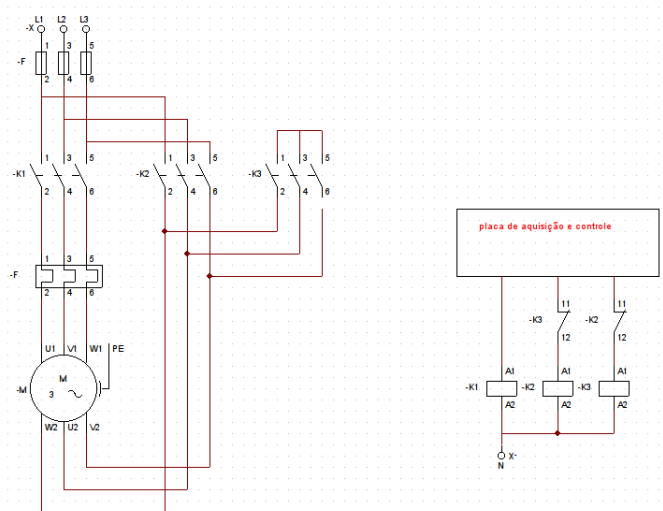
Fonte:Franchi (2008).

O gráfico 35 apresenta, de forma teórica, o que seria o comportamento da corrente elétrica para os diversos tipos de partida. Esse gráfico mostra o pico de corrente elétrica direta sendo o maior e o mais intenso. Percebe-se também o comportamento da corrente elétrica em partida estrela-triângulo ocorrendo em dois estágios. Comparando-se a ilustração com o resultado dos gráficos gerados pelo laboratório remoto, percebe-se que o comportamento é similar.

Para realizar os dois modos de operação, a placa de controle comanda os acionamentos. assim o diagrama elétrico utilizado é um pouco diferente e é apresentado na Figura 36.

Pode-se verificar que para os dois acionamentos existe três contadores, assim sendo possível executar os dois tipos de partida. Também pode visualizar que a placa de aquisição e controle realiza o acionamento das bobinas dos contadores, não sendo necessário a realização do contato de retenção. Essa placa é responsável por temporizar a partida estrela para após passar para a configuração triângulo.

Figura 36 – Corrente para diversas partidas de MIT.



Fonte: O autor.

4.4 ANALISADOR DE ENERGIA

O Fluke 43B é um equipamento para diagnosticar e detectar o comportamento de um sistema em relação à qualidade de energia. Segundo o manual da Fluke, o analisador de energia pode medir potências resistivas, indutivas ou capacitivas, e aparentes, além de medir o fator de potência. Ele disponibiliza 15 parâmetros, porém apenas dois deles podem ser registrados simultaneamente, pelo período máximo de 16 dias. Outros parâmetros podem ser medidos, tais como: frequência, tensão elétrica e corrente elétrica, a qual capta até 40 efeitos transitórios, sendo um deles a possibilidade de medir entradas súbitas de corrente elétrica em motores. Essa última característica foi utilizada para realizar a comparação entre os valores medidos com o analisador de energia e o protótipo implementado. Realizaram-se diversas medidas ao longo do desenvolvimento do protótipo a fim de diagnosticar a viabilidade de leitura do sensor.

4.4.1 Comparativo de corrente elétrica

A tabela 1 apresenta os dados coletados na configuração partida direta pelo analisador de energia e via página do protótipo, e a tabela 2 apresenta os valores medidos para a partida estrela-triângulo.

Tabela 1 – Comparativo de corrente elétrica analisador de energia vs laboratório remoto, para a partida direta, medido em ampères.

Medidas	Analisador	Protótipo
1	3,81	3,81
2	3,95	3,881
3	4,24	3,811
4	4,10	3,7
5	3,95	3,8
6	3,95	3,811
7	4,24	3,6
8	4,34	3,76
9	3,95	3,77
10	3,67	3,81

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2 – Comparativo de corrente elétrica analisador de energia vs laboratório remoto, para a partida estrela-triângulo, medido em ampères.

Medidas	Analisador	Protótipo
1	1,55	1,54
2	1,48	1,49
3	1,55	1,54
4	1,41	1,44
5	1,34	1,45
6	1,55	1,51
7	1,48	1,47
8	1,48	1,47
9	1,48	1,47
10	1,55	1,54

Fonte: Elaborado pelo autor.

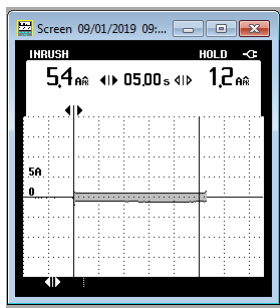
Ao analisar os valores das tabelas geradas pelo laboratório remoto,

percebe-se primeiramente a repetibilidade dos valores, não havendo discrepância nas leituras, o que mostra consistência nas leituras dos valores, pois não há alteração da carga. Em segundo lugar, ao comparar a leitura do analisador de energia, equipamento dedicado a realizar tais medidas, percebe-se que são valores diferentes, mas próximos, e isso demonstra a confiabilidade da leitura do sistema desenvolvido. Por fim, ao comparar os valores das tabelas do acionamento direto às do acionamento estrela-triângulo, percebe-se um comportamento que comprova a teoria, pois ocorre, de fato, uma redução no valor da corrente elétrica de partida em torno de 39% com a utilização do método de partida estrela-triângulo.

Pode-se compara o comportamento da corrente elétrica do motor de indução trifásica em configuração partida direta, utilizando as figuras 37 e 38 que apresentam gráficos gerados a partir do analisador de energia 43B da Fluck e as figuras 39 e 40 que apresentam os gráficos produzidos através do laboratório remoto desenvolvido. Para analisar os dados, vale ressaltar que os valores de corrente elétrica apresentados nos gráficos produzidos pelo analisador de energia são valores de pico e devem ser convertidos para valor eficaz, utilizando, para tal, a equação (4.1):

$$I_{ef} = \frac{I_p}{\sqrt{2}} \quad (4.1)$$

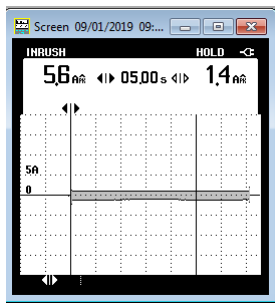
Figura 37 – corrente elétrica de partida direta do analisador de energia, teste 1.



Fonte:O autor.

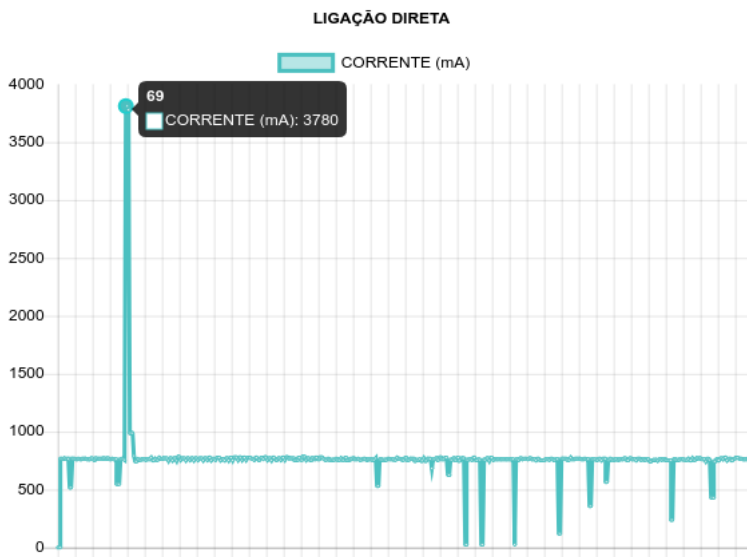
As figuras 41 e 42 apresentam os gráficos gerados pelo analisador de energia para o modo de acionamento estrela-triângulo e as figuras 43 e 44 os gráficos gerados através do site do laboratório remoto.

Figura 38 – corrente elétrica de partida direta do analisador de energia, teste 2.



Fonte:O autor.

Figura 39 – corrente elétrica de partida direta do laboratório remoto, teste 1.



Fonte:O autor.

Figura 40 – corrente elétrica de partida direta do laboratório remoto, teste 2.

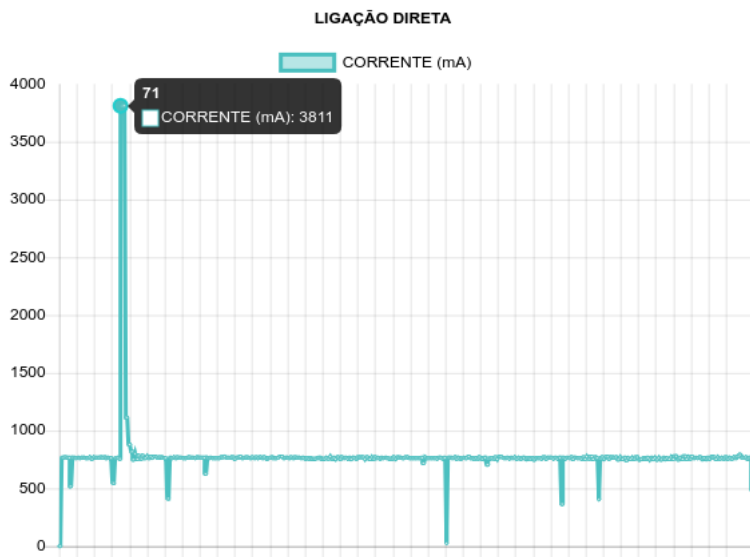


Figura 41 – corrente elétrica de partida estrela-triângulo do analisador de energia, teste 1.

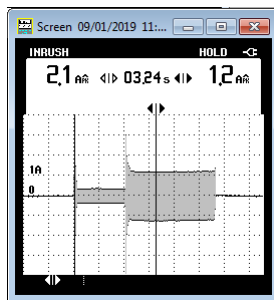
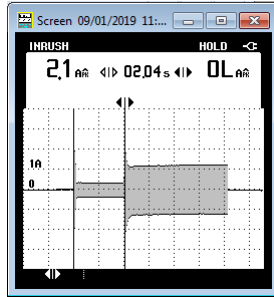
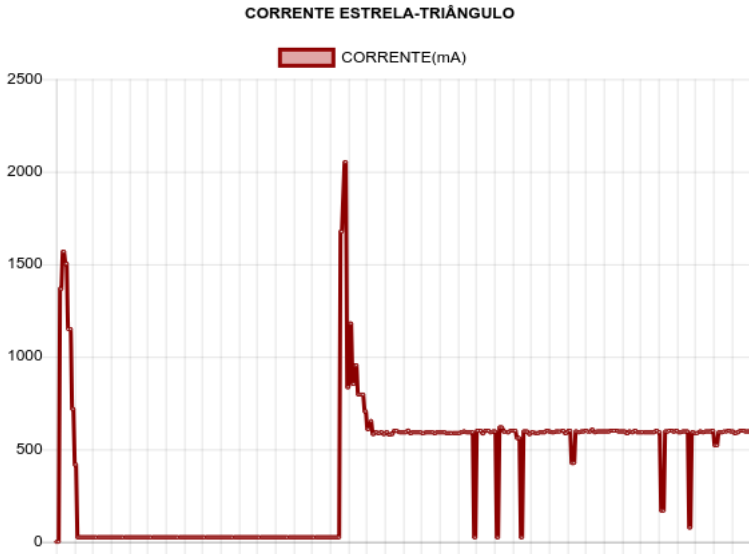


Figura 42 – corrente elétrica de partida estrela-triângulo do analisador de energia, teste 2.



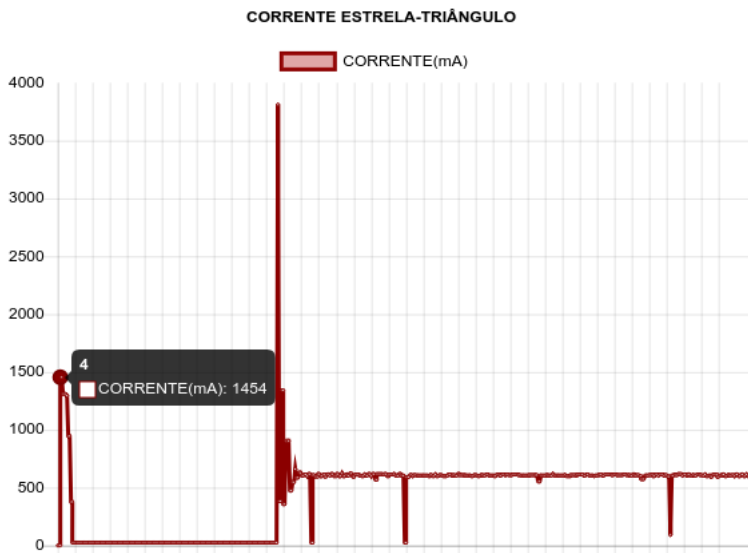
Fonte:O autor.

Figura 43 – Corrente de partida estrela-triângulo do laboratório remoto, teste 1.



Fonte:O autor.

Figura 44 – corrente elétrica de partida estrela-triângulo do laboratório remoto, teste 2.



Fonte: O autor.

5 APLICAÇÃO DO LABORATÓRIO REMOTO

Neste capítulo, será detalhada a aplicação do laboratório remoto, a caracterização da amostra e da metodologia utilizada.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL E SUJEITOS UTILIZADOS NA PESQUISA

Este trabalho foi aplicado no Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Campus Araranguá, localizado na mesorregião do sul catarinense, microrregião de Araranguá, composta por 15 municípios.

Sob o decreto da Lei 11.892/2008, o IFSC é um dos 39 institutos que constituem a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica do Brasil em Santa Catarina, sendo uma instituição vinculada ao MEC, com sede e reitoria em Florianópolis (IFSC, 2016).

O IFSC, Campus Araranguá, iniciou suas atividades em 2008 com três cursos técnicos: Produção em Moda, Têxtil e Eletro-mecânica. Atualmente, conta com cursos de Pós-Graduação (Iatu sensu), Graduação, Técnicos (Integrado, Concomitante e Subsequente), cursos de Formação Inicial Continuada (FIC) e PROEJA - FIC (Ensino fundamental integrado a um curso profissionalizante em Instalações Elétricas Residenciais) (IFSC, 2016).

No que diz respeito à infraestrutura física, o campus Araranguá apresenta ampla disponibilidade de laboratórios, principalmente direcionados para os cursos técnicos, possuindo, no total, 26 laboratórios, sendo um deles o laboratório de eletrotécnica, utilizado principalmente para o ensino de acionamento de máquinas elétricas.

5.1.1 Disciplina Abordada

O presente trabalho configurou-se como uma inserção na disciplina de acionamento de máquinas elétricas, a fim de trabalhar os tipos de acionamentos disponíveis no protótipo. Vale ressaltar que tais conteúdos (bases tecnológicas) estão previstos no Projeto Pedagógico de Curso Técnico Integrado (PPCTI) em eletromecânica, conforme apresentado no Quadro 4.

Essa disciplina conta com aulas expositivas mescladas com aulas práticas realizadas no Laboratório de eletrotécnica, classificado como laboratório presencial. Nas aulas práticas, os alunos realizam, em bancadas didáticas, montagens dos circuitos estudados nas aulas teóricas.

Quadro 4 – Bases tecnológicas da disciplina de máquinas e acionamentos.

Base tecnológica	
TRANSFORMADORES	<p>Grandezas e fenômenos elétricos e eletromagnéticos. Revisão de eletromagnetismo Funcionamento de transformadores. Tipos de transformadores e suas ligações. Componentes e acessórios de transformadores. Manutenção em transformadores.</p>
MOTORES ELÉTRICOS	<p>Componentes de motores elétricos. Campo girante em motores elétricos. Velocidade síncrona e escorregamento. Conjugado mecânico de motores. Curva conjugado x velocidade. Manutenção em motores elétricos.</p>
ACIONAMENTOS ELÉTRICOS	<p>Métodos de partida de motores elétricos: partida direta, partida estrela-triângulo, partida compensadora e partida suave. Circuitos de comando e força. Diagramas multifilar. Fusíveis, contatores; relés de sobrecarga e temporizadores, botoeiras, sinalização e medição.</p>

Fonte: PPCTI em eletromecânica.

Na parte do estudo referente a acionamentos elétricos, a disciplina aborda os métodos de partida direta, estrela-triângulo e compensadora, os quais são chamados de partidas eletromecânicas. Tradicionalmente, o professor não utiliza nenhum dispositivo para mostrar o gráfico da corrente elétrica de partida. Utiliza, porém, amperímetros analógicos que não detalham

o comportamento da corrente e, portanto, não precisa o seu valor. Para esse fim, poderia ser utilizado um analisador de energia, porém é um recurso caro e não há um para cada bancada. Então, a respeito do comportamento da corrente elétrica no momento da partida, os estudantes ficam apenas com o conhecimento teórico e uma noção através dos amperímetros.

5.2 LABORATÓRIOS UTILIZADOS NA PESQUISA

Nesta aplicação, foram utilizados três tipos de laboratório: primeiramente o laboratório virtual CADeSIMU¹, em seguida, o laboratório presencial do IFSC, para realizar as montagens práticas e, por fim, laboratório remoto de motores CA.

O CADeSIMU é um *software* didático para treinamento em leitura e interpretação de diagramas elétricos, 100% gratuito. Nas versões mais recentes, do simulador CADeSIMU, também podem ser realizadas simulações de sistemas pneumáticos e de automações. Esse *software* simula o circuito e retorna ao usuário se as ligações e o funcionamento do circuito estão corretos, mas não demonstra o comportamento da corrente ou a velocidade do motor. Contudo, é uma ferramenta importante para o aluno verificar se o seu circuito não apresenta ligações invertidas ou em curto.

Depois do uso do simulador, os alunos passaram a utilizar o laboratório presencial, implementando, em bancadas didáticas, os circuitos testados no simulador. Nessa etapa, os circuitos foram implementados e energizados para testes reais. Os alunos conseguem perceber o funcionamento do circuito através do som dos contatores fechando, e visualizar o motor girando. Com o uso de amperímetros, é possível verificar a corrente do motor e, no momento da partida, é possível verificar que há um pico de corrente, porém não é possível determinar com precisão o valor da corrente de partida, ou o comportamento característico da corrente ao partir o motor.

Ao terminar as montagens nas bancadas, foi apresentado o laboratório remoto, e demonstrado aos alunos o seu funcionamento por meio da realização de atividades experimentais para o método de acionamento direto. Com a utilização do laboratório remoto, foi possível construir gráficos do comportamento da corrente elétrica, os quais foram demonstrados aos estudantes.

¹<https://www.cadesimu.net/>

6 AVALIAÇÃO DO LABORATÓRIO REMOTO

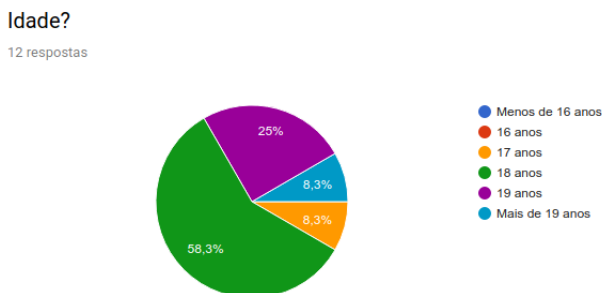
Neste capítulo, serão apresentados os parâmetros utilizados para realizar a avaliação do experimento depois da aplicação dos testes com os alunos. Para tal, serão abordados os seguintes temas:

6.1 PERFIL DA AMOSTRA

Inicialmente, com o objetivo de identificar o perfil dos estudantes, aplicou-se um questionário (APÊNDICE B). Vale ressaltar que a pesquisa foi realizada em uma turma do quarto ano do curso técnico em eletromecânica, que ingressou em 2015 com um total de 36 alunos, apresentando, no quarto ano de curso, uma redução de 52 %. Em virtude dos casos de evasão e retenção, essa turma chegou ao último ano do curso com 19 alunos, sendo que 12 responderam aos questionários.

No primeiro gráfico, ilustrado na Figura 45, é apresentado o resultado para a faixa etária da amostra. Pode-se constatar que a maioria dos alunos está na faixa entre 18 e 19 anos, considerando-se que o ensino médio do IFSC é de 4 anos.

Figura 45 – Faixa etária da amostra.

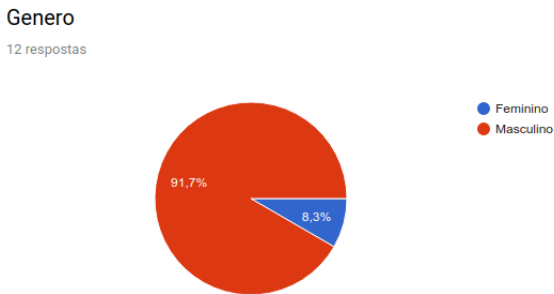


Fonte: O Autor.

Por se tratar de um curso técnico integrado em eletromecânica, 91,7 % é do gênero masculino como mostra a Figura 46. A procura por esse curso é historicamente manifestada pelo público masculino.

Também foram apurados os dados relativos à deficiência física e/ou

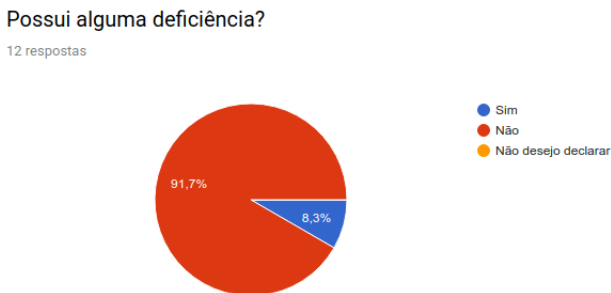
Figura 46 – Gênero da amostra.



Fonte: O Autor.

mental dos alunos. Conforme apresentado na Figura 47, 91,7% não apresenta deficiência.

Figura 47 – Quanto a algum tipo de deficiência.



Fonte: O Autor.

O gráfico da Figura 48 apresenta os dados referente à ocupação profissional, apontando que mais da metade dos alunos não trabalhava no período de aplicação da pesquisa.

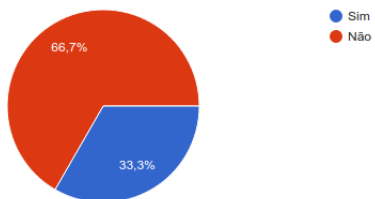
A Figura 49 apresenta dados quanto à posse de computadores, apontando que a maioria possui um computador e apenas 8,3% da amostra alegou não possuir computador.

Ainda que uma pequena parcela não tenha computador, 100% alegou ter acesso à internet, conforme apresentado na Figura 50.

Figura 48 – Ocupação profissional da amostra.

Você trabalha?

12 respostas

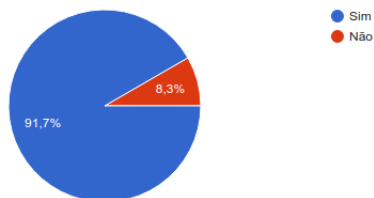


Fonte: O Autor.

Figura 49 – Posse de computador.

Possui computador?

12 respostas

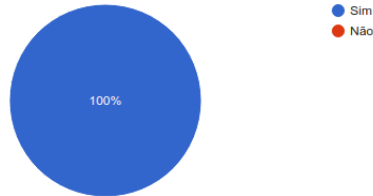


Fonte: O Autor.

Figura 50 – Acesso à internet.

Possui acesso à internet?

12 respostas



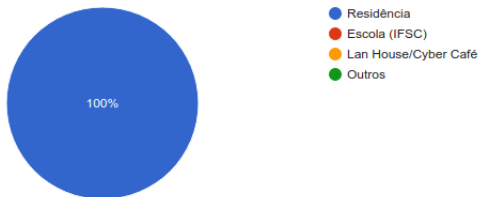
Fonte: O Autor.

O gráfico da Figura 51 mostra que todos os entrevistados preferem acessar a internet de sua residência.

Figura 51 – Local preferencial de acesso à internet.

Local preferencial de acesso à internet

12 respostas



Fonte: O Autor.

A maioria, 58,3% da amostra, diz preferir utilizar *smartphone* como ferramenta de acesso à internet, conforme demonstra o gráfico da Figura 52.

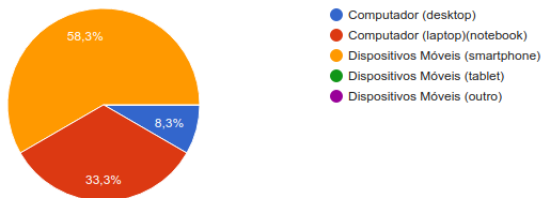
A atividade mais realizada na internet é o uso de redes sociais, com 58,3%, seguida da busca de informações no Google ou outro buscador, com 33,3%, conforme a Figura 53 apresenta.

Quanto ao uso da internet para fins escolares, 100% dos entrevistados disseram que utilizam a internet para realizar esse tipo de atividade. Para as atividades mencionadas e apresentadas na Figura 54, destacam-se as duas

Figura 52 – Meio de acesso à internet.

Meio preferencial de acesso à internet?

12 respostas

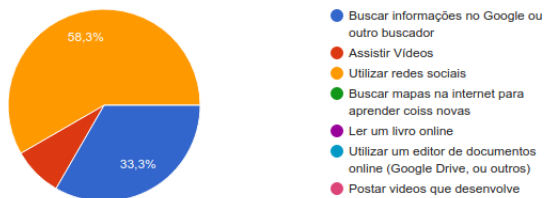


Fonte: O Autor.

Figura 53 – Uso do acesso à internet.

Qual atividade você mais realiza no uso da internet?

12 respostas



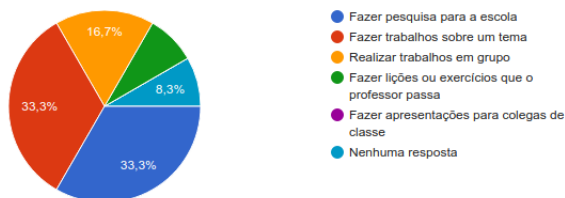
Fonte: O Autor.

mais pontuadas, sendo elas: 33,3% para realizar pesquisa para a escola e 33,3% para realizar trabalho sobre um tema específico.

Figura 54 – Uso do acesso à internet.

Se a resposta anterior é sim, você utiliza a internet para:

12 respostas



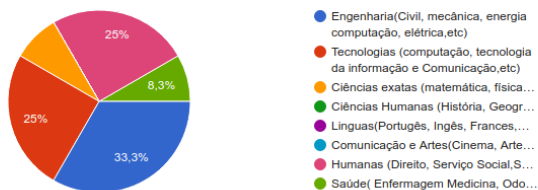
Fonte: O Autor.

A amostra foi questionada sobre a pretensão de cursar uma graduação e 100% disseram que pretendem cursar. O gráfico da Figura 55 apresenta as áreas de interesse, destacando-se as áreas de engenharia e tecnologia.

Figura 55 – Áreas pretendidas.

Qual área pretende cursar na graduação?

12 respostas



Fonte: O Autor.

6.2 APLICAÇÃO TESTE

A aplicação teste refere-se à aplicação do laboratório remoto em sala de aula. Por meio da qual procurou-se identificar as percepções apresentadas pelos alunos logo após o uso dos laboratórios remotos, de acordo com apontamentos feitos pelos próprios alunos, incluindo indicações para aplicações posteriores.

Nesse sentido, foi utilizado um questionário (Apêndice A) que examinou a usabilidade, utilidade, satisfação e percepção de aprendizagem, com 25 itens construídos, utilizando a escala de Likert de 5 pontos.

Para expressar o grau de concordância foram adotados os valores numéricos segundo o Quadro 5, sendo DT, discordo totalmente, DP, discordo parcialmente, SO, sem opinião, CP, concordo parcialmente e CT, concordo totalmente. Para cada item, considerou-se o número de alunos (frequência) que assinalou cada opção, expressando, desse modo, "o seu grau de concordância com uma afirmação proposta"(MATTHIENSEN, 2011, p.14).

Quadro 5 – Escala de valores numéricos

(DT)	(DP)	(SO)	(CP)	(CT)
-2	-1	0	1	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para estimar a confiabilidade do questionário, foi utilizado o coeficiente alfa de Cronbach, criado por Lee j. Cronbach em 1981. Esse coeficiente mede "a correlação entre respostas em um questionário através da análise do perfil das respostas dadas pelos respondentes. Trata-se de uma correlação média entre perguntas"(HORA; MONTEIRO; ARICA, 2010, p.6).

O alfa de Cronbach analisa a relação entre as respostas em um questionário com base na variância dos itens individuais e da variância das somas dos itens de cada avaliador, utilizando uma escala de 0 a 1, demonstrado na equação (6.1).

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_{soma}^2}\right) \quad (6.1)$$

onde:

- k → número de itens (perguntas) do questionário;
- S_i^2 → variância do i -ésimo item ($i=1, \dots, k$);
- S_{soma}^2 → corresponde a variância total do questionário, determinada

como a soma de todas as variâncias.

Assim, quanto mais próximo de 1 o valor do alfa estiver, maior é a consistência interna dos itens analisados. A confiabilidade da escala deve ser obtida sempre com os dados de cada amostra para garantir a medida confiável para a investigação.

Como um critério geral, George e Mallery (2003) sugerem as recomendações do Quadro 3 para avaliação dos coeficientes de alfa de Cronbach.

Tabela 3 – Recomendações para interpretar os valores obtido para o alfa de cronbach.

α	Confiabilidade
> 0,9	Excelente
> 0,8	Bom
> 0,7	Aceitável
> 0,6	Questionável
> 0,5	Pobre
< 0,5	Inaceitável

Fonte: SANTOS et al.2018.

Para Freitas e Rodrigues (2005), diversos fatores que podem influenciar na confiabilidade de questionários, dentre os quais citam-se:

- a) o número de itens: a confiabilidade do questionário pode ser aumentada quando mais itens são incluídos, o que seria equivalente ao conceito de diminuir o erro de amostragem através do aumento do tamanho da amostra;
- b) o tempo de aplicação do questionário: a aplicação do questionário segundo um período pré-determinado também pode contribuir para a ocorrência de respostas impulsivas e relapsas, além de aumentar a incidência de itens sem avaliação;
- c) a amostra de avaliadores: uma amostra de pessoas semelhantes pode resultar em um questionário de baixa confiabilidade. Por exemplo, se na avaliação de um item todas as pessoas da amostra assinalam um valor verdadeiro 5 (considerando uma escala de valores absolutos que varia de 1 a 5), não há variância neste item e, por conseguinte, a confiabilidade calculada terá valor zero.

Para facilitar a análise dos resultados, o questionário foi dividido em 4 subescalas que correspondem aos seguintes critérios: usabilidade, percepção de aprendizagem, satisfação e utilidade, detalhadas no Quadro da Figura 56.

Figura 56 – Subescala avaliadas.

Descrição	
Subescalas	<p>Usabilidade</p> <p>Indica se o aluno teve facilidade de uso da ferramenta, se não houve problemas para executar as ações que desejava, se as informações contidas na tela contribuíram para manusear o experimento, se o tempo disponível para executar o experimento foi suficiente para a realizar as atividades.</p>
	<p>Percepção da Aprendizagem</p> <p>Indica se o aluno por meio da experimentação remota melhorou a aprendizagem, contribuindo para a resolução de problemas, se os conceitos que foram abordados durante o uso da ferramenta foi melhor compreendido relacionando estes com o cotidiano do aluno. E se todas as habilidades adquiridas foram valiosas para a aprendizagem.</p>
	<p>Satisfação</p> <p>mostra o quanto o aluno fica convencido de estar realizando um experimento real e não simulado ao manipular os experimentos. Também mostra se a possibilidade do aluno acessar o laboratório remoto em qualquer momento do dia e de qualquer lugar é útil para planejar melhor o tempo de estudo, e se esta ferramenta proporciona novas formas de aprender.</p>
	<p>Utilidade</p> <p>Mostra se o aluno teve maior motivação em aprender após o uso da experimentação remota, bem como se ficou satisfeito com a realização da experiência. E se depois de utilizar o experimento, o aluno aconselharia outros colegas a fazer uso também, bem como se gostaria de utilizar outros experimentos remotos.</p>

Fonte: Adaptado HECK 2017.

6.2.1 Resultados referentes ao questionário de avaliação da utilização de laboratório remoto

Para analisar os resultados apresentados nesta seção, primeiramente realizou-se o tratamento individual das informações em cada subescala e, então, foi feita a relação entre elas de modo geral. Podes adiantar que o índice de confiabilidade alcançado pelo questionário, utilizando o alfa de Crombach foi de 0,82, que de acordo com Santos et al. (2018), é classificado como um bom valor para a confiabilidade.

6.2.1.1 Usabilidade

Para verificar a percepção que os alunos obtiveram quanto à usabilidade do laboratório remoto, foram feitos questionamentos sobre 7 afirmações, chamadas de itens e numerados de 1 a 7 conforme consta na tabela 57, sendo detalhados individualmente a seguir.

Figura 57 – Frequência relativa e absoluta identificadas na subescala usabilidade durante a aplicação teste.

Usabilidade	Discorda Fortemente		Discorda		Nem concorda ou discorda		Concorda		Concorda Fortemente		Total	Média
	-2		-1		0		1		2			
	Freq	Md	Freq	Md	Freq	Md	Freq	Md	Freq	Md	Freq	Md
	9	0,11	-6	-0,07	0	0,00	35	0,42	68	0,81	106	1,26
Item 01	0	0,00	0	0,00	0	0,00	4	0,33	16	1,33	20	1,67
Item 02	0	0,00	0	0,00	0	0,00	5	0,42	14	1,17	19	1,58
Item 03	4	0,33	-2	-0,17	0	0,00	6	0,50	0	0,00	8	0,67
Item 04	5	0,42	-4	-0,33	0	0,00	3	0,25	0	0,00	4	0,33
Item 05	0	0,00	0	0,00	0	0,00	8	0,67	8	0,67	16	1,33
Item 06	0	0,00	0	0,00	0	0,00	5	0,42	14	1,17	19	1,58
Item 07	0	0,00	0	0,00	0	0,00	4	0,33	16	1,33	20	1,67

Fonte: O Autor.

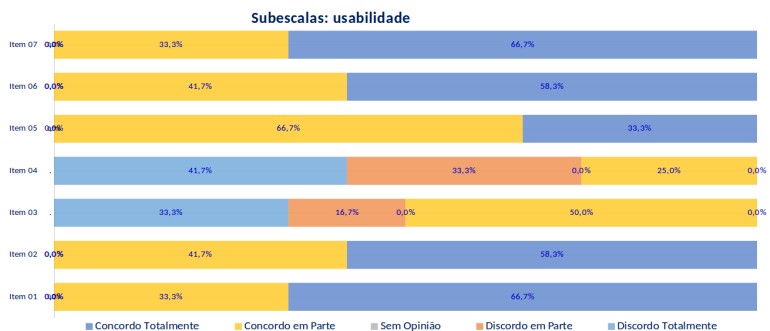
- Item 01 - Foi simples utilizar o laboratório remoto.
- Item 02 - Não encontrei problemas para executar as ações que desejava no laboratório remoto.
- Item 03 - A conexão de internet dificultou o acesso ao laboratório remoto.
- Item 04 - O tempo de espera na fila do laboratório remoto dificultou a realização das atividades.
- Item 05 - As informações contidas na tela contribuíram para manusear o experimento.
- Item 06 - O tempo de execução do laboratório remoto foi suficiente para realizar minhas atividades.
- Item 07 - O tempo de resposta para minhas ações de interação com o laboratório remoto foi razoáveis.

O coeficiente de alfa de Cronbach apurado para a subescala Usabilidade foi de 0,62, conforme apresentado na 3o valor obtido é considerado

questionável. Já o escore médio obtido para os sete itens foi de 1,26. Os itens 04 e 03 foram as afirmações que obtiveram os menores escores, elas correspondem respectivamente à dificuldades ocasionadas pela conexão da internet e ao tempo de espera na fila do experimento. Esses itens influenciaram, negativamente, o resultado do alfa de Cronbach. Já as afirmações com maiores escores foram as referentes ao item 01 e 07, que respectivamente tratam da simplicidade de utilizar o experimento e do tempo de resposta das ações de interação com o laboratório remoto.

Pode-se verificar, na Figura 58, que as respostas para os itens 03 e 04 apresentam uma heterogeneidade nas respostas dos alunos.

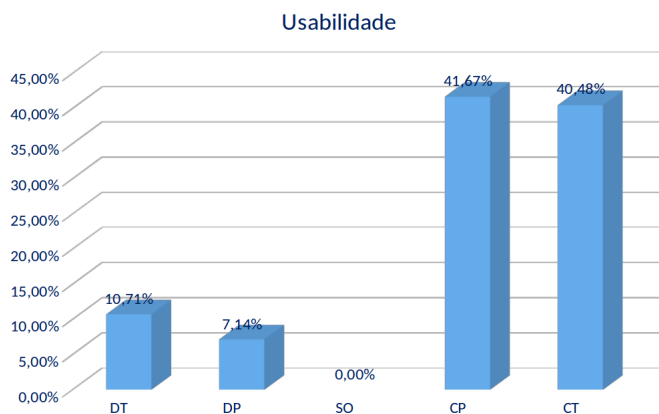
Figura 58 – Análise por questão da subescala Usabilidade na aplicação teste.



Fonte: O Autor.

A Figura 59 mostra os percentuais para as respostas dos entrevistados em relação aos sete itens que compreendem a subescala: 82,15% afirmam concordar em parte ou concordar totalmente com as afirmações sobre a usabilidade do laboratório remoto utilizado, e 17,85% discordam em parte ou discordam totalmente das afirmativas. Com base nesses dados, as respostas indicam que o laboratório remoto de motores CA é de fácil utilização, não apresenta problemas de execução relevantes, possui informações de manuseio claras e coerentes, além de apresentar tempo de execução e tempo de resposta ideais para a realização da atividade. De modo geral, pode-se dizer que o item Usabilidade foi bem conceituado pelos alunos, que julgaram apenas dois itens como insatisfatórios, sendo eles: a conexão com a internet, que de certo modo não está atrelado ao experimento em si, e o tempo de espera na fila, que ocorre em virtude de o laboratório permitir apenas um acesso por vez, fator esse que pode ser melhorado nas aplicações futuras.

Figura 59 – Gráfico sobre a percepção de usabilidade apontada na aplicação teste



Fonte: O Autor.

6.2.1.2 Percepção da Aprendizagem

Para analisar as percepções relacionadas à aprendizagem dos alunos, foi aplicado um questionário com seis questões, identificadas como itens numerados de 08 a 13 na Figura 60. Os itens são descritos individualmente a seguir.

Figura 60 – Frequência relativa e absoluta identificadas na subescala percepção de aprendizagem durante a aplicação teste.

Percepção de Aprendizagem	Discorda Fortemente		Discorda		Nem concorda ou discorda		Concorda		Concorda Fortemente		Total	Média
	-2		-1		0		1		2			
	Freq	Md	Freq	Md	Freq	Md	Freq	Md	Freq	Md		
	0	0,00	-12	-0,17	0	0,00	37	0,53	42	0,60	67	0,96
Item 08	0	0,00	-1	-0,08	0	0,00	7	0,58	8	0,67	14	1,17
Item 09	0	0,00	-1	-0,08	0	0,00	8	0,67	6	0,50	13	1,08
Item 10	0	0,00	-4	-0,33	0	0,00	3	0,25	10	0,83	9	0,75
Item 11	0	0,00	0	0,00	0	0,00	7	0,70	6	0,60	13	1,30
Item 12	0	0,00	-3	-0,25	0	0,00	5	0,42	8	0,67	10	0,83
Item 13	0	0,00	-3	-0,25	0	0,00	7	0,58	4	0,33	8	0,67

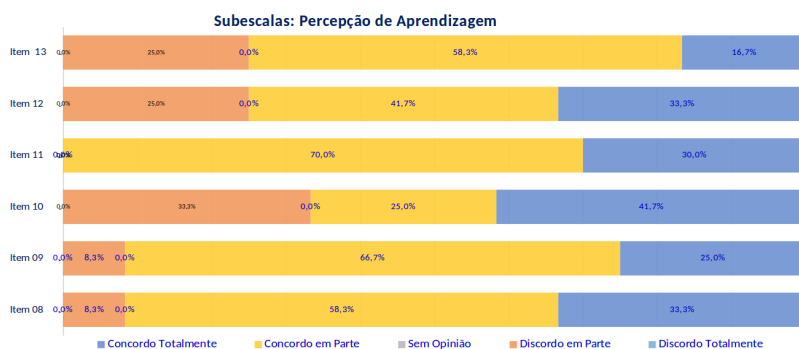
Fonte: O Autor.

- Item 08 - A experimentação remota melhorou minha compreensão dos conceitos teóricos que foram abordados na prática.

- Item 09 - A experimentação remota ajudou a relacionar os conceitos estudados em sala de aula com o meu cotidiano.
- Item 10 - O laboratório remoto contribuiu para minha aprendizagem.
- Item 11 - A experimentação remota foi uma experiência de aprendizagem eficaz.
- Item 12 - As habilidades adquiridas foram valiosas para minha aprendizagem.
- Item 13 - A forma como o experimento foi abordado em sala de aula contribui para a resolução de problemas.

O coeficiente de alfa de Crombach apurado para a subescala percepção da aprendizagem foi de 0,82, conforme a o Quadro 3 é considerado bom, e escore médio foi de 0,96. O menor escore obtido foi de 0,67, atribuído ao item 13, que trata sobre a contribuição da abordagem do experimento para a resolução de problemas em sala de aula. Os valores obtidos para esses itens demonstram, a necessidade de repensar a aplicação do LR. Dentre as afirmativas que tiveram maiores escores, destaca-se o índice de 1,30 para o item 11, o qual trata da eficácia da aprendizagem por meio do laboratório remoto em questão.

Figura 61 – Análise por questão da subescala percepção da aprendizagem na aplicação teste.

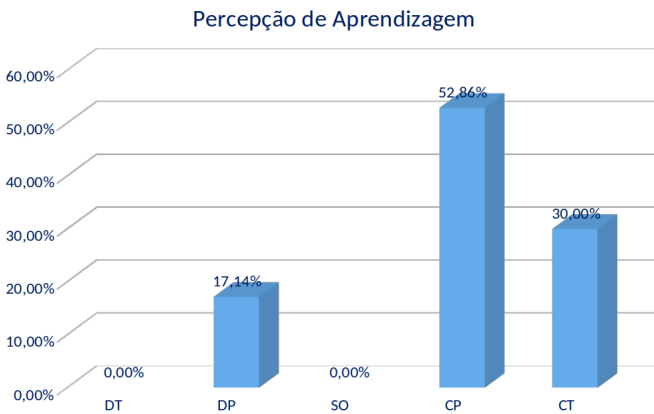


Fonte: O Autor.

Pode-se verificar, na Figura 61, os dados de cada item respondido pelos alunos, demonstrando que houve uma diversidade maior nas respostas se comparada à análise da usabilidade, apresentada anteriormente. Mesmo

com essa diversidade nas respostas, a maioria concorda com os itens dessa subescala. Vale analisar, no entanto, por que houve discordâncias parciais, destacando-se o item 10 com 33,3% e os itens 12 e 13 com 25%. Analisando esse cenário, vale repensar a forma de abordagem para o uso desse laboratório remoto quanto ao quesito percepção de aprendizagem, uma vez que os itens abordados nessa subseção tratam de fatores relevantes para o processo de aquisição do conhecimento e resolução de problemas em sala de aula.

Figura 62 – Gráfico sobre a percepção da aprendizagem apontada na Aplicação Teste



Fonte: O Autor.

Ainda que tenha sido apresentado certo índice de discordância parcial, de modo geral, a subescala percepção da aprendizagem mostrou um resultado positivo, com altos escores das respostas relativos à concordância, demonstrando, assim, que a experimentação remota contribuiu para a aprendizagem dos alunos. Esses dados podem ser vistos na Figura 62.

6.2.1.3 Satisfação

Para análise das percepções relativas à satisfação dos alunos quanto ao uso do laboratório remoto, foi aplicado um questionário com seis questões, identificadas e numeradas de 14 a 19, conforme apresenta a Figura 63. Os itens são individualmente descritos a seguir.

- Item 14 - Em geral, estou satisfeito com o laboratório remoto.
- Item 15 - A experimentação remota foi relevante para meus estudos.

- Item 16 - A experimentação remota aumentou minha motivação em aprender o comportamento do motores na disciplina de acionamentos elétricos.
- Item 17 - Aconselharia meus colegas a utilizar o laboratório remoto.
- Item 18 - Gostaria de utilizar outros experimentos remotos na disciplina.
- Item 19 - O laboratório remoto melhorou a comunicação com meus colegas.

Figura 63 – Frequência relativa e absoluta identificadas na subescala satisfação durante a aplicação teste.

Satisfação	Discorda Fortemente		Discorda		Nem concorda ou discorda		Concorda		Concorda Fortemente		Total	Média
	-2		-1		0		1		2			
	Freq	Md	Freq	Md	Freq	Md	Freq	Md	Freq	Md	Freq	Md
	1	0,01	8	-0,11	0	0,00	35	0,49	56	0,78	84	1,17
Item 14 .	0	0,00	-1	-0,08	0	0,00	5	0,42	12	1,00	16	1,33
Item 15 .	0	0,00	-1	-0,08	0	0,00	7	0,58	8	0,67	14	1,17
Item 16 .	0	0,00	-2	-0,17	0	0,00	7	0,58	6	0,50	11	0,92
Item 17 .	0	0,00	0	0,00	0	0,00	6	0,50	12	1,00	18	1,50
Item 18 .	0	0,00	-1	-0,08	0	0,00	3	0,25	16	1,33	18	1,50
Item 19 .	1	0,08	-3	-0,25	0	0,00	7	0,58	2	0,17	7	0,58

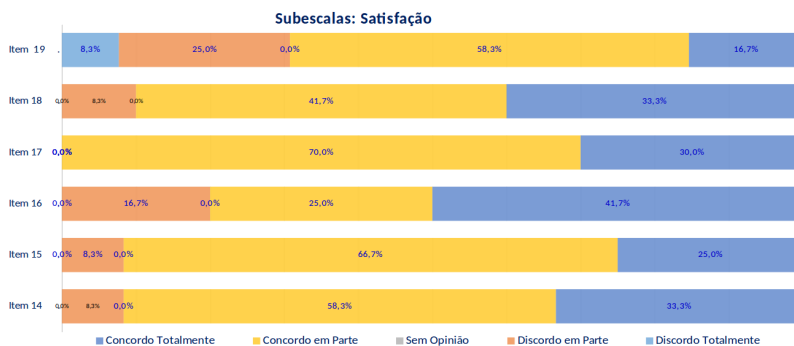
Fonte: O Autor.

O coeficiente de alfa de Crombach apurado para a subescala satisfação foi de 0,57 e o escore médio foi de 1,17. O valor do alfa de Cronbach baixo é considerado pobre. Em relação às afirmativas que obtiveram os menores escores, destaca-se o índice de 0,58 para o item 19, que trata sobre a melhora da comunicação com os colegas, esse item foi motivador para o baixo valor do alfa de Crombach. Dentre as afirmativas que tiveram os maiores escores, destaca-se o valor de 1,50 para os itens 17 e 18, os quais tratam respectivamente sobre a indicação do uso dos laboratórios remotos e a intensão de utilizar experimentos remotos em outras atividades.

Pode-se verificar, na Figura 64, os dados de cada item respondido pelos alunos, demonstrando que o baixo escore obtido pelo item 19 é decorrente dos 33,3% de respostas discordando parcialmente ou totalmente. Assim, verificou-se que há interesse dos alunos quanto ao uso dos experimentos remotos, pois os dados apontam que os alunos indicariam o experimento a terceiros e que têm interesse em fazer uso de outros laboratórios remotos.

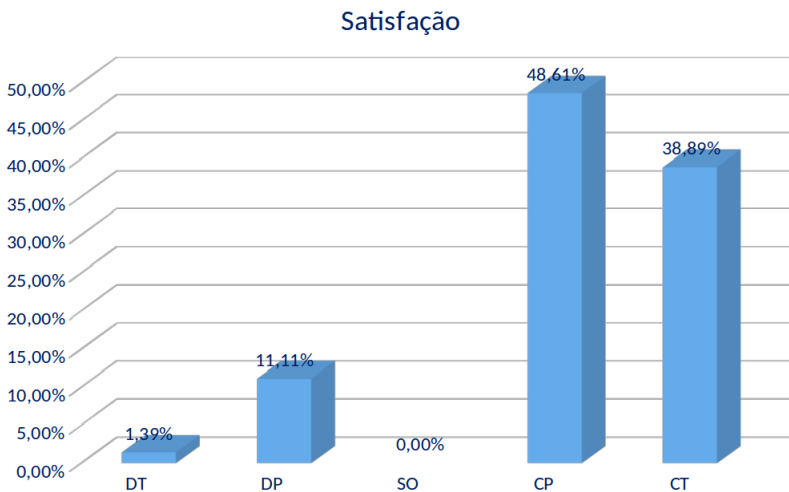
Pode-se verificar, na Figura 65, que de modo geral a subescala satisfação evidenciou um resultado positivo, tendo 87,5% do escores das respostas concordando com as afirmativas do questionário.

Figura 64 – Análise por questão da subescala satisfação na aplicação teste.



Fonte: O Autor.

Figura 65 – Gráfico sobre a satisfação apontada na Aplicação Teste



Fonte: O Autor.

6.2.1.4 Utilidade

Para analisar as percepções da utilidade do laboratório remoto, foi realizado um questionário com seis questões, identificadas e numeradas como itens de 20 a 25, conforme ilustra a Figura 66. A seguir, são especificados todos os itens.

- Item 20 - Fiquei convencido de estar realizando um experimento real e não uma simulação.
- Item 21 - Creio que é possível alcançar aprendizagens similares às adquiridas em um laboratório presencial.
- Item 22 - A possibilidade de acessar o laboratório remoto em qualquer momento do dia e de qualquer lugar é muito útil para planejar melhor o tempo de estudo.
- Item 23 - O laboratório remoto me possibilitou realizar aulas experimentais na disciplina de acionamentos.
- Item 24 - A realização de experimentos em um laboratório remoto pode melhorar o desempenho em um laboratório real.
- Item 25 - O laboratório remoto pode proporcionar novas formas de aprender.

Figura 66 – Frequência relativa e absoluta identificadas na subescala utilidade durante a aplicação teste.

Utilidade	Discorda Fortemente		Discorda		Nem concorda ou discorda		Concorda		Concorda Fortemente		Total	Média
	-2		-1		0		1		2			
	Freq	Md	Freq	Md	Freq	Md	Freq	Md	Freq	Md		
	1	0,01	-3	-0,04	0	0,00	27	0,38	82	1,14	107	1,49
Item 20	0	0,00	0	0,00	0	0,00	6	0,50	12	1,00	18	1,50
Item 21	0	0,00	-2	-0,17	0	0,00	3	0,25	14	1,17	15	1,25
Item 22	0	0,00	0	0,00	0	0,00	4	0,33	16	1,33	20	1,67
Item 25	1	0,08	-1	-0,08	0	0,00	6	0,50	8	0,67	14	1,17
Item 24	0	0,00	0	0,00	0	0,00	5	0,42	14	1,17	19	1,58
Item 25	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	0,25	18	1,50	21	1,75

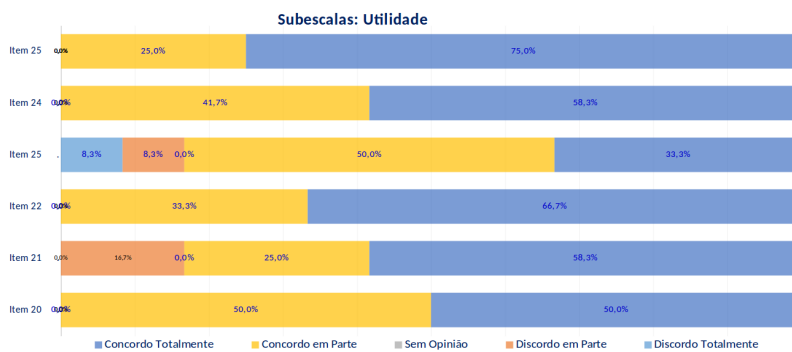
Fonte: O Autor.

O coeficiente de alfa de Crombach apurado para a subescala satisfação foi de 0,57, valor considerado pobre, e o escore médio foi de 1,49. O menor escore obtido foi 1,17, referente ao item 23, que trata da possibilidade de acesso ao laboratório remoto de qualquer lugar e a qualquer hora. Quanto ao item com maior escore, destaca-se o item 25, com índice de 1,75, relativo ao potencial de novas formas de aprender, proporcionadas pelo laboratório remoto.

Na Figura 67, constam os dados de cada item respondido pelos alunos, demonstrando baixo escore referente à discordância de uma forma geral, contudo, o item 23 apresentou 16% com relação aos fatores Discordo Parcialmente (DP) e Discordo Totalmente (DT). O item em questão é relativo à afirmação "O laboratório remoto possibilitou realizar aulas experimentais".

Acredita-se que tal item tenha apresentado esse escore de discordância em virtude de a disciplina de acionamentos já contar com aulas experimentais em laboratório presencial. Ainda assim, acrescenta-se que o intuito do laboratório remoto desenvolvido neste trabalho possui caráter complementar à prática já existente. Nos demais itens, os escores de concordância foram positivos.

Figura 67 – Análise por questão da subescala utilidade na aplicação teste.



Fonte: O Autor.

Pode-se verificar, na Figura 68, que, de forma ampla, a subescala utilidade apresentou um resultado positivo, tendo 94,44% dos escores das respostas demonstrando concordância com as afirmativas do questionário, o que leva a crer que a experimentação remota é uma ferramenta útil para o processo de ensino e aprendizagem na visão dos alunos entrevistados.

6.2.1.5 Visão Geral

De modo geral, os resultados obtidos com os questionários de avaliação da utilização do laboratório remoto possibilitaram a identificação de quais subescalas requerem maior reestruturação e maior planejamento para as aplicações futuras, gerando melhorias para essa ferramenta. Para uma visão geral dos resultados, cabe a análise demonstrada na Figura 69, a qual agrupa os dados de cada subescala.

Essa análise evidencia que a subescala que apresentou resultado mais positivo foi a que se refere a utilidade, com índice de 1,44. As subescalas usabilidade e satisfação tiveram bom desempenho, com índice de 0,94 e 1,13 respectivamente. A percepção da aprendizagem teve o pior desempenho com índice 0,90, como é possível averiguar na Figura 70. Neste gráfico indica

Figura 68 – Gráfico sobre a satisfação apontada na Aplicação Teste

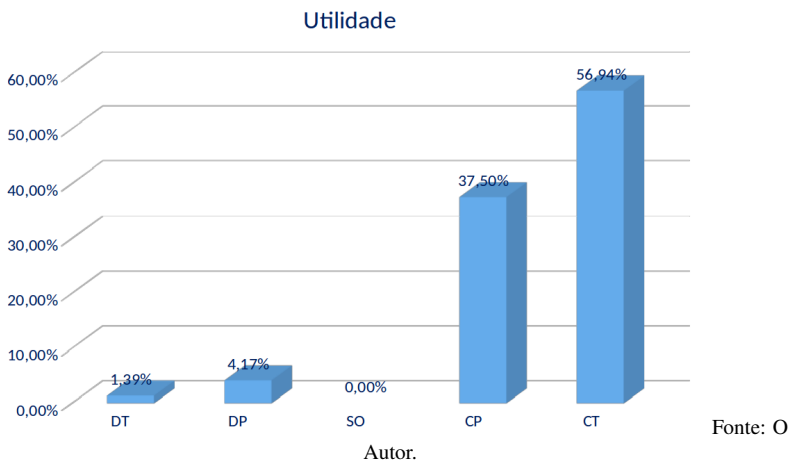
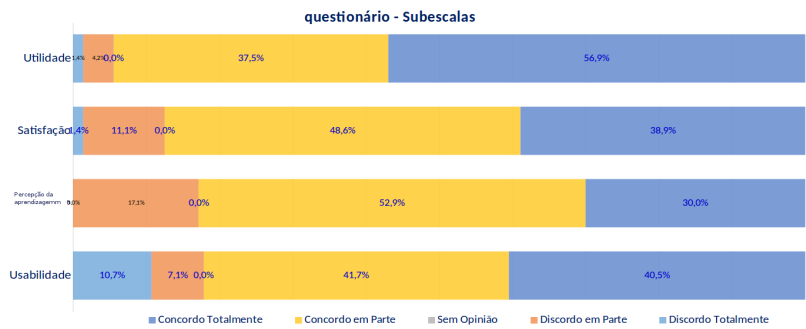
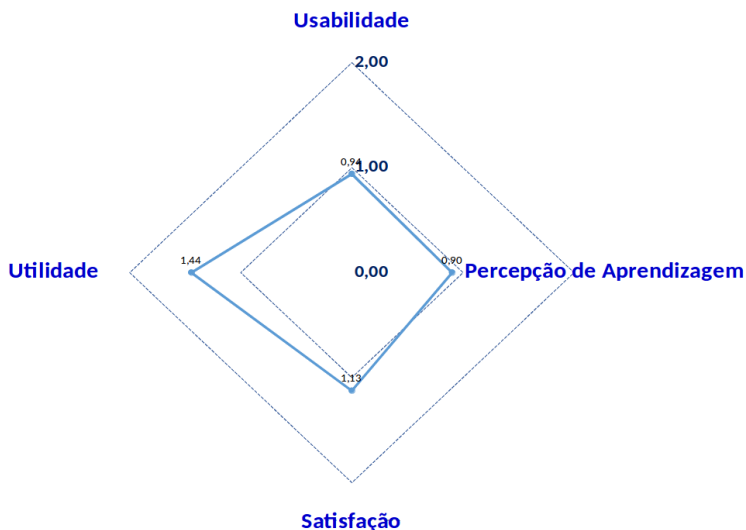


Figura 69 – Visão geral dos resultado por subescala na aplicação teste.



que quanto mais próximos de 2 os valores estiverem melhor o resultado da subescala.

Figura 70 – Visão geral dos resultado por subescala na aplicação teste.



Fonte: O Autor.

Ainda sobre a análise dos dados, é válido ponderar que a aplicação ocorreu em uma turma que já realiza aulas práticas em laboratórios presenciais, e também que a aplicação do experimento ocorreu depois de os alunos já terem trabalhado o conteúdo em questão nas aulas anteriores, inclusive, utilizando o laboratório presencial. Sugere-se, a partir dessas ponderações, que os resultados poderiam ser diferentes se o experimento fosse aplicado em turmas que não trabalharam o conteúdo em laboratório presencial, ou quem sabe até mesmo antes de estudar a teoria. Esses são pontos que encaminharão o planejamento das aplicações seguintes, as quais poderão apontar se esses fatores influenciaram de fato.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de aulas práticas vem se mostrando indispensável para o ensino técnico industrial, bem como a engenharia, pois os alunos desses cursos precisam interligar o conhecimento teórico, adquirido nas academias e escolas técnicas, ao conhecimento prático, afinal, na vida profissional, o engenheiro ou técnico realizam atividades de cunho intelectual e prático. Outro ponto relevante é a inserção da tecnologia nas atividades profissionais, o que acaba gerando a necessidade de inserção de recursos tecnológicos desde a formação profissional, abrindo espaços para o uso da TIC.

Com esse objetivo, o presente trabalho se propôs a desenvolver um laboratório remoto para a experimentação de tipos distintos de acionamento de motores. A busca em bases de dados como IEEEE, SCOPUS e WEB OF SCIENCE reforçou a relevância do desenvolvimento do laboratório para trabalhar esse conteúdo em específico, pois os dados apontaram que laboratórios remotos é um tema já amplamente estudado e divulgado, porém não com relação a acionamento de motores elétricos.

O protótipo desenvolvido oferece aos estudantes, principalmente os do curso de eletromecânica que estão cursando a disciplina máquinas e acionamentos, o acesso a dois modos de partida de motores, escolhidos através de chaves. Os dados obtidos por meio dessa experimentação permitem que os alunos acompanhem a corrente, a velocidade do motor, e um comparativo entre a temperatura do motor e a temperatura ambiente, por meio de mostradores na página web. Junto dessas informações, é disponibilizado um *streaming* de vídeo que possibilita, aos usuários, a visualização do funcionamento do motor, sendo possível ainda acompanhar os valores da corrente, velocidade e temperatura em mostradores digitais alocados junto ao experimento.

Ao final do desenvolvimento do protótipo, ele foi aplicado aos estudantes do curso de eletromecânica integrado ao ensino médio, do IFSC campus Araranguá, com o objetivo de avaliar o experimento remoto. A avaliação foi feita por meio de um questionário dividido em cinco escalas. O resultado desse questionário, de forma geral, mostrou-se satisfatório, despertando o interesse dos alunos a respeito do funcionamento e quanto ao local onde estaria o experimento. Em relação às medidas, o dispositivo desenvolvido se mostrou confiável quanto aos valores medidos e comparados aos valores obtidos por meio do analisador de energia. O resultado do questionário aplicado apresentou dois problemas recorrentes em laboratórios remotos: a conexão de internet e o tempo de espera nas filas para utilizar o laboratório remoto, sendo que esse último pode ser resolvido com o uso de redundância de laboratório e o estanciamento dos laboratórios.

O protótipo foi apresentado para alguns professores que atuam com laboratórios remotos, os quais sugeriram alterações de baixa complexidade, já executadas antes mesmo da aplicação na turma. Uma das melhorias feitas foi a implementação de um botão que possibilita a geração e *download* de um arquivo CSV com as informações coletadas, facilitando a geração de gráficos e relatórios desenvolvidos pelos usuários do experimento remoto.

Conforme a metodologia de pesquisa adotada, o experimento cumpriu com o objetivo principal a que se propunha, qual seja: resolver o problema demandado pelos professores da disciplina de máquinas e acionamentos, o qual foi solucionado ao se apresentar o comportamento da corrente para os modos de partidas selecionados, o que contribuiu para o processo de ensino e de aprendizagem da disciplina em questão.

7.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Ao desenvolver um laboratório remoto, aparecem uma série de dificuldades, pois são muitas variáveis que são manipuladas. A primeira dificuldade encontrada foi medir a grandeza da corrente elétrica, pois a variação de corrente é muito alta, sendo o valor nominal, em regime permanente, o motor apresenta na de centenas de miliamperes, já a corrente de pico passa a ser de alguns amperes, como vimos nos capítulos anteriores. Foram testados inúmeros sensores até que se encontrasse o sensor ideal para o uso.

Outra dificuldade foi a interferência eletromagnética, pois a placa de aquisição e controle opera em baixa tensão enquanto o motor opera em uma tensão trifásica e alternada. No omento da partida no motor ocorre um distúrbio na rede elétrica e fez-se necessário a implementação de filtros para que o sistema de aquisição funcionasse satisfatoriamente.

A integração do laboratório remoto desenvolvido e o sistema de gerenciamento RELLE, também apresentou alguns problemas, pois o sistema de *firewall* da rede do IFSC bloqueava o sinal, após verificação do *firewall*, ocorreram erros na configuração do sistema de *streaming* de vídeo, pois esse estava gravando todos os acessos, assim ocupando memória do sistema e travando o mesmo.

7.2 TRABALHOS FUTUROS

Por se tratar de um protótipo, algumas alterações já estão previstas, tais como: alterar o painel de acionamentos, trocar o painel de madeira por um painel industrial, acrescentar um amperímetro analógico ao painel, entre

outras.

Considerando-se que este trabalho pode representar o início de um laboratório de estudos para a disciplina de acionamentos, caberá a trabalhos futuros: implementar outros modos de acionamentos, viabilizar a possibilidade de implantação dos acionamentos, partida direta e partida estrela triângulo separadamente, integrar os laboratórios remotos com simuladores de acionamentos elétricos, e implementar a realidade aumentada.

Também fica como sugestão de trabalhos futuros a aplicação deste laboratório em outras turmas, ampliando a amostra e comparando os resultados. Assim como a aplicação nas turmas do curso técnico concomitante, com um público mais velho e verificar a aceitação do uso do laboratório remoto e comparar com o público do curso técnico integrado, que são considerados nativos digitais, se os valores dos questionários são parecidos ou divergem por causa da idade do estudante.

REFERÊNCIAS

- ANTONIO, C. P. *Mundos Virtuais 3D Integrados à Experimentação Remota: Aplicação no Ensino de Ciências*. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação) — Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2016.
- ARANCEGUI, M. N.; LASKURAIN, X. S. Reflexiones sobre la industria 4.0 desde el caso vasco. *EKONOMIAZ. Revista vasca de Economía*, v. 89, n. 01, p. 142–173, 2016. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/a/ekz/ekonoz/2016106.html>>.
- ÁVILA, B.; AMARAL, É. M.; TAROUÇO, L. Implementação de laboratórios virtuais no metaverso opensim. *RENOTE*, v. 11, n. 1, 2013.
- BALAMURALITHARA, B.; WOODS, P. C. Virtual laboratories in engineering education: The simulation lab and remote lab. *Computer Applications in Engineering Education*, Wiley Online Library, v. 17, n. 1, p. 108–118, 2009.
- CAETANO, L. M. D. Tecnologia e educação: Quais os desafios? *Educação (UFSC)*, v. 40, n. 2, p. 295–309, 2015.
- CALVO, I. et al. *Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas*. [S.l.]: Ikastrorratza, 2009.
- CARVALHO, G. *Máquinas Elétricas - Teoria e Ensaio*. São Paulo: Érica, 2007.
- CHITUNGO, H. H. C. O uso de laboratórios remotos no ensino de física na educação básica: estudo de caso em escola da rede pública. 2018.
- CUPANI, A. *Filosofia da tecnologia: um convite*. [S.l.]: Editora da UFSC, 2016.
- DJALIC, V. et al. Remote laboratory for robotics and automation as a tool for remote access to learning content. In: *2012 15th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–3.
- DZIABENKO, O. et al. Secondary school needs in remote experimentation and instrumentation. In: *IEEE. 2012 9th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*. [S.l.], 2012. p. 1–4.

- FABREGAS, E. et al. Developing a remote laboratory for engineering education. In: . [s.n.], 2011. v. 57, n. 2, p. 1686 – 1697. ISSN 0360-1315. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131511000716>>.
- FERNANDES, S. C. d. A. *AS Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino e Aprendizagem de História: Possibilidades no Ensino Fundamental e Médio*. Tese (Doutorado) — Tese de Mestrado. Retirado de <http://site.ucdb.br/public/md-dissertacoes> . . . , 2012.
- FILHO, G. F. *Motor de Indução*. São Paulo: Érica, 2002.
- FRANCHI, C. M. *Acionamentos Elétricos*. fourth. [S.l.]: Érica, 2008.
- FREITAS, A. L. P.; RODRIGUES, S. G. A avaliação da confiabilidade de questionários: uma análise utilizando o coeficiente alfa de cronbach. *XII SIMPEP*, p. 1–15, 2005.
- Freitas Junior, V. *Ontologia para representação semântica de indicadores considerando aspectos de vaguidade, temporalidade e relacionamento entre indicadores*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.
- Freitas Junior, V. et al. A pesquisa científica e tecnológica. *Espacios*, v. 35, n. 9, 2014.
- GEORGE, D.; MALLERY, P. *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference, 11.0 atualização (4ª edição)*. [S.l.]: Boston: Allyn & Bacon, 2003.
- GOEDEL, A.; SILVA, I. N. d.; SERNI, P. J. A. Uma abordagem neural para estimação de conjugado em motores de indução. *Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica*, scielo, v. 17, p. 364 – 380, 09 2006. ISSN 0103-1759. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-17592006000300010>>.
- GREGÓRIO, E. A.; OLIVEIRA, L. G.; MATOS, S. A. Uso de simuladores como ferramenta no ensino de conceitos abstratos de biologia: uma proposição investigativa para o ensino de síntese proteica. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 11, n. 1, p. 101–125, 2016.
- GUEDES, M. V. O motor de indução trifásico. *DEEC, FEUP*, 1994.
- GUNČAGA, J.; JANIGA, R. Virtual labs and educational software as a tool for more effective teaching stem subjects. In: *The Third International*

Conference on Computer Science, Computer Engineering, and Education Technologies (CSCEET2016) September 19-21, 2016 Lodz University of Technology, Lodz, Poland. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1.

HECK, C. Integração de tecnologia no ensino de física na educação básica: um estudo de caso utilizando a experimentação remota móvel. 2017.

HORA, H. R. M. da; MONTEIRO, G. T. R.; ARICA, J. Confiabilidade em questionários para qualidade: um estudo com o coeficiente alfa de cronbach. *Produto & Produção*, v. 11, n. 2, p. 85–103, 2010.

IFSC, I. F. d. S. C. *Portal do IFSC - Câmpus*. 2016. Disponível em: <<http://www.ifsc.edu.br/campus>>. Acesso em 30 Dec. 2018.

IKHLEF, A. et al. Online temperature control system. In: *2014 International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL2014)*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 75–78.

JAPPUR, R. F. *Modelo conceitual para criação, aplicação e avaliação de jogos educativos digitais*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

JUNG, C. F. Metodologia científica: ênfase em pesquisa tecnológica. 3^a Edição Revisada e Ampliada, 2003.

LIMA, J. P. C.; OTHERS. *GT-MRE: Grupo de Trabalho em Experimentação Remota Móvel - RF – Relatório Final*. [S.l.], 2015.

LOURENÇO, R. da S. Laboratórios remotos-um estudo para a puc-rio. 2014. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/Pibic/relatorio_resumo2014/relatorios_pdf/ctc/ELE/ELE-Rodrigo%20da%20Silva%20Louren%C3%A7o.pdf>.

LOWE, D. et al. 'rating remote laboratory management systems (rlmss) for more efficient sharing of laboratory resources. *Computer Standards & Interfaces*, Elsevier, v. 43, p. 21–29, 2016.

MA, J.; NICKERSON, J. V. Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, ACM, v. 38, n. 3, p. 7, 2006.

MATTHIENSEN, A. Uso do coeficiente alfa de cronbach em avaliações por questionários. *Embrapa Roraima-Documents (INFOTECA-E)*, Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2010., 2011.

MEC, M. d. E. *Instituto Federal, Histórico*. 2016. Disponível em: <<http://rededefederal.mec.gov.br/historico>>. Acesso em 28 Dec. 2018.

MORAN, J. M. Las nuevas tecnologías y el re-encantamiento del mundo. *Revista ALETHEIA*, v. 3, n. 1, 2011.

NERGUIZIAN, V. et al. Lab@ home for analog electronic circuit laboratory. In: IEEE. *e-Learning in Industrial Electronics (ICELIE), 2012 6th IEEE International Conference on*. [S.l.], 2012. p. 110–115.

NICOLETE, P. C. *Integração de Tecnologia na Educação: Grupo de Trabalho em Experimentação Remota Móvel (GT-MRE) um Estudo de Caso*. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação) — Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2016.

NICOLETE, P. C. et al. Grupo de trabalho em experimentação remota móvel (gt-mre). *Anais do Simpósio Ibero-Americano de Tecnologias Educacionais*, p. 284–294, 2018.

OLIVEIRA, K.; ARAUJO, M.; PRADO, M. R. M. Limites e possibilidades da utilização de atividades experimentais como instrumento didático em escolas públicas do rio grande do norte-brasil. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 8, 2011.

PACHECO, E. M. Os institutos federais: uma revolução na educação profissional e tecnológica. 2018.

PARUSH, A.; HAMM, H.; SHTUB, A. Learning histories in simulation-based teaching: the effects on self-learning and transfer. *Computers & Education*, Elsevier, v. 39, n. 4, p. 319–332, 2002.

PEFFERS, K. et al. A design science research methodology for information systems research. *Journal of management information systems*, Taylor & Francis, v. 24, n. 3, p. 45–77, 2007.

PRADO, M. Articulando saberes e transformando a prática. *Boletim do Salto para o Futuro. Série Tecnologia e Currículo, TV-ESCOLA-SEED-MEC*, 2001. Disponível em: <http://www.eadconsultoria.com.br/matapoio/biblioteca/textos_pdf/texto23.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2018.

ROCHADEL, W. et al. Educational application of remote experimentation for mobile devices. In: *2013 10th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 1–6.

SALTIÉL, R. M. F.; NUNES, F. A indústria 4.0 e o sistema hyundai de produção: suas interações e diferenças. V *SIMEP-Simpósio de Engenharia de Produção. Anais... Joinville*, 2017.

SALZMANN, C. et al. The smart device specification for remote labs. In: IEEE. *Remote engineering and virtual instrumentation (rev)*, 2015 12th international conference on. [S.l.], 2015. p. 199–208.

SANTOS, A. C. d. et al. Integração de tecnologia na educação básica: um estudo de caso nas aulas de biologia utilizando laboratórios on-line. 2018.

SANTOS, R. A. d. *A TV interativa como interface para a experimentação remota*. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação) — Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2016.

SCHAF, F. M. Arquitetura para ambiente de ensino de controle e automação utilizando experimentos remotos de realidade mista. 2006.

SELWYN, N. O uso das tic na educação e a promoção de inclusão social : uma perspectiva crítica do reino unido. 2009.

SHANAB, S. A. et al. Augmented reality internet labs versus hands-on and virtual labs: A comparative study. In: IEEE. *Interactive Mobile and Computer Aided Learning (IMCL)*, 2012 International Conference on. [S.l.], 2012. p. 17–21.

SILVA, J. d. C. A. *A integração das TIC no ensino secundário em Cabo Verde: um estudo de caso*. Tese (Mestrado em Comunicação Educacional Multimédia) — Universidade Aberta Portugal, 2015.

SIMONE, G. A.; CREPPE, R. C. *Conversão Eletromecânica de Energia*. São Paulo: Érica, 1999.

TOMAZ, R. et al. Experimentação remota como recurso pedagógico no ensino de energias renováveis. *Simpósio IberoAmericano de Tecnologias Educacionais.*, v. 21, n. 9, 2017.

VALLS, M. G.; VAL, P. B. Usage of dds data-centric middleware for remote monitoring and control laboratories. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, v. 9, n. 1, p. 567–574, Feb 2013. ISSN 1551-3203.

VOGES. *Manual de Motore Elétricos*. [S.l.], 2011.

WEG. *Motores de corrente alternada*. [S.l.], 2017.

ZUTIN, D. G. et al. Lab2go—a repository to locate educational online laboratories. In: IEEE. *Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE*. [S.l.], 2010. p. 1741–1746.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE LABORATÓRIOS REMOTOS

Legenda				
DT	DP	SO	CP	CT
Concordo Totalmente	Concordo Parcialmente	Sem Opinião	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente

Questões		DT	DP	SO	CP	CT
Usabilidade	1. Foi simples usar o laboratório remoto.					
	2. Não encontrei problemas para executar as ações que desejava no laboratório remoto.					
	3. A conexão de internet dificultou o acesso ao laboratório remoto.					
	4. O tempo de espera na fila do experimento remoto dificultou a realização das atividades.					
	5. As informações contidas na tela contribuíram para manusear o experimento.					
	6. o tempo de execução do laboratório remoto foi suficiente para realizar minhas atividades.					
	7. O tempo de resposta para minhas ações de interação com o laboratório remoto foi razoável.					
Percepção da aprendizagem	8. A experimentação remota melhorou minha compreensão dos conceitos.					
	9. A experimentação remota ajudou a relacionar os conceitos estudados em sala de aula com o meu cotidiano.					
	10. O laboratório remoto contribuiu para minha aprendizagem					
	11. A experimentação remota foi uma experiência de aprendizagem eficaz.					
	12. As habilidade adquiridas foram valiosas para minha aprendizagem.					

	13. A forma como o experimento foi abordado em sala de aula contribui para a resolução de problemas.					
Satisfação	14. Em geral, estou satisfeito com o laboratório remoto.					
	15. A experimentação remota foi relevante para meus estudos					
	16. A experimentação remota aumentou minha motivação em aprender o comportamento dos motores na disciplina de acionamentos elétricos					
	17. Aconselharia meus colegas a utilizar o laboratório remoto.					
	18. Gostaria de utilizar outros experimentos remotos na disciplina ou em outras disciplinas.					
	19. O laboratório remoto melhorou a comunicação com meus colegas.					
Utilidade	20. Fiquei convencido de estar realizando um experimento real e não uma simulação					
	21. creio que é possível alcançar aprendizagens similares às adquiridas em um laboratório presencial.					
	22. A possibilidade de acessar o laboratório remoto em qualquer momento do dia e de qualquer lugar é muito útil para planejar melhor o tempo de estudo.					
	23. O laboratório remoto me possibilitou realizar aulas experimentais na disciplina.					
	24. A realização de experimentos em um laboratório remoto pode melhorar o desempenho em um laboratório real.					

	25. O laboratório de experimentação remota pode proporcionar novas formas de aprender.						

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO DO PERFIL DOS ALUNOS.

Idade?

- Menos que 16 anos
- 16 anos
- 17 anos
- 18 anos
- 19 anos
- Mais de 19 anos

Genero?

- Feminino
- Masculino

Possui alguma deficiência?

- Sim
- Não
- Não desejo declarar

Possui computador?

- Sim
- Não

Possui acesso à internet?

- sim
- Não

Meio preferencial de acesso à internet

- Computador (desktop)
- Computador (laptop)
- Dispositivos Móveis (smartphone)
- Dispositivos Móveis (tablet)
- outros

Local preferencial de acesso à internet?

- Residência
- Escola
- Lan House/cyber Café
- outros

Com que frequência você acessa à internet?

- mais de uma vez por dia
 Pelo menos uma vez por dia
 Pelo menos uma vez por semana
 Pelo menos uma vez por mês
 Menos de uma vez por mês

Qual atividade você mais realiza no uso da internet?

- Buscar informações no Google ou outro buscador
 Assistir vídeos
 Utilizar redes sociais
 Buscar mapas na internet
 ler livros online
 Postar vídeos que desenvolve

Você acessa à internet para realização de atividades escolares?

- Sim
 Não

Se a resposta anterior for sim, você utiliza a internet para:

- Fazer pesquisas para a escola
 Fazer trabalhos sobre um tema
 Realizar trabalhos em grupo
 Fazer lições ou exercícios que o professor passa
 Fazer apresentações para colegas de classe
 Nenhuma resposta

Você trabalha?

- Sim
 Não

Pretende cursar alguma graduação ?

- Sim
 Não

Qual área pretende cursar na graduação?

- | | |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | Engenharia (Civil, mecânica, energia, computação, elétrica, etc) |
| <input type="checkbox"/> | Tecnologias (computação, tecnologia da informação e comunicação) |
| <input type="checkbox"/> | Ciências exatas (matemática, física, Química ou biologia) |
| <input type="checkbox"/> | Ciências Humanas (História, Geografia, Sociologia, Filosofia, etc) |
| <input type="checkbox"/> | Linguagem (português, Inglês, francês, etc) |
| <input type="checkbox"/> | Comunicação e Artes (Cinema, Artes visuais e plásticas, Fotografia, jornalismo) |
| <input type="checkbox"/> | Humanas (Direito, Serviço social, Sociologia, História, Pedagogia, etc) |
| <input type="checkbox"/> | Saúde (Enfermagem, Medicina, Odontologia) |