

Anais

III *semana*
DIAS
engenharias

III MOSTRA CIENTÍFICA

III Semana das Engenharias

3ª Mostra Científica

ANAIIS



Universidade Regional Integrada do Alto
Uruguai e das Missões

Reitor

Luiz Mario Silveira Spinelli

Pró-Reitora de Ensino

Rosane Vontobel Rodrigues

Pró-Reitor de Pesquisa, Extensão e Pós-Graduação

Giovani Palma Bastos

Pró-Reitor de Administração:

Nestor Henrique de Cesaro

Câmpus de Frederico Westphalen

Diretora Geral

Silvia Regina Canan

Diretora Acadêmica

Elisabete Cerutti

Diretor Administrativo

Clovis Quadros Hempel

Câmpus de Erechim

Diretor Geral

Paulo José Sponchiado

Diretora Acadêmica

Elisabete Maria Zanin

Diretor Administrativo

Paulo Roberto Giollo

Câmpus de Santo Ângelo

Diretor Geral

Gilberto Pacheco

Diretor Acadêmico

Marcelo Paulo Stracke

Diretora Administrativa

Berenice Beatriz Rossner Wbatuba

Câmpus de Santiago

Diretor Geral

Francisco de Assis Górski

Diretora Acadêmica

Michele Noal Beltrão

Diretor Administrativo

Jorge Padilha Santos

Câmpus de São Luiz Gonzaga

Diretora Geral

Sônia Regina Bressan Vieira

Câmpus de Cerro Largo

Diretor Geral

Edson Bolzan



ANAIS DA III SEMANA DAS ENGENHARIAS

3ª MOSTRA CIENTÍFICA

**03 a 08 DE AGOSTO DE 2015
FREDERICO WESTPHALEN - RS**

ORGANIZAÇÃO DO EVENTO

Universidade Regional Integrada do Alto
Uruguai e das Missões – Câmpus de Frederico
Westphalen

Departamento de Engenharias e Ciência da
Computação

Curso de Engenharia Civil

Curso de Engenharia Elétrica

Comissão Organizadora

Corpo Docente:

Fabício Hoff Dupondt

Luiz Antônio Cantarelli

Rafael Pires Portella

William Widmar Cadore

Corpo Discente:

Alex Henrique Marasca

Carlos Antônio de Souza

Tiago Bisognin Immich

Rodrigo Stahl Mariani

Comissão Científica

Fabício Hoff Dupondt

William Widmar Cadore

Comissão de Avaliação

Fabício Hoff Dupondt

William Widmar Cadore

Organização dos Anais

Fabício Hoff Dupont

Luiz Antônio Cantarelli

William Widmar Cadore

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
CÂMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

III Semana das Engenharias

3ª Mostra Científica

ANAIIS

Organizadores

Fabício Hoff Dupont
Luiz Antônio Cantarelli
William Widmar Cadore



Frederico Westphalen
2015



Este trabalho está licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivados 3.0 Não Adaptada. Para ver uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>.

Organização: Fabrício Hoff Dupont, Luiz Antônio Cantarelli, William Widmar Cadore

Revisão metodológica: William Widmar Cadore

Diagramação: Tani Gobbi dos Reis

Capa/Arte: Silvana Kliszc

Revisão Linguística: Wilson Cadoná

O conteúdo de cada resumo bem como sua redação formal são de responsabilidade exclusiva dos (as) autores (as).

Catlogação na Fonte elaborada pela
Biblioteca Central URI/FW

S47a Semana das Engenharias (3. : 2015 : Frederico Westphalen, RS)
Anais [da] III Semana das Engenharias, III Mostra Científica [recurso eletrônico] / Organizadores: Fabrício Hoff Dupont, Luiz Antônio Cantarelli, William Widmar Cadore. Frederico Westphalen : URI – Frederico Westph, 2015.
124 p.

Modo de acesso: <http://www.fw.uri.br/site/pagina/editora>

ISBN 978-85-7796-158-0

1. Engenharias - anais. I. Dupont, Fabrício Hoff. II. Cantarelli, Luiz Antônio. III. Cadore, William Widmar. IV. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus de Frederico Westphalen . V. Curso de Engenharia Civil. VI. Curso de Engenharia Elétrica. VII. Título.

CDU 62

Bibliotecária Gabriela de Oliveira Vieira



URI - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prédio 8, Sala 108

Câmpus de Frederico Westphalen

Rua Assis Brasil, 709 - CEP 98400-000

Tel.: 55 3744 9223 - Fax: 55 3744-9265

E-mail: editorauri@yahoo.com.br, editora@uri.edu.br

Impresso no Brasil
Printed in Brazil

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	8
WILLIAM WIDMAR CADORE	
CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS SOLOS DE FREDERICO WESTPHALEN	9
BANDIEIRA, MARIANA; CADORE, WILLIAM WIDMAR	
HISTÓRICO E ASPECTOS CONSTRUTIVOS DE PONTES ESTAIADAS	14
ZAT, TUANI; CADORE, WILLIAM WIDMAR	
REJEITOS DE GARIMPO DA PEDRA AMETISTA PARA PRODUÇÃO DE CONCRETOS: ABSORÇÃO CAPILAR DE ÁGUA	19
TIBURSKI, ALESSANDRA MARIA; GIACOMINI, MAIARA; CADORE, WILLIAM WIDMAR	
MÉTODOS COMBINADOS DE ANÁLISE DA DURABILIDADE E RESISTÊNCIA EM CONCRETOS PRODUZIDOS COM REJEITOS DE GARIMPO DA PEDRA AMETISTA.....	22
TIBURSKI, ALESSANDRA MARIA; GIACOMINI, MAIARA; CADORE, WILLIAM WIDMAR	
A EVOLUÇÃO DA ILUMINAÇÃO: O LED	26
DA LUZ, ADENÍLSON; SCHEFFER, CAROLINE; KRZYZANIAK, PATRIK; CADORE, WILLIAM WIDMAR	
CONCEITO, COMPOSIÇÃO, FABRICAÇÃO, PROPRIEDADES E IMPACTOS AMBIENTAIS DAS TINTAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	32
SHEFFER, CAROLINE; NICKHORN, EVALDO RODRIGO RANOFF; CAMPAGNOLO, FRANCIS; KRZYZANIAK, PATRIK, CADORE, WILLIAM WIDMAR	
SEGURANÇA NO TRABALHO: DESAFIO DA ENGENHARIA CIVIL	37
WECKER, BIANCA R.; CORRÊA, BRUNA; LOPES, FABIANA DA SILVA; SOUZA, IRACEMA DE; BOHNENBERGER; MARCELA VARGAS; LESZYNSKI; PRISCILA F.; CADORE, WILLIAM WIDMAR	
INOVAÇÃO E TECNOLOGIA NA ILUMINAÇÃO PELO SISTEMA LED	48
RIBOLLI, ADAIR; MARIANI, RODRIGO STAHL, IMMICH, TIAGO BISOGNIN; DUPONDT, FABRÍCIO HOFF; CANTARELLI, LUIZ ANTÔNIO.....	
ALGUMAS VANTAGENS DO LED.....	54
CONSIDERAÇÕES SOBRE APLICABILIDADE DOS LEDs	55
BATERIAS ELETROQUÍMICAS: TIPOS, PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES	58
ROMITTI, LEONARDO; DURANTI, MARILUCI; VERTI, ERIC. A. F.; DUPONT, FABRÍCIO H.	
CÉLULAS FOTOVOLTAICAS: UMA BREVE REVISÃO DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS	63
COLUSSI, ALEX DUTRA; CEZAR, CLÉBER CRISTIEL; TIBURSKI, MATEUS; DUPONT, FABRÍCIO HOFF	

TURBINAS EÓLICAS: COMPONENTES BÁSICOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DO VENTO	67
ROHDE, ADILSON; SOUZA, MAURO DE; SGARABOTTO, MÁRCIO; VOGT, EDSON; DUPONT, FABRÍCIO HOFF	67
CÉLULA A COMBUSTÍVEL: UMA FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL E LIMPA.....	72
GRASSI, GILBERTO; SOUZA, CARLOS A. DE; DALCIN, MAICON P.; FROZZA, RÉGIS A.; DUPONT, FABRÍCIO HOFF	72
MICROTURBINAS	78
RUVIARO, ADRIELLI; ZANATTA, JÉSSICA DE ANDRADE; DUPONT, FABRÍCIO HOFF	78
TERMISTORES: RESISTORES CONTROLADOS POR TEMPERATURA	83
ROMANI, JÚNIOR; UES, ELISANDRO; BRUXEL, MARCOS ROBERTO; VOSS, MARCIANO PALAGE; DUPONT, FABRÍCIO HOFF	83
SISTEMA DE CONVERSÃO ELETRÔNICA PARA CARGAS MONOFÁSICAS COM ELIMINAÇÃO SELETIVA DE HARMÔNICAS	88
DUTRA, ALEX; CEZAR, CLEBER; TIBURSKI, MATEUS; DUPONT, FABRÍCIO HOFF	88
SISTEMA DE CONVERSORES ESTÁTICOS DE POTÊNCIA	99
GRASSI, GILBERTO ANTONIO; SOUZA, CARLOS ANTONIO; DALCIN, MAICON PIOVESAN; DUPONT, FABRÍCIO HOFF	99
PROJETO DE UM SISTEMA DE CONVERSORES ESTÁTICOS PARA UMA CARGA DE 1 KVA COM FATOR DE POTÊNCIA DE 0,7	110
ROMITTI, LEONARDO; ROMANI, JÚNIOR; UES, ELISANDRO; DUPONT, FABRÍCIO HOFF	110
PROJETO DE UM SISTEMA DE RESFRIAMENTO PARA UM TANQUE DE LEITE UTILIZANDO PIC16F887 E LM35.....	121
ROMANI, JÚNIOR; UES, ELISANDRO; ROMITTI, LEONARDO; ZAGO, RODRIGO	121

APRESENTAÇÃO

A III Semana das Engenharias, realizada na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) - Câmpus de Frederico Westphalen ocorreu nos dias 03 a 08 de Agosto de 2015 e teve a participação dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Elétrica do departamento de Engenharias e Ciências da Computação.

O evento contou com a participação de profissionais especializados que vieram a contribuir com seus conhecimentos para difundir ideias e promover a troca de experiências entre profissionais, pesquisadores e estudantes. Entre as atividades previstas, ocorreu ainda a Mostra Científica no formato de pôster, partindo dos trabalhos contidos nesse documento. São esforços conjuntos do Grupo de Pesquisa GEPAC em conjunto com as Coordenações de Curso de Engenharia Civil e Engenharia Elétrica em incentivo aos docentes e discentes do curso que agora fazem parte dos ANAIS “III Mostra Científica”.

A Mostra dos trabalhos ficou exposta no Centro Tecnológico de Práticas no dia 05 de Agosto. Assim, os acadêmicos e pesquisadores se inseriram nas práticas de pesquisa científica, reunidos nesta publicação, servirão de modelo para a continuidade desta prática acadêmica nos cursos de Engenharias.

William Widmar Cadore
Professor Departamento de Engenharias e Ciência da Computação
URI - Frederico Westphalen

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS SOLOS DE FREDERICO WESTPHALEN

BANDIEIRA, Mariana; CADORE, William Widmar

RESUMO: Devido ao acelerado crescimento da construção civil nos últimos anos, assuntos que envolvem as etapas de uma edificação, vêm sendo abordados e destacados. A caracterização geotécnica dos solos do município de Frederico Westphalen tem como objetivo mapear e caracterizar os tipos de solos mais comuns na zona urbana do município. O mesmo foi dividido em quatro zonas, e serão analisados, no mínimo, dez pontos de cada zona, para uma melhor compilação dos resultados. Utilizando como metodologia da pesquisa, os ensaios de sondagem e os Limites de Atterberg serão os principais meios sobre os quais esta pesquisa será feita. Ao final desta pesquisa será elaborado um mapa geotécnico do município e este será disponibilizado aos profissionais para que sirva de auxílio nas áreas da Construção Civil, Estruturas e Geotecnia.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnia, caracterização, mapeamento, solos.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por finalidade a apresentação do projeto de extensão que visa caracterizar os solos de Frederico Westphalen.

Nesse sentido, o objetivo geral do projeto de extensão visa promover a integração entre a Universidade e profissionais da construção civil, estruturas e geotecnia, determinando as propriedades geotécnicas do solo do perímetro urbano do município de Frederico Westphalen.

Além disso, para a efetivação da proposta, estão sendo utilizados como objetivos específicos: fortalecer o relacionamento da URI com os profissionais das áreas de construção civil, estruturas e geotecnia; levantar os pontos de amostragem do solo já cadastrados em Frederico Westphalen; caracterizar solo a diferentes profundidades a partir das amostras obtidas; determinar os parâmetros de resistência e deformabilidade do solo a diversas profundidades através de amostras indeformadas; propor um perfil geomorfológico dos solos do perímetro urbano de Frederico Westphalen para que seja fonte de condução e proposição de novos projetos que envolvam geotecnia.

REVISÃO DA LITERATURA

O primeiro enfoque do projeto foi dado quanto ao estudo do solo na sua formação e diferenciação, analisando teoricamente suas características, composição e especificações.

A diferenciação de um solo dá-se através de cinco principais agentes naturais, clima, relevo, seres vivos, material de origem e tempo. De acordo com a influência de cada um destes agentes, agindo de formas diferentes sobre determinado solo ou não, é que acontece a diferenciação dos tipos de solo.

Portanto, esta diferenciação é obtida justamente a partir da forma com que o solo irá se comportar quando submetido aos mesmos fatores, porém, dosados, e agem em cada lugar com uma certa particularidade.

Para entendermos o comportamento de um solo ou prever o desempenho de uma fundação apoiada sobre o mesmo é necessário que se conheça algumas de suas características de comportamento. Este comportamento é influenciado pela estrutura, composição mineralógica e permeabilidade, bem como pelas condições de carregamento que está, estará ou já esteve submetido.

METODOLOGIA E COLETA DE DADOS

A coleta de dados começou a ser desenvolvida, analisando o mapa político do Município de Frederico Westphalen, delimitado, pelo objetivo geral pelo perímetro urbano. Nesse sentido, o perímetro urbano foi dividido em quatro setores para ordenamento dos pontos de coletas de dados, tomados a partir da zona central do Município. Cada setor, está sendo levantado com no mínimo 10 pontos de coleta, para representar um perfil característico da região.

A metodologia tem como produto final um documento com informações georreferenciadas com a estimativa de unidades homogêneas sob o ponto de vista geotécnico, as chamadas unidades geotécnicas. O mapa geotécnico é acompanhado de uma descrição dos perfis típicos existentes nas unidades, facilitando ao usuário a identificação do tipo de material a ser encontrado em cada unidade de mapeamento (VALENTE, 1999).

Conforme Davison Dias (1995), a partir do mapeamento geotécnico proposto é possível estimar características geotécnicas necessárias para o uso e ocupação do solo.

Em cada um dos pontos levantados do zoneamento proposto, também foram e estão sendo tomadas informações como sondagens de prospecção geotécnica. Entre os métodos de sondagem de simples reconhecimento, o *Standard Penetration Test (SPT)* é mais difundido no Brasil e, por consequência, de fácil obtenção. Essas informações estão sendo obtidas com a colaboração de inúmeros profissionais da área da Engenharia Civil - Construção Civil, uma vez que o Município não dispõe de um mapa do perfil geotécnico das regiões analisadas.

Em contrapartida aos colaboradores, o relatório final contará como subsídio e suporte técnico para novas edificações no perímetro urbano de Frederico Westphalen. O relatório foi construído a partir de um mapeamento geotécnico, com as prospecções geotécnicas do subsolo para realização de obras civis.

A sondagem do tipo **SPT**. é um dos procedimentos mais populares, rotineiros e econômicos de investigação do solo e do subsolo, servido como indicativo da densidade de solos granulares e na identificação da consistência de solos coesivos e rochas brandas. É aplicado rotineiramente no dimensionamento de fundações diretas e profundas em obras de engenharia e constitui-se em uma medida de resistência dinâmica conjugada a uma sondagem de simples reconhecimento.

RESULTADOS

Após as primeiras coletas de dados e feitos os ensaios necessários das amostras coletadas, os dados foram compilados e foram analisados os resultados obtidos.

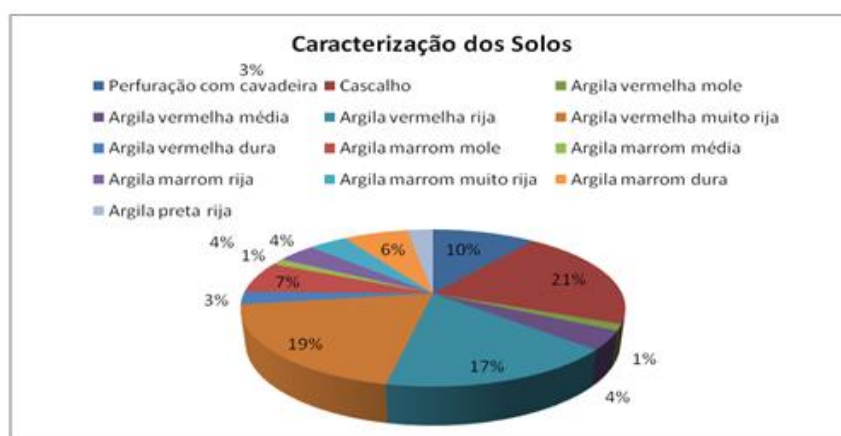


Figura 1. Caracterização dos solos

A figura 1 acima indica a porcentagem de incidência dos diferentes características do solo no município de Frederico Westphalen na parte oeste do município. De uma maneira geral o gráfico indica uma tendência de incidência de solos com característica argilosa rija a cascalho.

Ao mesmo tempo do levantamento de informação em campo, foi necessário a parte laboratorial para complemento da caracterização dos solos. A tabela seguinte aponta as classificações dos tipos de solos.

Tabela 01 – Caracterização dos solo em função do Limites de Attemberg

Limites de Attembeg	SOLO 01	SOLO 02	SOLO 03	SOLO 04
LP	47,27	47,77	48,15	49,55
LL	60,96	60,81	61,77	60,02
IP	13,69	13,04	13,62	10,47
Classificação do solo	moderadamente plástico	moderadamente plástico	moderadamente plástico	moderadamente plástico
Tipo de solo	Siltoso – Argilo Siltoso	Siltoso – Argilo Siltoso	Siltoso – Argilo Siltoso	Siltoso – Argilo Siltoso

A tabela cima foi elaborada através dos resultados obtidos dos ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, também conhecidos como limites de Attemberg. A diferença entre os limites de liquidez e plasticidade resulta no índice de plasticidade do solo.

Analizando os resultados obtidos e classificando-os segundo Maciel Filho (2011), obtiveram-se a classificação e o respectivo tipo de solo. Onde entende-se que há uma tendência de solos classificados como moderadamente plásticos e do tipo argilo-siltoso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos, seja através de pesquisas de campo ou dos ensaios realizados, são importantes para a elaboração de um mapa geotécnico dos solos do município de Frederico Westphalen. Pelo fato do município estar em plena expansão no que se refere à Construção Civil, ter em mãos um mapa geotécnico para observar as tendências de características na qual o solo a ser edificado é essencial.

Tendo como principal objetivo a elaboração de um perfil geotécnico, o projeto, contribui para ressaltar a importância do compartilhamento de informações de cunho geológico para os solos do perímetro urbano. Assim, dessa forma, um investidor poderá, de posse das informações, antecipar-se às possíveis características do solo a ser edificado.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à URI, seus funcionários e em especial ao Programa de Extensão pelo edital 005/2014 vinculado a Resolução 112/CAPEPG/2014.

REFERÊNCIAS

MACIEL FILHO, Carlos Leite. NUMMER, Andréa Valli. **Introdução a Geologia de Engenharia**. 4. ed.rev. ampl. - Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. Viçosa, 2005. 100p.

DAVISON DIAS, R. D. Proposta de Metodologia de Definição de Carta Geotécnica Básica em Regiões Tropicais e Subtropicais. In. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, p. 51-55, 1995.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos. et. al. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

HACHICH, W. **Fundações: Teoria e Prática**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1998. 751p.

HISTÓRICO E ASPECTOS CONSTRUTIVOS DE PONTES ESTAIADAS

ZAT, Tuani; CADORE, William Widmar

RESUMO: É conhecida a importância da evolução tanto de materiais quanto da tecnologia na área da Engenharia Civil. Um setor que é diretamente afetado por essa evolução é o de projeção e execução de pontes e viadutos, que elevou seu nível de maneira extraordinária nos últimos anos devido aos grandes avanços tecnológicos mundiais. Do mesmo modo, a utilização de estais também está em alta pela sua praticidade, utilização de novos métodos construtivos, liberdade de projeção e também pela estética elevada que esse material proporciona, trazendo leveza às superestruturas de pontes que ultrapassam centenas de metros. Dessa maneira, serão abordados nesse trabalho as características das pontes estaiadas, os motivos pelos quais elas estão sendo amplamente implantadas, tanto no Brasil quanto no mundo, a evolução da configuração dessas pontes, levando em conta tabuleiro, estais, e a utilização de softwares na concepção dos projetos a fim de se conseguir chegar a vãos cada vez maiores.

PALAVRAS-CHAVE: pontes estaiadas, processo construtivo, superestrutura.

INTRODUÇÃO

As pontes com estrutura estaiada estão em destaque nos dias atuais em todo o mundo, trazem liberdade ao projeto que pode ser adaptado de diversas formas resolvendo problemas estruturais que antes apresentavam grande dificuldade de execução. Permitem uma estética pouco agressiva ao ambiente e muitas vezes se tornam grandes Obras de Arte Especiais da Engenharia.

Tendo em vista que elas ganharam ainda maior destaque no Brasil, justamente porque a técnica está sendo utilizada há pouco tempo no país, o número de estudos e pesquisas sobre o assunto tem se elevado significativamente, demonstrando a necessidade do profissional de dominar esse conhecimento.

O presente trabalho objetiva apresentar a evolução do uso de estais em pontes e viadutos bem como a sua contribuição para um melhor resultado e execução dos projetos, como a técnica tem evoluído ao longo dos anos e as mudanças que ocorreram na execução dessas pontes.

DESENVOLVIMENTO

Histórico

As pontes estaiadas, ou atirantadas estão em destaque quando se fala em construção de pontes ou viadutos. O atirantamento nos coloca em um meio termo entre uma ponte fixa e uma ponte pênsil, pois não necessita de toda a estrutura da ponte fixa, e nem de toda elaboração de cabos da ponte pênsil.

No caso de pontes com um grande vão central, o sistema de atirantamento da consola é bastante vantajoso. Se de cada um dos encontros for lançada uma parte da superestrutura, esta técnica permite a construção de um vão central de comprimento bastante superior à centena de metros. (SILVA, 2009, p. 23)

A utilização de estais para sustentação é um feito muito antigo, datado dos egípcios, que os utilizavam nas embarcações, e de povos da Oceania, que utilizavam cordões de fibra natural para sustentação de pequenas pontes de bambu que serviam de passagem para pedestres

Há registros históricos de projetos utilizando estais feitos por Leonardo da Vinci, no entanto acredita-se que a primeira ponte estaiada construída foi projetada por um alemão, Immanuel Löscher, e utilizava-se de vãos e estais de madeira.

De início essa técnica não teve tanto sucesso por causa da utilização de materiais pouco resistentes e da impossibilidade de realizar cálculos complexos que seriam necessários para assegurar a sua sustentação. Com o desenvolvimento de materiais mais resistentes, principalmente o aço, e com a maior utilização de softwares na engenharia foi possível desenvolver a técnica de utilização de estais para suporte de vãos cada vez maiores e possibilitando diversas configurações às pontes e viadutos.

As diferenças encontradas nos projetos das pontes estaiadas ao longo do tempo podem nos dar uma grande ideia do desenvolvimento da sua técnica até os dias atuais.

Evolução

De início os estais tinham um espaçamento muito longo e tinham que ser extremamente reforçados para suportar um tabuleiro robusto. Essa estrutura apresentava-se muito pesada, necessitando ser reforçada para suportar tensões muitas vezes desnecessárias e transferindo muita carga para sua infraestrutura.

Basicamente a partir dos anos 1960 que passou a ser utilizado um número maior de estais para sustentação com pequeno espaçamento, realizando uma melhor divisão das forças

aplicadas em cada um. Entretanto, os vãos ainda não eram tão grandes pois o tabuleiro era muito reforçado.

Não só o espaçamento dos estais assim como a sua distribuição evoluíram ao longo do tempo. A primeira forma utilizada era a de leque, que é quando todos os estais se unem em um único ponto da torre. Posteriormente eles foram arranjados em paralelo, na forma de harpa, com o mesmo espaçamento entre os estais no tabuleiro e na torre. Há um modo intermediário entre esses dois que é chamado de semileque.

Este sistema é o mais empregado no Brasil e consiste na distribuição dos estais ao longo do trecho superior do pilone. O sistema apresenta algumas vantagens técnicas em relação aos outros dois. Em relação ao sistema em harpa, este sistema permite explorar maiores inclinações dos estais em relação ao tabuleiro, deixando estes elementos estruturalmente mais eficientes e, portanto, mais econômicos. Já em relação ao sistema de leque, a maior vantagem está na facilidade de acomodação das ancoragens e uma maior facilidade executiva para o pilone. (GOMES, 2013, p. 4)

Além disso, houve uma imensa variação na forma das pontes estaiadas ao longo do tempo, no sentido de que a torre de início passava pelo meio do tabuleiro, e essa forma muitas vezes atrapalhava o tráfego de carros e deixava a estrutura mais sensível à força dos ventos. Uma configuração que tornou-se bem comum, por causa da estabilidade apresentada, é a utilização de torres de estais paralelas nas extremidades da estrutura, de modo que a torre não irá interferir na linha de tráfego.

Aerodinâmica

Quando se fala de pontes atirantadas, a aerodinâmica é basicamente o maior problema apresentado, o fato desse modo construtivo apresentar um vão muito grande o deixa extremamente vulnerável à ação dos ventos. Com a falta de conhecimento sobre o assunto, em meados do século XIX a utilização de pontes estaiadas chegou a quase zero, levando em conta os inúmeros acidentes que já haviam acontecido.

De início acreditava-se que apenas aumentando a rigidez do tabuleiro seria possível conter as vibrações causadas pelo vento, no entanto, isso não foi eficiente já que além de não conseguir estabilizar todas as oscilações provocadas pelo vento, também aumentava consideravelmente o peso da superestrutura.

A saída que apresentou-se viável até o momento para resolver esse problema e manter estáveis os grandes vãos sustentados pelos estais foi uma mudança significativa na geometria das pontes. A partir de estudos de um engenheiro alemão chamado Leonhardt foi comprovado

que a partir do momento que a geometria da ponte não se opõe a passagem do vento, e sim o direciona da maneira correta, a estrutura passa a não ser afetada de forma negativa pela sua ação.

Uso de Softwares na Engenharia

A dificuldade de realização dos cálculos estruturais de uma superestrutura com certeza já foram um grande empecilho para sua realização, bem como não davam liberdade de inovação aos projetos. Com o avanço tecnológico claramente visto a partir da metade do século XX, surgiram no mercado diversas ferramentas que foram se introduzindo nos escritórios de engenharia com o intuito de auxiliar nesses cálculos.

Esses softwares irão auxiliar no projeto no sentido de, além de nos dar um molde virtual da estrutura, projetando suas dimensões e esforços, bem como simular seu comportamento dinâmico diante das situações reais que serão encontradas. Os softwares também são usados para cálculo estrutural e análise não linear da superestrutura, facilitando e agilizando o trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pontes estaiadas representam para os projetistas uma junção entre novidade, tecnologia, estética e eficiência. É a alternativa mais utilizada para cobrir grandes vãos que se tornam necessários, reduzindo muitas vezes o número de apoios, desenvolvendo a aerodinâmica da superestrutura, apresentando aos olhos humanos uma obra mais leve, que se encaixa e não agride o ambiente que habita.

O principal motivo para que as pontes estaiadas tenham chegado a este nível técnico é o desenvolvimento ao longo dos anos de programas computacionais que estão cada vez mais sendo utilizados pelos profissionais da área. Programas que são úteis em toda construção civil mas permitiram um avanço grandioso quando falamos de superestruturas pois facilitam tanto cálculo, quanto desenho e análise das obras. A partir dessa análise, os projetos são ajustados para chegar bem próximos a 100% de eficiência.

Apesar do reconhecimento prático, há poucos estudos sobre o comportamento dessas estruturas em nosso país, deixando uma brecha para que possam ser realizados novos trabalhos que descrevam a adaptação da estrutura, desde a sua construção e também ao longo dos anos.

REFERÊNCIAS

MACHADO, Daniel de Souza. **Caracterização aerodinâmica de cabos de pontes estaiadas submetidos à ação combinada de chuva e vento**. 2008. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

GOMES, Renan Ribeiro Setubal. **Aspéctos técnicos e construtivos de uma ponte estaiada**. 2013. 138 f. Dissertação(Mestrado) – Projeto de Estruturas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SILVA, Pedro Miguel T. T. da. **Construção de viadutos por deslocamentos sucessivos com recurso ao sistema OPS**. 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.

BASTOS, Vinícius Lopes; CERQUEIRA, Thiago Souza Leite; TACHARD, Lucas Eduardo Alves; Machado, Daniel de Souza. **Desenvolvimento das Pontes Estaiadas**. Disponível em <http://www.abpe.org.br/trabalhos/trab_23.pdf>. Acessado em agosto de 2015.

REJEITOS DE GARIMPO DA PEDRA AMETISTA PARA PRODUÇÃO DE CONCRETOS: ABSORÇÃO CAPILAR DE ÁGUA

TIBURSKI, Alessandra Maria; GIACOMINI, Maiara; CADORE, William Widmar

RESUMO: A presente pesquisa surge da necessidade de encontrar alternativas viáveis técnica e economicamente para a grande quantidade de rejeitos resultantes da extração da pedra ametista, estes são dispostos de forma irregular, causando soterramento da mata, assoreamento de rios e outros. Aliado com o intuito de produzir concretos com características cada vez melhores relacionadas à durabilidade surge à ideia de aplicar este material tão abundante na nossa região para a produção de concreto e posterior comparar o seu desempenho com um concreto de referência produzido com pedra britada industrializada, através de ensaios de absorção e resistência a compressão.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto, Pedra ametista, Absorção, Durabilidade.

INTRODUÇÃO

A pesquisa evidenciando o uso de rejeitos industriais, neste caso contemplando os oriundos da extração da pedra ametista, emerge da necessidade de encontrar alternativas viáveis para o emprego deste material, tão abundante na nossa região, e que causa grandes prejuízos ao meio ambiente devido ao acúmulo dos rejeitos sob o sopé das encostas, onde ocupam áreas de/ mata nativa, destruindo a fauna e flora local.

Desta forma propõe-se o estudo dos benefícios da utilização deste agregado nas propriedades do concreto, sua contribuição para a preservação da qualidade do meio ambiente e desenvolvimento socioeconômico da região.

DESENVOLVIMENTO

A presente pesquisa emerge da necessidade de um emprego adequado dos rejeitos oriundos da exploração da pedra ametista, estes sendo um grave problema da região, pois prejudicam o meio ambiente em diversos aspectos, soterrando áreas de mata nativa e de plantio, assoreando rios, fato este que poderia ser evitado com a destinação correta deste material.

Desta forma buscou-se empregar este material na produção de concretos e assim analisar a sua viabilidade de utilização como agregado graúdo na construção civil, buscando encontrar uma forma econômica e eficaz para o emprego deste material tão abundante na região do Alto Uruguai (RS).

Primeiramente foram realizados ensaios a fim de classificar o material que posterior seria utilizado como agregado graúdo, a fim de identificar suas características básicas, tais como granulometria, índice de lamelalidade, massa unitária e outros.

Foram produzidos concretos com o rejeito da pedra ametista, anteriormente separado para que sua granulometria fosse à de número 01 e outro concreto de referência produzido com pedra britada também de granulometria 01.

Os ensaios subsequentes tiveram a finalidade de identificar as características e a qualidade do rejeito para que o mesmo pudesse ser utilizado da melhor forma possível. Desta fora se realizaram ensaios de resistência a compressão pelo método destrutivo a 7 e a 28 dias, sendo possível constar que no geral os concretos produzidos apresentaram aumento da resistência ao longo das idades, porém o concreto de referência apresentaram valores de resistência maiores.

Com o auxílio do ensaio de absorção capilar de água, nos quais os corpos de prova permaneciam imersos a uma profundidade de 3mm, durante todo o ensaio. Sendo efetuadas medidas dos pesos dos corpos-de-prova nos intervalos de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30 min, 1 h, 2 h, 4 h, 6 h, 12 h, 24 h e 48 h do contato inicial com a água.

Os resultados obtidos foram lançados em um gráfico no qual foi possível verificar o aumento da absorção da água ao longo do tempo e analisar que os concretos com o rejeito apresentaram menor absorção de água, apenas um dos corpos de prova com o rejeito apresentou um aumento do peso 60% em relação aos demais, uma das explicações coerentes seria o fato de que o agregado oriundo da extração da pedra ametista apresentar um alto teor de material pulverulento, entretanto para esta afirmação ser válida o outro corpo de prova produzido com rejeito deveria apresentar o mesmo comportamento, fato este que não ocorreu.

É precipitado apresentar resultados concretos referentes à durabilidade, pois os concretos ensaiados a 28 dias não apresentam características suficientes para este fim.

CONCLUSÕES

Os ensaios acima descritos tiveram a finalidade de comparar o desempenho de concretos produzidos a partir de rejeitos da extração de pedra ametista com concretos de referência executados com pedra britada industrializada.

Com o objetivo de melhorar as características finais do concreto, referentes à durabilidade, e assim encontrar um destino adequado a este material, tão abundante em nossa

região, para que o mesmo não continue a soterrar áreas de mata nativa, causando prejuízos incontáveis à fauna e flora da região.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à URI, seus funcionários e em especial ao Programa de PROBIC pelo edital 003/2014 vinculado à Resolução 110/CAPEPG/2014.

REFERÊNCIAS

BAUER, L.A.F.B. **Materiais de construção**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. V.1. 471 P.

ISAIA, G. C. I. ed. **Concreto: ciência e tecnologia**. 1.ed. São Paulo:Ipsis, 2011.V.2. 1902 p.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3. ed., São Paulo: IBRACON, 2008

WASTOWSKI, A.D. et. al. **Caracterização Química do Resíduo Solido Gerado na Extração de Pedra Ametista por Espectometria de Fluorescência de Raios-X Por Energia Dispersiva**, 3, 2012. Bento Gonçalves. *Anais*. Porto Alegre, 2012, 7p.

MÉTODOS COMBINADOS DE ANÁLISE DA DURABILIDADE E RESISTÊNCIA EM CONCRETOS PRODUZIDOS COM REJEITOS DE GARIMPO DA PEDRA AMETISTA

TIBURSKI, Alessandra Maria; GIACOMINI, Maiara; CADORE, William Widmar

RESUMO: A pesquisa sobre Rejeitos de Garimpo da Pedra Ametista para Produção de Concretos surge da necessidade de encontrar possibilidades para a utilização dos rejeitos da extração de ametista. Na retirada do mineral, surge uma grande quantidade de rejeito, o que faz com que o volume atual de material disposto em encostas de morros ou em sopé de encostas seja muito grande. Com o andamento do projeto foram realizados alguns ensaios, tanto com o concreto produzido a partir dos rejeitos da pedra ametista quanto com o concreto de referência fabricado com pedra brita, a fim de confrontar resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto, Pedra Ametista, Ensaios Não-Destrutivos, Resistência

INTRODUÇÃO

A questão abordada nessa pesquisa tem grande relevância entre a comunidade científica e a população em geral, já que o assunto preocupa a todos. De um lado, a sustentabilidade, ecoeficiência e a poluição ambiental, e de outro, a economia e durabilidade de construções. O emprego de subprodutos ou resíduos industriais e agrícolas em grande quantidade nas construções e estruturas de concreto tem despertado a atenção de pesquisadores para encontrar uma resposta para as preocupações das pessoas. Com o intuito de encontrar respostas aos questionamentos, iniciou-se uma pesquisa a fim de encontrar a solução mais coerente para o uso destes rejeitos, para que eles deixem de ser descartados incorretamente na natureza e tenham um real aproveitamento na fabricação de concreto.

DESENVOLVIMENTO

A pesquisa, evidenciando o uso de rejeitos de industriais, neste caso englobando os oriundos da exploração da pedra ametista, surge da necessidade de buscar alternativas viáveis para o emprego deste material, tão abundante na nossa região, e que causa grandes prejuízos ao meio ambiente devido ao acúmulo dos rejeitos sob as encostas dos morros e áreas de mata nativa.

Com o andamento do projeto foram realizados alguns ensaios, tanto com o concreto produzido a partir dos rejeitos da pedra ametista quanto com o concreto de referência fabricado com pedra brita, a fim de confrontar resultados. Foram efetuados ensaios de verificação da resistência através de ensaio não-destrutivo, utilizando o esclerômetro de

reflexão, e ensaio destrutivo, empregando o método de compressão axial, para verificação da resistência de cada corpo de prova ao longo do tempo e comparação de resultados dos dois métodos.

Os resultados de resistência à compressão indicam o esperado quanto ao tempo e com a relação água/cimento. Quanto maior o tempo de cura, maior a resistência, assim como menor a relação água cimento. Aos 28 dias, o concreto de referência possui maior resistência que o concreto com pedra ametista A aos 91 dias. Aos 7 dias as resistências apresentam diferenças de 7% para a relação a/c de 0,4 e um aumento dessa diferença de 48%. Em outras idades, esse comportamento tende a se normalizar, proporcionalmente em torno de 20% aos 28 dias e aos 91 dias.

Com relação às diferenças entre os dois tipos de ensaio para determinação de resistência, fez a seguinte análise entre os resultados para as amostras.

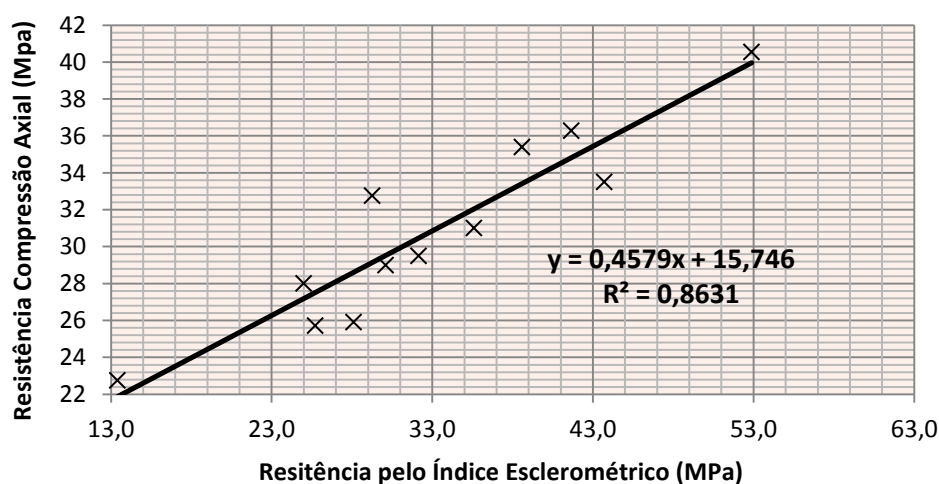


Figura 01. Correlação entre Resistência Índice Esclerométrico e Compressão Axial

Nesse gráfico, observa-se em geral que os valores possuem uma boa correlação estatística pelo valor de $R^2 > 0,85$. Ainda indica que os valores extraídos pelo esclerômetro tendem a ser menores, exceto para a amostra A6, que apresenta valores sempre maiores.

Além destes, também foi procedido o ensaio de difusão de água, tendo como finalidade a apuração do coeficiente de difusão no concreto com a utilização dos diferentes materiais.

O procedimento de ensaio consiste em, após a preparação dos corpos de prova, utilizar balança hidrostática de precisão acoplada uma cesta onde os corpos de prova foram submersos. Então seu peso foi anotado nos tempos de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30, 60, 120, 240,

360, 720, 1440 minutos e, após, em intervalos de 24h subsequentes a imersão até a sua estabilização.

De posse desses dados, foi possível gerar o gráfico abaixo de onde foram extraídos os coeficientes angulares da reta para calcular o coeficiente de difusão.

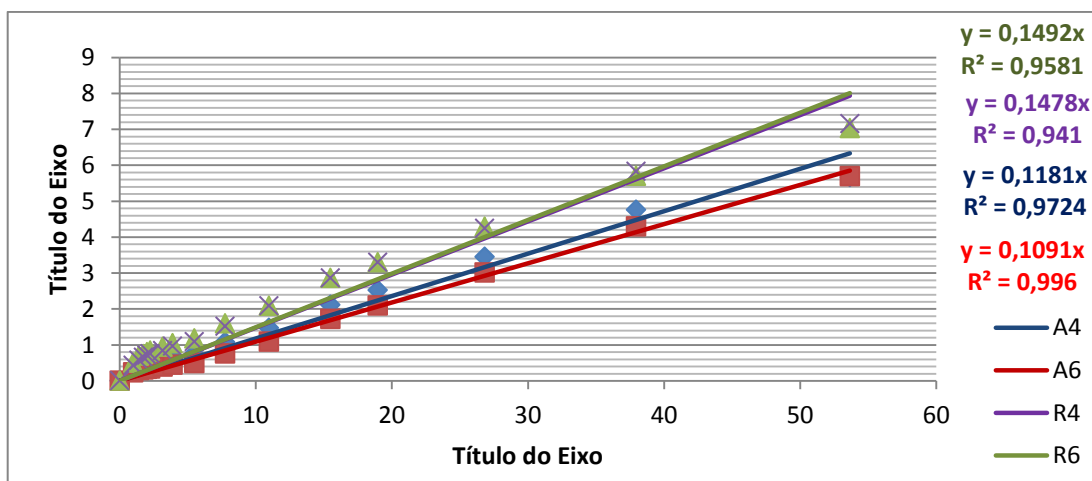


Figura 02. Ensaio de difusão de água

Tabela 1 – Coeficientes de Difusão

Amostra	a/c	Coef. Angular	Coeficiente de Difusão ($\times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$)
A4	0,4	0,1492	19,635
A6	0,6	0,1478	20,796
R4	0,4	0,1181	9,066
R6	0,6	0,1091	7,693

As análises do gráfico e da tabela dos coeficientes de difusão sugerem que os concretos com uso de rejeito de pedra ametista, apresentem coeficientes de difusão, aproximadamente, duas vezes maiores.

Em geral os coeficientes são lineares e apresentam forte correlação estatística. Os resultados apresentados são de ensaios aos 28 dias, que não podem ser assumidos como representação do fenômeno, por serem ainda insipientes para expressar um comportamento mais preciso da microestrutura e dos aspectos de durabilidade do concreto com adição de rejeitos da pedra ametista.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ensaios realizados tiveram a finalidade de comparar o desempenho de concretos produzidos a partir de rejeitos da extração de pedra ametista com concretos de referência executados com pedra brita industrializada.

Com os ensaios realizados para verificação da resistência verificou-se uma tendência em que os ensaios não destrutivos apresentam menores valores e o mesmo deve ser usado apenas para efeito de comparação e não deve ser suprimida a realização do ensaio de compressão axial, pois seus resultados oferecem valores mais precisos.

Através de gráficos gerados a partir de resultados dos ensaios anteriormente realizados, pode-se observar um maior índice de difusão para os concretos fabricados com rejeitos da pedra ametista, o que pode indicar uma tendência aos fenômenos de transporte de agentes nocivos para o interior do concreto como carbonatação e penetração de cloretos, podendo ocasionar a diminuição do ciclo de vida e durabilidade das estruturas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à URI, seus funcionários e em especial ao Programa de PROBIC pelo edital 003/2014 vinculado a Resolução 110/CAPEPG/2014.

REFERÊNCIAS

BERNUCCI, L. B. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 3.ed. Rio de Janeiro: Imprinta, 2010. 501 p.

BAUER, L.A.F.B. **Materiais de construção**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. V.1. 471 P.

ISAIA, G. C. I. **Concreto: ciência e tecnologia**. 1.ed. São Paulo: Ipsi, 2011. V.2. 1902 p.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3. ed., São Paulo: IBRACON, 2008

WASTOWSKI, A.D. et. al. **Caracterização Química do Resíduo Sólido Gerado na Extração de Pedra Ametista por Espectrometria de Fluorescência de Raios-X Por Energia Dispersiva**, 3, 2012. Bento Gonçalves. *Anais*. Porto Alegre, 2012, 7p.

A EVOLUÇÃO DA ILUMINAÇÃO: O LED

DA LUZ, Adenilson; SCHEFFER, Caroline; KRZYZANIAK, Patrik; CADORE, William Widmar

RESUMO: Este artigo visa demonstrar a tecnologia empregada na iluminação a LED (Diodos Emissores de Luz), aplicada em diversas áreas e que ganha cada vez mais espaço na sociedade. Apresenta também, suas principais características, funcionamento, custo benefício, vantagens e desvantagens, eficiência e consumo de energia elétrica, comparando com as demais fontes utilizadas no mercado, além de mostrar as principais áreas de emprego desta tecnologia

PALAVRAS CHAVE: Tecnologia empregada, LED, iluminação.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o setor de iluminação vem passando por muitas transformações principalmente os associados à eletrônica nos processos de ignição, acionamentos e eficácia energética. Muitas novidades surgiram mudando o conceito de iluminação já existente, como os diodos emissores de luz, LED (light emitting diode).

Os primeiros indícios de LED surgiram no início do século XX, através do cientista britânico Henry Joseph Round, ao observar que certos semicondutores emitiam luz no momento em que passava uma corrente elétrica por eles. Pouco tempo depois, em 1927, Oleg Vladimirovich Lósev, utilizando os mesmos conceitos de Joseph Round criou um diodo cristalino com óxido de zinco e carboneto de silício, gerando fótons ao entrar em contato com uma corrente elétrica patenteando o mesmo como Light Relay (rele da luz).

Já em 1961, Robert Biard e Gary Pittman, pesquisadores da Texas Instruments, descobriram o GaAs (Arsênio de Gálio, composto utilizado na fabricação de diodos retificadores e de sinal), que emite radiação infravermelha não visível a olho nu quando submetida a uma corrente elétrica, patenteando o mesmo como LED. No ano seguinte, 1962, o engenheiro americano Nick Holonyak, conseguiu obter luz visível através do LED, com um experimento rudimentar produzindo luz vermelha com baixa luminosidade.

Foi na década de 90, no entanto, que ocorreu a verdadeira revolução do LED, através da descoberta da tecnologia InGaN (Indium gallium nitride), onde tornou-se possível obter LED com comprimento de ondas menores, nas cores azul, verde e ciano e posteriormente, todos os espectros de cores.

A iluminação de LED proporcionou grandes mudanças no setor de iluminação, porém, vem sofrendo enorme resistência pelo consumidor, uma vez que apresenta um custo mais elevado em relação aos outros modelos e há falta de informações claras sobre a mesma.

CONCEITO DE LED

LED (Light Emitting Diode), é um componente eletrônico semicondutor, isto é, um diodo emissor de luz que possui a capacidade de transformar energia elétrica em luz, diferente da encontrada nas lâmpadas convencionais como as de filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases.

Um LED é composto por dois materiais, um carregado positivamente e outro negativamente. Quando os elétrons de um material, geralmente um semicondutor no estado sólido, são excitados por aplicação de corrente elétrica, ocorre a eletroluminescência. Nesse caso, a radiação é produzida pela recombinação de elétrons com orbitais vazios de diferentes níveis energéticos. É o caso das lâmpadas do tipo LED. A transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo, por isso, chamada de iluminação em estado sólido (Solid-State Lighting). Pode-se dividir uma lâmpada LED em três componentes:

1º LED – chip semicondutor responsável por transformar a energia elétrica em emissão de luz. É a parte mais importante do conjunto, sua eficiência, estabilidade de cores e durabilidade, varia de acordo com o modelo e fabricante.

2º Fonte – também conhecido como driver, é o responsável pela alimentação do LED. Recebe a energia em tensão de rede (127V ou 220V) e envia para o chip a corrente exata para o seu correto funcionamento. Pode ou não ser integrado ao corpo da lâmpada.

3º Dissipador – é o responsável por dissipar o calor produzido pelo chip, mantendo a temperatura do sistema estável.

CONSUMO

Uma lâmpada incandescente converte apenas 5% da energia elétrica que consome em luz. As lâmpadas LED convertem até 40%. Esta eficiência se traduz em economia, pois um LED de 12W ilumina tanto quanto uma lâmpada incandescente de 100W. Essa diminuição no desperdício de energia traz benefícios evidentes ao meio ambiente e à conta de Luz.

Nos países em que a eletricidade é produzida a partir da queima de combustíveis fósseis, a economia significa nove vezes menos gases do efeito estufa na atmosfera. Se

metade de toda a iluminação mundial fosse convertida à tecnologia LED até 2025, seria possível economizar 120 gigawatts de eletricidade. Isso reduziria as emissões de dióxido de carbono em 350 milhões de toneladas por ano. As lâmpadas LED são a prova de que o desenvolvimento tecnológico é a forma mais eficiente de combater o aquecimento global.

Podemos considerar ainda vantagens e desvantagens como segue abaixo.

Vantagens

- Vida útil longa - em torno de 50 mil horas de consumo, se utilizado durante 8h diárias, alcança até 17 anos de uso.
- Baixo custo de manutenção – por possuírem longa vida útil, as lâmpadas LED evitam suspensões de serviço, prejuízos e substituições constantes. Em situações de difícil acesso para instalação e manutenção das luminárias, como: pontes, altas estruturas ou iluminações de segurança, as lâmpadas LED tornam-se extremamente práticas e eficazes.
- Não possui risco de contato direto - como é executada com baixa tensão, a iluminação LED pode ser utilizada em ambientes úmidos ou até mesmo embaixo d'água, como em piscinas e banheiros, sem oferecer riscos de choques. Pode-se também utilizar as lâmpadas LED em iluminações de baixa altitude sem a preocupação de queimaduras por contato.
- Sem emissão de raios infravermelhos ou ultravioletas - as luzes de LED produzem um calor mínimo, além de não emitirem raios infravermelhos e/ou ultravioletas. Podendo ser utilizadas para iluminação de construções históricas ou de áreas de vegetação sem a preocupação de causar danos.
- Não poluem o Meio Ambiente - são recicláveis, não causando prejuízo algum ao meio ambiente. Quando comparadas com as lâmpadas fluorescentes economizadoras de energia ou as de sódio que contém mercúrio, além das comuns lâmpadas de escritório e/ou as de cabeceira, que emitem ondas eletromagnéticas nocivas à saúde se mantidas a curta distância, a iluminação LED possui grandes vantagens de usabilidade.
- O Led possui uma gama de cores muito grande, permitindo ser usado tanto para iluminação como para decoração. Suas cores são vívidas, sem necessitar de filtragem.
- O tamanho reduzido do Led permite que seja facilmente incorporado a todos os tipos de elementos, mobiliário e arquitetura.

- As LEDs podem ser facilmente dimerizadas, o que aumenta ainda mais sua vida útil. A dimerização também é recomendada para fornecer a quantidade ideal de luz para cada ocasião. Se ajustarmos o volume da TV conforme a situação, porque não fazer o mesmo com as luzes? Para lâmpadas que reproduzem cores, a dimerização mantém a cor estável, mantendo o padrão de sua decoração.

Desvantagens

- Sobretenção – a rede elétrica está vulnerável a alterações no sistema, como picos de alta/baixa tensão, por isso, para proteger sua lâmpada LED é indispensável investir em aparelhos de segurança visando impedir prejuízos na iluminação.
- Custo - como se trata de uma nova tecnologia, se comparado com outras fontes de iluminação o custo é notavelmente mais alto.
- Mão de obra especializada - a implantação de iluminação em LED requer cuidados especiais para que seus benefícios sejam alcançados. Dessa forma, para que um projeto tenha um resultado de sucesso, a procura por mão de obra especializada é imprescindível, porém a oferta desse trabalho específico não é tão grande quanto à procura, fazendo com que os valores destes prestadores sejam elevados.

APLICAÇÕES

O LED é um dos componentes eletrônicos mais utilizados no mundo da eletrônica, na formação dos números em relógios digitais, na transmissão de dados através de controles remotos (LEDs infravermelhos), quando agrupados podem formar a iluminação de televisões com painel LCD, na iluminação residencial, comercial ou industrial, no mercado médico-hospitalar, na sinalização automotiva ou viária, em eletrodomésticos da linha branca, na arquitetura ou em locais de difícil manutenção ou acesso.

As novas televisões são iluminadas por um arranjo de LEDs, construído por uma matriz bidimensional. Os pontos da matriz podem ser identificados digitalmente através de métodos de endereçamento, o que permite a modulação da amplitude de luz, tanto na vertical quanto na horizontal da matriz. A montagem através de uma matriz permite a iluminação diferenciada e consequentemente o contraste dinâmico (relação de amplitude entre zonas claras e escuras) será muito melhor.

Os LEDs proporcionaram uma melhora no mouse, que são óticos, isto é, possuem um diodo emissor de luz que reflete a luz que vem da superfície para um sensor. Também estão sendo utilizados na sinalização automotiva, tanto interna (em painéis), quanto externa (usados nos faróis SuperLED em substituição às lâmpadas de halogênio, conseguindo um desempenho de 38 mcd/m contra 25 mcd/m das de halogênio e lanternas) nos veículos mais atuais e sofisticados.

CONSIDERAÇÕES

A descoberta do LED revolucionou o mercado tecnológico, proporcionando melhorias e maiores qualidades nas iluminações e equipamentos..

Constituído por diodo emissor de luz (light emitter diode), que possui a capacidade de transformar energia elétrica em luz, passou a tomar o lugar das lâmpadas convencionais. E embora possua um custo mais elevado que as demais lâmpadas, o LED apresenta vantagens que compensam seu emprego, das quais é possível destacar a elevada vida útil, baixo consumo de energia e a contribuição para o meio ambiente.

Conforme os produtos relacionados à tecnologia LED vão sendo aprimorados, sua utilização é cada vez mais difundida. Como exemplo, pode-se citar a iluminação pública da praia de Copacabana, que possui mais de 4.000 LEDs instalados em 240 quiosques. Países como a Austrália e Taiwan já possuem leis proibindo o uso de lâmpadas incandescentes após 2010 e 2012, respectivamente. A tendência é que muitos outros países adotem as mesmas medidas. No Brasil, esta proibição deve ocorrer entre 2010 e 2015. Já existe projeto em tramitação no Congresso Nacional.

Comparado com a lâmpada incandescente, que já possui mais de 100 anos, o LED é uma tecnologia nova, que ainda está em desenvolvimento, e que cada dia vem ocupando mais espaço no mercado.

REFERÊNCIAS

CREDER, H. **Instalações elétricas**. 15.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações elétricas**. 5..ed., Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 2008.

CRUZ, E. C. A.; ANICETO, L. A. **Instalações elétricas: fundamentos, prática e projetos em instalações residenciais e comerciais**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.

FILHO, J. M.. **Instalações elétricas industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

JUNIOR, R. de C.. **Instalações elétricas e o projeto de arquitetura**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

NEGRISOLI, M. E. M. **Instalações elétricas**: projetos prediais em baixa tensão. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Edgard Blucher, 2012.

SILVA, M. L. da. **Iluminação**: Simplificando o Projeto. 1. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009.

SBA: **Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica**. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-17592006000200008&lang=pt> . Acesso em: 30 de julho de 2015.

VISACRO FILHO, S. **Aterramentos elétricos**: conceitos básicos, técnicas de medição e instrumentação, filosofias de aterramento. São Paulo: Artliber, 2012

CONCEITO, COMPOSIÇÃO, FABRICAÇÃO, PROPRIEDADES E IMPACTOS AMBIENTAIS DAS TINTAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

SHEFFER, Caroline; NICKHORN, Evaldo Rodrigo Ranoff; CAMPAGNOLO, Francis; KRZYZANIAK, Patrik, CADORE, William Widmar

RESUMO: O objetivo deste trabalho é conceituar as tintas de forma simples e direta, apresentar a importância destas na construção civil, bem como informar sobre suas diversificadas formas, aplicações e composições. Esclarecendo seu processo de fabricação de acordo com o fim à que são destinadas, sem deixar de levar em consideração os impactos causados por elas ao meio ambiente.

PALAVRAS CHAVE: tintas, construção civil, meio ambiente.

INTRODUÇÃO

A tinta trata-se de um material com forma líquida que, quando aplicado sobre uma superfície com ou sem diluição, gera um filme sólido, revestindo-a para melhorar seu aspecto e conferir-lhe proteção. Composta basicamente por resinas, pigmentos, solventes e aditivos, envolve um elevado número de matérias-primas, utilizadas de acordo com as propriedades que se deseja obter.

Para cada ambiente há um tipo específico de pintura a ser aplicado, isto ocorre porque os locais estão expostos a diferentes condições do meio e as tintas são fabricadas para atender a determinados requisitos. Assim, é necessário um controle rigoroso do produto desde sua fabricação, garantindo que o mesmo atenderá as especificações desejadas.

A influência da globalização e redução do impacto ambiental gerou a necessidade de inovação na forma de produção das tintas, até mesmo no Brasil. As pesquisas para obtenção de um produto menos agressivo ao meio ambiente cresceram e levaram a mudanças na formulação, produção e aplicação do mesmo.

DESENVOLVIMENTO

Constituintes básicos das tintas

De modo geral, as tintas são constituídas pelos seguintes componentes: resina (parte não volátil ou veículo não volátil), pigmento (orgânicos ou inorgânicos, coloridos, brancos ou

pretos), solvente (veículo volátil) e aditivo (espécies químicas). Mas nem sempre todos esses componentes estão presentes nas tintas simultaneamente.

Formulação das tintas

A diferença entre uma tinta e outra se dá basicamente pela sua formulação, ou seja, a proporcionalidade de suas matérias-primas e propriedades desejadas. As tintas normalmente são constituídas por 15 espécies químicas diferentes e sua fabricação envolve um grande número de matérias-primas que varia de 750 a 1000.

O principal parâmetro utilizado para descrever a proporcionalidade ou a composição de uma tinta é a fração volumétrica do pigmento, denominada como PVC, seus dados dão uma noção de permeabilidade do filme da tinta e permite distinguir os acabamentos: brilhante, semibrilho e fosco.

Processo de fabricação

Inicialmente é efetuada a pesagem das matérias primas de acordo com a formulação da tinta a ser produzida, então se realiza uma pré-mistura, para facilitar a obtenção da mistura homogênea. Na etapa seguinte ocorre a dispersão da mistura, facilitando a umectação, o envolvimento das partículas por resina e em seguida a moagem. Após estas etapas, é realizado o tingimento, adicionando pastas sobre a mistura. Por fim, são efetuados todos os ensaios de controle de qualidade necessários, e então é envasada a tinta para sua comercialização.

Tintas e vernizes usados na construção civil

São classificadas de duas maneiras: de forma usual (uso final, modo de cura e aspecto do acabamento final) e segundo a composição (base solvente e base água).

Na figura 1 estão representadas as tintas mais usadas na construção civil e na imagem 2, disposta em seguida, estão detalhadas as camadas de tintas utilizadas para que haja uma diferenciação nos serviços.

Substrato	Tinta	Verniz	Silicones
Minerais Porosos • Concreto; • Reboco; • Argamassa; • Cerâmica; • Gesso.	• Látex PVAc; • Látex acrílico; • Látex textura; • Esmalte sintético (alquídica); • Epóxi; • Caulão; • Base de Cimento; • Base de Silicatos alcalinos (Sódio, potássio).	• Acrílico (base água e base solvente); • Poliuretânico monocomponente e biocomponente, base solvente e base d'água; • Verniz epóxi, base solvente e base água.	• Silanos; • Siloxanos
Madeira e seus derivados	• A óleo; • Esmalte sintético (resina alquídica), base solvente e base água; • Impregnante ("stains"), base solvente e base água.	• Sintético; • Poliuretânico monocomponente com filtro solar; • Poliuretânico biocomponentes.	-
PVC	• A óleo; • Esmalte sintético (resina alquídica), base solvente e base água.	-	-
Metálicos: • Ferrosos; • Não-Ferrosos.	• A óleo; • Esmalte sintético (resina alquídica), base solvente e base água; • Esmalte sintético (resina alquídica), base solvente de base água; • Esmalte sintético (resina alquídica), base solvente de base água solvente e base água, dupla ação; • Epóxi, base solvente e base água.	-	-

Figura 1 – Principais tintas e vernizes utilizados na construção civil.
Fonte: Isaia (2010)

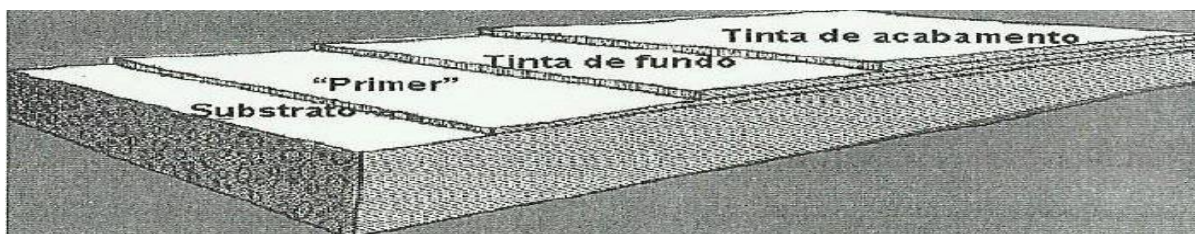


Figura 2 – Principais constituintes dos sistemas de pinturas.
Fonte: Isaia (2010)

Impacto ambiental das tintas

Sabe-se que as tintas são extremamente nocivas ao meio ambiente e à saúde humana, por isso é cada vez mais comum linhas de pesquisa nas indústrias de tinta para o desenvolvimento de produtos de menor impacto ambiental, em especial quanto à emissão de agentes nocivos à atmosfera. As duas principais fontes de impacto ambiental são VOC (hidrocarbonetos, que em combinação com óxidos de nitrogênio, radiação UV e calor, reagem formando oxidantes, como o ozônio troposférico, responsável pela formação da névoa fotoquímica urbana) e os pigmentos à base de metais pesados (normalmente aditivos ou componentes presentes no pigmento da tinta, prejudiciais à saúde do trabalhador, e a leitos de rios se não descartados com responsabilidade).

Assim, recomenda-se o uso de produtos para a pintura que contenham em suas formulações, menor teor de componentes nocivos à saúde e ao meio ambiente.

Diretrizes para a especificação de sistemas de pintura

Os fatores que influenciam na escolha da pintura a ser aplicada são: as condições do meio ao qual será exposta (grau de agressividade e as condições climáticas), o uso destinado à edificação e à natureza do substrato (alvenaria, madeira, gesso, entre outros).

Durabilidade

A durabilidade é o resultado da interação entre o material e o ambiente que o cerca, incluído aspectos de microclima. Nas tintas, a durabilidade se altera em relação a uma série de parâmetros, como a natureza da tinta, características do substrato, as condições do meio ambiente e o uso. No meio ambiente, há o efeito da radiação solar combinado com os fatores climáticos, agentes biológicos, agentes poluentes, entre outros, que afetam as propriedades do material ao longo do tempo. Os agentes de degradação, ou seja, o clima e o tempo são determinantes da degradação dos materiais.

Ensaio, principais propriedades físico-químicas e mecânicas

A avaliação de desempenho consiste na previsão do comportamento potencial da pintura quando em condições normais (reais) de uso, mas sempre intencionalmente mais severos. Os critérios básicos de avaliação de desempenho são: proteção da superfície e efeito estético. Cada ensaio deve estar dentro das normas (ABNT-NBR).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tintas possuem fundamental importância como acabamento das obras de engenharia civil, nas suas mais variadas formas e atribuições. Conhecê-las, desde seus elementos constituintes até seus locais de aplicação, é algo essencial para adquirir conhecimentos sobre o produto e realizar uma boa escolha no momento de empregá-las.

REFERÊNCIAS

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Materiais de Construção – Normas, Especificações, Aplicações e Ensaio de Laboratório**. 1 ed. São Paulo: PINI, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS (ABRAFATI).
Qualidade. Disponível em: www.abrafati.com.br. Acesso em: 20 de novembro de 2014.

ISAÍÁ, G. C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2 v., IBRACON, São Paulo-SP, 2010.

SOUZA, R. de. **Qualidade na Aquisição de Materiais e Execução de Obras**. São Paulo: PINI, 2002.

SEGURANÇA NO TRABALHO: DESAFIO DA ENGENHARIA CIVIL

WECKER, Bianca R.; CORRÊA, Bruna; LOPES, Fabiana da Silva; SOUZA, Iracema de;
BOHNENBERGER; Marcela Vargas; LESCZYNSKI; Priscila F.; CADORE, William
Widmar

RESUMO: O propósito deste trabalho é apresentar a problemática da segurança no trabalho na construção civil. Diante das elevadas taxas de incidência de acidentes, muitos dos quais fatais, vê-se a necessidade de um maior entendimento das causas, bem como elaboração de soluções plausíveis à realidade brasileira. Assim, procurou-se apresentar a legislação vigente e os principais fatores prejudiciais à saúde dos operários da construção civil. Espera-se contribuir para a área, uma vez que os estudos sobre o assunto ainda são insuficientes diante da importância da temática, relacionada especialmente ao grande contingente de mão de obra empregada pelo setor.

PALAVRAS CHAVE: Segurança no trabalho, Construção Civil, Engenharia Civil.

INTRODUÇÃO

A construção civil apresenta-se como um setor de grande importância no Brasil, alcançando o status de setor chave em muitos planos de governo. Juntamente com a indústria extrativa, representa 10,5% do PIB nacional. É, no entanto, uma das áreas de maior geração de acidentes no trabalho. Segundo o site de notícias Uol, “Em 2012, o Brasil registrou 705.239 acidentes de trabalho, sendo 22.330 relacionados ao setor da construção de edificações.”

“[...] Nos últimos anos, vêm sendo publicados diversos estudos que indicam a necessidade da adoção de medidas de caráter gerencial, as quais podem instrumentalizar ou complementar as exigências das leis.” (SAURIN e RIBEIRO, 2000, p.6). Porém, é necessário que estas medidas tenham objetivo e métodos previamente estabelecidos. Em seu estudo sobre o aperfeiçoamento do Modelo de PCS, modelo de planejamento e controle integrado da segurança e produção, Cambraia (2004) et al Cambraia e Saurin (2008) constataram a deficiência no detalhamento das decisões tomadas em reuniões de planejamento. Segundo Churcher e Starr (1997), apud Saurin (2005), as deficiências no projeto constituem uma das principais origens de acidentes, revelando a necessidade de incorporar a segurança no desenvolvimento do projeto. Diante disso, a improvisação por parte dos trabalhadores é comum, sendo esta uma grande geradora de situações de risco. E para incorporar a segurança, Hinze e Gambatese (1996) apud Saurin (2005) apontam dois quesitos que inibem, em parte, o envolvimento do projetista com o tema. O primeiro refere-se à tentativa de fuga das

responsabilidades legais sobre os acidentes. O segundo, a própria deficiência na formação sobre assuntos relacionados à segurança do trabalho.

No entanto, esses estudos apresentam algumas limitações, especialmente no que se refere à definição e categorização de práticas. Além disso, segundo Bridi (2013) muitos desses estudos estão restritos à avaliação de empresas de alto porte, em especial àquelas de países desenvolvidos, gerando assim um painel incompleto da situação. Segundo Saurin (2005),

“[...] as sugestões apresentadas nesses estudos devem ser analisadas com cautela, devido a três motivos: há medidas não aplicáveis à realidade brasileira [...]; os princípios técnicos que embasam as mesmas algumas vezes não são evidentes [...]; muitas sugestões são vagas e saem do escopo do projeto do produto [...]”

Diante da complexidade do problema, medidas pontuais e descoordenadas no gerenciamento da segurança não são eficientes, e períodos sem ocorrências de acidentes relacionam-se mais a fatores circunstanciais a uma efetiva organização para garantir a segurança (SAURIN e RIBEIRO, 2000). Harper e Koen (1998), apud Bridi (2013) destacam ainda uma dificuldade especial à indústria da construção civil, no que diz respeito à conscientização e adoção de procedimentos seguros.

Assim, esta pesquisa pretende contribuir para a área com uma apresentação sistemática do que está e o que pode ser feito, observando experiências e analisando a praticidade destas em nosso país. Também será realizada uma breve apresentação de propostas e sugestões para incorporar, efetivamente, a segurança do trabalho na indústria da construção civil.

METODOLOGIA

O artigo baseia-se em dados estatísticos públicos ou bibliografia consagrada. Inicialmente, utilizaram-se palavras-chave relacionadas tanto à gestão e execução de obras quanto à segurança do trabalho e segurança do trabalho na construção civil. Estas consultas foram executadas nas seguintes fontes: artigos, textos, obras, teses e dissertações, sites da Internet e órgãos estatísticos do governo. Também foi realizada uma visita a uma obra que atende às especificações de segurança da atual legislação.

A partir destes dados, buscou-se realizar um amplo painel da problemática no Brasil, e, através da análise dos principais riscos e entraves na área, foram analisadas possíveis soluções ou medidas preventivas.

LEGISLAÇÃO PERTINENTE

A segurança e a saúde no trabalho no Brasil baseiam-se em uma série de normas regulamentadoras (NR) descritas na Portaria 3214/78 do MTE (Ministério do Trabalho e Emprego).

NR- 04: Serviço Especializado em Engenharia de Segurança

Segundo esta norma, as empresas, públicas ou privadas, órgão públicos e poderes Legislativo e Judiciário, deverão manter, obrigatoriamente, serviços especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (4.1). O dimensionamento desses serviços será de acordo com o grau de risco da atividade principal, apresentado na tabela 1, e também pelo número total de empregados (4.2), relacionado na tabela 2.

Tabela 1: Relação da Classificação Nacional de Atividades Econômicas CNAE (Versão 2.0) com correspondente Grau de Risco GR para fins de dimensionamento do SESMT

39.00-5	Descontaminação e outros serviços de gestão de resíduos	3
F	CONSTRUÇÃO	
41	CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS	
41.1	Incorporação de empreendimentos imobiliários	
41.10-7	Incorporação de empreendimentos imobiliários	1
41.2	Construção de edifícios	
41.20-4	Construção de edifícios	3
42	OBRAS DE INFRA-ESTRUTURA	
42.1	Construção de rodovias, ferrovias, obras urbanas e obras-de-arte especiais	
42.11-1	Construção de rodovias e ferrovias	4
42.12-0	Construção de obras-de-arte especiais	4
42.13-8	Obras de urbanização - ruas, praças e calçadas	3
42.2	Obras de infra-estrutura para energia elétrica, telecomunicações, água, esgoto e transporte por dutos	
42.21-9	Obras para geração e distribuição de energia elétrica e para telecomunicações	4
42.22-7	Construção de redes de abastecimento de água, coleta de esgoto e construções correlatas	4
42.23-5	Construção de redes de transportes por dutos, exceto para água e esgoto	4
42.9	Construção de outras obras de infra-estrutura	
42.91-0	Obras portuárias, marítimas e fluviais	4
42.92-8	Montagem de instalações industriais e de estruturas metálicas	4
42.99-5	Obras de engenharia civil não especificadas anteriormente	3
43	SERVIÇOS ESPECIALIZADOS PARA CONSTRUÇÃO	
43.1	Demolição e preparação do terreno	
43.11-8	Demolição e preparação de canteiros de obras	4
43.12-6	Perfurações e sondagens	4
43.13-4	Obras de terraplenagem	3
43.19-3	Serviços de preparação do terreno não especificados anteriormente	3
43.2	Instalações elétricas, hidráulicas e outras instalações em construções	
43.21-5	Instalações elétricas	3
43.22-3	Instalações hidráulicas, de sistemas de ventilação e refrigeração	3
43.29-1	Obras de instalações em construções não especificadas anteriormente	3
43.3	Obras de acabamento	
43.30-4	Obras de acabamento	3
43.9	Outros serviços especializados para construção	
43.91-6	Obras de fundações	4
43.99-1	Serviços especializados para construção não especificados anteriormente	3

Fonte: NR 4 – Serviços especializados em engenharia de segurança em medicina do trabalho

Esses serviços devem ser compostos por Médico do Trabalho, Enfermeiro do Trabalho e Auxiliar ou Técnico em enfermagem do trabalho (4.4). Esses profissionais devem, segundo o artigo 4.12, aplicar os conhecimentos de segurança no trabalho de modo a reduzir até eliminar os riscos existentes, inclusive nas máquinas e equipamentos. E manter permanente relacionamento com a CIPA, valendo-se ao máximo de suas observações. Todos os acidentes devem ser analisados e registrados em documentos específicos. As atividades desses profissionais são essencialmente de cunho preventivo, mas sem esquecer de situações emergenciais.

Tabela 2: Dimensionamento dos SESMT

Tabela 27. Dimensionamento dos SESM I									
Grau de Risco	N.º de Empregados no estabelecimento	50 a 100	101 a 250	251 a 500	501 a 1.000	1.001 a 2.000	2.001 a 3.500	3.501 a 5.000	Acima de 5000 Para cada grupo De 4000 ou fração acima 2000**
		Técnicos							
1	Técnico Seg. Trabalho				1	1	1	2	1
	Engenheiro Seg. Trabalho						1*	1	1*
	Aux. Enferm. do Trabalho						1	1	1
	Enfermeiro do Trabalho							1*	
	Médico do Trabalho					1*	1*	1	1*
2	Técnico Seg. Trabalho				1	1	2	5	1
	Engenheiro Seg. Trabalho					1*	1	1	1*
	Aux. Enferm. do Trabalho					1	1	1	1
	Enfermeiro do Trabalho							1	
	Médico do Trabalho					1*	1	1	1
3	Técnico Seg. Trabalho		1	2	3	4	6	8	3
	Engenheiro Seg. Trabalho				1*	1	1	2	1
	Aux. Enferm. do Trabalho					1	2	1	1
	Enfermeiro do Trabalho							1	
	Médico do Trabalho				1*	1	1	2	1
4	Técnico Seg. Trabalho	1	2	3	4	5	8	10	3
	Engenheiro Seg. Trabalho		1*	1*	1	1	2	3	1
	Aux. Enferm. do Trabalho				1	1	2	1	1
	Enfermeiro do Trabalho							1	
	Médico do Trabalho		1*	1*	1	1	2	3	1
(*) Tempo parcial (mínimo de três horas)									
(**) O dimensionamento total deverá ser feito levando-se em consideração o dimensionamento de faixas de 3501 a 5000 mais o dimensionamento do(s) grupo(s) de 4000 ou fração acima de 2000.									
OBS: Hospitais, Ambulatórios, Maternidade, Casas de Saúde e Repouso, Clínicas e estabelecimentos similares com mais de 500 (quinhentos) empregados deverão contratar um Enfermeiro em tempo integral.									

Fonte: NR 4 – Serviços especializados em engenharia de segurança em medicina do trabalho

NR- 05: Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA

Objetiva a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho (5.1). Devem constituir CIPA todas as instituições que admitam trabalhadores como empregados (5.2). A CIPA será composta de representantes do empregador e do empregado, sendo esses representantes previamente treinados pela empresa. Entre as atribuições da CIPA (5.16), temos: elaborar um mapa dos riscos de trabalho e um plano de trabalho que possibilite ação preventiva; Analisar, periodicamente, condições de trabalho e de segurança e, mensalmente, avaliação do cumprimento das metas.

Objetiva a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho (5.1). Devem constituir CIPA todas as instituições que admitam trabalhadores como empregados (5.2). A CIPA será composta de representantes do empregador e do empregado, sendo esses representantes previamente treinados pela empresa. Entre as atribuições da CIPA (5.16), temos: elaborar um mapa dos riscos de trabalho e um plano de trabalho que possibilite ação preventiva; Analisar, periodicamente, condições de trabalho e de segurança e, mensalmente, avaliação do cumprimento das metas.

Segundo Pessoa (2014),

“A comissão CIPA pode ser formada de várias maneiras. São elas:

1. CIPA centralizada: quando a empresa possui num mesmo município um ou mais canteiros de obras ou frentes de trabalho com menos de setenta empregados.
2. CIPA por canteiro: quando a empresa possui um ou mais canteiros ou frentes de trabalho com setenta ou mais empregados.
3. CIPA provisória: para o caso de canteiro cuja duração de atividades com menos de 180 dias.”

NR- 06: Equipamentos de Proteção Individual – EPI’s

Considera-se EPI, todo dispositivo ou produto de uso individual ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador (5.1). Um EPI, nacional ou importado, só poderá ser comercializado com indicação do certificado de aprovação-CA (6.2). Segundo o artigo 6.3, a empresa é obrigada a fornecer EPI’s de acordo com o risco da atribuição. Segue na tabela 2 alguns EPI’s para pedreiros.

- Capacete
- Uniforme
- Botina
- Luvas de PVC
- Luvas de Látex
- Luvas de raspa
- Óculos de segurança (incolor)
- Protetor auricular de silicone
- Cinto de Segurança

NR- 07: Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (PCMSO)

Estabelece a obrigatoriedade de elaboração e implementação do: Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (PCMSO). “O PCMSO deverá considerar as questões incidentes sobre o indivíduo e a coletividade de trabalhadores, privilegiando o instrumental clínico-epidemiológico na abordagem da relação entre sua saúde e o trabalho.” (NR 7, Artigo 7.2.2.). “O PCMSO deve incluir, entre outros, a realização obrigatória dos exames médicos: Admissional, periódico, de retorno ao trabalho, de mudança de função, demissional.” (Artigo 7.4.1).

NR- 08: Edificações

São algumas determinações desta norma:

8.2. Os locais de trabalho devem ter a altura do piso ao teto, pé direito, de acordo com as posturas municipais, atendidas as condições de conforto, segurança e salubridade, estabelecidas na Portaria 3.214/78. (Alterado pela Portaria SIT n.º 23/2001)

8.3.2. As aberturas nos pisos e nas paredes devem ser protegidas de forma que impeçam a queda de pessoas ou objetos. (Alterado pela Portaria SIT n.º 12/1983)

8.3.3. Os pisos, as escadas e rampas devem oferecer resistência suficiente para suportar as cargas móveis e fixas, para as quais a edificação se destina. (Alterado pela Portaria SIT n.º 12/1983)

8.3.5. Nos pisos, escadas, rampas, corredores e passagens dos locais de trabalho, onde houver perigo de escorregamento, serão empregados materiais ou processos antiderrapantes.

8.4.1. As partes externas, bem como todas as que separem unidades autônomas de uma edificação, ainda que não acompanhem sua estrutura, devem, obrigatoriamente, observar as normas técnicas oficiais relativas à resistência ao fogo, isolamento térmico, isolamento e condicionamento acústico, resistência estrutural e impermeabilidade. (Alterado pela Portaria SIT n.º 12/1983)

8.4.4. As edificações dos locais de trabalho devem ser projetadas e construídas de modo a evitar insolação excessiva ou falta de insolação.

NR 9: Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA

Esse programa visa a identificar e antecipar os principais riscos ambientais, procurando minimizar a ocorrência de acidentes.

“9.1.5 Para efeito desta NR, consideram-se riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.

9.1.5.1 Consideram-se agentes físicos as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como: ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como o infrassom e o ultrassom.

9.1.5.2 Consideram-se agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão.

9.1.5.3 Consideram-se agentes biológicos as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros.” (NR 9)

A partir dele, as empresas devem organizar sua produção respeitando algumas determinações, tais como a apresentada na tabela 3:

Tabela 3 – Limites de Tolerância para ruído contínuo ou intermitente

NÍVEL DE RUÍDO dB(A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL	NÍVEL DE RUÍDO dB(A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas	98	1 hora e 15 minutos
86	7 horas	100	1 hora
87	6 horas	102	45 minutos
88	5 horas	104	35 minutos
89	4 horas e 30 minutos	105	30 minutos
90	4 horas	106	25 minutos
91	3 horas e 30 minutos	108	20 minutos
92	3 horas	110	15 minutos
93	2 horas e 40 minutos	112	10 minutos
94	2 horas e 15 minutos	114	08 minutos
95	2 horas	115	07 minutos
96	1 hora e 45 minutos		

Fonte: Ministério do trabalho e Emprego- Limites de ruído conforme NR 15

NR-18: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção

Estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, e ainda determina a elaboração do PCMAT (Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção).

Os canteiros de obras devem dispor de:

- a) instalações sanitárias;
- b) vestiário;
- c) alojamento;
- d) local de refeições;
- e) cozinha, quando houver preparo de refeições;

- f) lavanderia;
- g) área de lazer;
- h) ambulatório, quando se tratar de frentes de trabalho com 50 (cinquenta) ou mais trabalhadores.

Entre as determinações desta norma, temos:

a) Banheiros: devem ter boxes separados e lavatórios individuais ou coletivos, tipo calha. Também é necessária descarga com ligação à rede de esgoto, lixeira com tampa e fornecimento de papel higiênico. Nos locais de banho é preciso suporte para sabonete, chuveiro com água quente e, se for elétrico, deve ser aterrado adequadamente, com proporção de 1 para 10 trabalhadores.

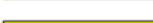
b) Vestiários: A dimensão dos armários deve obedecer ao estabelecido pela norma. Armários individuais devem ter fechaduras ou cadeados para que permaneçam trancados. O espaço deve possuir bancos suficientes para atender o número de trabalhadores e piso de concreto cimentado, madeira ou material equivalente. É importante que haja local adequado para secar toalhas, evitando que sejam guardadas molhadas nos armários. O uso da sapateira torna o ambiente organizado, além de evitar que os calçados sujos fiquem em contato com os objetos pessoais que estejam dentro dos armários dos trabalhadores.

c) Refeições: A segurança e a saúde no trabalho começam pela organização e limpeza, em um local bem iluminado, natural ou artificialmente. O local para a realização das refeições não pode ser localizado no subsolo. Os bebedouros devem ter aterramento elétrico. Deve-se ainda fazer uso de copos individuais ou descartáveis, estufa elétrica ou a gás para aquecimento das refeições, lixeiras com tampa, mesas com tampos lisos e laváveis, piso de concreto, cimentado ou outro material lavável, bancos em número suficiente para atender os funcionários e lavatório para as mãos, próximo ao local das refeições.

NR- 26: Sinalização de Segurança

Esta é feita através de cores, de acordo com a tabela a seguir:

Tabela 4 – Identificação de riscos através de cores

COR	LOCAL DE APLICAÇÃO
	Equipamentos de proteção e combate a incêndios
	Usada em partes móveis e perigosas de máquinas e equipamentos
	Usada para identificar avisos de advertências
	Localização de caixas de primeiros – socorros e EPI's
	Determinar o uso de EPI's
	Marcar os locais onde foi enterrado esse material ou armazenado radioativo
	Faixa para demarcar passagem de pedestres
	Indica coletores de resíduos exceto os provenientes da saúde

Fonte: Identificação de riscos através de cores- Cartilha de Segurança e Saúde no Trabalho- SEBRAE

Boas Práticas

- Fornecimento de EPI's e EPC's pela empresa.
- Capacitação dos funcionários através de palestras, cursos, na admissão e periodicamente, promovendo a reciclagem dos mesmos e conscientização quanto aos equipamentos de segurança e práticas seguras.
- Promoção de conforto e condições sanitárias adequadas nos locais de trabalho.
- Sinalização através de cores das áreas e formas de risco do local.
- Medidas de proteção contra incêndios.
- Manutenção por parte dos trabalhadores da melhor postura anatômica possível, evitando assim maiores problemas ergonômicos.
- Armazenamento de matérias sem obstruir saídas ou em locais de potencial de queda.
- Manutenção periódica de equipamentos e máquinas com emissão de laudos técnico.
- Aterramento de instalações elétricas.
- Manutenção de uma CIPA interna à empresa.
- Desenvolvimento de serviços especializados em medicina e segurança do trabalho.
- Ampliação e intensificação das ações de fiscalização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto observa-se que há uma série de medidas que devem ser postas em prática na busca da diminuição dos acidentes na construção civil. Também vemos a importância de uma fiscalização constante, como uma forma de acometer possíveis práticas

inseguras ao trabalhador. O treinamento para utilizar os equipamentos de segurança deve ser difundido, bem como conversas e reuniões acerca da importância do uso destes.

Melhorias nas práticas atuais de gestão da segurança e saúde no trabalho (SST) podem trazer benefícios como a preservação da vida humana e o aumento da competitividade das empresas no mercado com a redução dos custos decorrentes de acidentes, multas e embargos (BRIDI, 2013).

REFERÊNCIAS

BARONI, Larissa Leiros. **Construção é o 2º setor com o maior número de mortes em acidentes de trabalho no país**. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2013/12/06/construcao-e-o-segundo-setor-com-o-maior-numero-de-mortes-em-acidentes-do-trabalho.htm>> Acesso em: 24/04/2015.

BRASIL, Ministério do trabalho. **NR 4 – Serviços especializados em engenharia de segurança em medicina do trabalho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____**NR 5:** Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____**NR 6:** Equipamentos de Proteção Individual – EPI's. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____**NR 7:** Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (PCMSO). Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____**NR8:** Edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____**NR9:** Programa de Prevenção de Riscos Ambientais- PPRA. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____**NR 18:** Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____**NR 26:** Sinalização de Segurança. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Dados da Inspeção em Segurança e Saúde no Trabalho 2012**.

Disponível<<http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D3D183EB0013D2621437B3960/Acumulado%20-%20DSST%20-%20%202012.pdf>>. Acesso em: 24/04/2015.

BRIDI, Marcelle Engler et al. **Identificação de práticas de gestão da segurança e saúde no trabalho em obras de construção civil**. Ambient. constr. [online]. 2013, vol.13, n.3, pp. 43-58. ISSN 1678-8621. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212013000300004>.

BRIDI, M.E. **Protocolo de Avaliação das Práticas de Segurança e Saúde no Trabalho no Setor da Construção Civil**. Porto Alegre, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

CAMBRAIA, Fabrício Borges; SAURIN, Tarcísio Abreu and FORMOSO, Carlos Torres. **Planejamento e controle integrado entre segurança e produção em processos críticos na construção civil**. Prod. [online]. 2008, vol.18, n.3, pp. 479-492. ISSN 0103-6513. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132008000300006>.

CANZIAN, Fernando. **Indústria 'nobre' perde participação no PIB e se iguala à construção civil**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/04/1618499-industria-nobre-perde-participacao-no-pib-e-se-igual-a-construcao-civil.shtml> >. Acesso em: 24/04/2015.

MELLO, Luiz Carlos Brasil de Brito and AMORIM, Sérgio Roberto Leusin de. **O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos**. Prod. [online]. 2009, vol.19, n.2, pp. 388-399. ISSN 1980-5411. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132009000200013>.

PESSOA, Lucineide Leite. **Riscos de acidente de trabalho na construção civil**. Revista Jus Navigandi, Teresina, ano 19, n. 3871, 5 fev. 2014. Disponível em: <http://jus.com.br/artigos/26605>>. Acesso em: 24/04/2015.

Leia mais: <http://jus.com.br/artigos/26605/riscos-de-acidente-de-trabalho-na-construcao-civil#ixzz3hg14r3MF>

SAURIN, Tarcísio Abreu and RIBEIRO, José Luis Duarte. **Segurança no trabalho em um canteiro de obras: percepções dos operários e da gerência**. Prod. [online]. 2000, vol.10, n.1, pp. 05-17. ISSN 0103-6513. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132000000100001>.

SAURIN, Tarcísio Abreu. **Segurança no trabalho e desenvolvimento de produto: diretrizes para integração na construção civil**. Prod. [online]. 2005, vol.15, n.1, pp. 127-141. ISSN 0103-6513. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132005000100011>.

STEFANO, Camile. **Segurança na Construção Civil: Trabalho de educação, conscientização e medidas de proteção**. São Paulo, 2008, 58f. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil- Universidade Anhembí Morumbi. a

VASCONCELOS, Fernando. **Atuação do Ministério do Trabalho na fiscalização das condições de segurança e saúde dos trabalhadores**, Brasil, 1996-2012. Rev. bras. saúde ocup. [online]. vol.39 no.129 São Paulo Jan./June 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0303-7657000072012>.

INOVAÇÃO E TECNOLOGIA NA ILUMINAÇÃO PELO SISTEMA LED

RIBOLLI, Adair; MARIANI, Rodriogo Stahl, IMMICH, Tiago Bisognin; DUPONDT, Fabrício Hoff; CANTARELLI, Luiz Antônio

RESUMO: A tecnologia do LED surgiu há muitos anos atrás, e até há bem pouco tempo, era utilizado basicamente como indicador de condição (ligado/desligado) de aparelhos eletroeletrônicos, especialmente na cor vermelha. Com a descoberta de novas cores, passou a ser utilizado como ferramenta para iluminação em situações de nosso cotidiano, apresentando, entre outras vantagens, uma maior eficiência energética com menor consumo de eletricidade.

PALAVRAS-CHAVE: LED; iluminação; tecnologia; economia.

INTRODUÇÃO

Em tempos em que muito se fala de crise energética, crise financeira, sustentabilidade, economia, o setor elétrico também se insere nesse contexto, onde a reinvenção é, por assim dizer, a alma do negócio.

Na busca de alternativas para tal situação, novas tecnologias têm surgido buscando possibilitar a economia no consumo energético, já que a solução do problema das secas independe da ação humana. É assim que se insere no cenário atual a tecnologia conhecida como LED. Apesar de ainda não ser unanimidade em termos de utilização, a tendência de sua aplicação vem crescendo como consequência de um ciclo de consumo, inovação, redução de custos e benefícios proporcionados.

Demonstrativo claro da evolução, avanços e ampliação da tecnologia LED surge quando voltamos um pouco na história do LED, que tem seus primeiros registros remontando ao início do século XX, passando em 1962 a ser utilizado como indicadores de função on/off em aparelhos eletro-eletrônicos até chegar aos atuais LEDs de potência, com as mais variadas possibilidades de utilização.

A utilização do LED tem ganho espaço no cotidiano da população, mas o resultado esperado em termos de eficiência e produtividade somente poderá ser atingido com sua correta utilização. Para tanto, o que se verá a seguir busca demonstrar uma direção a ser seguida em busca dos melhores resultados.

DESENVOLVIMENTO

A sigla LED (Light Emitting Diode), ou, traduzindo, Diodo Emissor de Luz, é um componente eletrônico semicondutor que realiza a transformação de energia elétrica em energia luminosa.

Descrição mais detalhada encontramos na obra LED: A luz dos novos projetos¹, destacando que trata-se de uma nova forma de se criar luz, apelidado de “luz em estado sólido”.

O LED é um tipo de diodo semicondutor em estado sólido, sendo que a luz é gerada dentro de um *chip* cujo tamanho não é maior do que 0,25mm². Esse *chip* é um cristal em estado sólido e, por isso, é muito utilizado um termo inglês para definir essa nova forma de fazer luz, o SSL – *Solid State Light* –, que quer dizer “luz em estado sólido”. No dia a dia dos projetos e estudos da iluminação com LED, essa expressão será muito usual, e por isso a menciono.

A origem do LED remonta ao início do século, sendo que seu uso tornou-se mais intenso a partir dos anos 1960, com a introdução no mercado do LED na cor vermelha, sendo essa a primeira luz visível emitida por um LED. Nos anos 1970 surgiram outras cores com luzes visíveis, como o verde, amarelo e laranja.

Entretanto, seu uso restringia a pequenos indicadores de funcionamento de outros equipamentos elétricos, sendo o vermelho usado especialmente para indicar as funções de ligado/desligado dos aparelhos.

Formação de luz no LED

Sendo o LED um dispositivo semicondutor de energia, com características especiais, também os seus cuidados de instalação e utilização devem ser especiais. São dispositivos com polaridade, devendo esta ser obedecida sob pena de não funcionamento ou mau funcionamento.

Entretanto, quando posto em funcionamento de maneira correta, tende a trazer inúmeras vantagens, que serão abordadas adiante. Nesse aspecto do funcionamento do LED, destacamos que a formação de luz nos LED não difere totalmente da formação de luz em outros sistemas, sendo dependente de mudanças energéticas em elétrons, que com a perda de carga tendem a gerar energia luminosa.

¹ SILVA, Mauri Luiz da. **LED: a luz dos novos projetos**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2012. 139 p.

Essa energia luminosa gerada pela perda de carga dos elétrons, quando irradiada para o material utilizado na produção do LED, tende a formar luzes com cores variadas, com comprimentos de ondas diferentes, dependendo do material utilizado.

Abaixo, tabela² demonstrativa dos elementos componentes da Tabela Periódica da Química Geral com a indicação de cores produzidas nos LEDs.

Cor	Comp. de onda (nm)	Tensão (V)	Material Semicondutor
Infravermelho	$\lambda > 760$	$\Delta V < 1,9$	Gallium arsenide (GaAs) Aluminium gallium arsenide (AlGaAs)
Vermelho	$610 < \lambda < 760$	$1,63 < \Delta V < 2,03$	Aluminium gallium arsenide (AlGaAs) Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP)
Laranja	$590 < \lambda < 610$	$2,03 < \Delta V < 2,10$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP)
Amarelo	$570 < \lambda < 590$	$2,10 < \Delta V < 2,18$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP)
Verde	$500 < \lambda < 570$	$2,18 < \Delta V < 4,0$	Indium gallium nitride (InGaN) / Gallium(III) nitride (GaN) Gallium(III) phosphide (GaP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Aluminium gallium phosphide (AlGaP)
Azul	$450 < \lambda < 500$	$2,48 < \Delta V < 3,7$	Zinc selenide (ZnSe) Indium gallium nitride (InGaN) Silicon carbide (SiC) as substrate
Violeta	$400 < \lambda < 450$	$2,76 < \Delta V < 4,0$	Indium gallium nitride (InGaN)
Ultravioleta	$\lambda < 400$	$3,1 < \Delta V < 4,4$	diamond (C) Aluminium nitride (AlN) Aluminium gallium nitride (AlGaIn) Aluminium gallium indium nitride (AlGaInN)
Branco	Faixa do espectro visível	$\Delta V = 3,5$	Chip Azul ou UV com fósforo

Tabela 1. Cores de luz, comprimentos de onda, tensão e elementos formadores

No tocante à formação das cores, merece uma maior atenção a formação do LED branco, que foi quem possibilitou o maior salto na utilização dessa tecnologia, surgindo assim o conceito de LED de potência. Como é do conhecimento comum, (...) A cor branca (branco ou alvo) é a junção de todas as cores do espectro de cores. É definida como "a cor da luz" em cores-pigmento. É a cor que reflete todos os raios luminosos, não absorvendo nenhum e por isso aparecendo como clareza máxima.

A obtenção da luz branca, segundo SILVA (2012, p 34-35), pode ser feita através de três técnicas distintas, conforme abaixo:

² http://www.grupoitech.com.br/led_como_funciona.php?idioma=br. Acesso em 15.mai.2015

Método 1 – Luz azul + fósforo amarelo: É a mais utilizada, e consiste na colocação de uma camada de fósforo amarelo em cima do LED Azul. Na passagem da luz azul pelo fósforo amarelo, ela se transforma na luz branca.

Método 2 – Mistura de cores: Ocorre a mistura de três fontes monocromáticas, segundo o sistema RGB, para produzir uma fonte de luz branca através da combinação das três cores no olho humano.

Método 3 – Um LED azul é utilizado para excitar um ou mais fósforos emissores de luz visível. O LED é projetado para deixar “vazar” um pouco da luz azul entre o fósforo para gerar a porção azul do espectro, enquanto o fósforo converte a porção remanescente da luz azul em porções vermelhas e verdes do espectro, aproximando-se do que ocorre no segundo método.

Eficiência dos LEDs

Quando falamos de eficiência energética as vantagens da Iluminação LED são notórias, uma vez que, a título de exemplo, com uma potência de 80 W é possível obter em LED os mesmos níveis de fluxo luminoso, de uma lâmpada de descarga de 250 W (na ordem dos 8000 lm). Esta característica faz com que a tecnologia LED seja, atualmente, a mais eficiente do mercado, em termos de iluminação apresentando valores entre os 100 e os 150 lm/W, dependendo do tipo de aplicação.

Quando comparado com os valores típicos das lâmpadas fluorescentes, de 65 lm/W, ou das lâmpadas de descarga com 55 lm/W, constata-se que existe clara vantagem na instalação do sistema LED.

Adicionalmente a tecnologia de Iluminação LED dispensa o uso de equipamento auxiliar, como balastros e arrancadores, que também consomem energia no seu funcionamento.

O fato de a Iluminação LED ter uma baixa emissão de calor, quando comparado com outras soluções permite atingir os valores de eficiência energética apresentados, já que possuem perdas por efeito de Joule bastante reduzidas.

Existem ainda outras vantagens na tecnologia LED, quando comparada com outras tecnologias convencionais. O fato de o LED ser construído a partir de material semicondutor (tecnicamente designado por equipamento de estado sólido, por não possuir peças móveis ou frágeis), apresenta enormes vantagens no que respeita a robustez, tempo de vida útil e viabilidade de funcionamento, quer em função da temperatura, quer em função do tempo de

vida do equipamento, isto é, praticamente não ocorre degradação do material com a utilização.

Ecologicamente, o facto de no seu fabrico, não serem utilizados gases nocivos ao ambiente, como vapor de mercúrio, vapor de sódio, halogéneo ou iodetos metálicos, constitui um grande benefício ambiental, na fase de encaminhamento dos resíduos.

Equipamentos auxiliares

Os LEDs prometem inúmeras vantagens em relação aos demais tipos e sistemas de iluminação, oferecendo eficiência, aliado a baixo custo e alta durabilidade.

Entretanto, tais fatores não dependem única e exclusivamente do LED em si, mas também de equipamentos e partes auxiliares que colaboram direta ou indiretamente para o alcance da eficiência pretendida.

Drivers são os responsáveis por manter constante a corrente contínua necessária ao funcionamento do adequado e seguro do LED. Em termos de funcionamento, podemos destacar que os drivers são as fontes de tensão, para ligação em paralelo, e as fontes de corrente, para os casos de ligação em série.

Os LED emitem luz visível fria, ou seja, não irradiam calor, nem raios ultravioleta ou infravermelhos. Entretanto, seu funcionamento gera calor, o qual é dissipado todo por trás de sua estrutura. Para assegurar a eficiência do funcionamento e manter suas características originais é necessário que o equipamento responsável pela dissipação do calor tenha um bom funcionamento, assim como a qualidade do material óptico é indispensável à transformação de um feixe de luz pontual em uma luz visível com maior área.

A qualidade do LED está diretamente ligada à qualidade dos equipamentos que o compõe, sendo indispensável que o profissional que se utiliza da tecnologia de LED certifique-se de estar adquirindo produtos com qualidade, já que estão sujeitos a um desgaste natural muito mais acelerado do que ocorre com o LED em si.

Desmistificando o LED

Inúmeras são as místicas envolvendo a tecnologia LED, sendo que algumas possuem fundamento e outras não.

Inicialmente, um dos aspectos mais destacados na atualidade dizem respeito a economia gerada pelo LED, o que é verdade em comparação a outros tipos de lâmpadas,

assim como é verdadeira a sua desvantagem em relação a esses mesmos tipos de lâmpadas quando se fala em custo de instalação, que inicialmente ainda é maior que os tipos tidos como tradicionais.

Entretanto, os custos mais elevados com instalação tornam-se ao longo do tempo compensadores em razão da economia apresentada em relação ao consumo energético e também em relação a menor manutenção.

Nesse sentido, existem informações sobre a longa duração do LED, sua vida útil. Cabe destacar novamente que a durabilidade e vida útil do LED está muito mais ligada à qualidade dos equipamentos e materiais utilizados em sua montagem do que em relação a durabilidade do próprio LED. Inúmeros são os casos de luzes de LED adquiridas a custos baixos por serem produzidas com materiais de qualidade inferior, mas que acabam apresentando um rendimento final menor que o esperado.

O LED como dito inicialmente é considerado um sistema de geração de luz sólida, montado em um minúsculo componente. Essa montagem, sem filamentos, confere ao LED uma segurança contra quebra, sendo praticamente inerte a danos decorrentes de vibrações, conferindo um aumento de sua vida útil. No caso das lâmpadas tradicionais, com filamentos, muitas vezes estas deixam de funcionar por rompimento do seu filamento como decorrência de vibrações sofridas.

Outro ponto que chama muito atenção diz respeito à temperatura dos LEDs. Normalmente, o que se diz é que o LED é frio, que não produz calor. Entretanto, quando em funcionamento, o LED produz sim calor, mas esse calor é expelido naturalmente para trás, não existindo as prejudiciais radiações ultravioletas e infravermelho na parte frontal do LED, sendo sua luz, realmente, fria. Tal característica permite sua utilização em ambientes tais como museus e jardins, com fecho direcionado ao objeto que se quer iluminar, sem que exista qualquer risco de deterioração do objeto.

Quanto à eficiência luminosa, característica muito próxima e porque não, intimamente ligada aos aspectos econômicos, podemos destacar que atualmente as tecnologias mais usuais, como a lâmpada incandescente comum e as lâmpadas fluorescentes ainda apresentam algumas características interessantes para sua utilização. Entretanto, em termos de eficiência medida em lumens/watt, temos que os LEDs vêm ganhando largo terreno.

Convém citar novamente SILVA (2012, p.71) quando fala sobre a evolução da eficiência luminosa do LED.

Quando usamos LEDs de alta *performance*, podemos conseguir até mais do que 150 lm/w. Ou seja, 150 lumens produzidos por apenas um watt consumido. É bastante razoável

imaginar que, no momento em que esteja sendo lida esta parte do livro, já tenhamos LEDs com mais de 200 lm/w, já que a evolução é constante e rápida na pesquisa dessa nova tecnologia.

Atualmente, na iluminação geral, os LEDs utilizados estão na faixa de 55 lm/w, chegando, em alguns casos, a mais de 100 lumens por watt. Na maior parte dos produtos hoje disponíveis, podemos falar em 55 até 70 lm/w.

De posse dos dados relacionados à eficiência luminosa dos LEDs, podemos dispor do gráfico³ que segue para fins de comparativo com outras tecnologias existentes.

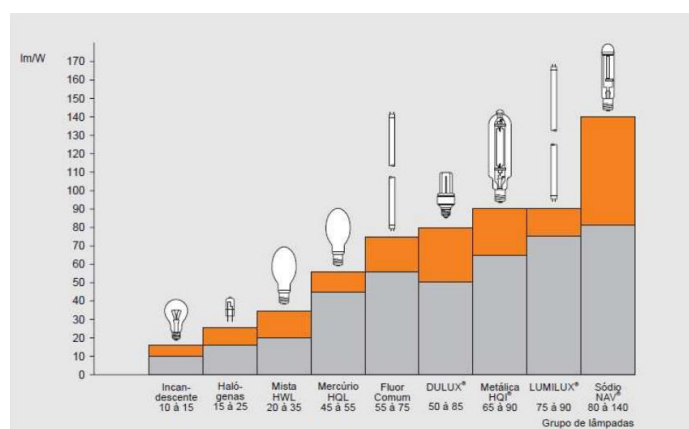


Gráfico 1 – Comparativo entre diversos tipos de lâmpadas e sua eficiência luminosa (lm/w)

Tomando em conta o gráfico apresentado e considerando a rápida evolução da tecnologia LED, temos um cenário em que muito em breve o LED tende a substituir todos os outros tipos de lâmpadas, com inúmeras vantagens.

Algumas vantagens do LED

O LED tem como características dimensões reduzidas, permitindo sua aplicação em pequenas luminárias que, a julgar pelo gosto dos arquitetos e projetistas de iluminação, é uma enorme vantagem, pois tais profissionais buscam o destaque para própria luz emanada pela fonte e não para a fonte geradora. O tamanho reduzido do LED permite tal aplicação.

Como já mencionado anteriormente, por não disporem de filamento, os LED apresentam uma elevada resistência às vibrações. Aliado à ausência de filamento, sua

³ FERREIRA, Rodrigo Arruda Felício. **Manual de Luminotécnica**. Apostila Auxiliar da Disciplina ENE-065 para o Curso de Engenharia Elétrica da UFJF. Disponível em <http://www.ufjf.br/ramoieeee/files/2010/08/Manual-Luminotecnica.pdf>. Acesso em 15.mai.2015.

montagem, realizada em microchips, também aumenta sua resistência às vibrações e desta forma, sua resistência e durabilidade.

Outra característica importante dos LEDs diz respeito à saturação de cores. As cores apresentadas apresentam-se nítidas, formadas com um único comprimento de onda, monocromática, aumentando assim a sua saturação. Vermelho é muito vermelho, assim como verde é muito verde, o mesmo ocorrendo com outras tantas cores.

A possibilidade de direcionamento de sua luz é uma vantagem, já que permite que a luz seja dirigida a um ponto específico que se queira iluminar, sem que ocorra perdas de luminosidade.

Os LEDs possuem uma vida muito longa, especialmente quando de boa qualidade, não sofrendo sequer interferência do ato de ligar/desligar repetidas vezes, como ocorre em lâmpadas fluorescentes, por exemplo, que possuem o limite operacional bastante limitado.

A ausência de radiações ultravioletas e infravermelhas, somadas à altíssima eficiência luminosa, que permitem Índices de Reprodução de Cores próximos a 90% e Temperaturas de Cores variando de 2700K a 6500K, permitem sua utilização como substitutas de outros tipos de lâmpadas com a vantagem da economia e da possibilidade de utilização em situações específicas que exigem maior cuidado em relação à iluminação.

Considerações sobre aplicabilidade dos LEDs

Equipamento luminoso de reduzidas dimensões, mas com grande capacidade de fornecer um resultado esperado, atualmente o LED está inserido no nosso cotidiano de forma tal que pensamos nele em vários momentos, e com objetivos variados.

Considerando as necessidades cada vez mais reais de se ter maiores resultados com menores gastos, os LEDs atendem essa demanda, uma vez que a cada dia que passa, devido ao avanço tecnológico, ganham condições de produzir mais luz com menor consumo energético. Sua tecnologia permite a emissão de luzes monocromáticas mais nítidas, mais saturadas, facilitando sua utilização em situações que exijam que determinado objeto adquira destaque.

Graças ao seu reduzido tamanho, o destaque fica apenas por conta da luz criada, e não do equipamento gerador, o que o torna ideal a utilização do LED em detalhes arquitetônicos.

Com a obtenção do LED branco, sua utilização popularizou-se, surgindo os conceitos de LED de potência, passando sua utilização a ser difundida também em ambientes

residenciais, comerciais e industriais, antes dominados por tecnologias diversas, cada uma com vantagens e desvantagens próprias e que foram praticamente suprimidas nos LEDs.

O LED pode ser considerado como a união das vantagens dos variados tipos de lâmpadas já existentes, somando-se a isso uma carga tecnológica inovadora, que lhe acrescentou inúmeras outras vantagens, permitindo sua utilização desde a iluminação automotiva (inclusive em faróis, que são áreas expostas a poeira e vibração) até iluminação submersa em piscinas. Ou seja, são inúmeras opções, sendo possível a substituição de qualquer outro tipo de lâmpada pelo LED.

Entretanto, é importante lembrar que toda essa flexibilidade e gama de opções de uso podem cair por terra se não houver a escolha correta do LED a ser usado em cada ocasião e, principalmente, se o material usado não for de boa qualidade, regra esta válida para todo e qualquer material a ser utilizado na Engenharia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Surgido há mais de 100 anos, os LEDs iniciaram sua “vida” como meros coadjuvantes, detalhes, quando não apenas enfeites, outros aparelhos elétricos e mais modernamente eletrônicos. Eram simples “luzinhas de LED” que demonstravam que um aparelho estava ou não ligado.

Entretanto, sua evolução foi ocorrendo aos poucos, chegando atualmente ao patamar de “estrela” em termos de iluminação, principalmente por conta de suas características de eficiência energética, relacionadas a um elevado nível de luminosidade associado a um baixo consumo de energia elétrica. Suas principais críticas ainda giram em torno de seu elevado custo, especialmente de instalação inicial. Não obstante, especialistas garantem que tal custo é facilmente recuperável em função da economia gerada tanto no consumo elétrico quanto na redução de gastos com manutenção.

Embora a Engenharia Civil ainda não tenha alcançado patamares tecnológicos comparáveis ao que ocorreu com o LED, haja vista que em muitos casos ainda se utiliza de meios rudimentares para execução de uma obra, o LED deve ser visto não apenas como uma moda ou tendência, mas sim um instrumento de otimização de resultados e mais do que tudo, como uma alternativa à execução de obras sustentáveis, considerando que além de sua economia, eventuais resíduos decorrentes do desgaste não são tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente como ocorre, por exemplo, em lâmpadas fluorescentes.

Perdão aos contrários, aos fabricantes de lâmpadas incandescentes, fluorescentes, fluorescentes compactas e outras. O LED chegou, e veio para ficar. Cabe a nós utilizarmos da melhor maneira possível.

REFERÊNCIAS

CREDER, H. **Instalações elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações elétricas**. 5.ed. Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 2008.

CRUZ, E. C. A.; ANICETO, L. A. **Instalações elétricas: fundamentos, prática e projetos em instalações residenciais e comerciais**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.

FILHO, J. M.. **Instalações elétricas industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

GRUPO ITECH. **LED: como funciona**. http://www.grupoitech.com.br/led_como_funciona.php?idioma=br

JUNIOR, R. de C.. **Instalações elétricas e o projeto de arquitetura**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

NEGRISOLI, M. E. M. **Instalações elétricas: projetos prediais em baixa tensão**. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Edgard Blucher, 2012.

SILVA, M. L. da. **Iluminação: Simplificando o Projeto**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009.

SILVA, M. L. da. **LED: a luz dos novos projetos**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2012. 139 p

SBA: **Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica**. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-17592006000200008&lang=pt> . Acesso em: 30 de julho de 2015.

BATERIAS ELETROQUÍMICAS: TIPOS, PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES

ROMITTI, Leonardo; DURANTI, Mariluci; VERTI, Eric. A. F.; DUPONT, Fabrício H.

RESUMO: O propósito deste trabalho é apresentar os princípios básicos de funcionamento das pilhas e das baterias através da eletroquímica, cujas observações iniciais realizadas por Alessandro Volta no século XVIII culminaram na pilha voltaica. e levando em consideração as principais baterias presentes no mercado, realizar uma análise de seu emprego em sistemas.

PALAVRAS-CHAVE: eletroquímica, fontes de corrente contínua, pilhas, baterias.

INTRODUÇÃO

No início do século XVIII o professor e cientista italiano Alessandro Volta descobriu que ocorre uma reação química quando metais diferentes ficam em contato com uma solução ácida e que deste fenômeno origina-se uma corrente elétrica. Essas observações iniciais levaram a um ramo da química chamado de eletroquímica. Este ramo trata do uso de reações químicas espontâneas para produzir eletricidade e do uso de eletricidade para forçar as reações químicas a acontecerem (ATKINS; JONES, 2012).

A partir destas conclusões, Volta construiu a primeira pilha em 1796 utilizando discos de cobre e zinco separados por uma solução ácida. Esta descoberta permitiu fornecer eletricidade em corrente contínua de maneira simples que foi chamada de pilha voltaica, e depois aperfeiçoada conforme necessidades específicas. Nesse contexto, este trabalho objetiva apresentar os principais aspectos destes dispositivos, que são de fundamental importância para o armazenamento de grandes densidades de energia.

REVISÃO DE LITERATURA

O termo pilha ou bateria é empregado para se referir a um dispositivo constituído unicamente de dois eletrodos e um eletrólito, arranjos de maneira a produzir energia elétrica, conforme ilustra a Figura 1. Quando os eletrodos são conectados a um aparelho elétrico (carga) uma corrente flui pelo circuito, pois o material de um dos eletrodos oxida-se espontaneamente liberando elétrons (ânodo ou eletrodo negativo), enquanto o material do outro eletrodo reduz-se usando esses elétrons (cátodo ou eletrodo positivo) (BOCCHI et al, 2000).



Figura 1 – Corte transversal de uma pilha convencional.

O terminal positivo da pilha estabelece um campo elétrico que é capaz de atrair os elétrons livres da extremidade do fio no qual está ligado o mesmo tempo que o polo negativo gera um campo elétrico que repele os elétrons no outro extremo do fio. Este sistema força os elétrons a se deslocarem de um átomo para o outro, e ao se deslocarem geram um fluxo orientado através do condutor na direção do polo positivo da pilha. A este fluxo dá-se o nome de corrente elétrica.

O fluxo de cargas gerado por pilhas e baterias é unidirecional, e por este motivo recebe o nome de corrente contínua (CC), em contraste com a corrente alternada (CA) produzida pelos geradores eletromecânicos, por exemplo.

De acordo com Boylestad (2004) uma bateria é por definição um nome derivado da expressão “bateria de células” que consiste de uma combinação de uma ou mais células similares; uma célula é uma unidade fundamental da geração de energia elétrica pela conversão de energia química ou solar. Todas as células podem ser classificadas como primárias ou secundárias. As primárias são aquelas em que o produto químico não pode voltar à sua forma original uma vez esgotado, por ter convertido a energia química em elétrica, sendo, portanto, não recarregáveis (pilhas). As secundárias são aquelas em que a transformação da energia química em elétrica é reversível, podendo ser recarregadas e utilizadas várias vezes (baterias).

Principais tipos de pilhas e baterias

Os tipos principais de pilhas e baterias comercialmente disponíveis são apresentados em Boylestad (2004) e descritos nas subseções seguintes.

Pilhas Alcalinas e de lítio-iodo

A célula alcalina primária possui um anodo (+) de zinco pulverizado, um eletrólito de hidróxido de potássio (metal alcalino) e um catodo (–) de carbono e dióxido de manganês. Foram a princípio desenvolvidas para equipamentos que consomem energia lentamente, possuindo grande quantidade de carga, mas não sendo possível a sua recarga. Esse tipo de pilha possui uma diferença de potencial de 1,5V.

Baterias de Chumbo-Ácido

São usadas principalmente em automóveis. O eletrólito é o ácido sulfúrico e os eletrodos são construídos com chumbo esponjoso (Pb) e peróxido de chumbo (PbO₂). Quando uma carga é conectada aos terminais da bateria a transferência de elétrons entre os eletrodos continua até que a bateria esteja completamente descarregada. O tempo de descarga é determinado pelo grau de diluição do ácido sulfúrico e pela quantidade de sulfato de chumbo depositado em cada placa. Esse tipo de bateria pode ser recarregada conectando-se uma fonte de corrente contínua CC que force passagem através da bateria enquanto ela estiver acionando uma carga. Isso removerá o sulfato de chumbo das placas da bateria restaurando a concentração de ácido sulfúrico.

Baterias Estacionárias ou de Ciclos Profundos

São baterias empregadas na geração de energia solar. A quantidade de energia elétrica produzida pelos módulos fotovoltaicos varia significativamente com o nível de insolação. Em sistemas assim, é necessário que a energia elétrica esteja disponível durante as 24 horas do dia. A função da bateria é armazenar a energia gerada deixando-a sempre disponível, estabilizar a tensão do sistema e servir como uma reserva de potencia quando necessário.

Baterias de Níquel-Cádmio (NI-Cad)

Utilizadas em aplicações como flashes, barbeadores à pilha, ferramentas e aparelhos móveis e de pequeno porte em geral. Possui corrente relativamente baixa e tensão por célula de 1,2 V. Permite períodos de uso mais longos se comparados com pilhas primárias e podem ser usadas até que haja alguma indicação de que o nível de energia se encontra baixo. Esse

tipo de bateria possui efeito de memória, que faz com que a capacidade de armazenar energia seja reduzida a cada vez que for recarregada. As baterias de NI-Cad são carregadas utilizando-se uma fonte de corrente constante durante todo o período do ciclo de carga.

Baterias de Níquel-hidreto Metálico e de Níquel-hidrogênio

É um modelo híbrido de bateria de alta capacidade de armazenamento de potência em pouco espaço e com tempo de vida muito longa utilizado em veículos espaciais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo como base a revisão de literatura realizada e a análise sobre as aplicações de pilhas e baterias em sistemas eletrônicos, demonstrou-se a relação entre química e eletricidade no que tange a estes dispositivos de produção de energia. Devido à maior quantidade de equipamentos eletrônicos presentes no dia a dia que dispensam o uso de fios, a demanda por pilhas e baterias tem aumentado consideravelmente. Assim como a busca por novas tecnologias que permitam expandir sua capacidade de geração de energia, destaca-se também como tendência para os próximos anos, a busca por geradores de corrente contínua menores e com maior capacidade de geração a fim de corresponder com as expectativas e as exigências das novas tecnologias e sociedade.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é suportado pelo projeto 3657 do Edital 3/2015 da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões.

REFERÊNCIAS

ATKINS & JONES. Eletroquímica. Capítulo 13. In: **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. 5. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BOCCHI, Nerilso, et al. **Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental**. Revista Química Nova na Escola. Nº11, 2000.

BOYLESTAD, Robert L. **Introdução à Análise de Circuitos**. 10. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

SILVA FILHO, Matheus Teodoro da. **Fundamentos de Eletricidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

CÉLULAS FOTOVOLTAICAS: UMA BREVE REVISÃO DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS

COLUSSI, Alex Dutra; CEZAR, Cléber Cristiel; TIBURSKI, Mateus; DUPONT, Fabrício Hoff

RESUMO: Este resumo tem por objetivo apresentar um breve histórico das células fotovoltaicas, de seu princípio de funcionamento até seus dias atuais, bem como suas principais características de funcionamento e configurações típicas de instalação.

PALAVRAS-CHAVE: Células fotovoltaicas, painéis solares, energia solar.

INTRODUÇÃO

A radiação solar é a forma de energia mais abundante disponível na Terra, mas para podermos aproveitar todo esse potencial energético em nosso planeta há um grande desafio.

Os primeiros registros de que se tem na conversão de energia solar em energia elétrica datam de meados dos anos 1839, pelo físico Francês Alexandre Edmond Becquerel. Mas foi somente no ano de 1876, depois de vários anos de estudo nas estruturas de estado sólido que o primeiro aparato fotovoltaico foi montado, o qual possuía um rendimento estimado em cerca de 1%. A produção deste material somente tomou proporções industriais em meados dos anos 1956 seguindo o desenvolvimento da microeletrônica.

Ao final dos anos 70 o fornecimento de energia elétrica à base das placas fotovoltaicas chegava a 1Mwp/ano (mega watt pico/ano). Quinze anos depois, já na década de 90, essa produção já alcançava 60Mwp/ano. Esse grande salto para um futuro melhor é alimentado pelo aumento da utilização de recursos renováveis, com a energia solar sendo uma das maiores contribuintes, entre vários outros recursos naturais.

A energia solar, atualmente, é uma das formas mais limpas e abundantemente disponível entre as formas de energia que podem ser utilizadas pela humanidade. Ela tem o potencial para suprir as necessidades de consumo de energia atual da sociedade. No entanto, existem apenas duas restrições principais que impedem o processo de plena utilização da energia solar, que compreendem os custos de produção e a taxa de rendimento na conversão de energia.

DESENVOLVIMENTO

A energia solar fotovoltaica tem como principal apelo a utilização em pequenas instalações, com o objetivo de alimentar cargas usualmente pequenas. Células fotovoltaicas são fabricadas com material semicondutor, ou seja, material com características elétricas intermediárias entre um condutor e um isolante (SEDRA; SMITH, 2014).

O silício apresenta-se normalmente disponível como areia. Através de métodos adequados obtém-se o silício em forma pura, denominado intrínseco. O cristal de silício puro não possui elétrons livres e, portanto é um mau condutor elétrico. Para alterar isto acrescentam-se pequenas quantidades de outros elementos, ditas impurezas. Este processo denomina-se dopagem. Da dopagem do silício com o fósforo obtém-se um material com elétrons livres ou materiais com portadores de carga negativa (silício tipo N). Realizando o mesmo processo, mas agora acrescentado Boro ao invés de Fósforo, obtém-se um material com características inversas, ou seja, falta de elétrons ou um material com cargas positivas livres (silício tipo P).

Segundo Mayra Baquedano, responsável pelo desenvolvimento e execução de planos de marketing online estratégicas para o Vale do Silício Microelectronics, Inc. A indústria de energia fotovoltaica já percorreu um longo caminho desde o seu princípio. Células solares à base de silício já estão no mercado há mais de 50 anos e são um dos principais componentes para a fabricação de células. No entanto, a sua baixa taxa de eficiência de conversão de energia solar em eletricidade e os altos custos de produção são aspectos superados. O próximo período que encaminha-se é o do *Thin Film Solar Cells*, conhecidas por ser muito mais eficientes e econômicas quando comparadas às células de silício. Atualmente, existem três tipos de células solares de filmes finos que estão sendo fabricados na indústria: o telureto de cádmio (CdTe), cobre, índio e gálio (CIGS), e células solares tingir-sensibilizadas (DSSC). Destas, as de telureto de cádmio (CdTe) são relativamente mais populares na utilização prática em relação aos seus concorrentes. Esses tipos de películas vêm ganhando espaço no mercado por ter um reduzido custo de produção de módulos de células solares por um valor dramático (BAQUEDANO, 2014).

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

É preciso frisar que um painel fotovoltaico não utiliza a energia térmica do Sol. Quem faz isso são os painéis solares, que utilizam um sistema mecânico para aquecer a água de uma

edificação a partir do calor irradiado pelo Sol. Muito comuns em residências do Brasil, os painéis solares não criam eletricidade, diferente do que acontece com os painéis fotovoltaicos (PALZ, 1981).

Nos painéis fotovoltaicos, o processo começa quando a radiação solar atinge o painel. Essa radiação é composta por fótons (uma partícula elementar, como os nêutrons e elétrons). Quando os fótons batem nas camadas de silício, eles fornecem energia suficiente para que os elétrons se separem de seus núcleos. Isso faz com que as duas camadas de silício fiquem eletricamente carregadas. É daí que se explica o fato de existirem duas camadas de silício onde, cada uma é misturada a um elemento diferente: enquanto a camada de silício e fósforo fica negativamente carregada (-), a de silício com boro fica positivamente carregada (+). Isso faz com que elas criem um campo elétrico entre si. A junção entre as duas camadas, propositadamente, não permite que os elétrons da parte negativa encontrem as lacunas da positiva. Por isso, fios elétricos (ALVARENGA, 2001).

Ao contrário da maioria dos outros semicondutores, o dispositivo fotovoltaico não usa a estrutura normal do silício, como nos diodos, ao invés disso usa uma fina camada de óxido transparente. Estes óxidos são altamente transparentes e tem alta condutividade elétrica. Camadas antirreflexo são também utilizadas para cobrir uma célula fotovoltaica e aumentar seu rendimento. Os cristais policristalinos são grãos minúsculos de material semicondutor. As propriedades dos filmes policristalinos são diferentes do silício normal (ACIOLI, 1994).

APLICAÇÕES

Em um sistema fotovoltaico o elemento básico é a célula. A conversão da energia irradiada pelo sol em eletricidade acontece na célula fotovoltaica, a qual gera uma tensão elétrica na faixa de 0,4 a 0,5 Volt. Sua associação em série pode aumentar essa tensão para os níveis desejados. Sendo assim na saída de cada módulo se tem a soma da energia produzida por cada célula resultando num sistema de geração com níveis de tensão mais apropriados para conversão (CRESESB, 2014).

A Figura 1 ilustra um sistema típico de geração baseado em painéis fotovoltaico. Nesta ilustração o painel fotovoltaico é conectado a um gerador de carga responsável pelo gerenciamento da carga e descarga do banco de baterias. Este controlador de carga é conectado então a um inversor que tem por função converter a energia em corrente contínua (CC) dos painéis fotovoltaicos e das baterias em corrente alternada (CA). A energia CA

convertida deverá estar de acordo com as normas de qualidade da concessionária para então ser injetada na rede pública de distribuição.

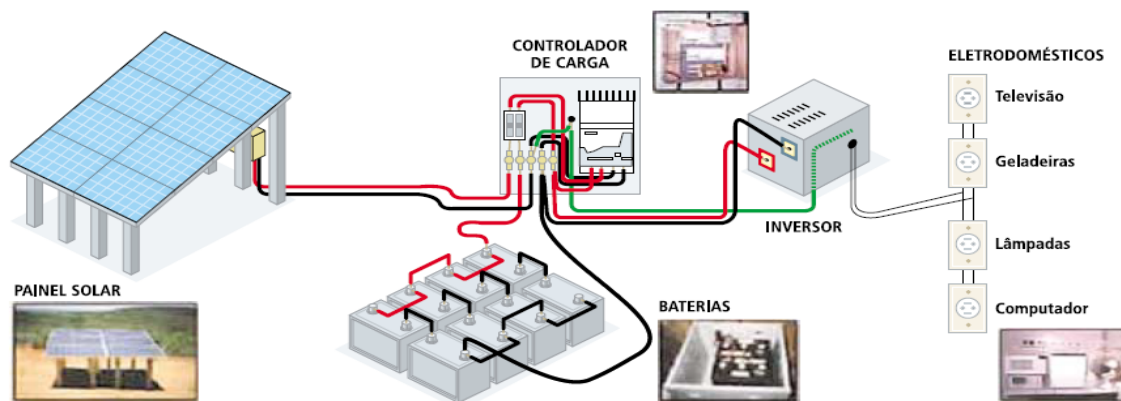


Figura 1 - Ilustração de um sistema de geração fotovoltaica em energia elétrica.
Fonte: CRESESB, 2000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sem produzir ruído ou qualquer tipo de poluição, utilizando energia limpa, e inesgotável do Sol, as células fotovoltaicas cada vez mais vêm sendo interligadas à rede elétrica pública a fim de contribuir com a economia na geração de energia de formas convencionais, bem como diminuir os impactos ambientais com novas construções.

REFERÊNCIAS

LIMA, A. J. de. **Fontes de energia**. Brasília: Universidade de Brasília, 1994.

ALVARENGA, C. A. **Energia solar**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

BAQUEDANO, M. **Movendo-se a partir de células solares de silício de Filmes Finos - Estudo do Faces da Energia Solar**. Disponível em <<http://www.altenergymag.com/emagazine/2014/04/moving-from-silicon-solar-cells-to-thin-films-%E2%80%93-studying-the-changing-face-of-solar-power-/2260>> Acesso em 27 de Maio de 2014.

CRESESB. **Tutorial Solar**. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/content.php?cid=321>> Acesso em 20 de Maio de 2014.

PALZ, Wolfgang. **Energia solar e fontes alternativas**. São Paulo: Hemus, 1981.

SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. **Microelectronic circuits**. 5.ed. New York: Oxford University Press, 2004.

TURBINAS EÓLICAS: COMPONENTES BÁSICOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DO VENTO

ROHDE, Adilson; SOUZA, Mauro de; SGARABOTTO, Márcio; VOGT, Edson; DUPONT, Fabrício Hoff

RESUMO: As turbinas eólicas operam em um princípio simples. A energia no vento gira duas ou três pás da hélice em torno de um rotor. O rotor está ligado ao eixo principal, o qual gira um gerador para gerar eletricidade. Energia eólica é aquela gerada pelo vento. Desde a antiguidade este tipo de energia é utilizada pelo homem, principalmente nas embarcações e moinhos. Atualmente, a energia eólica, embora, pouco utilizada, é considerada uma importante fonte de energia por se tratar de uma fonte limpa (não gera poluição e nem agride o meio ambiente). Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar as principais tecnologias de aerogeradores disponíveis comercialmente, bem como suas principais aplicações.

PALAVRAS-CHAVE: turbinas eólicas, energia eólica e vento.

INTRODUÇÃO

O estudo do assunto geração de energia elétrica através de fontes renováveis é cada vez mais recorrente devido a vários fatores negativos que o homem já vem enfrentando no desafio do suprimento da demanda crescente por energia elétrica que a era industrial e do consumo nos impõe. Grandes massas populacionais tendem a crescer exponencialmente e sua necessidade por energia cresce na mesma ordem. Agrava esta situação o fato de que as formas de geração de energia conhecidas e largamente usadas atualmente sempre possuem impactos ambientais em algum grau. Essas considerações motivam a pesquisar e apresentar as turbinas eólicas neste breve trabalho. Seu princípio de funcionamento, uso, vantagens e desvantagens.

No que tange às aplicações, grandes aerogeradores, em formato de catavento, são colocadas em locais abertos e com boa quantidade de vento. Em 2010, a produção de energia eólica era responsável por mais de 2,5% da eletricidade consumida em escala global (PINTO, 2012). Porém, o potencial para exploração é grande. Atualmente, a capacidade eólica mundial é de 238,4 GW (Giga watts) (GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL, 2014). Por estes motivos podemos concluir que o estudo, pesquisa e desenvolvimento aplicados nas tecnologias de construção das Turbinas Eólicas, são de extrema importância para a humanidade, especialmente num contexto de eminente esgotamento dos recursos minerais atualmente largamente utilizados para a geração de energia elétrica.

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

Como as turbinas eólicas funcionam? As turbinas eólicas operam em um princípio simples. A energia no vento gira duas ou três pás da hélice, como em torno de um rotor. O rotor está ligado ao eixo principal, o qual gira um gerador para gerar eletricidade, como mostra a Figura 1.



Figura 1 - Vista interior, simplificada, de uma turbina eólica.

De maneira simples, uma turbina eólica funciona ao contrário de um ventilador. Ao invés de usar eletricidade para fazer vento, como um ventilador comum, turbinas eólicas usam o vento para produzir eletricidade. O vento gira as pás, que giram um eixo, que se conecta a um gerador e produz energia elétrica.

O vento também pode ser visto como uma forma de energia solar, sendo resultado do aquecimento desigual da atmosfera pelo Sol, as irregularidades da superfície da Terra, e a rotação da Terra. Padrões de fluxo do vento e as velocidades variam muito no planeta e são modificadas por corpos de água, vegetação, e as diferenças de terreno. Os seres humanos usam este fluxo de vento, ou energia de movimento, para muitas finalidades: vela, empinando uma pipa, e até mesmo a geração de eletricidade. A energia eólica ou geração de energia eólica pode ser descrita como o processo pelo qual o vento é usado para gerar energia mecânica ou eletricidade. As turbinas eólicas convertem a energia cinética do vento em energia mecânica. Esta energia mecânica pode ser usada para tarefas específicas (como a moagem de grãos ou bombear água) ou no caso deste estudo um gerador pode converter esta energia mecânica em eletricidade.

TIPOS DE TURBINAS EÓLICAS

As turbinas eólicas modernas se dividem em dois grupos básicos: o tipo de eixo horizontal, como mostrado na Figura 2, e o projeto de eixo vertical, como o modelo Darrieus ilustrado na Figura 3, em homenagem a seu inventor francês. Turbinas eólicas de eixo horizontal tipicamente têm duas ou três lâminas. Estas turbinas eólicas de três pás são operadas "contra o vento", com as lâminas de frente para o vento. As turbinas eólicas podem ser construídas em terra ou no mar, em grandes massas de água, como oceanos e lagos.



Figura 2 - Turbina eólica de eixo horizontal.



Figura 3 - Turbina eólica Darrieus.

DIMENSÕES DE TURBINAS EÓICAS

Turbinas utilizadas em larga escala variam em tamanho de 100 kW a tão grandes como vários megawatts. Turbinas eólicas maiores são mais rentáveis e são agrupadas em

parques eólicos, que fornecem energia em grande quantidade para a rede elétrica. Turbinas pequenas e simples, abaixo de 100 kW, são usadas para casas, estações de telecomunicações ou de bombeamento de água, como mostra a Figura 4. Pequenas turbinas são por vezes usadas em conexão com geradores a diesel, baterias e sistemas fotovoltaicos. Estes sistemas são chamados de sistemas eólicos e híbridos, são normalmente usados em áreas remotas, fora das redes locais, onde uma conexão com a rede elétrica não está disponível (LAYTON, 2014).



Figura 4 - Turbina eólica de uso doméstico ou privado.

Os parques eólicos comerciais são criados por desenvolvedores de energia eólica a partir de fontes privadas de financiamento. Antes de instalar turbinas, o desenvolvedor avaliará o recurso eólico através de programas específicos e da coleta de dados meteorológicos, determinando o acesso a linhas de transmissão, e considerando os impactos ambientais e na comunidade. Se forem encontrados recursos eólicos suficientes, o desenvolvedor garantirá contratos de arrendamento de terras de proprietários de imóveis, obterá as licenças e financiamentos necessários para comprar e instalar as turbinas eólicas. A instalação concluída o sistema é muitas vezes vendido a um operador independente (chamado de produtor independente de energia), que gera eletricidade para vender para a concessionária local, embora alguns utilitários possuam e operem parques eólicos diretamente. A figura 5 mostra um parque eólico instalado no mar, também chamada de instalação *off-shore* (KRAUTER, 2014).



Figura 5 - Turbinas eólicas em alto-mar, próximo a Copenhague, Dinamarca.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste trabalho foi possível verificar as vantagens, tais como, que a energia eólica é alimentada pelo vento, por isso é uma fonte de combustível limpo e não polui o ar, como usinas de energia que dependem de combustão de combustíveis fósseis. Verificou-se que a energia eólica possui um dos mais baixos preços dentre as tecnologias de energia renovável disponíveis hoje, custando entre 4 e 6 centavos de dólar por kWh. Por outro lado, existem alguns desafios a serem superados, como o custo de implantação maior do que os geradores a combustível e bons sites de vento são muitas vezes localizados em locais remotos, longe das cidades onde a eletricidade é necessária. Existe alguma preocupação sobre o ruído produzido pelas pás do rotor, impactos visuais e estéticos, e pela morte de pássaros por voar para os rotores. Em última análise, a maioria destes problemas foram resolvidos ou grandemente reduzidos através do desenvolvimento tecnológico ou por situar adequadamente as usinas eólicas, por isso, vislumbramos um grande uso e larga utilização para o futuro a médio e longo prazos trazendo grandes benefícios para a humanidade.

REFERÊNCIAS

PINTO, M. de O. **Fundamentos de Energia Eólica**. LTC, 2012

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Global Wind 2007 Report**. Disponível em <<http://www.gwec.net/>>. Acesso em 29 de maio de 2014.

LAYTON, J. **A moderna tecnologia de geração eólica**. Disponível em: <<http://ambiente.hsw.uol.com.br/energia-eolica1.htm>> Acesso em 24 de maio de 2014.

KRAUTER, S. **Fontes de Energia Renováveis: energia eólica**. Disponível em: <http://www.solar.coppe.ufrj.br/eolica/eol_txt.htm> Acesso em 25 de maio de 2014.

CÉLULA A COMBUSTÍVEL: UMA FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL E LIMPA

GRASSI, Gilberto; SOUZA, Carlos A. de; DALCIN, Maicon P.; FROZZA, Régis A.; DUPONT, Fabrício Hoff

RESUMO: O presente trabalho apresenta um estudo relacionado à células e combustível, mostrando como esta energia limpa e renovável é de grande importância na geração de energia elétrica, analisando suas vantagens e desvantagens. A pesquisa apresentada é embasada referências teóricas e dados que comprovam a eficiência da mesma em relação a outras fontes energéticas amplamente utilizadas atualmente e que geram grande impacto ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Célula a combustível, energias renováveis, eficiência energética, geração de energia elétrica

INTRODUÇÃO

O conceito de célula a combustível existe há mais de 150 anos. As primeiras pesquisas são atribuídas a William Grove, o qual veio a concebê-la durante seus experimentos sobre eletrólise de água, quando imaginou como seria o processo inverso, ou seja, reagir hidrogênio com oxigênio para gerar eletricidade. O termo célula a combustível surgiu em 1839, criado por Ludwig Mond e Charles Langer (HIRSCHENHOFER, et al., 1998).

A primeira célula a combustível bem sucedida aconteceu devido às descobertas do engenheiro Francis Bacon em 1932. Problemas técnicos adiaram a sua realização até 1959 por Harry Karl Ihrig. No final dos anos 50, a NASA precisou pensar em geradores de eletricidade para missões espaciais. Foi então que as mesmas passaram a integrar o projeto Apollo e as missões espaciais Shuttle como principal fonte de energia elétrica (LARMINE, 2002).

As células a combustível são fontes limpas e silenciosas que geram energia a partir de combustíveis como hidrogênio, gás natural, etanol ou outros hidrocarbonetos. Seu processo básico converte energia química diretamente em energia elétrica e térmica, podendo operar de forma contínua graças à alimentação constante de um combustível.

Os principais subprodutos das operações de células combustíveis são água, hidrogênio e, para alguns tipos de células, calor. Se a célula puder usar combustível não purificado, são produzidas pequenas quantidades de dióxido de carbono (CO₂). Contudo, o volume dessas emissões é muito inferior ao produzido pela queima de carvão ou gasolina (KORDESCH; SIMADER, 1996).

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

As células a combustível são constituídas por dois eletrodos, um positivo e outro negativo, designados por cátodo e ânodo, respectivamente (LARMINIE, 2002). O processo de conversão ocorre por meio de duas reações químicas parciais em dois eletrodos separados por um eletrólito apropriado: a oxidação de um combustível no ânodo e a redução de um oxidante no cátodo. Tendo o hidrogênio como combustível e o oxigênio como oxidante, na célula a combustível ocorre a formação de água e a produção de água, além da liberação de elétrons livres, que podem gerar trabalho elétrico. Os prótons gerados na reação anódica são conduzidos pelo eletrólito até o cátodo, onde se ligam aos ânions oxigênio (O_2), formando água e energia elétrica conforme ilustrado na figura 1.

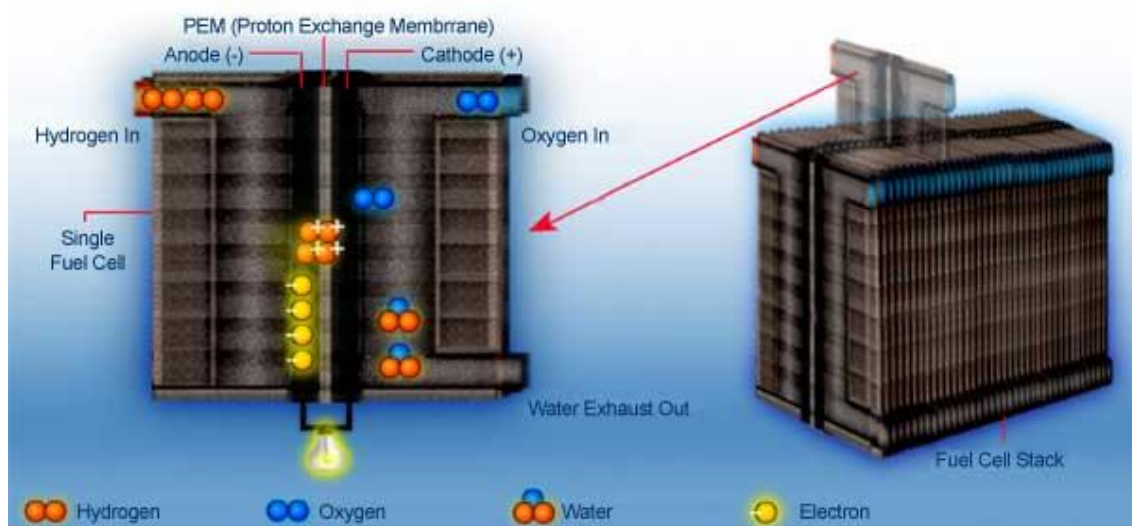


Figura 1 - Funcionamento de uma célula à combustível.

MODELAGEM TEÓRICA

Diferentemente dos motores de combustão, que têm sua eficiência teórica máxima determinada pelo ciclo de Carnot, a eficiência teórica (η) das células de combustível é dada pelo quociente entre a energia livre da reação (D.G) pela entalpia da reação (D.H), segundo

$$\eta_{\text{Eletroquímico}} = \frac{D.G.}{D.H.} \quad (1)$$

A eficiência dada em (1) tem uma fraca dependência da temperatura quando comparada à dada pelo ciclo de Carnot. Assim as células a combustível, mesmo e

especialmente em baixas temperaturas, na prática, obtêm-se eficiências de 55% a 60%, conforme (KORDESCH, 1996). Esse indicador, não isoladamente, não é a principal vantagem de sistemas de geração de energia com célula a combustível, mas sim o seu fator ecológico, além de serem silenciosas, compactas e praticamente livres de manutenção. Existem vários tipos de células a combustível, classificadas segundo o tipo de eletrólito que utilizam. Os principais tipos de células a combustível são apresentados posteriormente.

Outra opção é utilizar a própria água como fonte de hidrogênio, bastando realizar o processo de eletrólise. Entretanto esse processo requer muita energia, o que pode tornar tal método de produção da molécula de hidrogênio mais caro enquanto não houver grandes demandas.

SISTEMAS DE CÉLULAS A COMBUSTÍVEL

Na prática, cada uma das células a combustível pode produzir uma diferença de potencial inferior ou igual a 1 V. Isto significa que para se obterem níveis úteis de potência elétrica têm de se associar diversas células a combustível em série (pilha). Deste modo, um sistema de células a combustível apresenta a vantagem de ser modular e, por isso, tem a possibilidade de ser construído para uma ampla gama de potências elétrica, podendo ir dos mW até aos MW (KORDESCH et al., 1996). A eletricidade gerada pelas células a combustível é corrente contínua (CC), que flui em uma única direção. Contudo, a maior parte da eletricidade fornecida a residências e empresas é de corrente alternada (CA), que flui em ambas as direções, em ciclos que se alternam. O fluxo de energia, tensão e frequência da corrente elétrica também devem ser controlados. Portanto, uma célula a combustível requer o uso de inversores para realizar a conversão de energia e fornecer à rede uma energia de acordo com as especificações normativas das concessionárias.

As células a combustível são interligadas entre si por pratos bipolares. Estes pratos devem ser bons condutores de eletricidade, e ter canais ao longo da sua superfície, de maneira a possibilitar o escoamento do combustível no ânodo e do ar ou oxigênio no cátodo. Ao mesmo tempo, estes devem permitir um bom contato elétrico com os eletrodos, ser o menos espesso possível e de fabrico barato. Um requisito adicional é o de evitar as fugas de reagentes (CAPPADONIA et al., 2000).

CLASSIFICAÇÕES

A nomenclatura dos diferentes tipos de células a combustível é associada ao tipo de eletrólito utilizado em sua fabricação. Além disso, as células podem apresentar diferentes vantagens e desvantagens. A tabela 1 sumariza tais características.

Tabela 1 - Tipos de Células a combustível.

Tipo	Eletrólito (espécie transportada)	Faixa de Temp. (°C)	Vantagens	Desvantagens	Aplicações
Alcalina (AFC)	KOH (OH ⁻)	60 – 90	- Alta eficiência (83% teórica)	- Sensível a CO ₂ - Gases ultra puros, sem reforma do combustível	- Espaçonaves - Aplicações militares
Membrana (PEMFC)	Polímero: Nafion® (H ₃ O ⁺)	80 – 90	- Alta densidade de - Operação flexível	- Custo da membrana - Contaminação do catalisador com CO	- Veículos automotores e catalisador - Espaçonaves - Mobilidade
Ácido fosfórico (PAFC)	H ₃ PO ₃ (H ₃ O ⁺)	160 – 200	- Maior desenvolvimento tecnológico	- Controle da porosidade do eletrodo - Sensibilidade a CO - Eficiência limitada pela corrosão	- Unidades estacionárias - Unidades estacionárias (100 kW a alguns MW) - Cogeração eletricidade/calor
Carbonatos fundidos (MCFC)	Carbonatos Fundidos (CO ₃ ²⁻)	650 – 700	- Tolerância a CO/CO ₂ - Eletrodos à base de Ni	- Problemas de materiais - Necessidade da reciclagem de CO ₂ - Interface trifásica de difícil controle	- Unidades estacionárias de algumas centenas de kW - Cogeração eletricidade/calor
Cerâmicas (SOFC)	ZrO ₂ (O ²⁻)	800 – 900	- Alta eficiência (cinética favorável) - A reforma do combustível pode ser feita na célula	- Problemas de materiais - Expansão térmica - Necessidade de pré-reforma	- Unidades estacionárias de 10 a algumas centenas de kW - Cogeração eletricidade/calor

As células a combustível são consideradas uma das fontes de energia mais promissora. Apesar das expectativas a verdade é que as células a combustível apresentam vantagens e desvantagens provenientes da sua utilização e mesmo até na fabricação.

Quanto aos obstáculos ao uso das células de combustível pode-se salientar segundo (KORDESCH et al., 1996):

- Atualmente há dificuldade na obtenção do hidrogênio, pois sua fabricação pode envolver a reforma de combustíveis fósseis, tornando-a poluente, por pequena que seja.
- O hidrogênio é inflamável e exige sistemas grandes de contenção de combustível e seu armazenamento é complicado, pois ocupa muito espaço e rende pouco.
- Os problemas e os custos associados ao transporte e distribuição.
- Ser necessário utilizar metais nobres como, por exemplo, a platina que é um dos metais mais caros e raros. O elevado custo atual em comparação com as fontes de energia convencionais.

- A elevada pureza que a corrente de alimentação de hidrogênio deve ter para não contaminar o catalisador.

Quanto as vantagens ao uso das células de combustível:

- Em ciclos combinados (cogeração) seu rendimento pode chegar a 90%.
- As centrais de produção de energia através de células a combustível podem ser implementadas junto aos pontos de fornecimento, permitindo a redução dos custos de transporte e de perdas energéticas nas redes de distribuição.
- Além de produzirem eletricidade, produzem água na forma de vapor.
- Devido ao fato de não possuírem partes móveis, apresentam maiores níveis de confiabilidade comparativamente com os motores de combustão interna e turbinas de combustão.
- A substituição das centrais termoelétricas convencionais que produzem eletricidade a partir de combustíveis fósseis por células de combustível irá contribuir com a redução na emissão de gases do efeito estufa como o dióxido de carbono.
- As centrais elétricas de células de combustível são muito menos poluentes do que o limite permitido pelas normas ambientais mais restritas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pilhas de células de combustível são tecnologias que começam a aparecer cada vez mais, que comparativamente com outras tecnologias tradicionais de produção; proporciona alta eficiência (mesmo para potências baixas), reduzidas emissões acústicas e contribui com a preservação do ambiente, pois mesmo com a utilização de um combustível fóssil para a obtenção do hidrogênio, produzem reduzidas parcelas de gases nocivos que contribuem para o aparecimento das chuvas ácidas. São simples de instalar, e tem versatilidade de fontes na alimentação. Além disso, possibilitam um funcionamento contínuo sem interrupção durante um número de horas superior ao das tecnologias tradicionais, desde que seu abastecimento de hidrogênio seja mantido.

As aplicações mais importantes para as células a combustível são as centrais de produção de eletricidade estacionárias e de distribuição, veículos elétrico motorizados e equipamentos elétricosw portáteis. Locais remotos sem acesso para a rede de elétrica são bons

candidatos ao uso das pilhas de células de combustível. As instalações poderão fazer o uso efetivo de calor, usando a energia térmica liberada aumentando a eficiência do sistema. Sendo assim, ajudam no que muitos consideram ser o combustível do futuro: o hidrogênio.

A utilização em massa das células a combustível resulta em oportunidade de desenvolvimento econômico e social. A adoção desta tecnologia abre novos mercados para as indústrias de alta qualificação, fabricantes de componentes, integradores de sistemas, fornecedores, comerciantes, empresas de manutenção e criação de empregos em diversas áreas, mas nem tudo ocorre a favor destas devido aos custos atuais, sendo a principal barreira para a maioria dos possíveis usuários.

REFERÊNCIAS

CAPPADONIA, M. et al. Fuel Cells. In: **ULLMANN'S Encyclopedia of Industrial Chemistry**. [S.L.], John Wiley & Sons, 2000.

HIRSCHENHOFER, J. H et al. **Fuel Cell Handbook**. 4.ed. [S.L.], Pearson Corporation, 1998.

KORDESCH, K.; SIMADER, G. **Fuel Cells and their applications**. [S.L.], VCH Publishers, 1996.

LARMINIE, J. Fuel Cells. In: OTHMER, Kirk. **Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology**. [S.L.], John Wiley & Sons, 2002.

MICROTURBINAS

RUVIARO, Adrielli; ZANATTA, Jéssica de Andrade; DUPONT, Fabrício Hoff

RESUMO: A abertura dos mercados da eletricidade criou novas oportunidades para gerar energia limpa, confiável e econômica no momento da utilização. Esta mudança ocorre em usinas de grande porte de sistemas de microturbinas, independentes e econômicas proporcionam a empresas maior controle sobre os custos, a qualidade e a disponibilidade de sua fonte de alimentação. A microturbina se apresenta como uma das mais promissoras tecnologias de Geração Distribuída (GD) que abrange diferentes tipos de tecnologias, entre as quais a geração de pequenas potências através de um sistema turbina-gerador-acessórios denominado microturbina, dados os seus inúmeros benefícios e o interesse do governo brasileiro de utilizar o gás natural para geração de energia elétrica limpa.

PALAVRAS-CHAVE: Microturbinas, Energia renovável, geração distribuída, economia.

INTRODUÇÃO

Existe um grande interesse pela diversificação da matriz energética de modo a se garantir uma maior confiabilidade e segurança no abastecimento de energia elétrica. No Brasil quase 85% de toda sua geração é de fonte hidráulica, uma fonte que é altamente dependente de variações climatológicas (ELETROBRAS, 2002). A eletricidade gerada por combustíveis de fontes renováveis, muitas vezes se qualifica para a receita de exportação, na forma de créditos, tarifas *feed-in*, ou certificados de energia verde.

O uso do gás natural é uma prática recente no Brasil (nos anos 70 e 80 o consumo final de gás natural no país era pequeno) e ultimamente tem sido indicado como uma grande aposta do governo brasileiro para a diversificação da matriz energética (Gomes, 2002). O gás natural é um combustível de alto poder calorífico e de queima relativamente limpa quando comparado aos outros combustíveis fósseis. Essas evidências indicam que dentro de alguns anos a GD poderá ser responsável por uma parte significativa da produção de energia elétrica tanto no Brasil como nos outros países.

As microturbinas evoluíram das aplicações da turbina nas indústrias aeroespacial e automotiva, para as aplicações em sistemas elétricos de potência (GD) apresentando diversas inovações tecnológicas como o uso de mancais a ar, de ligas metálicas e cerâmicas resistentes a altas temperaturas e de componentes eletrônicos de alta potência. Podem ser encontradas no mercado em potências disponíveis de 65 kW e 200 kW, e modularmente alcançam potências de até 1.000 kW.

Dentre as diversas tecnologias de geração distribuída existentes nos últimos anos a microturbina foi uma das que teve maiores avanços e maior utilização, principalmente em

relação às células combustíveis. Existem hoje diversos fabricantes no mundo com unidades disponíveis para comercialização. Atualmente, o produto custa cerca de US\$ 1100 por kW nominal (valor fornecido pelo representante da Capstone no Brasil). Devido ao seu custo elevado, torna-se competitivo quase que apenas em instalações com cogeração. www.capstoneturbine.com. A microturbina oferece uma alternativa extremamente limpa para instalações que necessitam de energia em locais ambientalmente desafiadores. A alta qualidade, o calor contínuo do escape da microturbina pode aquecer a água. Dirigir um dispositivo térmico, tal como um refrigerador de absorção ou roda dessecante, ou ser usada diretamente em aplicações tais como a secagem. Isso evita os custos de combustível para outros equipamentos da instalação.

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

O princípio de funcionamento da microturbina baseia-se no fato de que parte da energia gerada pela turbina é utilizada para mover o compressor, já que ambos estão conectados ao mesmo eixo girante. O compressor pressiona o ar para dentro da câmara de combustão na qual se forma uma mistura de ar comprimido e combustível que alimenta um processo de combustão contínua conforme ilustra a Figura 1.

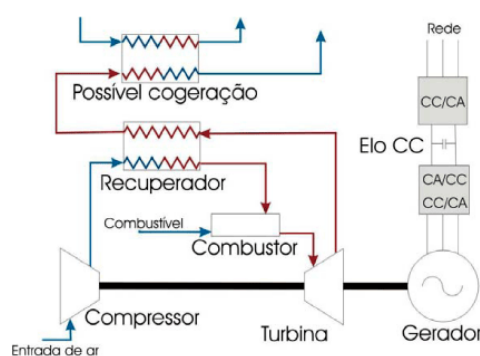


Figura 1: Esquema básico para implementação de uma microturbina.

As microturbinas funcionam com diversos combustíveis, como biogás, biometano, gás natural, propano, diesel, biodiesel, querosene, entre outros. O gás quente e pressurizado proveniente do combustor se expande na turbina, transformando energia térmica em energia mecânica. No mesmo eixo da turbina é conectado um gerador elétrico síncrono à imã permanente que gera energia com tensão em alta frequência (até 1.600Hz, que corresponde a uma velocidade angular de 96.000 rpm para um gerador de dois polos). A tensão terminal

compatível com a rede elétrica e com os equipamentos elétricos convencionais (50 ou 60 Hz) é obtida mediante o uso de um conversor CA/CC (retificador), um elo de corrente contínua e um conversor CC/CA (inversor) ligados em cascata nos terminais do gerador elétrico.

APLICAÇÕES DE MICROTURBINAS

No aterro de Lopez Canyon, em Los Angeles, o gás proveniente da decomposição do lixo é tratado e utilizado para alimentar 50 microturbinas de 30 KW da Capstone que operam em paralelo. Essa é a maior instalação de microtubinas no mundo (CAPSTONE, 2014).

O uso de uma microturbina numa estufa, além de gerar energia elétrica e energia térmica para uso nas instalações, fornece um gás com alta concentração de CO₂ e com uma taxa de contaminação muito baixa que pode ser direcionada diretamente para dentro da estufa resultando num aumento de produção de até 40%. (Hamilton, 2003)

Cinco unidades de microturbinas de 30 kW, ilustradas pela Figura 2, fornecem energia elétrica para estações de medição, controle e transmissão de dados ao longo do gasoduto Brasil-Bolívia. Como estas estações estão localizadas em regiões de difícil acesso, a facilidade de operação a distância das microturbinas se torna um grande diferencial.

Um outro tipo de sistema de microturbina é montado num gerador de gás, no qual uma turbina fornece energia mecânica exclusivamente para movimentar o compressor, conforme ilustra a Figura 3. O gás quente de alta pressão proveniente do gerador a gás é direcionado para uma turbina de potência, normalmente de menor rotação, que a movimenta, com ou sem auxílio de uma caixa redutora de velocidade, o gerador elétrico. Esta última configuração torna a microturbina maior, mais pesada e com mais partes móveis, o que pode acarretar em menor confiabilidade e em maior necessidade de manutenção.

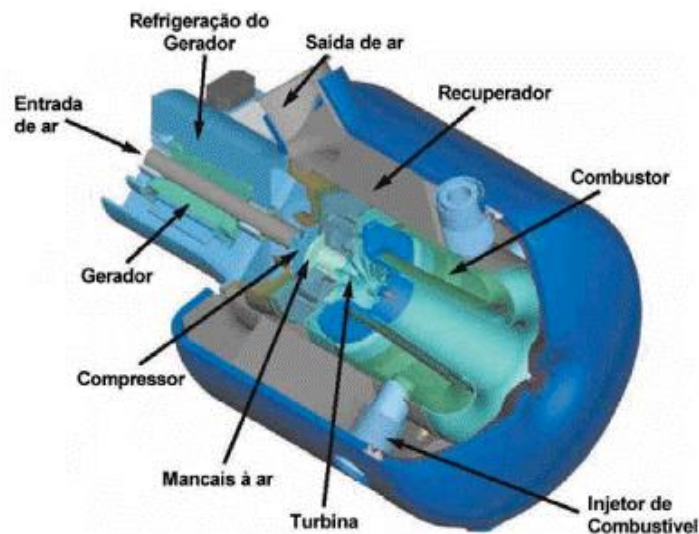


Figura 2: Microturbina de 30KW
Fonte: Capstone, 2014.

Contudo, caso se consiga uma velocidade inferior a 3600 rpm, pode-se utilizar geradores síncronos ou de indução mais simples para gerar tensão diretamente na frequência da rede, sendo desnecessário o uso da eletrônica de potência. É importante observar que, como a frequência da tensão gerada depende da velocidade dos geradores, o fato de se conectar o gerador elétrico diretamente à rede obriga a microturbina a ter um controle de velocidade, o que aumenta o seu custo.

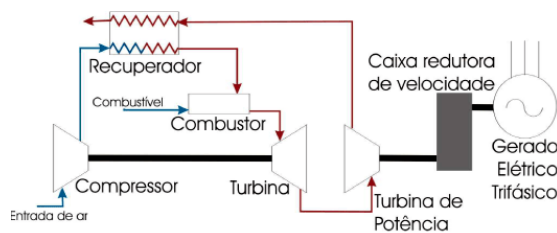


Figura 3: Esquema de microturbina com dois eixos

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As microturbinas estão se desenvolvendo rapidamente, apresentando melhorias significativas a cada nova geração. Enquanto a geração de eletricidade para as necessidades de base de carga, uma microturbina pode operar em paralelo com a rede elétrica, ou operar de forma independente quando e onde a rede elétrica não está disponível.

O recuperador de calor é um dispositivo que aproveita o gás de escape em alta temperatura para pré-aquecer o ar comprimido que chega ao combustor. Esse componente

aumenta em muito a eficiência da microturbina (de 16% para 30% aproximadamente) e, apesar de ser caro, é utilizado em quase todas as microturbinas comerciais. Em algumas aplicações, onde a energia térmica é o principal produto desejado e a energia elétrica um produto secundário, pode ser lucrativo não se utilizar o recuperador de calor. Ao longo da vida útil da microturbina o recuperador pode falhar e precisar de manutenção ou de troca devido ao constante esforço térmico ao qual ele é sujeito (*stress térmico*).

A microturbina não dispõe de uma grande reserva de energia na forma de energia cinética como os grandes geradores do sistema elétrico. Essa característica, aliada com sua resposta relativamente lenta, faz necessário que haja alguma forma de armazenamento de energia para atender uma abrupta alteração da carga quando operando sem conexão com a rede. Para isso, normalmente são utilizadas baterias chumbo-ácido ligadas ao elo de corrente contínua. Outras formas de armazenamento de energia como supercapacitores ou volantes (*flywheels*) também são utilizados.

A eficiência elétrica da microturbina atualmente chega até 30% (essa eficiência cai com o aumento da temperatura e da pressão ambiente). Com o aproveitamento do gás de alta temperatura que é expelido pela microturbina em sistemas de cogeração, a eficiência total pode ultrapassar os 80%.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Resolução nº 265, de 10/06/03** - Estabelece os procedimentos para prestação de serviços ancilares de geração e transmissão, 2003.

BONA, F. S., RUPPERT, E. F. **As Microturbinas e a Geração Distribuída**. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/>>. Acesso em: 23 mai. 2014.

CAPSTONE TURBINE CORPORATION. Disponível em: <<http://www.microturbine.com>>. Acesso em: 25 mai. 2014

ELETROBRÁS. **Relatório Anual 2002**. [S.L.], [s.n.], 2002.

TURBEC. Disponível em: <<http://www.turbec.com>>. Acesso em: 25 mai. 2014.

TERMISTORES: RESISTORES CONTROLADOS POR TEMPERATURA

ROMANI, Júnior; UES, Elisandro; BRUXEL, Marcos Roberto; VOSS, Marciano Palage; DUPONT, Fabrício Hoff

RESUMO: O objetivo deste trabalho é apresentar os tipos de termistores, seus parâmetros de funcionamento e suas aplicações em circuitos que necessitam de algum controle térmico.

PALAVRAS-CHAVE: NTC, PTC, temperatura, sensores de temperatura.

INTRODUÇÃO

Termistores são componentes semicondutores, que têm por característica a variação de sua resistividade de acordo com a variação de temperatura. São classificados de acordo com seu coeficiente de temperatura e são denominados como NTC aqueles com coeficiente de temperatura negativo (do inglês *Negative Temperature Coefficient*), e como PTC aqueles com coeficiente de temperatura positivo (do inglês *Positive Temperature Coefficient*). Tais dispositivos são empregados em inúmeras funções onde a necessidade de uma alta sensibilidade à variação de temperatura.

DESENVOLVIMENTO

Termistor é um dispositivo semicondutor de dois terminais cuja resistência varia de acordo com a variação de temperatura (BOYLESTAD, 2004). Fisicamente é semelhante a um capacitor, pois é um dispositivo de dois terminais que geralmente é encapsulado em cerâmica como mostrado na Figura 1. Em circuitos elétricos, estes dispositivos são representados conforme ilustra a Figura 2.

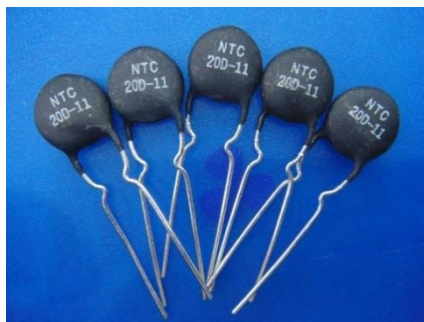


Figura 1: Termistores do tipo NTC com encapsulamento cerâmico.

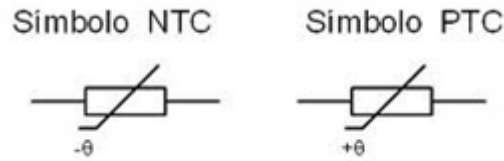


Figura 2: Símbolo de Termistores usados em circuitos elétricos (a) NTC; (b) PTC.

Existem basicamente dois tipos de termistores, os NTC e os PTC. Os termistores do tipo NTC, possuem coeficiente de temperatura negativo, isto implica que estes componentes possuem uma característica resistiva que diminui com o aumento da temperatura. Os termistores PTC possuem coeficiente de temperatura positivo, ou seja, sua resistência aumenta de acordo com o aumento da temperatura. Os termistores do tipo NTC são também os mais empregados comercialmente devido a maior facilidade de serem manufaturados e serem muito mais sensíveis a variações de temperatura, comparados com outros sensores de resistência como os PTC.

O termistor PTC tem como sua peculiaridade possuir um ponto de transição, que pode ser observado somente a partir de uma determinada temperatura. Esta particularidade é ilustrada pela Figura 3. Termistores PTC podem ser empregados como dispositivos limitadores de corrente para a proteção do circuito (em contribuição ou até mesmo substituição aos fusíveis) e como elementos do sistema de aquecimento em pequenos fornos de temperatura controlada. A Figura 4 representa uma curva generalizada dos coeficientes de temperatura do termistores NTC e PTC.

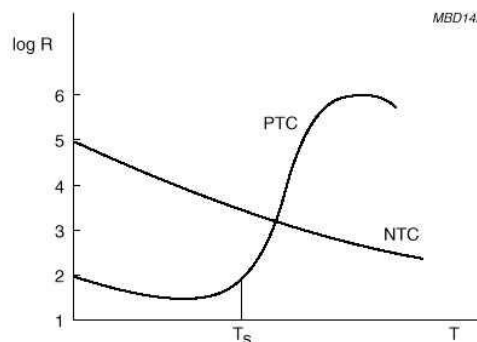


Figura 3: Curva de peculiaridade PTC.

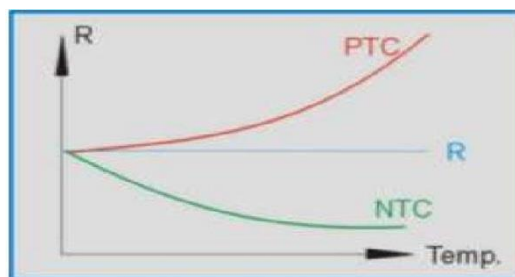


Figura 4: Curva características dos coeficientes de temperatura.

Essa variação de resistividade pode ser definida por:

$$\Delta R = k * T\Delta \quad (1)$$

Onde ΔR é a variação de Resistencia, k é o coeficiente de temperatura e ΔT variação de temperatura. k também determina o tipo de termistor que esta sendo analisado se for negativo NTC e se for positivo PTC.

Porém (1) rege apenas uma aproximação sobre a curva de coeficiente de temperatura, para uma maior precisão deve-se utilizar a equação de Steinhart-Hart (CORRADI JR, 2014), definida por:

$$\frac{1}{T} = a + b \ln(R) + c \ln^3(R) \quad (2)$$

que possui uma estimativa de erro de aproximadamente 0,02°C. Sendo que a , b e c são coeficientes de ajuste de curva e devem especificados para cada dispositivo, T é a temperatura em graus Kelvin e R a resistência em Ohm.

APLICAÇÕES

Uma utilização do termistor do tipo NTC pode ser observada em um circuito que permite o aumento do tempo de vida das lâmpadas incandescentes. É sabido que uma lâmpada incandescente normalmente queima quando o interruptor é acionado. Nesta condição a lâmpada está na temperatura ambiente e sua resistência interna é mais baixa. Por consequência, a corrente no filamento vai ser maior no instante em que a lâmpada for acionada, podendo ocasionar a queima da mesma. Depois de certo período ligada a lâmpada aquece, a resistência do filamento aumenta e a corrente tende a se estabilizar no filamento da lâmpada (SOUZA, 2014).

Partindo deste pressuposto, um termistor do tipo NTC pode ser colocado em série com a lâmpada. Quando a lâmpada é ligada o termistor está frio, assim a sua resistência é alta e a corrente no circuito é baixa. Conforme a corrente vai circulando no termistor este começa a aquecer diminuindo o valor da resistência e aumentando a corrente na lâmpada. Após algum tempo esta estará plenamente acesa e no circuito estará circulando a corrente nominal da lâmpada (CORRADI Jr, 2014).

RESULTADOS DE SIMULAÇÃO

Conhecendo-se uma das aplicações do termistor do tipo NTC, e para validar a aplicação para o aumento da vida útil de uma lâmpada mencionada no item anterior, montou-se um circuito como mostra a Figura 5. A seguir, realizou-se uma simulação no software Proteus e neste caso é possível verificar que a corrente após 0,2 segundos de simulação é de 0,0190636 A e que para 43 segundos de simulação é de 0,475059 A conforme demonstrado pela Figura 6.

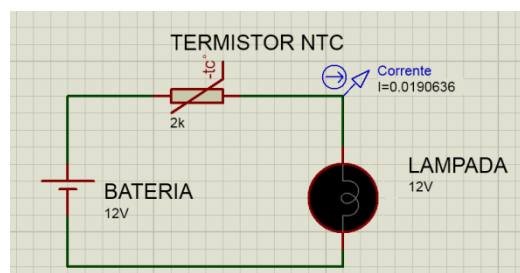


Figura 5: Circuito com corrente crescente após de 0,2 segundos.

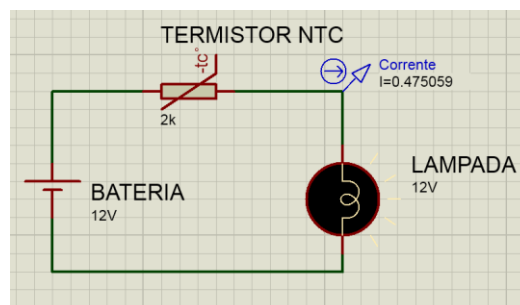


Figura 6: Circuito com corrente estabilizada após 43 segundos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou uma breve revisão tecnológica acerca de termistores. Estes dispositivos, sensíveis à variação de temperatura, podem apresentar variações crescentes de resistência, para o caso do PTC, ou decrescentes, para o caso do NTC. Devido a não linearidade do comportamento da resistência em função da temperatura, as equações de linearização mais usuais foram apresentadas. Por fim, resultados de simulação demonstraram uma das possíveis aplicações de termistores para proporcionar a extensão da vida útil de lâmpadas incandescentes.

REFERÊNCIAS

BOYLESTEAD, R. L. **Introdução a análise de circuitos**. 10.ed. São Paulo: Bookman, 2004.

CORRADI Jr. R. **Termistor - Aplicação à disciplina: EE 317 - Controle e Automação Industrial**. Disponível em: <<http://www.corradi.junior.nom.br/Termistor.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2014.

SOUZA, G. R. **Termistores – NTC e PTC** Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/piazza/materiais/Gustavo&Ishizaki.pdf>> Acesso em: 22 mai. 2014

SISTEMA DE CONVERSÃO ELETRÔNICA PARA CARGAS MONOFÁSICAS COM ELIMINAÇÃO SELETIVA DE HARMÔNICAS

DUTRA, Alex; CEZAR, Cleber; TIBURSKI, Mateus; DUPONT, Fabrício Hoff

RESUMO: Conversores estáticos de potência são amplamente utilizados quando se busca transformar níveis de tensão ou corrente com características diferentes. Os conversores são designados para a aplicação de circuitos de eletrônica de potência, onde vem se obtendo melhores rendimentos em cada projeto desenvolvido. Este trabalho tem por objetivo apresentar o desenvolvimento de um sistema inversor que alimenta uma carga monofásica de 110 V a partir de uma fonte trifásica de 380 V, eliminando as harmônicas de terceira e quinta ordem, garantindo assim a qualidade da energia consumida pela carga. Alguns resultados do funcionamento são comprovados e apresentados por meio de simulação.

PALAVRAS-CHAVE: Conversor, harmônicas, tensão, corrente, frequência.

INTRODUÇÃO

Diversas tecnologias geradoras de energia elétrica produzem tensões CC/CA energia CC ou CA com características diferentes das desejadas, e comumente é necessário realizar a conversão da energia entre diferentes características dessa energia antes de entregá-la para a aplicação final. Atualmente, a eletrônica de potência tem recebido uma aplicabilidade cada vez maior para condicionar, transformar e controlar diferentes níveis de tensão, adequando-as para disponibilizar uma energia com qualidade para gerar trabalho, buscando minimizar as perdas nesse processo de conversão (BARBI, 2012).

Este trabalho tem por objetivo apresentar o desenvolvimento de um sistema de conversores estáticos de potência para alimentar uma carga de 15 KVA com fator de potência de 0,90, a partir de uma fonte de alimentação trifásica de 380 V Fase-Fase com frequência de 60 HZ, proporcionando uma saída para alimentar uma carga monofásica em 110 Vrms também em 60 HZ a partir de um inversor com comutação em baixa frequência.

Conforme diagrama de blocos da figura Figura 1 a energia passará por diversos estágios até ser entregue à carga. No estágio de entrada apresentam-se considerações referentes ao retificador trifásico com filtro capacitivo, passando pelo conversor buck como sendo uma das formas de rebaixar a tensão CC. Por fim, o estágio de saída com o inversor monofásico para alimentar a carga em CA. Com o intuito de melhorar a qualidade da tensão de saída, é empregada uma estratégia de modulação com eliminação seletiva de harmônicas para eliminar a terceira e a quinta harmônica da corrente na carga.

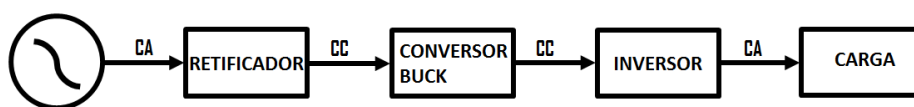


Figura 1- diagrama de blocos do sistema.

Devido à elevada potência de entrada e saída estabelecida nos parâmetros do projeto exposto na Tabela 1 se faz necessário que o estágio de entrada possua um retificador trifásico de forma a equilibrar a potência drenada em cada fase.

Tabela 1- Parâmetros de projeto.

PARÂMETROS DE ENTRADA	
TENSÃO	380 Fase-Fase
FREQUÊNCIA	60 Hertz
PARÂMETROS DE SAÍDA	
TENSÃO	110Vrms
FREQUÊNCIA	60 Hertz
POTÊNCIA	15KVA
FATOR DE POTÊNCIA	0.9

Retificadores trifásicos com ponte de diodos, por sua simplicidade e baixo custo, são bastante populares em algumas aplicações industriais (BARBI, 2012). Apesar destas estruturas possuírem algumas vantagens como baixo custo, a distorção harmônica total (DHT) da corrente é bastante elevada e o fator de potência é bastante baixo, não obedecendo a normas internacionais como a IEC 61000-3-2, e a IEC 61000-3-4, restringindo a injeção de correntes harmônicas na rede de alimentação. A Figura 2 apresenta a estrutura básica do retificador trifásico com filtro capacitivo.

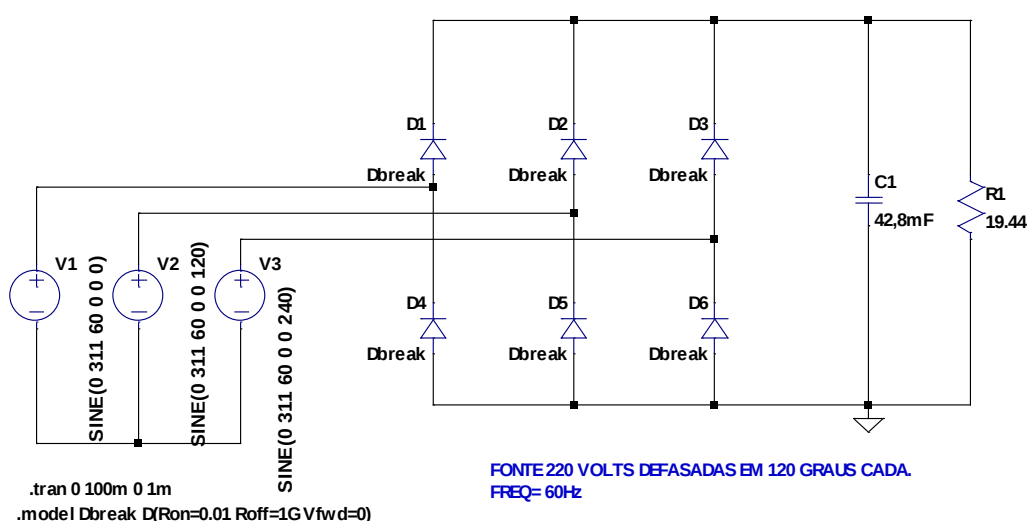


Figura 2 – Estrutura do retificador trifásico com filtro capacitivo.

A característica básica do retificador é converter tensões CA em CC, e o objetivo do capacitor em paralelo com o circuito é reduzir a ondulação da tensão de saída causado pelo retificador, deixando assim a tensão de saída com formato mais próximo contínua.

Com o projeto proposto, a tensão fase-fase é de 380 V, pode-se obter a tensão de entrada que alimentará o retificador

$$V_L = \frac{V_{FF}}{\sqrt{3}} \quad V_L = \frac{380}{\sqrt{3}} \quad V_L = 220V_{rms} \quad (1)$$

Por meio do resultado obtido em (1) pode-se calcular a tensão máxima na linha (V_m) por meio de

$$V_m = 220v \cdot \sqrt{2} \quad V_m = 311V \quad (2)$$

A tensão da saída do retificador é caracterizada por uma ondulação ΔV_0 . Por parâmetros de projeto, quanto menor esta ondulação melhor e mais constante sua tensão de saída será, logo será considerado aqui uma ondulação de tensão de 1%.

De acordo com (HART, 2001), a variação da tensão pode ser definida por

$$\frac{\Delta V_0}{V_M} = \frac{1}{2.F.R.C} \approx 0,01 \quad (3)$$

Nas condições do projeto proposto, a resistência equivalente dos estágios subsequentes é determinada por meio de

$$R = \frac{V_m^2}{S} \quad R = \frac{536^2}{15000} \quad R = 19,44\Omega \quad (4)$$

Na sequência do projeto, calculou-se o valor da capacitância para que o filtro deixe a forma de onda na saída relativamente próxima à contínua. Para critério de projeto, a ondulação de tensão será adotada um valor de 1% calculado o valor da capacitância conforme

$$\Delta V_0 = V_0.0,01 \quad \Delta V_0 = 536.0,01 \quad \Delta V_0 = 5,36V \quad (5)$$

$$C = \frac{1}{2.F.R.\Delta V_0} \quad C = \frac{1}{2.60.19,44.0,01} \quad C = 42mF \quad (6)$$

ESTÁGIO INTERMEDIÁRIO: CONVERSOR BUCK

De acordo com (MARTINS, 2006), o conversor Buck, ilustrado pela Figura 3, tem como característica produzir um valor médio de tensão na saída inferior ao valor médio da tensão na entrada, enquanto a corrente média de saída é maior que a corrente média de entrada.

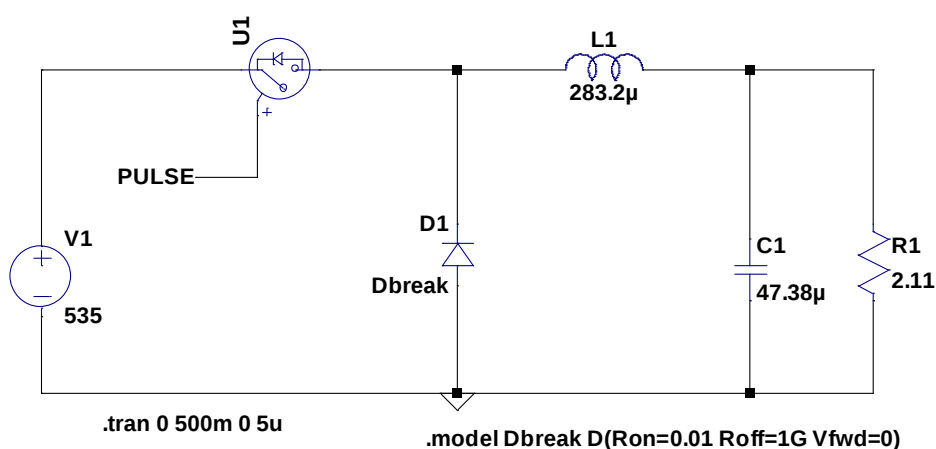


Figura 3 – Esquema básico do conversor buck empregado no projeto.

Conforme os parâmetros obtidos no estágio de entrada, têm-se as especificações necessárias para o conversor Buck. Além das anteriores, são definidas também a frequência de chaveamento do conversor, bem como sua tensão de saída. A listagem completa das especificações para o conversor é apresentada pela Tabela 2.

Tabela 2 – Especificações do conversor Buck

TENSÃO DE ENTRADA	536 VOLTS
POTÊNCIA APARENTE	15 KVA
FREQUÊNCIA DE CHAVEAMENTO	25 KHZ
TENSÃO DE SAÍDA	178 VOLTS

A partir dos parâmetros de entrada podem-se realizar os cálculos para valores de componente e razão cíclica do conversor Buck conforme segue, sendo que a resistência equivalente de carga a partir das especificações da Tabela 2 é de 2,11 Ω. A razão cíclica do conversor buck é definida a partir da relação das tensões de saída e de entrada conforme

$$D = \frac{V_o}{V_i} \quad D = 0,329 \quad (7)$$

Assumindo uma ondulação de corrente máxima de 20% da corrente média nominal de saída, ou seja, 84,36 A, a indutância do conversor buck é determinada a partir de

$$L = \frac{D' \cdot V_o}{\Delta I_L \cdot F} \quad L = \frac{(1-0,329) \cdot 178}{16,87 \cdot 25 \text{ KHz}} \quad L = 238,2 \mu\text{H} \quad (8)$$

Por fim, definindo uma ondulação de tensão máxima na saída de 1%, a capacitância mínima necessária é calculada a partir de

$$C = \frac{D'}{8 \cdot L \cdot \left(\frac{\Delta V_o}{V_o}\right) \cdot F^2} \quad C = \frac{1-0,329}{8 \cdot 238,2 \mu\text{H} \cdot \left(\frac{1,78}{178}\right) \cdot 25 \text{ KHz}^2} \quad C = 47,38 \mu\text{F} \quad (9)$$

Após determinados todos os componentes para o circuito através da Figura 3 apresentamos a montagem do sistema proposto para a confecção do conversor Buck.

ESTÁGIO DE SAÍDA

Neste capítulo será apresentado o estágio de saída possuindo como base o Inversor CC-CA. Será abordada a análise matemática e posteriormente apresentado a determinação dos parâmetros para a eliminação das harmônicas.

Conforme (MARTINS, 2008) os inversores alimentados em tensão, tal como ilustrado na Figura 3 produzem o sinal gerado na saída comportando-se como uma fonte de tensão alternada e possuindo várias aplicações e topologias tanto monofásicas como trifásicas. Dentro das estratégias do inversor, pode-se destacar a eliminação de harmônicas por modulação da tensão da saída do inversor.

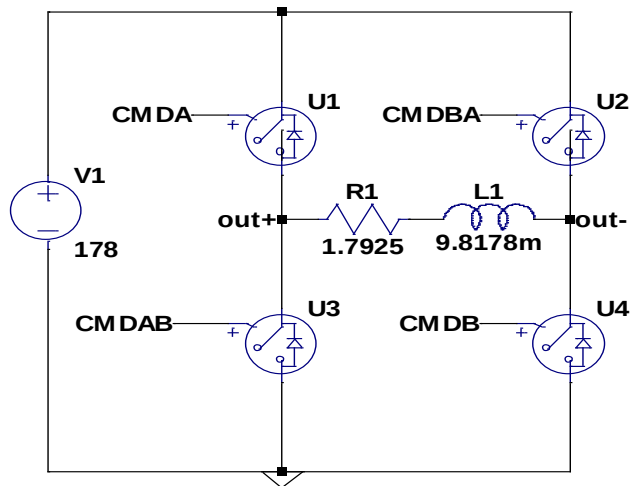


Figura 4 – Esquema elétrico simplificado do inversor monofásico utilizado.

Inversores que operam na taxa de altas frequências de comutação na casa de dezenas de kHz apresentam uma elevada distorção harmônica na tensão de saída, com a utilização de um esquema da sequência de chaveamento pode-se eliminar as harmônicas múltiplas.

Através dos parâmetros preestabelecidos para o projeto, a potência aparente na carga é de 15 kVA com fator de potência de 0,9. Assim, para obter a potência ativa da carga tem-se

$$FP = \frac{P}{S} \quad P = 15 \text{ KVA} \cdot 0.90 \quad P = 13,5 \text{ KW} \quad (10)$$

A partir da potência ativa, pode-se determinar a resistência equivalente na saída de onde se tem

$$R = \frac{V_o^2}{P} = \frac{155^2}{13500} = 1,79 \Omega \quad (11)$$

Além disso, a partir da potência aparente e do fator de potência da carga, tem-se que a potência reativa é dada por

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = 6538,34 \text{ VAR} \quad (12)$$

Para esta potência, a reatância indutiva equivalente é dada por:

$$Xl = \frac{V^2}{Q} = \frac{155^2}{6538,34} = 3,67 \Omega \quad (13)$$

de onde é possível obter a indutância da carga conforme

$$L = \frac{Xl}{\omega} = \frac{3,67}{2 \cdot \pi \cdot 60} = 9,81 \text{ mH} \quad (14)$$

Para a eliminação da 3ª e 5ª harmônica é necessário fazer um chaveamento conforme apresenta a Figura 4 (HART, 2012).

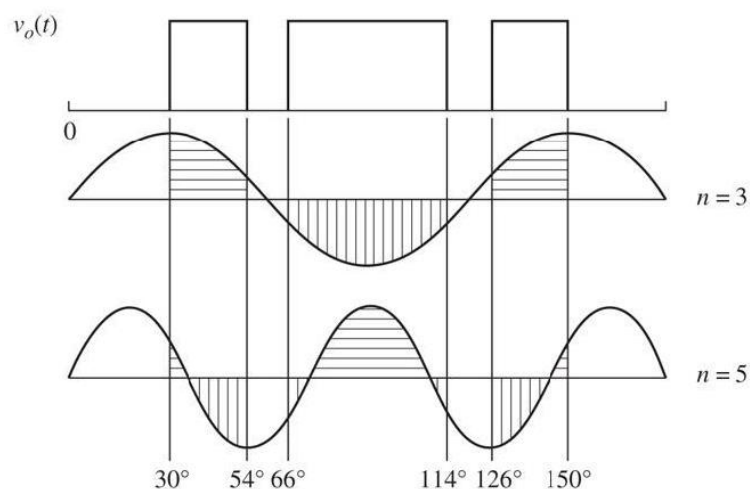


Figura 5 – Modulação em baixa frequência com eliminação seletiva da 3ª e 5ª harmônicas.
Fonte: HART, 2012, p. 347.

RESULTADOS DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA COMPLETO

Após desenvolvimento de cada estágio que compõe o sistema analisado, realizaram-se simulações empregando o software LTspice conforme o diagrama ilustrado na Figura 5. Por meio das simulações realizadas observou-se necessário mudar o valor do capacitor de filtro do Buck, para a correção na distorção no formato onda da tensão. Esta modificação fez-se necessária pois quando o sistema está operando com o conjunto completo o capacitor existente não é capaz de fornecer a corrente necessária ao sistema sem haver afundamentos significativos na tensão conforme ilustra a Figura 6.

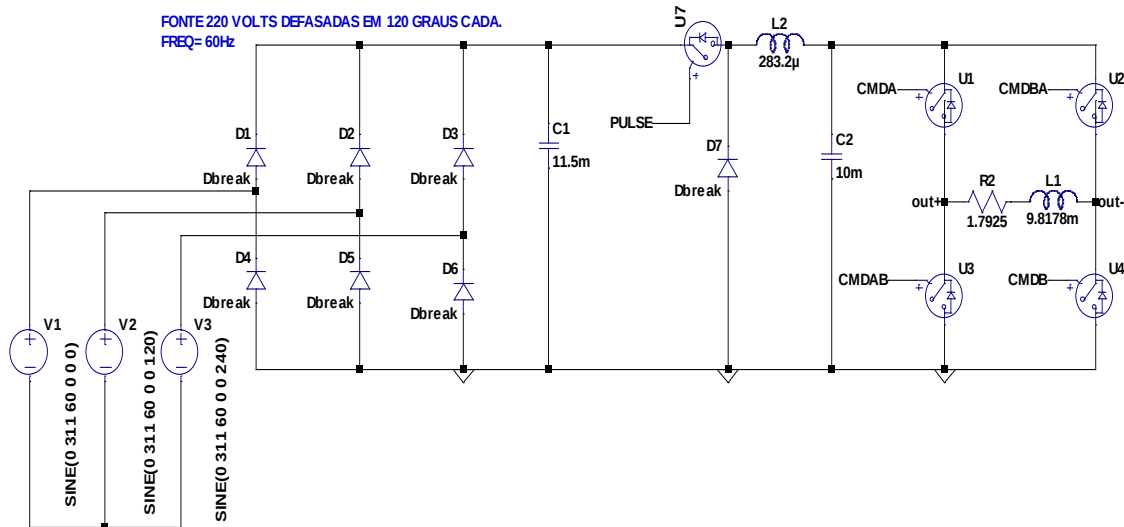


Figura 6 – Esquema completo do sistema eletrônico de conversão de potência empregado nas simulações com LTspice.

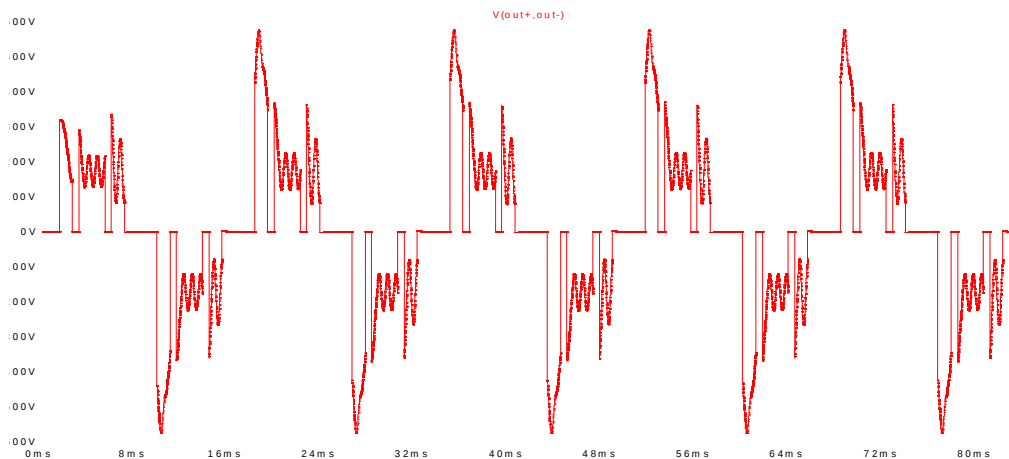


Figura 7 – Distorções na tensão de saída provocada pela carga não-linear do conversor buck.

De acordo com (BELTRAME, 2009), uma alternativa para o capacitor ter mais condições de suportar as variações na carga é aumentá-lo, assumindo um tempo máximo de sustentação da tensão de saída. Assim, o novo valor de capacitância pode ser obtido a partir de

$$C = \frac{2 \cdot P_o \cdot T_h}{V_0^2 - V_{0min}^2} \quad C = \frac{2.15 KVA \cdot \left(\frac{1}{5.60}\right)}{180^2 - 150^2} \quad C = 10,1 mF \quad (15)$$

A tensão de saída resultante, após a modificação do valor de capacitância na entrada do inversor é ilustrada pela Figura 7, na qual são evidentes as melhorias alcançadas com a modificação realizada.

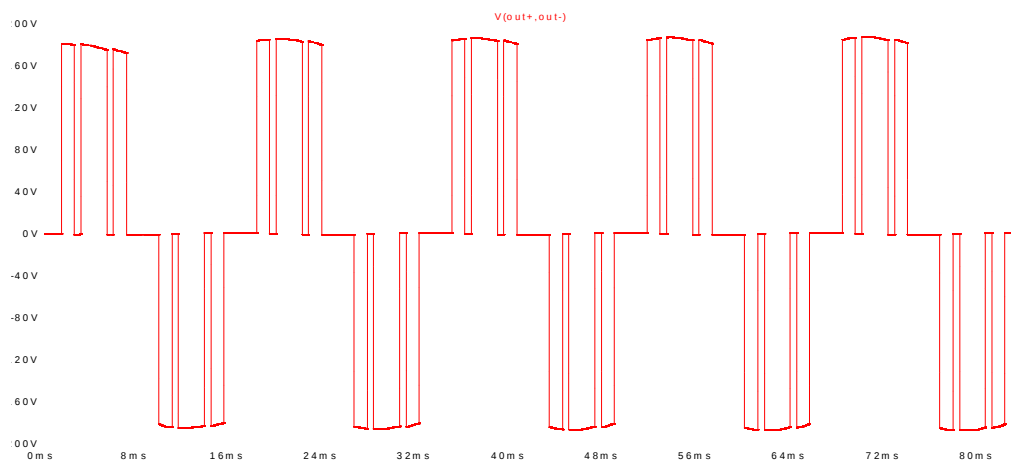


Figura 8 – Tensão de saída do inversor após o aumento da capacitância na saída conversor buck.

Para uma saída em 110Vrms, a fundamental precisa ser em torno de de aproximadamente 155 V. A tensão de entrada do inversor deverá ser de aproximadamente 178 V, conforme foi calculado na saída do conversor Buck.

Efetuada uma análise na corrente da carga, verificamos que terceira e a quinta e a harmônicas foram eliminadas, respectivamente nas frequências de 180 Hz e 300 Hz conforme ilustração na Figura 8.

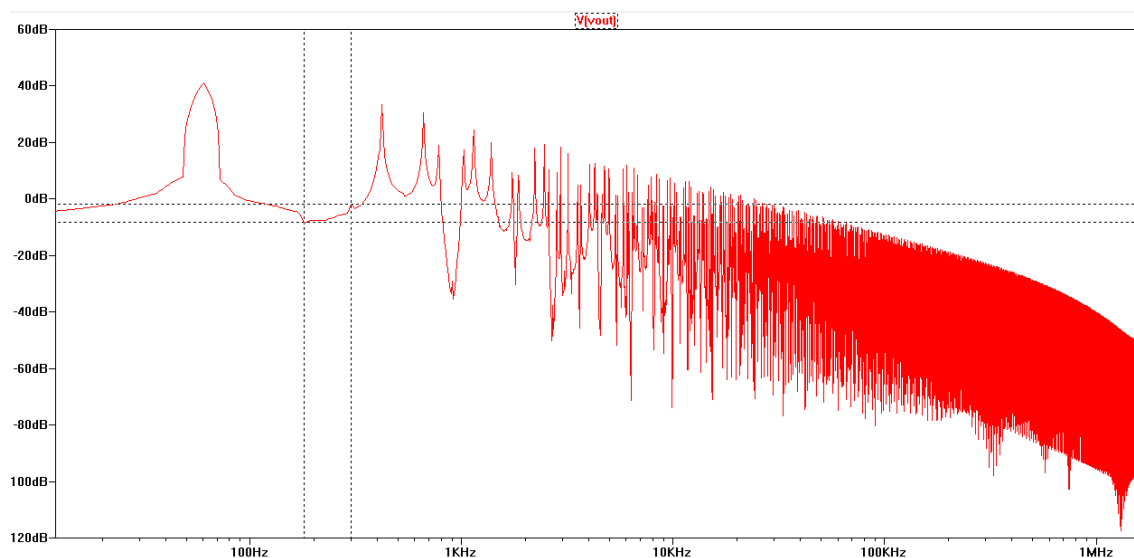


Figura 9 – Espectro da tensão de saída do conversor com destaque para a eliminação da 3º e 5º harmônica em 180 Hz e 300 Hz, respectivamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstrou a técnica de dimensionamento e funcionamento de um conversor estático com tratamento da energia elétrica em diversos níveis de tensão e frequência, convertendo uma tensão ou corrente alternada CA em CC ou vice-versa.

Para analisar a montagem do conversor que alimenta uma carga de 15 kVA com um FP 0,9 e com alimentação de tensão de 380 V fase-fase, foi necessária a montagem dos blocos por partes e simular cada um no programa LTSpice, obtendo assim valores de referência para controle dos níveis de tensão desejados.

A partir do retificador trifásico obteve-se a tensão V_{cc} média na saída que alimenta a entrada do conversor Buck, este produziu uma tensão puramente CC na sua saída, com valores reduzidos com referência à tensão de entrada, devido à condição do filtro passa-baixas LC.

Como o objetivo do inversor é transferir potência de uma fonte CC para uma carga CA, a tensão CC entregue pelo Buck na entrada do conversor, foi transferida para a carga que comumente são motores CA com ajuste de rotação.

Por fim, a tensão puramente CC na saída do conversor foi conectada ao inversor que fez a conversão CC-CA. Com o objetivo de melhorar a qualidade de energia na carga foi obtido os valores dos ângulos necessários para eliminar as harmônicas de terceira e quinta ordem.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é suportado pelos projetos 3989 do Edital 10/2015, e 3917 do Edital 01/2015 da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões.

REFERÊNCIAS

BARBI, I. **Eletrônica de Potência**. 7. ed. Florianópolis: Edição do autor, 2012.

BELTRAME, F. **Análise comparativa de conversores monofásicos aplicados à correção do fator de potência**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, RS, 2009.

FIGUEIRÓ, A. A. **Projeto de conversor cc/cc para aplicações automobilísticas**. Rio de Janeiro, 2013.

HART, D. W. **Eletrônica de Potência**: análise e projetos de circuitos. Porto Alegre: AMGH, 2012.

MARTINS, D. C; BARBI, I. **Eletrônica de Potência: conversores CC-CC não isolados**. 2. Ed. rev. – Florianópolis: Ed. Dos Autores, 2006.

MARTINS, D. C; BARBI, I. **Eletrônica de Potência**: Introdução aos estudos de conversores CC-CA. 2. Ed. rev. – Florianópolis: Ed. Dos Autores, 2008.

SISTEMA DE CONVERSORES ESTÁTICOS DE POTÊNCIA

GRASSI, Gilberto Antonio; SOUZA, Carlos Antonio; DALCIN, Maicon Piovesan;
DUPONT, Fabrício Hoff

RESUMO: O projeto consiste em um sistema de conversores estáticos de potência que alimenta uma carga com potência de 500 VA e fator de potência de 0,95 indutivo. O sistema é alimentado por uma rede monofásica de 110 VRMS com frequência de 60 Hz, e a saída deverá ser de 220 VRMS, também em 60 Hz. Para elevar a tensão, o sistema é composto por um estágio intermediário formado por um conversor CC-CC elevador, mas não isolamento galvânico entre entrada e saída. Como sugestão, adotamos 400 VCC como tensão de saída do conversor CC-CC elevador.

PALAVRAS-CHAVE: Conversores estáticos; eletrônica de potência; carga RL; retificador CA-CC; inversor CC-CA; conversor CC-CC boost.

INTRODUÇÃO

A eletrônica de potência é uma área responsável pelo desenvolvimento de tecnologias utilizadas no processamento de energia elétrica, que visa obter maior eficiência, aproveitamento sustentável e consciente dos recursos naturais. Os métodos empregados baseiam-se na utilização de dispositivos semicondutores operados em condições de chaveamento para realizar o controle do fluxo de energia e a conversão de formas de onda de tensões e correntes entre fontes e cargas.

Com o intuito de desenvolver o conhecimento nessa área, foi realizado este projeto que consiste em um sistema de conversores estáticos de potência, alimentando uma carga de 500VA com fator de potência de 0,95 indutivo. O sistema é alimentado por uma rede monofásica de 110 V_{RMS} com frequência de 60 Hz e que necessita uma saída de 220 V_{RMS} , também em 60 Hz.

A entrada consiste em um retificador monofásico de onda completa, que pode ser classificado segundo Pomílio (2015), na sua capacidade de ajustar o valor da tensão de saída (controladas e não controladas), de acordo com o número de fases da tensão alternada de entrada (monofásico, trifásico, hexafásico, etc.) e em função do tipo de conexão dos elementos retificadores (meia ponte e ponte completa).

O estágio intermediário consiste em um conversor CC-CC elevador de tensão (boost), cuja tensão média de saída é maior que a tensão de alimentação. A quantidade de componentes empregada na estrutura é basicamente a mesma do conversor Buck segundo Martins e Barbi (2011), contudo esses componentes são rearranjados de forma a se ter uma nova topologia. As principais aplicações são em fontes de alimentação, retificadores com

elevado fator de potência e no acionamento do motor de corrente contínua com frenagem regenerativa.

Na saída foi incluído um inversor monofásico de onda completa, onde o sinal gerado na saída comporta-se como uma fonte de tensão alternada com valor médio nulo segundo Martins e Barbi (2008). A tensão contínua na entrada pode ser originada a partir da saída de um retificador alimentado pela rede elétrica, em outros casos, um banco de baterias ou um conjunto de painéis solares fotovoltaicos.

O diagrama de blocos da Figura 1 ilustra os diferentes estágios do projeto (entrada, barramento intermediário e saída) e as principais tensões envolvidas.

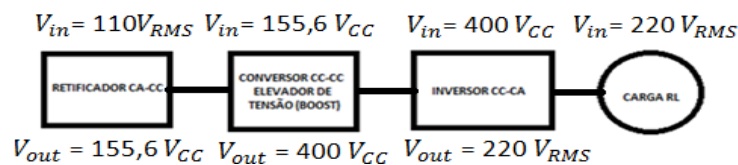


Figura 1. Diagrama de blocos do projeto.

O programa usado para a simulação do projeto foi o LTspice IV, podendo-se evidenciar as formas de onda dos estágios separadamente e a parte final, resultando no sistema que alimenta a carga.

DESENVOLVIMENTO

Nas unidades seguintes será apresentada a análise matemática dos parâmetros dos conversores, a simulação de cada parte (entrada, estágio intermediário e saída) e a simulação final do projeto, agrupando todos os estágios.

ESTÁGIO DE ENTRADA

A tensão de entrada foi retificada para poder ser encaminhada para um estágio intermediário que necessita uma entrada CC para elevar a tensão. Na Figura 2 é apresentado o retificador usado.

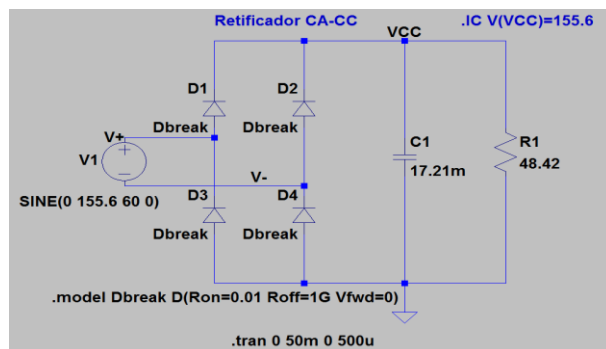


Figura 2. Retificador monofásico de onda completa.

Através da análise matemática dos retificadores segundo [4], com base na tensão de entrada de 110 V_{RMS} com frequência de 60 Hz, definiram-se os parâmetros do conversor como a tensão média

$$V_m = V_{RMS} \cdot \sqrt{2} \quad (1)$$

com valor de 155,6 V_{CC}.

Através da tensão de saída retificada (1) e da potência aparente de 500VA na carga RL, é definido a resistência

$$R = \frac{(V_{CC})^2}{S} \quad (2)$$

com valor de 48,42 Ω.

Com base em (2), a frequência de entrada de 60 Hz e usando 1% de ondulação de tensão, é conectado na saída do retificador monofásico um capacitor (3), usado para estabelecer a tensão média do retificador como a tensão de saída, que é encaminhada para o estágio intermediário

$$C_1 = \frac{V_m}{2 \cdot f \cdot R \cdot \left(\frac{\Delta V_o}{V_m}\right)} \quad (3)$$

com valor de 17,21mF.

Com base em (1) e (2), corrente de saída do conversor é apresentada

$$I_{out} = \frac{V_m}{R} \quad (4)$$

com valor de 3,214A.

Com base a comparação das formas de onda da tensão de entrada com a tensão e corrente de saída, apresentada na simulação na Figura 3, se evidencia a característica do conversor CA-CC.

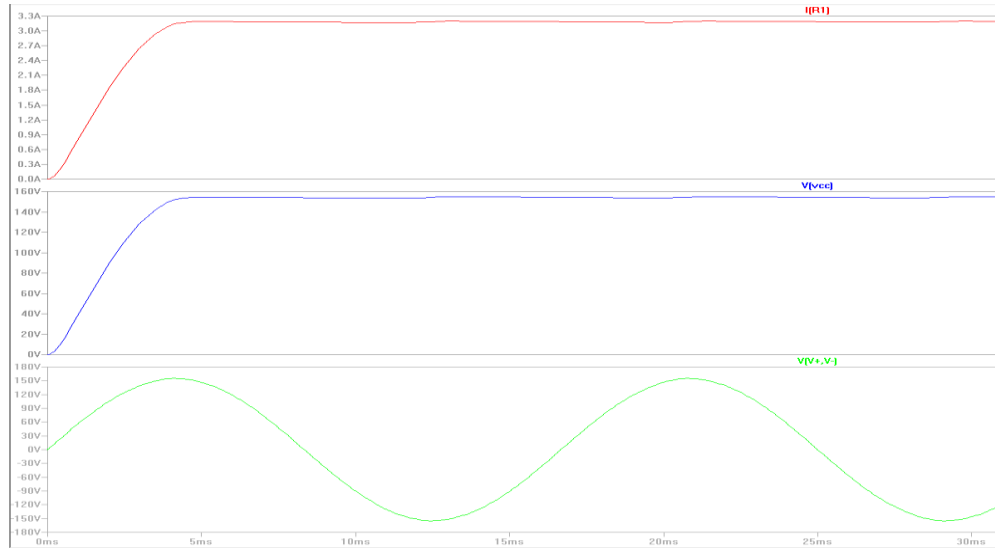


Figura 3. Tensão de entrada (V_{in}), tensão e corrente de saída (V_{cc} e I_{R1}).

ESTÁGIO INTERMEDIÁRIO

No estágio intermediário, após a retificação da entrada, obtêm-se uma tensão contínua inicial (V_m) considerando-a no capacitor para pular o transitório de partida e posteriormente encaminha-se ao estágio intermediário, realiza-se a elevação de tensão através do conversor CC-CC (boost), com saída de 400 V_{CC} sugerida, que é apresentada na Figura 4.

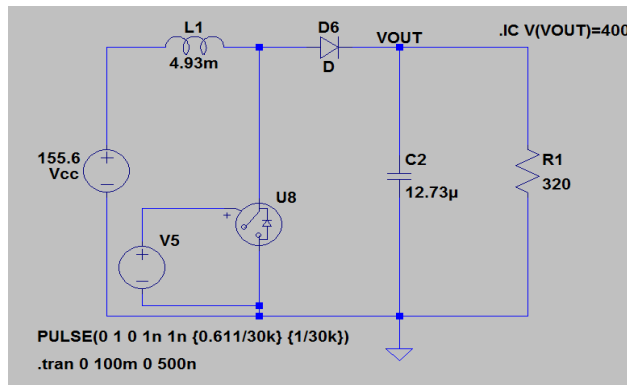


Figura 4. Conversor CC-CC boost elevador de tensão.

Através da análise matemática dos retificadores segundo Martins e Barbi, (2011), com base na tensão de entrada (1) e a tensão de saída sugerida de 400 V_{CC}, define-se a razão cíclica

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1-D} \quad (5)$$

com valor de 0,611. Utilizando (4) e 20% na ondulação de corrente

$$\Delta i_L = 20\% \cdot I_{out} \quad (6)$$

obtem-se o valor de 0,6428A. Com base em (1), (5), (6) e na frequência de chaveamento adotada de 30kHz, define-se o indutor de entrada

$$L_1 = \frac{V_{in} \cdot D}{\Delta i_L \cdot f} \quad (7)$$

com valor de 4,93mH. Através da potência aparente de 500VA e a tensão de saída do estágio intermediário adotada de 400 V_{CC} do conversor boost, a resistência é definida por (2), com valor de 320 Ω.

Utilizando a tensão de saída sugerida e 0,5% na ondulação da tensão de saída

$$\Delta V_o = 0,5\% \cdot V_{out} \quad (8)$$

obtem-se valor de 2V. Com base em (1), (8), na tensão de saída sugerida e na resistência encontrada para o estágio intermediário de 320 Ω, na frequência de chaveamento adotada de 30kHz, encontra-se o capacitor

$$C_2 = \frac{V_m}{f \cdot R \cdot \left(\frac{\Delta V_o}{V_{out}} \right)} \quad (9)$$

com valor de 6,365mF.

A simulação do conversor CC-CC elevador de tensão (boost) é representada na Figura 5, aonde se evidencia o seu comportamento nas formas de onda da tensão de entrada com a tensão de saída e seus respectivos valores elevados.

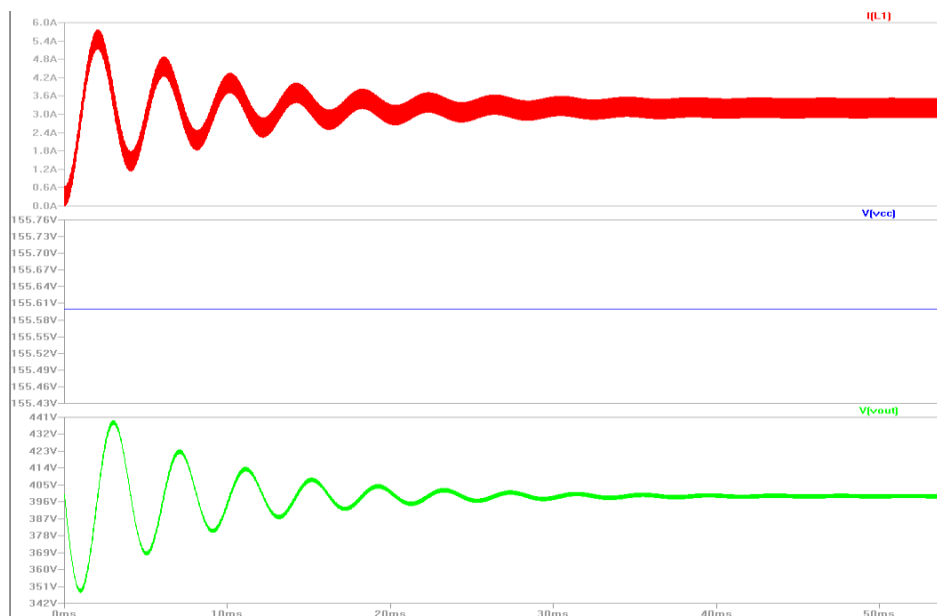


Figura 5. Tensão e entrada (V_{cc}), tensão de saída (V_{out}) e a corrente no indutor boost (I_{L1}).

ESTÁGIO DE SAÍDA

Na sequência, após o sinal CC elevado para $400 V_{CC}$, foi incluído um inversor CC/CA para converter esse sinal para CA para poder alimentar consequentemente, a carga de 500VA (que possui um fator de potência de 0,95 indutivo) com tensão de. Na Figura 6 é apresentado o inversor usado, na qual se destaca que além da carga RL, também é incluído um filtro LC com o objetivo de reduzir as componentes harmônicas de alta frequência.

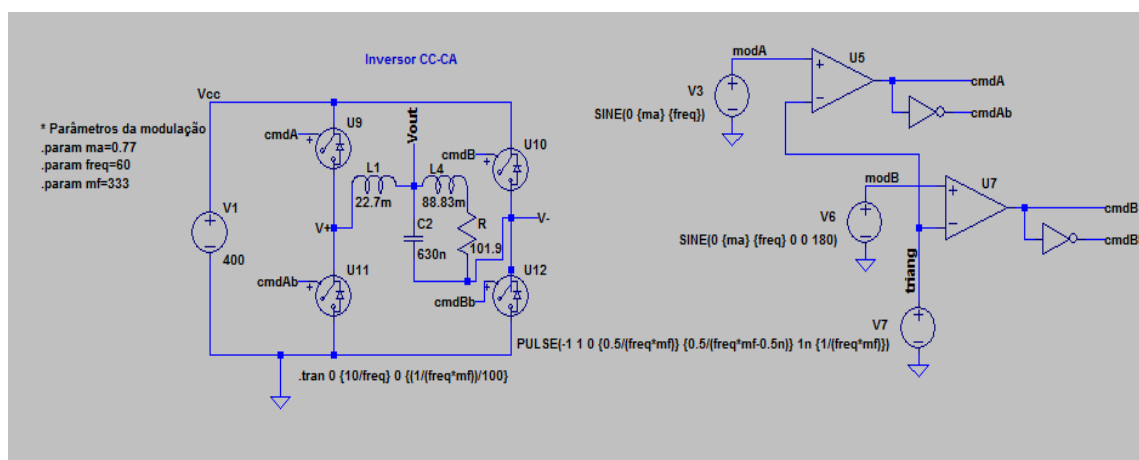


Figura 6. Inversor monofásico de onda completa.

Através da análise matemática dos inversores segundo Martins e Barbi (2008), foi incluída uma modulação PWM unipolar baseada na tensão de pico da saída de 311V (V_{pico}) e

na tensão de entrada do inversor (ou tensão de saída sugerida no estágio intermediário de 400 V_{CC}), obtém-se o índice de modulação

$$m = \frac{V_{pico}}{V_{CC}} \quad (10)$$

no valor de 77%. Com base na carga de 500VA e no FP indutivo de 0,95, a potência ativa:

$$P = S.FP \quad (11)$$

tem um valor de 475W. Utilizando (11) e a tensão da carga RL de 220 V_{RMS}, a corrente eficaz de saída do inversor:

$$I_{RMS} = \frac{P}{V_{RMS}} \quad (12)$$

tem um valor de 2,159A. Utilizando (11) e (12), a resistência da carga:

$$R = \frac{P}{I_{RMS}^2} \quad (13)$$

tem um valor de 101,9Ω. Utilizando (11) e a potência de 500VA da carga, a potência reativa:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (14)$$

resulta em 156,1VAR. Utilizando (14) e (12) a reatância indutiva:

$$X_L = \frac{Q}{I_{RMS}^2} \quad (15)$$

tem um valor de 33,49Ω. Utilizando (15) e a frequência da carga de 60Hz, a indutância:

$$L_4 = \frac{X_L}{2.\pi.f} \quad (16)$$

resulta em 88,83mH.

A simulação do inversor CC-CA é representada na Figura 7, na qual é evidenciado seu comportamento nas formas de onda da tensão de entrada comparado com a tensão de saída.

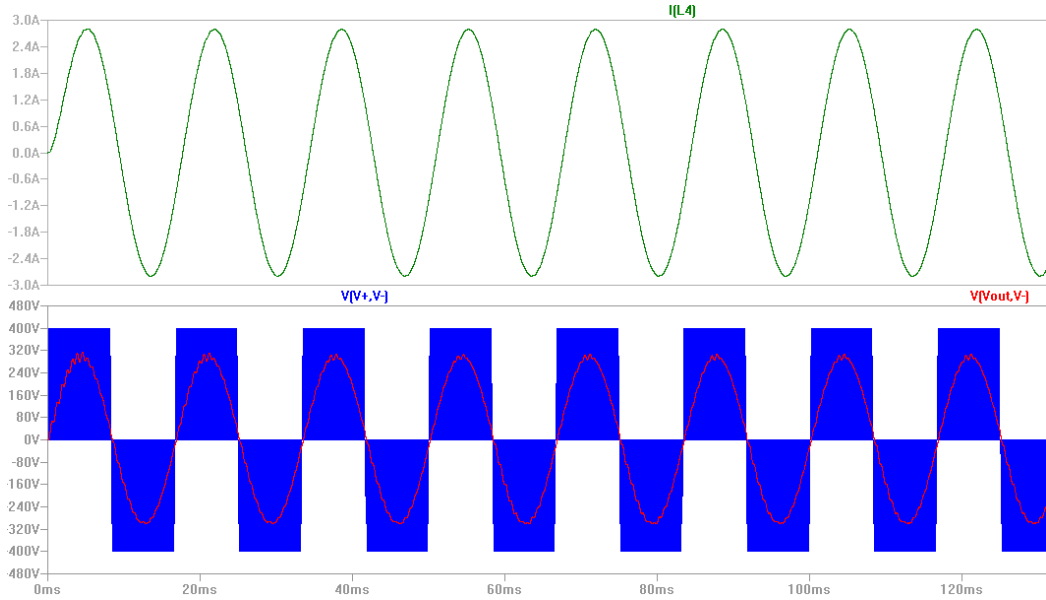


Figura 7. Corrente da carga (I_{L4}), a tensão de saída no filtro e na carga (V_+ V_- e V_{out}).

No projeto do inversor foi incluído um filtro LC para corrigir a distorção na saída da carga RL gerada pelo sistema de conversores de potência.

Utilizando (10) e a tensão de saída do estágio intermediário de 400 V_{CC}, a tensão de saída na carga

$$V_{out,RMS} = \frac{V_{cc,m}}{\sqrt{2}} \quad (17)$$

tem valor de 217,8V. Utilizando (11), (17), a resistência (18) utilizada para definir os parâmetros do filtro

$$R_0 = \frac{V_{out,FP}}{P} \quad (18)$$

tem o valor de 94,87Ω. Adotando o fator de amortecimento $\xi=1$, frequência de chaveamento de $f_0=1,3\text{kHz}$, e utilizando (18), a capacitância do filtro

$$C_f = \frac{1}{4\pi\xi f_0 R_0} \quad (19)$$

tem o valor de 630nF. Por fim, adotando a frequência de chaveamento de $f_0=1,3\text{kHz}$, e utilizando (19) a indutância do filtro

$$L_f = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 C_f} \quad (20)$$

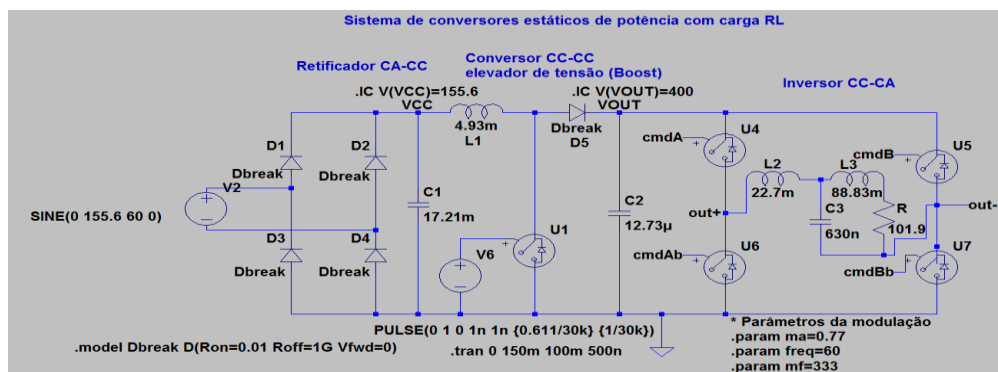
resulta em 22,7mH.

RESULTADOS DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA COMPLETO

O projeto consistiu em um sistema de conversores estáticos de potência que alimenta uma carga de 500VA com fator de potência de 0,95 indutivo. O sistema é alimentado por uma rede monofásica de 110 V_{RMS} com frequência de 60 Hz e a saída é de 220 V_{RMS} , também em 60 Hz.

Como necessitamos elevar a tensão, retificamos a entrada e encaminhamos para um estágio intermediário em um conversor elevador de tensão CC-CC elevador de tensão (boost) e adotamos 400 V_{CC} como tensão de saída. Na sequência, após o sinal CC ser elevado para 400 V_{CC} , incluímos um inversor CC-CA para inverter esse sinal para CA e alimentamos consequentemente, a carga na saída com 220 V_{RMS} .

As três partes fundamentais do projeto constituem na entrada, no estágio intermediário e na saída, conforme pode ser ilustrado na Figura 8, demonstrando os estágios seguidos e configurações que foram necessárias para o funcionamento do projeto.



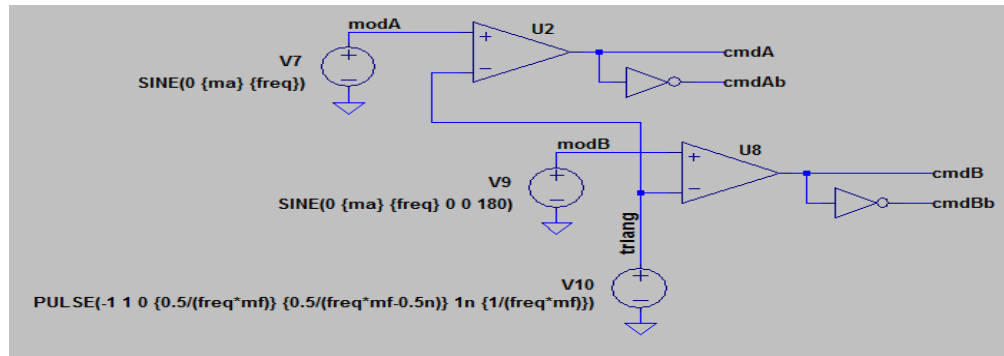


Figura 8: Circuito elétrico do sistema completo.

A forma de onda obtida na carga RL do sistema de conversores estáticos de potência é apresentada na Figura 9.

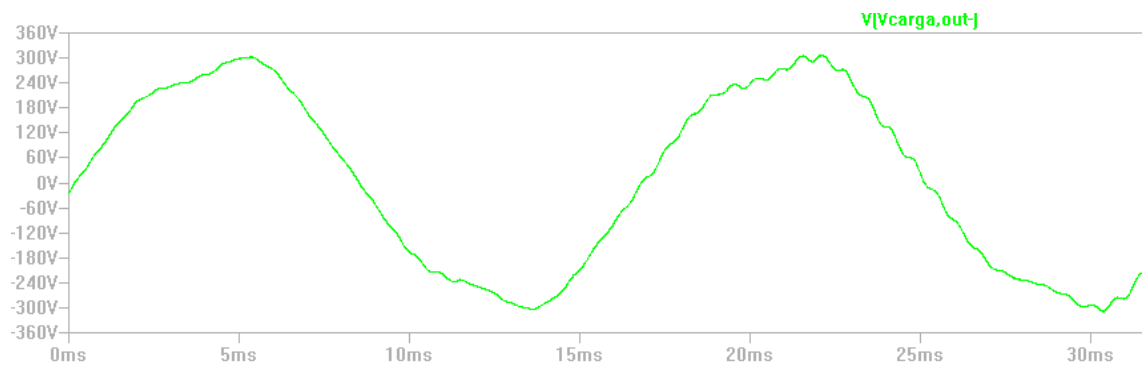


Figura 9. Tensão de saída da carga (V_{carga}).

O sistema necessitava de uma tensão de $220 V_{RMS}$, mas como houve um somatório de perdas ao agrupar todos os estágios, esse valor foi um pouco menor, em torno de $208 V_{RMS}$, como pode ser observado na Figura 10. Todavia, cabe salientar também que em implementações completas, haverá sempre um sistema de controle para regular a tensão ou a corrente nos níveis desejados, realizando o ajuste fino dessas variáveis.

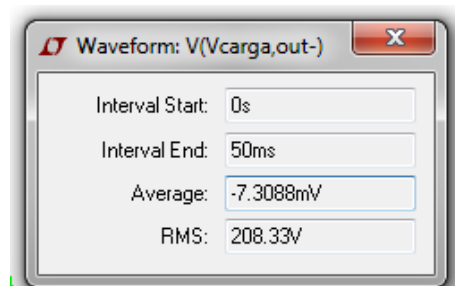


Figura 10. Tensão eficaz de saída da carga RL.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto constituiu em um sistema de conversores estáticos de potência que alimentou uma carga, com uma tensão eficaz de saída equivalente ao dobro da tensão eficaz de entrada. Como o sistema possui três estágios (entrada, estágio intermediário e saída), a saída não foram perfeitamente os 220 V_{RMS} solicitados no projeto devido aos erros acumulados em cada estágio, então a inclusão do filtro LC foi importante, pois melhorou boa parte desse erro gerado. Outro fator relevante é o índice de modulação de 77%, que poderia em outro caso serem considerados algumas porcentagens a mais para uma calibração melhor na tensão de saída. A análise dos valores informados e definição dos parâmetros no primeiro momento foram de grande importância, pois através disso conseguiu-se simular por estágios o sistema, e por final, realizar a simulação de todos os estágios juntamente concluindo o objetivo do projeto.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é suportado pelos projetos 3989 do Edital 10/2015, e 3917 do Edital 01/2015 da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões.

REFERÊNCIAS

AHMED, A. **Eletrônica de Potência**. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2000.

MARTINS, D. C; BARBI, I. **Eletrônica de Potência**: introdução ao estudo dos conversores CC-CA. UFSC/INEP, Florianópolis-SC, Editora dos Autores, 2008.

MARTINS, D. C; BARBI, I. **Eletrônica de Potência**: conversores CC-CC básicos ao isolados. UFSC/INEP, Florianópolis-SC, Editora dos Autores, 2011.

POMILIO, José Antenor. **Circuitos CA-CC**: retificadores. Disponível em: <<http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/elpot/cap3.pdf>>. Acesso em 23 mai. 2015.

PROJETO DE UM SISTEMA DE CONVERSORES ESTÁTICOS PARA UMA CARGA DE 1 KVA COM FATOR DE POTÊNCIA DE 0,7

ROMITTI, Leonardo; ROMANI, Júnior; UES, Elisandro; DUPONT, Fabrício Hoff

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema que tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um sistema de conversores estáticos de potência para uma carga de 1 kVA, em 110 V_{RMS} com Fator de Potência de 0,7 em 60 Hz, a partir de uma entrada monofásica de 220 V_{RMS} e 60 Hz. Uma das necessidades do projeto é que um estágio intermediário deve permitir que um banco de baterias também seja utilizado para alimentar a carga. A saída do sistema deveria ser de 110 V_{RMS} também em 60 Hz e o projeto ainda deveria tornar possível a utilização de um banco de baterias entre a entrada e a saída. A solução encontrada foi a divisão do sistema em 4 quatro estágios representados respectivamente por um retificador de onda completa, um conversor Buck, um conversor Boost e um inversor com modulação PWM. As simulações foram realizadas utilizando o PSIM e os resultados obtidos demonstram que o projeto atendeu com sucesso as especificações apresentadas.

PALAVRAS-CHAVE: conversores estáticos; sistema de potência; eletrônica de potência; banco de baterias.

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de conversores estáticos de potência para uma carga de 1 kVA com fator de potência (FP) de 0,7 que deveria ser constituído por uma entrada monofásica de 220 V_{RMS} com frequência de 60 Hz, seguido de um estágio intermediário composto por um banco de baterias com tensão de 48 V_{CC} e saída de 110 V_{RMS} também em 60 Hz. Ainda deveria ser adotada uma tensão de 200 V_{CC} para a saída do segundo estágio CC/CC antes do inversor de 110 V_{RMS} e não utilizar isolamento galvânico. Neste contexto, a solução encontrada para o problema foi a divisão do sistema em quatro estágios de conversão como ilustra o diagrama de blocos apresentado pela Figura 1.

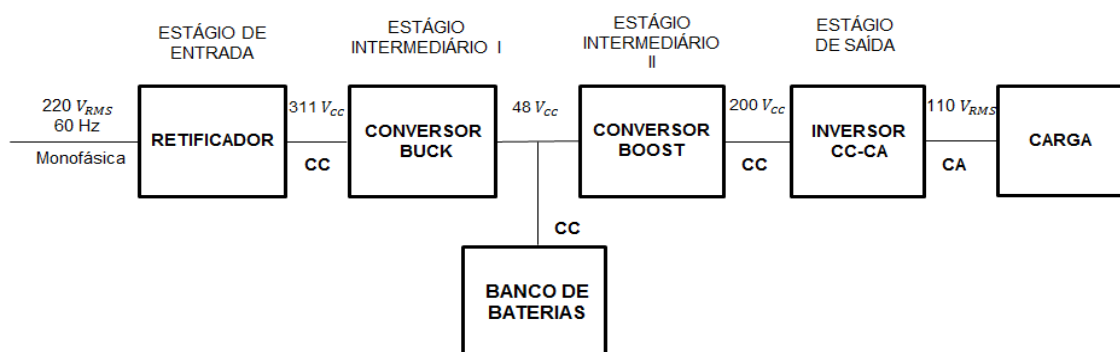


Figura 1: Diagrama de blocos do sistema de potência.

ESTÁGIO DE ENTRADA

O Estágio de Entrada transforma a tensão $220\text{ V}_{\text{RMS}}$ alternada em uma tensão contínua de 311 V_{CC} utilizando um retificador de onda completa com filtro capacitivo, tal como ilustra a Figura 2

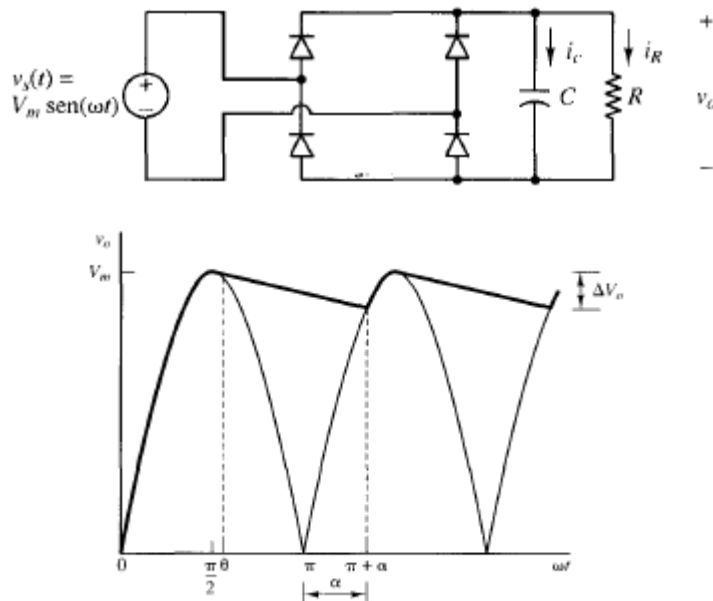


Figura 2: Retificador de onda completa com filtro capacitivo.
Fonte: Hart (2001).

O projeto desta topologia é feito determinando os valores do resistor e do capacitor na saída. A partir dos parâmetros dados temos de acordo com Hart (2001) que a tensão de saída é

$$V_m = V_{CC} \cdot \sqrt{2} \quad (1)$$

$$V_m = 311\text{ V}$$

De acordo com Boylestad (2012) determinamos o valor de R a partir de

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (2)$$

$$R = 96,72\ \Omega$$

De acordo com Hart (2001) é possível determinar o valor do capacitor necessário para limitar a tensão de saída a uma ondulação de $\Delta V_o = 1\%$ usando

$$C = \frac{V_m}{2 \cdot f \cdot R \cdot V_m \cdot 0,01} \quad (3)$$

$$C = 8,61 \text{ mF}$$

ESTÁGIO INTERMEDIÁRIO I

O Estágio Intermediário I possibilita a utilização de um banco de baterias de 48 V_{CC} no sistema por meio de um conversor buck, cuja topologia é ilustrada pela Figura 3, que converte um nível de tensão CC em outro nível mais baixo de tensão CC mas sem proporcionar isolamento galvânico.

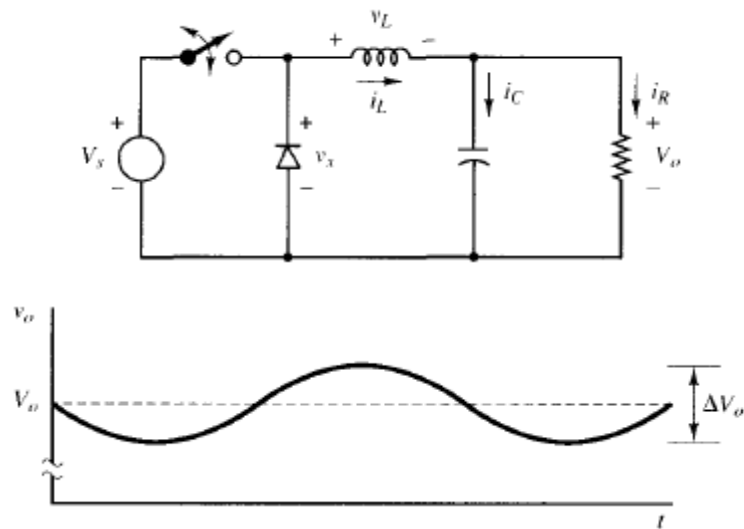


Figura 3: Conversor Buck e forma de onda da tensão de saída.
Fonte: Hart (2001).

O projeto desta topologia é feito determinando os valores do indutor, capacitor, razão cíclica e resistência. Segundo Boylestad (2012) é possível definir o valor da resistência equivalente na saída do conversor através de

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (4)$$

$$R = 2,3 \, \Omega$$

De acordo com Hart (2001) pode-se definir a razão cíclica a partir da relação direta entre as tensões de saída e entrada conforme

$$D = \frac{V_{saída}}{V_{entrada}} \quad (5)$$

$$D = 0,154$$

de modo que $D' = 1 - D = 0,846$. Já a indutância do conversor deverá ser de

$$L = \frac{D' \cdot V_o}{\Delta i_L \cdot f} \quad (6)$$

$$L = 8,12 \text{ mH}$$

Por fim, a capacitância mínima que garante uma ondulação de tensão de 10% é obtida por meio de

$$C = \frac{1-D}{8 \cdot L \cdot (\Delta V_o / V_o) \cdot f^2} \quad (7)$$

$$C = 520 \text{ nF}$$

ESTÁGIO INTERMEDIÁRIO II

O Estágio Intermediário II tem o objetivo de elevar a tensão de saída do Estágio Intermediário I, de 48 V_{CC} para 200 V_{CC} utilizando um conversor Boost, cuja topologia e forma de onda da corrente de entrada é ilustrada pela Figura 4.

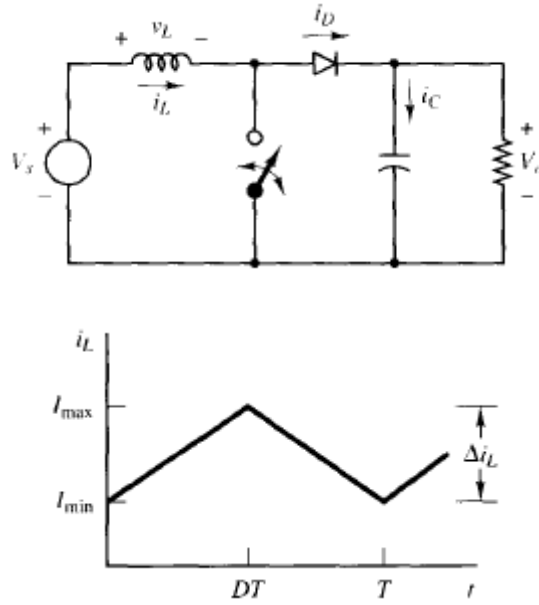


Figura 4: Conversor Boost e forma de onda da corrente no indutor.
Fonte: Hart (2001).

Segundo Boylestad (2012) é possível definir o valor da resistência do conversor através de

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (8)$$

$$R = 40 \, \Omega$$

Conforme Hart (2001) a razão cíclica nominal do conversor pode ser determinada por meio de

$$D = \frac{V_o - V_i}{V_o} \quad (9)$$

$$D = 0,76$$

Assumindo uma ondulação máxima de corrente de 10% quando o conversor opera nas condições nominais, a indutância de entrada deve ser de

$$L = \frac{V_i \cdot D}{\Delta i_L \cdot f} \quad (10)$$

$$L = 7,3 \text{ mH}$$

Por fim, para proporcionar uma baixa ondulação de tensão na saída, e considerando a carga puramente resistiva calculada em (8), a capacitância necessária é determinada por

$$C = \frac{D}{R \cdot \Delta i_L \cdot f} \quad (11)$$

$$C = 38 \mu F$$

ESTÁGIO DE SAÍDA

O Estágio de Saída consiste no projeto de um inversor monofásico em ponte completa, ilustrado pela Figura 5, com saída modulada por largura de pulso (PWM, *pulse width modulation*) que transforma a tensão contínua de 200 V_{CC} na tensão alternada de 110 V_{RMS} para alimentar a carga.

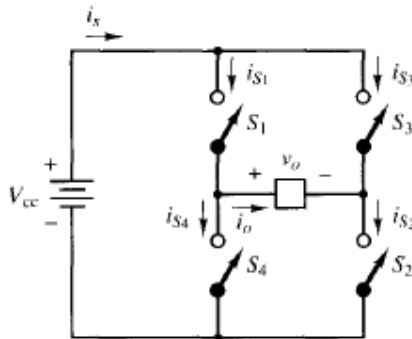


Figura 5: Circuito básico do conversor em ponte completa.
Fonte: Hart (2001).

A partir dos valores 1 kVA e FP de 0,7 podemos determinar a resistência e a indutância da carga. Com o valor de potência ativa, determinada de acordo com Boylestad (2012) através de

$$FP = \frac{P}{S} \quad (12)$$

$$P = 700 \text{ W}$$

Pode-se então determinar a resistência por meio de

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (13)$$

$$R = 17,3 \, \Omega$$

Com os valores das potências ativa e aparente é possível obter o valor da potência reativa ainda de acordo com Boylestad (2012) a partir de

$$Q = \sqrt{(S^2 - P^2)} \quad (14)$$

$$Q = 714 \, VAR$$

Com a qual define-se o valor de impedância da carga e em seguida o valor da indutância

$$Q = \frac{V^2}{X_L} \quad (15)$$

$$X_L = 16,94 \, \Omega$$

e sabendo que

$$X_L = \omega L \quad (16)$$

$$L = 44,93 \, mH$$

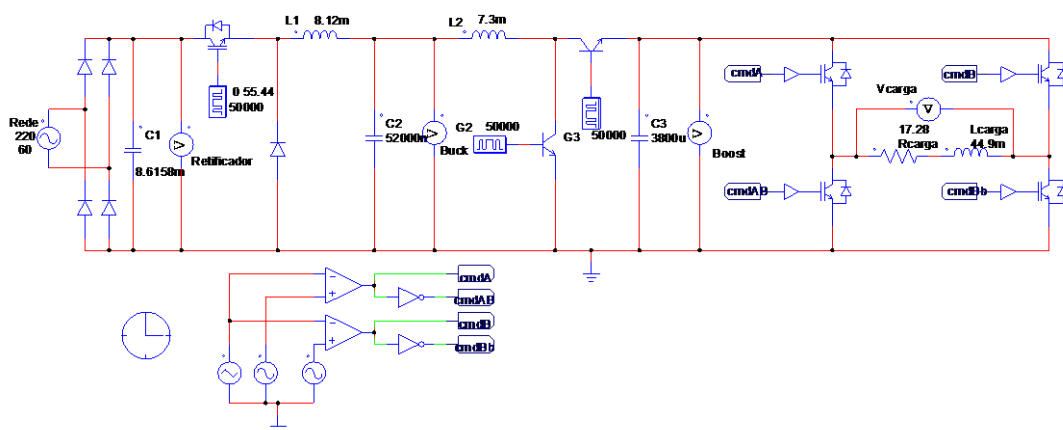
A tensão de saída das do inversor pode ser controlada usando uma modulação PWM. Nela, o controle das chaves para a saída de um PWM requer um sinal de referência (senoide) e um sinal portador (triangular) que controla a largura dos pulsos de chaveamento e é gerado por um circuito auxiliar.

A taxa de modulação pode ser obtida atribuindo um valor para a frequência da portadora, neste caso 21 kHz, de acordo com Hart (2012) através de

$$m_f = 350$$

$$m_a = \frac{V_{m,refer\acute{e}ncia}}{V_{m,portadora}} = \frac{V_{m,sen}}{V_{m,tri}} \quad (18)$$

$$m_a = 0,777$$



na entrada, em função da ressonância provocada pela associação L-C-L da conexão entre o conversor Buck e o conversor Boost, que se refletiu em uma oscilação em frequência mais alta na interação entre os estágios.

Na Figura 7-a é possível perceber que a tensão no conversor Buck apresenta uma forma distorcida e com elevado nível de oscilação. Algo semelhante ocorre para o conversor Boost (Figura 7-b) que apresentou forma de onda com elevada oscilação, assim como a corrente na carga (Figura 7-d).

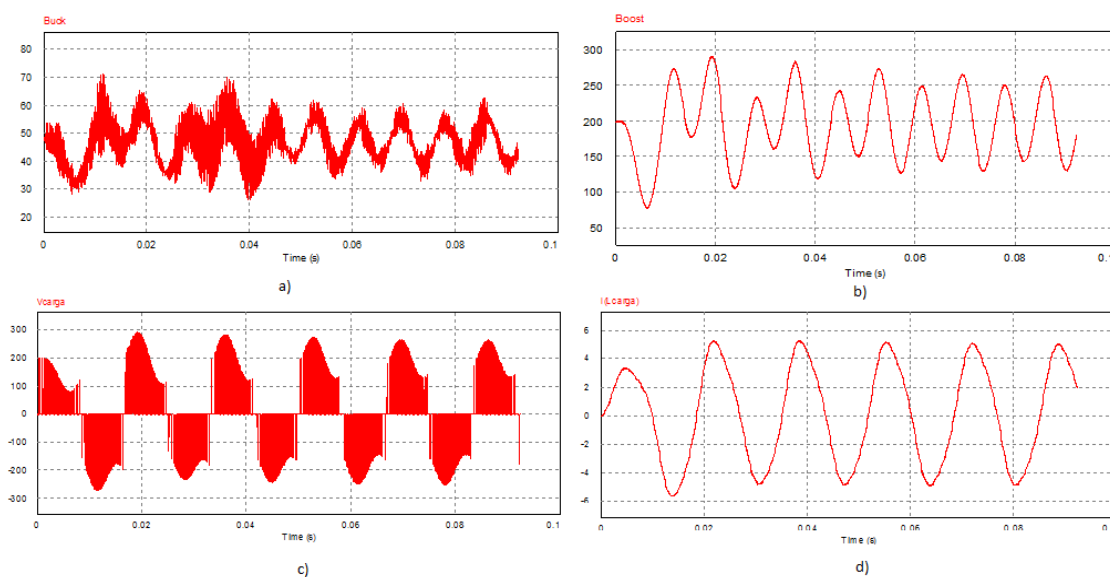


Figura 7: Resultados da simulação do sistema completo: a) tensão de saída do Buck; b) tensão de saída do Boost; c) tensão na carga; d) corrente na carga.

A solução encontrada foi a alteração dos valores dos capacitores do conversor Buck e do conversor Boost, que passaram respectivamente de 520 nF e 38 μ F para 52 μ F e 3,8 mF. Os resultados considerando os ajustes realizados são apresentados na Figura 8, onde se percebe menor oscilação nas tensões de saída dos conversores Buck e Boost, tensão característica para modulação PWM no inversor e corrente menos distorcida na carga.

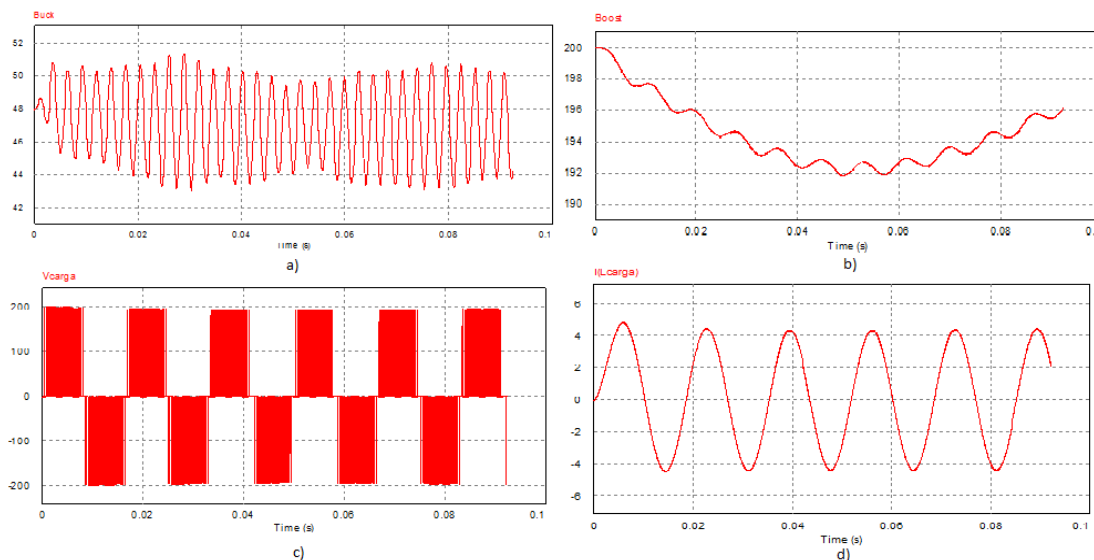


Figura 8: Resultados obtidos na simulação após alteração nos valores dos capacitores: a) tensão de saída do Buck; b) tensão de saída do Boost; c) tensão na carga; d) corrente na carga.

A partir dos resultados da simulação, calculou-se o valor eficaz da tensão de saída na carga, tal como ilustra a Figura 9. Selecionando a opção Calculate RMS Value na barra inferior da janela SimView do PSIM é possível obter o valor da tensão RMS como ilustra a Figura 9. Deste modo, demonstra-se que a tensão de saída obtida é $114,67 \text{ V}_{\text{RMS}}$, o que é um valor aceitável para o sistema tendo em vista que não há uma estratégia de controle em malha fechada para efetuar a regulação dessa tensão.

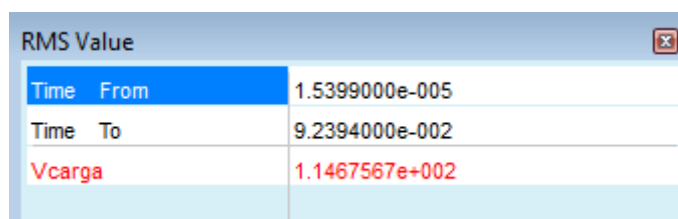


Figura 9: Tensão RMS na carga de 1kVA e FP de 0,7.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos parâmetros dados e na revisão bibliográfica realizada, foi projetado e simulado no PSIM um sistema de conversores estáticos de potência para uma carga de 1 kVA e $\text{FP} = 0,7$. O sistema foi dividido em quatro estágios que foram inicialmente simulados de modo isolado e posteriormente em conjunto.

Os resultados obtidos nas simulações dos estágios isolados apresentaram resultados coerentes com a revisão de literatura sobre o tema. No entanto, quando conectados para

formar o sistema completo, a simulação apresentou discordância em relação aos valores esperados. Este comportamento não invalida os resultados apresentados, tendo em vista que o projeto foi conduzido assumindo cargas lineares resistivas e com a interconexão dos diferentes estágios, impôs-se uma condição de cargas não -lineares. A solução encontrada foi substituir o capacitor de 520 nF do conversor Buck e o de 38 uF do conversor Boost respectivamente por capacitores de 52 uF e 3,8 mF.

Neste contexto, a tensão de saída obtida foi de 114,67 V_{RMS}, valor que pode ser considerado aceitável para o objetivo proposto por este projeto, tendo em vista que não foi considerada uma estratégia de controle em malha fechada para conduzir um controle mais preciso dessa tensão. Acredita-se que esta variação de 4,67 V_{RMS} ocorra devido às tensões de ondulação dos estágios iniciais do sistema. Conclui-se também, que é possível realizar este tipo de estudo com a utilização do PSIM.

O objetivo de desenvolver um sistema de conversores estáticos de potência para uma carga de 1 kVA e fator de potência de 0,7 foi alcançado, no entanto, vale destacar que é necessário aprimoramento para uma casual implementação ou outros estudos, além de desenvolver os devidos circuitos de acionamento e uma estimativa das perdas para o projeto de arrefecimento dos conversores.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é suportado pelos projetos 3989 do Edital 10/2015, e 3917 do Edital 01/2015 da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões.

REFERÊNCIAS

BOYLESTAD, R. L. **Introdução à Análise de Circuitos**. 12.ed. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 2012.

HART, D. W. **Electrónica de Potencia**. Pearson Educación. S. A. Madrid, 2001.

HART, D. W. **Eletrônica de Potência: Análise e Projeto de Circuitos**. Porto Alegre: AMGH, 2012.

PROJETO DE UM SISTEMA DE RESFRIAMENTO PARA UM TANQUE DE LEITE UTILIZANDO PIC16F887 E LM35

ROMANI, Júnior; UES, Elisandro; ROMITTI, Leonardo; ZAGO, Rodrigo

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo aprofundar os conhecimentos sobre o sensor de temperatura LM35 e construir um sistema para o controle automático de temperatura em um tanque de resfriamento de leite utilizando o micro controlador PIC16F887.

PALAVRAS-CHAVE: sensor de temperatura, LM35, PIC16F887.

INTRODUÇÃO

Atualmente, com a evolução da eletrônica, é possível encontrar inúmeros componentes que possuem uma mesma função para diversos sistemas de aquisição de dados, acionamento de máquinas e controle de sistemas. Desta forma cabe ao engenheiro projetista determinar qual é a melhor opção, com menor custo, maior robustez e confiabilidade do sistema.

A região do alto Uruguai tem a bacia leiteira como umas das principais fontes de renda das pequenas propriedades rurais, onde após a ordenha o leite precisa ser armazenado em tanques de resfriamento sob uma temperatura situada entre 3 a 5 graus Celsius para manter-se conservado até o momento em que é recolhido.

Neste contexto optou-se pela construção de um sistema de monitoramento e controle de temperatura para tanques de expansão de leite, onde a variação de temperatura não ocorre forma instantânea mas torna-se necessário o acionamento de motores para o resfriamento até a temperatura de 5 graus Celsius.

Para este projeto foi escolhido o sensor LM35, pois é um circuito usual, bastante simples, necessitando apenas do sensor propriamente dito e o microcontrolador PIC16F887 pela sua disponibilidade e também pelo maior conhecimento sobre a programação e as funções do mesmo.

REFERENCIAL TEÓRICO

Sensores eletrônicos de temperatura são amplamente utilizados em diversas áreas com o objetivo de apenas observar a temperatura de determinado processo até de utilizá-lo em uma malha de controle para automatização de um determinado processo.

O sensor LM35 (Figura 1) é um sensor de precisão, fabricado pela TEXAS INSTRUMENTS que apresenta uma saída de tensão linear relativa à temperatura em que ele

se encontra. O LM35 possui 3 terminais onde é alimentado por uma tensão de 4-20 Vcc e GND, drenando apenas 60μA para estas alimentações, sendo assim seu autoaquecimento é de aproximadamente 0.1°C ao ar livre de forma que a aquisição de dados não seja afetada.

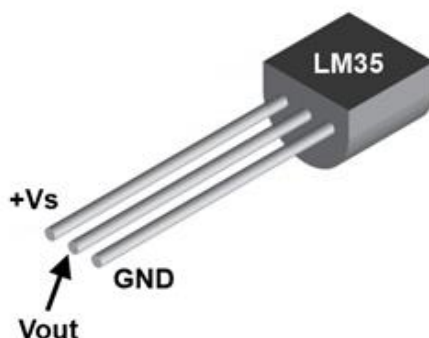


Figura 1: Diagrama de Pinos LM35.
Fonte: Arduino e Cia (2013).

O LM35 não necessita de qualquer calibração externa para fornecer com exatidão valores temperatura com variações de $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$ ou até mesmo $\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$ dentro da faixa de temperatura de -55°C a 150°C , dependendo da versão utilizada e sempre com um sinal de 10 mV para cada Grau Celsius de temperatura variando em sua saída.

O controlador utilizado foi PIC16F887 da MICROCHIP que é um CI constituído por 40 pinos, destes 14 podem ser utilizados como entradas analógicas ou ainda como pinos de entrada e saída, possui 3 timer's dentre outros inúmeros recursos. Desta forma será utilizado para realizar a leitura da saída do LM35 e a posterior conversão do sinal analógico para digital, para que o mesmo possa ser demonstrado em um display LCD.

A programação deste mesmo micro controlador é feita no software CCS C Compiler, sendo muito semelhante a programação em C++. A conversão analógica/digital é feita baseando-se na alimentação do LM35, neste caso considerando uma alimentação de 5 Vcc e uma resolução do conversor de 10 bits tem-se um *Quantun* de 4,887mV. Quanto maior é o numero de bits de resolução maior a sensibilidade do instrumento, neste caso realizando o calculo tem-se uma sensibilidade em torno de aproximadamente 0.5 °C.

METODOLOGIA

O sensor LM35 é utilizado para a aquisição de dados medindo a variação da temperatura e transformando a em níveis de tensão para que o micro controlador PIC16F887

possa fazer a parte de conversão analógica digital e mostrar o valor da temperatura em um display LCD 16x2 e posteriormente realizar o acionamento de três motores, neste caso utilizando um modulo de relays para que não haja a queima do controlador. A programação do controlador foi feita no programa CCS C Compiler e a gravação do mesmo foi realizada através dos pinos 39 e 40 usando um circuito denominado *in-circuit*.

RESULTADOS E SIMULAÇÕES

Antes de implementar o circuito físico foram realizados testes utilizando o *software* PROTEUS versão 8.0 Na figura 2 pode ser observado a simulações de display do sensor e dos botões de *set point* e de interrupção externa para verificar o *set point*.

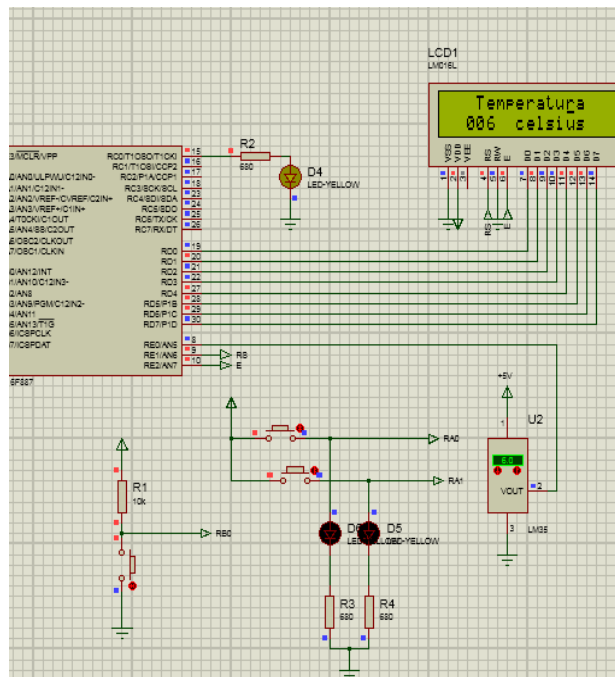


Figura 2: Simulação de display sensor e botões de set point.

Na Figura 3 é possível observar que o código realizava a conversão e o acionamento das máquinas representadas pelos LED's D1, D2 e D3.

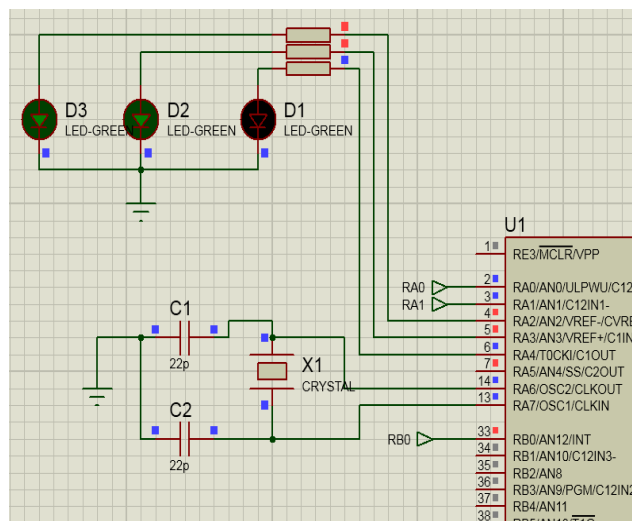


Figura 3: Simulação de acionamento de máquinas.

Outros fatores observados foram pequenas variações de temperatura ou pequenos atrasos que são aceitáveis para a aplicação, levando em conta que a variação de temperatura do leite não ocorre de forma abrupta e poucos segundos não vão influenciar na qualidade do produto final.

Após comprovado o funcionamento do circuito em simulação o próximo passo foi construir a placa física usando uma placa de pré-perfurada de 10x5, soquetes, barras de pinos, capacitores, resistores, *push-button*'s. Ao termino da construção da placa foi realizado o teste comparando a temperatura medida pelo sistema e a temperatura medida por um multímetro da marca UNI-T desta forma comprovando o funcionamento do sistema, como demonstrado na Figura 4.

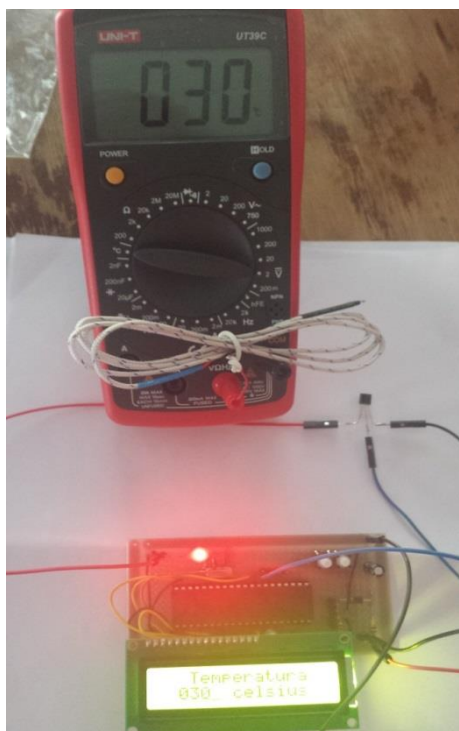


Figura 4: Teste do sistema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo conclui-se que é possível construir um sistema para medir e controlar temperatura com uma confiabilidade relativamente boa embora o sensor utilizado seja simples, porém o que interfere em uma produção em larga escala do sistema é o custo total do projeto devido à utilização do PIC16F887 como controlador, no entanto se feita uma análise sobre qual controlador seria mais viável, o custo do sistema ficaria mais em conta para a produção. Mas também é importante salientar que o projeto foi realizado para o teste do LM35 como sensor e também para avaliar o funcionamento do Controlador PIC desenvolvendo a conversão de sinais.

REFERÊNCIAS

- TEXAS INSTRUMENTS- DATASHEET LM 35. Agosto 1999 – revisado, Janeiro 2015.
- MICROCHIP- DATASHEET PIC16F882/883/ 884/886 / 887. Microchip Technology Inc. 2007
- PEREIRA, F. **Microcontroladores PIC: programação em C**. 7ª Edição, São Paulo, 2014.

A presente edição foi composta pela URI,
em caracteres Times New Roman,
formato e-book, pdf, em novembro de 2015.