

SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS DE ENSINO *MAKER*

Cristiano Torres do Amaral

Resumo: O movimento *Maker* ganhou espaço nos últimos anos, estimulando estudantes e professores para realização de atividades de ensino e pesquisa de maneira inovadora nos laboratórios das universidades. Por isso, este artigo apresenta um breve estudo acerca da gestão e segurança em laboratórios utilizados no ensino superior, em especial, nos cursos de engenharia elétrica, eletrônica, telecomunicações, mecatrônica e afins, que possuam as disciplinas profissionalizantes de eletrônica e circuitos elétricos. O texto apresenta a descrição das atividades realizadas e a legislação associada para segurança do trabalho nesses ambientes. O tema é inovador e buscar contemplar uma lacuna da Segurança e Medicina do Trabalho no ensino superior, com destaque no momento em que as instituições adotam o sistema de ensino *Maker*.

Palavras-chave: Ensino Superior; Laboratório; Segurança do Trabalho.

1. INTRODUÇÃO

No começo da vida escolar o estudante tem inúmeras possibilidades de descoberta e vivência no ambiente escolar. Na infância as brincadeiras com blocos, Lego® ou massinha de modelar formavam castelos ou bonecos, se transformavam em aprendizado e, principalmente, em símbolos de conquista pessoal e muita alegria. Desde os primeiros anos percebe-se que o aprendizado obrigatoriamente passava pelas mãos (BONFIM, 2012).

O Movimento *Maker* surge nesse contexto e incentiva a produção prática e manual por parte de pessoas comuns, fazendo-as criar, consertar e modificar objetos e desenvolvendo projetos com suas próprias mãos (Fig. 1). A ideia é desenvolver e promover as habilidades de maneira lúdica nos estudantes. Este conceito está avançando inclusive no ensino superior, e integrando teoria e prática nos laboratórios (SILVA, 2018).



Figura 1. Laboratório e Oficina *Maker* na Campus Party 2019
Fonte: Camera, 2019.

Este movimento educacional está pautado no princípio STEAM, que representa uma sigla em inglês para associação das disciplinas Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática (*Science, Technology, Engineering, Arts e Mathematics*). Steam é considerada uma metodologia inovadora de ensino e está baseada em projetos. O objetivo principal é formar pessoas com diversos conhecimentos, desenvolver valores, e promover de maneira lúdica conteúdos teóricos, preparando estudantes conscientes para os desafios do futuro (SILVA et al, 2017).

Contudo, as atividades em um laboratório de ensaio exigem muita atenção. Nesses locais existem materiais e equipamentos utilizados nas atividades de construção e manutenção que expõem o professor e os estudantes aos riscos de acidentes. Esses acidentes podem ter como consequências lesões temporárias ou até mesmo a letalidade. Além disto, apenas os materiais e produtos manuseados já são considerados fontes potenciais de acidentes e/ou contaminação (AMARAL, 2007).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Carneiro e Fiori (2014) destacam a importância de aplicação das normas de segurança em atividades experimentais nos laboratórios de ciências. Para tanto esclarecem a necessidade das atividades práticas para fortalecimento do processo de ensino e aprendizagem.

As atividades práticas são previstas na Lei de Diretrizes e Bases da Educação e, de acordo com as Novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) dos cursos de engenharia, as atividades de laboratório são obrigatórias:

§ 1º É obrigatória a existência das atividades de laboratório, tanto as necessárias para o desenvolvimento das competências gerais quanto das específicas, com o enfoque e a intensidade compatíveis com a habilitação ou com a ênfase do curso. [Art. 6º - Resolução nº. 2/2019 – Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação de Engenharia]

As DCN dos cursos de engenharia também estabelecem a necessidade de garantir a formação profissional consciente, considerando “os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho” (grifo nosso).

Por sua vez, Rangel et al (2014) recomenda a elaboração de documentação que descreva os fatores de riscos e procedimentos operacionais para coibir acidentes de trabalho. A presença dos fatores de risco não impede a realização das aulas práticas, mas exige cuidados com a segurança nas atividades de ensino nos laboratórios.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de trabalho deste estudo está baseada na observação do problema, apresentação da legislação associada e propostas de melhoria. A observação foi realizada a partir da análise de um layout de laboratório de robótica do curso de engenharia elétrica (Fig. 2), planos de ensino das disciplinas Eletrônica (Fig. 3), Controle e Automação, Microcontroladores e Circuitos Elétricos, bem como disposição de bancadas e áreas de

ensaios.



Figura 2. Laboratório de Robótica MetroTech
Fonte: AMARAL, 2019

8. CRONOGRAMA PROPOSTO					
DATA PREVISTA		DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES DE APRENDIZAGEM			
Dia	Mês	Unidade	Aula teórica	Aula prática	Conteúdos
05	07	I	4		Transistores de junção bipolar
12	07	I	2	2	Transistores de junção bipolar/ Prática de laboratório
19	02	I	4		Fundamentos de transistor
26	02	I		4	Prática de laboratório
12	03	I	4		Fundamentos de transistor
19	03	I	2	2	Circuitos de polarização do transistor/ Prática de laboratório
26	03	I		4	Prática de laboratório
02	04	I	4		Revisão avaliação
09	04	I	4		Avaliação N1
16	04		4		Análise CA do transistor TBJ
23	04	II		4	Prática de laboratório
30	04	II	4		Amplificadores
07	05	II	2	2	Amplificadores/ Prática de laboratório
14	05	II		4	Prática de laboratório
21	05	III	4		Transistores de efeito de campo
28	05	III	2	2	Transistores de efeito de campo/ Prática de laboratório
04	06	III		4	Prática de laboratório
11	06	II e III	4		Revisão avaliação
25	06	II e III	4		Avaliação N2
04	07	II e III	4		REPOSITIVA

Figura 3. Modelo de Cronograma de Atividades no Plano de Ensino
Fonte: Autor

Conforme observado na Fig. 3, foram avaliados onze planos de ensino do curso de engenharia elétrica de uma faculdade privada de Porto Velho/RO. Foram elencadas as disciplinas que utilizam o laboratório de Robótica. A relação das disciplinas e respectivas cargas horárias está disposta na Tabela I a seguir:

Disciplina	Carga Horária Teórica (horas/Semestre)	Carga Horária Prática (horas/Semestre)	Carga Horária Total (horas/Semestre)
Circuitos Elétricos I	60	20	80
Circuitos Elétricos II	60	20	80
Eletrônica I	60	20	80
Eletrônica II	60	20	80
Eletrônica de Potência	60	20	80
Máquinas Elétricas	60	20	80
Física I	40	20	60
Física II	60	20	80
Física III	60	20	80
Controle e Servomecanismo	40	20	60
Microcontroladores	60	20	80
Total	620	220	840

Fonte: Autor

Conforme observado no referencial teórico deste trabalho é possível constatar a abrangência das normas de segurança do trabalho nas atividades de ensino e pesquisa que ocupam cerca de 30% da carga horária dos cursos com aulas em laboratório. Por isso foram apreciados manuais de segurança de instituições de ensino superior que ofertam cursos de engenharia elétrica e a legislação vigente.

Segundo EXSTO (2019), as normas de Segurança e Medicina do Trabalho que se destacam para aplicação nos laboratórios *Maker* são apresentadas em destaque na Figura 4 a seguir.

NR-01 Disposições Gerais	NR-02 Inspeção Prévia	NR-03 Embargo ou Interdição	NR-04 Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho	NR-05 Comissão Interna de Prevenção de Acidentes	NR-06 Equipamentos de Proteção Individual - EPI	NR-07 Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO	NR-08 Edificações	NR-09 Programas de Prevenção de Riscos Ambientais
NR-10 Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade	NR-11 Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais	NR-12 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos	NR-13 Caldeiras e Vasos de Pressão	NR-14 Fornos	NR-15 Atividades e Operações Insalubres	NR-16 Atividades e Operações Perigosas	NR-17 Ergonomia	NR-18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção
NR-19 Explosivos	NR-20 Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis	NR-21 Trabalho a Céu Aberto	NR-22 Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração	NR-23 Proteção Contra Incêndios	NR-24 Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho	NR-25 Resíduos Industriais	NR-26 Sinalização de Segurança	NR-27 Registro Profissional do Técnico de Segurança do Trabalho no MTB
NR-28 Fiscalização e Penalidades	NR-29 Segurança e Saúde no Trabalho Portuário	NR-30 Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário	NR-31 Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura	NR-32 Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde	NR-33 Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados	NR-34 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção e Reparação Naval	NR-35 Trabalho em Altura	NR-36 Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados

Figura 4. Normas de Segurança e Medicina do Trabalho
Fonte: Adaptado de EXSTO, 2019.

Além da abordagem proposta por EXSTO (2019), este trabalho também realizou consulta junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), por meio da Lei de Acesso a Informação (Fig. 5).

A consulta ao INMETRO foi realizada para apurar a aplicação das normas de segurança e medicina do trabalho aplicadas em um laboratório de referência.

Resposta	
Data da Resposta	31/05/2019 09:51
Classificação do Tipo de Resposta	Resposta solicitada inserida no e-SIC
Resposta	<p>Prezado Senhor,</p> <p>Estamos enviando resposta da área técnica: Sesao</p> <p>" O estabelecimento das medidas de controle do risco para os serviços em eletricidade, para proteção dos trabalhadores dos Laboratórios da Divisão de Metrologia Elétrica (Diele) e das instalações desses Laboratórios tem por base:</p> <ul style="list-style-type: none">- NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade - para concepção das instalações, equipamentos e sistemas dos Laboratórios, e para definição dos métodos e procedimentos de trabalho.- NR 6 - Equipamento de Proteção Individual (EPI) - para homologação dos EPI necessários à proteção individual dos trabalhadores contra o risco de choque elétrico.- NR 7 – PPRA – para definição de medidas de controle do risco de ordem coletiva (EPC), administrativa e de engenharia, para proteção contra o risco de choque elétrico.- Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (COSCIP) – para prevenção e combate a incêndio nas instalações dos Laboratórios. <p>As versões atualizadas das Normas Regulamentadoras encontram-se no site da Secretaria de Trabalho do Ministério da Economia.</p> <p>https://enit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-menu/sst-normatizacao/sst-nr-portugues?view=default</p> <p>Resposta elaborada pela servidora : Márcia Nelma Lopes Damasceno (Sesao)</p>
Anexos	Não existem anexos.
Responsável pela resposta:	Márcia Nelma Lopes Damasceno
Destinatário do recurso de primeira instância:	Diretor da Dlrar
Prazo limite para recurso:	12/06/2019

Figura 5. Consulta ao Laboratório de Eletricidade do INMETRO
Fonte: Autor

3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Tabela I a seguir apresenta o resultado do levantamento realizado a partir da análise dos planos de ensino do curso de engenharia elétrica, identificando a situação problema e fatores de risco nas aulas práticas. Neste levantamento também foi possível identificar a legislação associada ao laboratório *Maker* de robótica de acordo com o risco associado para sua prevenção:

As situações problemas identificadas nas aulas práticas dos laboratórios de engenharia elétrica são recorrentes e, por isso, é recomendável a elaboração de um Manual de Segurança com ampla divulgação junto ao corpo discente, docente e administrativo. As Figuras 6 e 7 apresentam exemplos de manual de segurança em laboratórios didáticos dos cursos de engenharia elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Federal Rural do Semiárido (Ufersa).

Contudo, é possível verificar a necessidade de elaboração de manuais que considerem as particularidades das atividades em um laboratório *Maker*. Nestes laboratórios as aulas privilegiam a improvisação e, na maioria dos casos, os discentes não seguem um roteiro prático para confecção de seus protótipos. Nas aulas dos laboratórios *Makers* os discentes são incentivados a realizarem as atividades com improvisação, valorizando a criatividade e uso diferenciado dos recursos.

Tabela II. Fatores de Risco e Legislação de Segurança e Medicina do Trabalho

Situação Problema Fatores de Risco	Norma	Descrição	Aplicação/ Justificativa
Aulas de montagens eletroeletrônicas que utilizam ferro de solda,	NR-6	Equipamentos de Proteção Individual (EPI)	Utilização de EPI para montagens eletroeletrônicas, com destaque

furadeiras, placas de protótipos (<i>protoboard</i>), componentes eletrônicos e bancadas de acionamento de motores e automação			para óculos, luvas e protetores auriculares.
Controle periódico semestral para garantir a integridade do docente para condução das atividades em laboratório	NR-7	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional	Acompanhame nto do corpo docente que está diretamente envolvido em atividades de laboratório e identificação de riscos associados

Acesso simultâneo de alunos, professores, profissionais de apoio e leigos no laboratório	NR-9	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais	Identificação e mapeamento da exposição dos riscos no laboratório
Aulas de montagens eletroeletrônicas, controle e automação, simulação de instalações elétricas prediais e acesso aos quadros elétricos	NR-10	Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade	Identificação, mapeamento, controle e exposição de risco elétrico de docentes e discentes nas atividades de laboratório

Aulas de controle automação com acionamento de motores elétricos e circuitos eletrônicos associados	NR-12	Segurança em Máquinas e Equipamentos	Controle do ambiente de aula para segurança dos docentes e discentes durante as atividades de ensino
Mobiliário, disposição de bancadas e arranjo dos kits eletroeletrônicos para realização das aulas com segurança	NR-17	Ergonomia	Manutenção do <i>layout</i> adequado do laboratório para as atividades práticas

Aulas de luminotécnica e automação que exigem o uso de escadas e plataformas elevatórias	NR-35	Trabalho em Altura	Orientação do corpo docente e discente para realização das aulas em segurança
Aulas com falhas em protótipos que podem provocar incêndios ou curto-circuitos	Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (COSCIP)	Plano de Combate a Incêndio	Treinamento e capacitação do corpo docente, discente e administrativo para segurança individual e coletiva

Fonte: Autor



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Energia e
Automação Elétricas

Manual de Segurança para Laboratórios Didáticos de Eletricidade, Eletrotécnica, Automação, Máquinas Elétricas e Sistemas de Potência

Julho de 2012
Autores:

Comissão de segurança do PEA

Rev. 1.0

3.1.2 Entre duas partes energizadas

Este choque elétrico é muito semelhante com o do item anterior, porém, ocorre quando duas fases distintas e energizadas são tocadas por duas partes distintas do corpo da pessoa. A tensão a qual a pessoa é submetida é maior do que no caso anterior (em geral, será de 220 V). Desta forma, a corrente que percorrerá o corpo também é maior e pode provocar danos mais sérios, tendo grande probabilidade de passar pelo coração.

3.1.3 Percussão das correntes no corpo humano

O caminho que a corrente elétrica percorre através do corpo humano está diretamente ligado com as consequências físicas do choque. Mais detalhes serão dados na seção 3.2.

A) **Passando entre os dedos da mesma mão** (Fig. 3.2): não há risco de morte, mas pode gerar queimaduras e até perda dos dedos (dependendo da tensão e do tempo de exposição).



Fig. 3.2 Percussão A.

B) **Entrando por uma mão e saindo pela outra** (Fig. 3.3): é o mais perigoso, pois atravessa o tórax inteiro, pode causar parada cardíaca.



Fig. 3.3 Percussão B.

C) **Entrando por uma mão e saindo por um dos pés** (Fig. 3.4): a corrente atravessa parte do tórax, centros nervosos, diafragma. Pode causar fibrilação ventricular e asfixia, como também a parada Manual de segurança em lab. didáticos do PEA. 5/24

Figura 6. Manual de Segurança em Laboratórios Didáticos - USP
Fonte: Comissão de Segurança PEA, 2012.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

MANUAL DE NORMAS E PROCEDIMENTOS DE UTILIZAÇÃO DOS LABORATÓRIOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Mossoró-RN
2017

Este manual constitui-se de uma adaptação, reproduzindo todo ou parte dos tópicos abordados nas publicações relacionadas no tópico Bibliografia.

potencial, maior será a corrente elétrica; como consequência, o choque também será maior. Geralmente, um desses pontos são os pés, que estão em contato com o solo, e o outro ponto é o que de fato entra em contato com algum aparelho elétrico ou fio elétrico.

A intensidade da corrente elétrica depende de alguns fatores relevantes, como por exemplo, a tensão e a resistência elétrica do caminho percorrido pela corrente elétrica no corpo. A resistência do corpo humano sofre variação de uma pessoa para outra e também depende das condições da pele de cada um. Quando o corpo humano está molhado, sua resistência é bem menor do que quando está seco.

6.3 Danos causados ao corpo humano

Quando uma corrente elétrica passa pelo corpo humano, estamos aptos a sentir os seguintes efeitos: pequena formigação, dores, espasmos musculares, contrações musculares, alteração nos batimentos cardíacos, parada respiratória, queimaduras e morte. Os danos são provenientes do fato de que o movimento dos músculos e as transmissões de sinais nervosos ocorrem pela passagem de pequenas correntes elétricas.

Temos que lembrar que outro fator que pode causar danos ao corpo humano é o trajeto que a corrente faz. O fato dela passar pelo coração, que é um músculo, causa os espasmos que alteram o ritmo cardíaco, deixando-o irregular. Os choques mais perigosos ocorrem quando uma pessoa segura com as duas mãos o fio elétrico, pois o caminho a ser percorrido pela corrente elétrica fica mais próximo do coração.

O quadro 1 mostra os valores aproximados de corrente elétrica e os danos que podem ser causados à vítima.

Valores aproximados da corrente (Milliamper - mA)	Danos ao corpo humano
1 mA a 10 mA	apenas formigamento
10 mA a 20 mA	dor e forte formigamento
20 mA a 100 mA	convulsões e parada respiratória
100 mA a 200 mA	fibrilação
acima de 200 mA	queimaduras e parada cardíaca.

Quadro 01: Valores aproximados de corrente e os danos que causam

Figura 7. Manual de Segurança em Laboratórios Didáticos
Fonte: BEZZERRA et al, 2017.

A Figura 8 apresenta um exemplo de atividade prática em um laboratório *Maker*. Neste exemplo os alunos desenvolvem a montagem de um protótipo de Drone. É possível observar na bancada os materiais utilizados, bem os como os instrumentos e ferramentas utilizadas.



Figura 8. Prática em Laboratório *Maker*

Fonte: Autor

Neste tipo de atividade o plano de aula não consegue contemplar todas as atividades desenvolvidas, uma vez que envolve ações de criatividade e improvisação que não podem ser previstos em um roteiro de aula. Nesta aula aplicam-se todas as Normas Regulamentadoras conforme Tabela III a seguir:

Tabela III. Legislação de Segurança e Medicina do Trabalho

Norma	Descrição	Aplicação/Justificativa
NR-6	Equipamentos de Proteção Individual (EPI)	A montagens eletrônicas exigem a utilização de óculos de proteção
NR-7	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional	Garantir a saúde ocupacional do docente que está acompanhando a atividade de ensino prático com exames periódicos
NR-9	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais	Mapa de risco ambiental do laboratório para evitar que o corpo discente tenha contato com áreas de risco elétrico, máquinas e demais instrumentos
NR-10	Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade	Controle da zona de risco para evitar a exposição desnecessária de discentes e docente

NR-12	Segurança em Máquinas e Equipamentos	Limitar o acesso dos envolvidos nas áreas de máquinas e equipamentos de risco
NR-17	Ergonomia	Garantir a acessibilidade e atividade prática sem riscos
NR-35	Trabalho em Altura	Evitar a exposição dos alunos em risco de altura durante os testes com o <i>drone</i>
Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (COSCIP)	Plano de Combate a Incêndio	Prever ações de combate a incêndio e evacuação rápida do laboratório

4. CONCLUSÕES

Neste texto foi possível verificar a necessidade de aplicação das normas de segurança nos laboratórios dos cursos de engenharia, em especial, após o crescimento do movimento *Maker* no Brasil. Diversas escolas de ensino superior estão

adotando essa metodologia de ensino prático para fomentar as atividades de laboratório. Essas atividades valorizam a improvisação e criatividade, sem adotar um roteiro prévio e plano de ensino rígido. Por esse motivo é crescente a preocupação de professores e gestores de instituições de ensino para prevenção de acidentes. A identificação dos riscos associados às atividades práticas contribuem para a prevenção e elaboração de planos de controle. Além disso, a aplicação das normas regulamentadoras de segurança e medicina do trabalho são importantes desafios para professores e corpo técnico de universidades de todo o país.

Este texto apresentou a aplicação das normas de segurança e medicina do trabalho em espaços *Makers* organizados para a prática de ensino profissional nas faculdades de engenharia. No laboratório de robótica, avaliado neste estudo, foram avaliadas a aplicação das normas regulamentadoras NR-6; NR-7; NR-9; NR-10; NR-12; NR-17; NR-35 e legislação correlata a prevenção de incêndio.

REFERÊNCIAS

AMARAL, C. T. **Laboratório de Robótica Metrotech**. Disponível em <<https://bit.ly/2K66J8F>> Acesso em 26 jul 19.

AMARAL, F. G. et al. Condições de saúde e segurança em laboratórios de ensaios de materiais elétricos. **In: Revista Gestão Industrial v. 3 n. 2 2007**. Disponível em <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/75>> Acesso em 25 jul. 19.

BEZERRA, B. G. S. et al. **Manual de Normas e Procedimentos de Utilização dos Laboratórios de Engenharia Elétrica**.

Disponível em <<https://progepe.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/62/2018/01/MANUAL-DE-NORMAS-E-PROCEDIMENTOS-DE-UTILIZA%C3%87%C3%83O-DOS-LABORAT%C3%93RIOS-DE-ENGENHARIA-EL%C3%89TRICA.pdf>> Acesso em 29 jul. 19.

BRASIL. Ministério da Educação. Resolução nº 2 - Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/docman/fevereiro-2019-pdf/107951-pces819-18/file>> Acesso em 29 jul. 19.

BONFIM, P. V. Ludicidade e desenvolvimento infantil. São João Del Rey: UFSJ, 2012.

CAMERA, R. Oficinas especiais da Campus Party 10. Disponível em: <<https://blog.fazedores.com/makers-o-que-fazer-na-campus-party-dia-3-cpbr10/>> Acesso em 29 jul. 19.

CARNEIRO, C. FIORI, S. A importância das normas de segurança nas atividades experimentais em laboratórios de ciências. In: Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE – 2014. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uem_cien_artigo_cleiriane_carneiro.pdf> Acesso em 29 jul. 19.

COMISSÃO DE SEGURANÇA USP. Manual de Segurança para Laboratórios Didáticos de Eletricidade, Automação, Máquinas Elétricas e Sistemas de Potência. Disponível em <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/340185/mod_resource/content/1/Manual%20de%20seguranca%20em%20laboratorios%20de%20eletricidade%20do%20PEA-POLI-USP.pdf> Acesso em 29 jul. 19.

EXSTO. **Norma de Segurança Aplicáveis em Laboratórios.** Disponível em <<https://exsto.com.br/>> Acesso em 26 jul. 19.

RANGEL, S. V. D. et al. Segurança em práticas de ensino em laboratórios de engenharia. **In: Revista Praxis, v. 6, n.12, 2014.** Disponível em: <<http://revistas.unifoa.edu.br/index.php/praxis/article/view/613>> Acesso em 29 jul. 19.

SILVA, M. A. Cultura Maker e Educação para o Século XXI. **In: Anais do XVI Congresso Internacional de Tecnologia na Educação.** Disponível em <<http://twixar.me/VtW1>> Acesso em 25 jul. 19.

SILVA, I. O. et al. Educação científica empregando o método STEAM e um makerspace a partir de uma aula-passeio. **In: Latin American Journal of Science Education.** Disponível em <http://www.lajse.org/nov17/22034_Silva_2017.pdf> Acesso em 25 jul. 19.



Cristiano Torres do Amaral

Escritor, engenheiro, geógrafo, mestre em engenharia elétrica e mestre em geografia, doutor em desenvolvimento regional e meio ambiente. Atuou na gestão, coordenação e docência de cursos superiores e tecnológicos em ciências exatas, geociências, segurança pública e defesa.