
ARQUITETURA E ENGENHARIA CIVIL contemporânea: inovação, tecnologia e sustentabilidade

Volume 4

**Rafael Lima de Oliveira
Gabriel Pereira Gonçalves**
(Organizadores)

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizadores

Prof.º Me. Rafael Lima de Oliveira
Prof.º Me. Gabriel Pereira Gonçalves

Capa

AYA Editora

Revisão

Os Autores

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Engenharias

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva

Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

Universidade Estadual de Londrina

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

Instituto Federal do Amapá

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Ma. Denise Pereira

Faculdade Sudoeste – FASU

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

Universidade Federal do Amapá

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

Universidade Estadual de Londrina

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Jéssyka Maria Nunes Galvão

Faculdade Santa Helena

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. João Paulo Roberti Junior

Universidade Federal de Roraima

Prof.º Me. Jorge Soistak

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues
Universidade Norte do Paraná

Prof.º Dr. Milson dos Santos Barbosa
Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP

Prof.º Dr. Myller Augusto Santos Gomes
Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch
Faculdade Sagrada Família

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes
Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira
Instituto Federal do Acre

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail
Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens
Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares
Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Dr.ª Silvia Aparecida Medeiros
Rodrigues
Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda
Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier
Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional, FNDE

© 2022 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição *Creative Commons* 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas nos capítulos deste Livro, bem como as opiniões neles emitidas são de inteira responsabilidade de seus autores e não representam necessariamente a opinião desta editora.

A772 Arquitetura e engenharia civil contemporânea: inovação, tecnologia e sustentabilidade. [recurso eletrônico]. / Rafael Lima de Oliveira, Gabriel Pereira Gonçalves (organizadores) -- Ponta Grossa: Aya, 2022. 234 p.
v.4.

Inclui biografia
Inclui índice
Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
ISBN: 978-65-5379-143-5
DOI: 10.47573/aya.5379.2.141

1. Engenharia civil. 2. Água potável. 3. Projetos de engenharia.
4. Engenheiros eletricitas. 5. Construção civil - Métodos. I. Oliveira, Rafael Lima de. II. Gonçalves, Gabriel Pereira. I II. Título

CDD: 624

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora EIRELI

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53
Fone: +55 42 3086-3131
E-mail: contato@ayaeditora.com.br
Site: <https://ayaeditora.com.br>
Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
84.071-150

SUMÁRIO

Apresentação9

01

A relevância do engenheiro eletricista e suas atribuições na prevenção de acidentes elétricos10

Jeferson José Werneck de Matos
Rafael Lima de Oliveira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.1

02

Estudo do potencial de crescimento do setor de compra e venda de energia elétrica no Brasil26

Felipe Souza Freitas
Thomás Stevanin Costa
Rafael Lima de Oliveira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.2

03

Projeto executivo de uma edificação unifamiliar contemplando projeto estrutural e projeto de instalações elétricas46

Brenda Santos Santana
Matheus de Paula Moreira
Gabriel Pereira Gonçalves

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.3

04

Reutilização e gestão de resíduos sólidos61

Euler da Silva Bernardes
Gabriel Ferreira da Silva Pascoal
Rômulo Rodrigues Coelho Delfino Souza

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.4

05

Projeto estrutural de plataforma para uma autobomba de concreto: uma simulação77

Ricardo Borges de Azeredo
Rick Vieira Sanches
Daniel Passos Gallo

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.5

06

Geração hídrica com automação em Arduino91

Paulo Victor dos Santos Dias
Vauban Louzada da Silva
Rafael Lima de Oliveira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.6

07

Projeto de rede de água potável de um loteamento de casas populares na cidade de Apicá/ES 105

Joice da Silva Claudino
Mylena Moreira Estanhe
Amanda Camerini Lima
Gabriel Pereira Gonçalves
Pietro Valdo Rostagno

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.7

08

Compatibilização de projetos na construção civil – importância e métodos: estudo de caso de uma residência 123

Abraão Ferreira dos Santos
Eduarda de Sousa Paz
José Aroldo de Sousa Morais Júnior
Luanna de Carvalho Santos

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.8

09

Reação e resistência ao fogo em revestimentos externos de fachadas: análise do caso Grenfell Tower .
..... 136

Giovanna Costella Menegussi
Victor Valério Landim da Silva
Pedro Matiazzi da Silva
Thatyane Costa

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.9

10

Órtese ativa no tratamento e reabilitação de pacientes com lesões limitadoras de movimento no punho156

Aline dos Santos Machado Reis
Cleiton da Silva Silveira
Rafael Lima de Oliveira
Amanda Camerini Lima

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.10

11

Semáforo inteligente para veículos de serviço de emergência.....170

André Oliveira da Silva
Mateus de Souza Bastos
Rafael Lima de Oliveira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.11

12

Plano diretor municipal – uma análise do plano da cidade de Leopoldina –MG, proposta de diretrizes urbanísticas e estudo da implementação do Carderno de Acessibilidade.....186

Daniel Fonseca Maia
Gabriel Pereira Gonçalves

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.12

13

Uso de resíduo de osso animal em concreto de cimento Portland202

Gabriel Pereira Gonçalves
Ismael Lima Poubel Boechat
Patrick Miranda do Nascimento
Ruthy Mery Rosa da Silva
Rafael Lima Oliveira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.13

14

Polímeros na engenharia216

Leonardo Moraes Armesto
André Kazuo Kushiichi
Laura Nascimento Mazonni

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.14

Organizadores.....229

Índice Remissivo231

Apresentação

A publicação de um texto técnico ou científico é uma das formas mais utilizadas para transmitir à comunidade o conhecimento adquirido durante o desenvolvimento de um projeto ou de uma pesquisa. O compartilhamento de conhecimento promove o acelerado desenvolvimento da sociedade, além de um crescimento pessoal e profissional através das trocas de aprendizados.

Portanto, neste livro intitulado **“Arquitetura e engenharia civil contemporânea: inovação, tecnologia e sustentabilidade vol. 4”** são compartilhados conhecimentos interdisciplinares adquiridos por cada autor durante o desenvolvimento de seus estudos. A abrangência deste volume envolve diversos temas envolvendo arquitetura, construção civil, controle e automação, eficiência energética e projetos elétricos, onde os pesquisadores apresentam os resultados obtidos através da aplicação de diferentes técnicas e tecnologias.

A fim de proporcionar uma experiência de leitura agradável, esta obra encontra-se organizada em quatorze (14) capítulos abordando diversas temáticas e discussões, demonstrando a evolução proporcionada através do compartilhamento do conhecimento técnico e científico. Os estudos abordam discussões como: prevenção de acidentes elétricos; setor de compra e venda de energia elétrica no Brasil; projeto executivo de uma edificação unifamiliar; reutilização e gestão de resíduos sólidos; projeto estrutural de plataforma para uma autobomba de concreto; geração hídrica com automação em Arduino; projeto de rede de água potável; compatibilização de projetos na construção civil; reação e resistência ao fogo em revestimentos externos de fachadas; órtese ativa no tratamento e reabilitação; semáforo inteligente; proposta de diretrizes urbanísticas; resíduo de osso animal em concreto e por fim, um estudo sobre polímeros na engenharia.

Esperamos que através deste livro você possa aprender novas técnicas e tecnologias para seu desenvolvimento pessoal e profissional e que também promova o compartilhamento destes conhecimentos com todos ao seu redor, impulsionando assim o desenvolvimento de nossa sociedade.

Boa leitura!

Prof.º Me. Rafael Lima de Oliveira
Prof.º Me. Gabriel Pereira Gonçalves



A relevância do engenheiro eletricista e suas atribuições na prevenção de acidentes elétricos

The relevance of the electrical engineer and his attributions in the prevention of electrical accidents

Jeferson José Werneck de Matos

Graduando em Engenharia Elétrica

Rafael Lima de Oliveira

Mestre em Engenharia Elétrica

<http://lattes.cnpq.br/6212659806406513>

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.141.1

RESUMO

A possibilidade de acidentarse é existente em qualquer função profissional, porém, existem profissões que por estarem sujeitas a periculosidade demandam cuidados específicos e minuciosos, como por exemplo a Engenharia Elétrica, a qual será a profissão focal desse estudo, porém também abrangendo áreas correlatas. Por isso, o presente estudo visa disseminar conhecimento com finalidade preventiva, abordar a respeito de equipamentos de proteção individual, equipamentos de proteção coletiva e padronizar boas práticas visando a normatização da ABNT com trabalho e eletricidade.

Palavras-chave: engenheiro eletricitista. instalações elétricas. prevenção de acidentes elétricos

ABSTRACT

The possibility of an accident exists in any professional role, however, there are professions that, because they are subject to danger, demand specific and meticulous care, such as Electrical Engineering, which will be the focal profession of this study, but also covering related areas. Therefore, the present study aims to disseminate knowledge with preventive prevention, address personal protective equipment, collective protective equipment and standardize good practices aimed at standardizing ABNT with work and electricity.

Keywords: electrical engineer. electrical installations. accident prevention electrical.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a prevenção de acidentes dos profissionais nas organizações nos tempos atuais tem sido constantemente tema de estudo. Assim, é importante que as empresas consigam desenvolver estratégias que vão de encontro ao profissional Engenheiro Eletricista, para que eles consigam desenvolver suas funções e atribuições com qualidade e cuidado, prevenindo-os, alertando-os dos possíveis acidentes que podem e já aconteceram no ambiente de trabalho de um profissional que exerce a função principalmente nas instalações elétricas, que se presume ser um lugar que precisa ter muita atenção nos manuseio dos equipamentos, assim, como nos EPI's para que o trabalho seja bem executado, e ainda sem que a empresa tenha surpresas e, ou prejuízos futuramente em decorrência de algum acidente de trabalho pela falta de EPI's, EPI's inadequados ou outro motivo que seja, que coloque em risco o profissional no exercício da função de instalações elétricas.

Surgem então, algumas ideias para prevenção desses profissionais nas instalações elétricas, considerando os profissionais de engenharia elétrica. A contextualização e sugestões de procedimentos que podem ser adotados pelas organizações para que os profissionais dessa modalidade atinjam melhores resultados, levando em conta os cuidados necessários dentro do ambiente de trabalho que são fundamentais para se evitar prejuízos e perdas tanto da organização quanto do funcionário.

Os estudos realizados a respeito dos autores que defendiam a mesma referência para

que o trabalho flua. Assim sendo, a seleção de alguns desses autores serão citadas no decorrer desse trabalho.

O objetivo geral deste trabalho, portanto, será demonstrar ao público acadêmico de Engenharia Elétrica e aos interessados, um material que seja voltado em proporcionar a esses profissionais condições, sugestões e orientações favoráveis para que seu desempenho não seja afetado e, ou prejudicados por algum acidente nas instalações elétricas de uma maneira geral.

A metodologia utilizada para complementar esse trabalho será de cunho bibliográfico, considerando os trabalhos, artigos e livros que foram analisados para endossar ainda mais o trabalho.

Deste modo, o presente trabalho possui a finalidade de introduzir o tema “A Relevância do Engenheiro Eletricista e suas Atribuições na Prevenção de Acidentes Elétricos” como proposta de explanações dos conceitos, das consequências, caso existam, e dos benefícios que serão obtidos em decorrência do desenvolvimento de métodos que vão de encontro com a prevenção de acidentes nas instalações elétricas, traçando estratégias e sugestões de melhorias nos cuidados para com esses profissionais.

Neste trabalho também serão apresentadas algumas sugestões que poderão fazer parte da metodologia de um planejamento experimental que as organizações poderão aderir, caso julgue importante. Embora se saiba da importância deste tema, percebe-se que o trabalho será árduo, visto a real necessidade e, ao mesmo tempo, as barreiras que as empresas têm para apresentar algumas sugestões que podem melhorar a prevenção de acidentes nas instalações elétricas e aos profissionais de engenharia elétrica no ambiente de trabalho.

Com isso, teve-se a preocupação no decorrer do processo da escolha do tema e do trabalho em si, em algo que fosse voltado para um melhor entendimento de questões que norteiam os possíveis riscos e prejuízos existentes das empresas em não aderir esses métodos de prevenção à acidentes nas instalações elétricas e no tratamento que os profissionais de engenharia elétrica devem ter para que suas ações, bem como seu desempenho não sejam lesionadas.

DESENVOLVIMENTO

Breve Histórico

A evolução da humanidade se processa de forma contínua. De uma hora para outra, alguns saltos esporádicos de grande transformação ocorrem. Isso acontece, normalmente, em duas oportunidades: diante de grandes crises ou quando diversos fatores propícios para tal se conjuguem. No cotidiano de uma sociedade, os engenheiros estão lá como elementos fundamentais para busca de soluções, concretização de ideias e/ou administrar serviços necessários quanto à execução de um produto.

A capacidade do ser humano de dar forma a objetos naturais e empregá-los para determinados fins, tem sido entendida como um dos grandes responsáveis pelo estágio de desenvolvimento praticado hoje. As ferramentas mais antigas foram produzidas por homínídeos, entre cerca de 2 milhões de anos, que consistia apenas de pedra lascadas, ossos, madeiras e conchas, usados de forma rudimentar. Isto foi durante o período Paleolítico, termo intitulado para

período da pedra antiga ou pedra lascada. Através destes instrumentos, tornou-se possível caçar e charquear um animal, cortar árvores, defender-se de animais e construir abrigos primitivos. Essa evolução social também está relacionada ao surgimento de um indivíduo preocupado com o desenvolvimento de técnica. Acredita-se que a cerca de 12 mil anos uma revolução técnica, provocou uma série de modificações culturais caracterizados pela introdução da domesticação de animais, da agricultura, modelagem da cerâmica e fabricação de vinho e cerveja. Esse momento é denominado de Neolítico – período da pedra polida. Nesta nova organização social, o homem passou a dedicar-se as novas descobertas e a realizar obras de maior porte, como por exemplo, as pirâmides de Gizé – Miquerinos, Quéfren e Quéops -, construídas há aproximadamente 4,5 mil anos.

Após esse período, o homem começou a trabalhar e a utilizar metais. Inicialmente usados para fabricar instrumentos de caça e defesa, os primeiros metais foram o cobre e o estanho. Esse período foi chamado de Idade do Bronze. Por volta do ano 2 mil a.C, o homem passou a utilizar o processo de fundição de metais. Relativamente no mesmo período, deu-se a invenção da roda e a construção das primeiras máquinas simples. Essas inovações contribuíram para a transformação das sociedades rurais patriarcais, com regras de convivência políticas mais elaboradas. Enquanto isso, os egípcios começaram a utilizar o papiro para a escrita.

A Engenharia no Brasil

Pode-se afirmar que a engenharia no Brasil começou com as primeiras casas construídas pelos colonizadores. Em seguida vieram as primeiras obras de defesa, muro e fortins. Mas a engenharia parece mesmo ter entrado no Brasil através das atividades dos oficiais-engenheiros e dos mestres construtores de edificações civis e religiosas. O desenvolvimento da engenharia, porém manteve-se durante muito tempo atrasado. A referência mais antiga relata a contratação do holandês Miguel Timermans para ensinar sua arte e sua ciência aqui no Brasil. A primeira escola de engenharia propriamente dita – a Academia Real Militar – foi criada em 4 de dezembro de 1810.

Em 25 de abril de 1874, através do decreto n° 5.600, foi criada a Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Até 1946 já existiam 15 instituições de ensino de engenharia e, de lá para cá, muitas outras foram implantadas no país, o que representa, algumas centenas de cursos. Dentre as habilidades, competências e funções de um Engenheiro Eletricista - Modalidade Eletrotécnica estão: o desempenho de atividades, referentes à geração, transmissão, distribuição e utilização da energia elétrica, equipamentos, materiais e máquinas elétricas; sistemas de medição e controle elétricos e seus serviços afins e correlatos.

Definição de Engenharia Elétrica

A engenharia elétrica é o ramo da engenharia que lida com geração, a transmissão, o transporte e a distribuição da energia elétrica. Para isso, faz o uso de conhecimentos de outras áreas do conhecimento, como a matemática, a física e a química, além de conhecimentos em computação.

Deve-se ter o cuidado de observar que o termo geração de energia elétrica não é adequado. Na verdade, o que ocorre é a transformação de algum tipo de energia já existente em energia elétrica.

Por ser uma engenharia muito abrangente, a elétrica, como muitas outras áreas do conhecimento, apresentam algumas subdivisões. Dentre elas, estão:

Engenharia eletrônica: lida com grandezas elétricas de pequena amplitude. Sua grande vantagem é que, com ela, surgem equipamentos, máquinas e dispositivos que respondem mais rápido e com maior eficiência energética. Seu estudo fornece meios para dispositivos, como transistores, circuitos integrados e placas de circuito impresso. A eletricidade propriamente dita diferencia-se da eletrônica pela natureza de seus elementos, enquanto a primeira lida com elementos chamados clássicos, como resistores e capacitores, a segunda trabalha com elementos ditos sólidos, como transistores e diodos.

Controle e Automação: também chamada de mecatrônica, é mais voltada para a indústria. Como o próprio nome já diz, é um ramo da engenharia voltado para o controle de processos industriais dinâmicos. Para que esse processo seja satisfatório, é necessário que o processo a ser controlado seja, primeiramente, estudado matematicamente. Posteriormente, deve ser construído o controlador desse processo. Este pode ser mecânico ou eletroeletrônico. Por último, deve-se calibrar o sistema a fim de definir os parâmetros de operação e de manutenção do sistema.

Sistemas computacionais: utilizam os conceitos de eletrônica para projetar e programar sistemas e redes digitais, além de análise de sistemas computacionais. Para isso, estudam os fundamentos de ciência da computação e engenharia elétrica, fato que explica o motivo de muitas instituições trazerem os dois departamentos juntos.

Por isso, o currículo de Engenharia Elétrica é composto pelo estudo das Equações de Maxwell e de outras disciplinas estudadas na matemática, como por exemplo o cálculo integral e diferencial, as quais serão importantes ferramentas utilizadas posteriormente para se resolver mais facilmente alguns problemas em que se faz necessário o uso de derivadas ou integrais. Os espaços vetoriais também devem ser estudados, pois existem situações que envolvem mais de três dimensões, como, por exemplo, o estudo das equações de Maxwell para o eletromagnetismo.

2) **Eletricidade:** é um termo geral que abrange uma variedade de fenômenos resultantes da presença e do fluxo de carga elétrica. Esses incluem muitos fenômenos facilmente reconhecíveis, tais como relâmpagos, eletricidade estática, e correntes elétricas em fios elétricos. Além disso, a eletricidade engloba conceitos menos conhecidos, como o campo eletromagnético e indução eletromagnética.

3) **Energia Elétrica:** àquela que é fornecida comercialmente pelas distribuidoras de energia elétrica. Em um uso flexível, contudo comum do termo, “eletricidade” pode referir-se à “fiação elétrica”, situação em que significa uma conexão física e em operação a uma estação de energia elétrica. Tal conexão garante o acesso do usuário de “eletricidade” ao campo elétrico presente na fiação elétrica, e, portanto, à energia elétrica distribuída por meio desse.

ACIDENTES COM ELETRICIDADE

Segundo a Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade – ABRACOPEL, “os acidentes de trabalho no setor de energia elétrica estão diminuindo. Em nove anos, de 1999 a 2008, eles caíram aproximadamente 33%”, segundo indicadores da Fundação

Comitê de Gestão Empresarial (Fundação COGE), entidade de aprimoramento de gestão empresarial do setor elétrico. “No entanto, os profissionais da área brasileira de eletricidade concordam que ainda há muito a ser feito a fim de reduzir os índices de acidentes e melhorar a saúde e a segurança dos trabalhadores de empresas do segmento”.

Para que houvesse essa mudança, foi necessário que o Ministério do Trabalho e Emprego – MTE fizesse uma mudança completa na Norma Regulamentadora nº 10, em 2004. O texto estabeleceu novos requisitos e condições mínimas de trabalho, com medidas de controle e sistemas preventivos, para garantir a segurança em instalações e serviços com eletricidade. Isso foi determinante para que as empresas mudassem a postura de realização das atividades.

Mecanismos e efeitos do choque elétrico

A condição básica ao sofrer um choque de origem elétrica é estar submetido a uma diferença de potencial (d.d.p) suficiente para fazer circular uma corrente que provoque efeitos no organismo. Como todo elemento condutor, o corpo humano também apresenta valores de resistência elétrica que variam em função da área de contato, da pressão de contato, e da umidade da pele.

A resistência elétrica depende também da trajetória da corrente elétrica pelo corpo humano, sendo que os efeitos do choque elétrico serão mais agravados ainda, se a corrente puder transitar pelo coração.

O choque elétrico apresenta efeitos diretos: contrações musculares; fibrilação ventricular; parada cardíaca; queimaduras; asfixia, anoxemia, e, indiretos: quedas de níveis elevados; batidas; fraturas; traumatismos; perda de membros.

Prestar os primeiros socorros rapidamente é de vital importância para a vítima do choque elétrico que sofreu parada respiratória, pois a chance de recuperação que é de 90% se a vítima for atendida em até 2 minutos, decai rapidamente, chegando a apenas 5% em 8 minutos.

O arco pode ser causado por fatores relacionados a equipamentos, ao ambiente ou a pessoas. Se houver centelha ou arco, a temperatura deste é tão alta que destrói os tecidos do corpo. Todo cuidado é pouco para evitar a abertura de arco através do operador. Também podem desprender-se partículas incandescentes que queimam ao atingir os olhos.

A quantidade de energia liberada durante um arco depende da corrente de curto-circuito e do tempo de atuação dos dispositivos de proteção contra sobrecorrentes. Altas correntes de curto-circuito e tempos longos de atuação dos dispositivos de proteção aumentam o risco do arco elétrico.

A proteção contra o arco elétrico depende do cálculo da energia incidente que pode ser liberada no caso de um curto-circuito. Este cálculo é feito a partir da aplicação de duas normas americanas de referência mundial:

Prevenção e medidas de controle do risco de acidentes elétricos

Para melhor exemplificarmos como se dá o controle dos riscos elétricos, precisamos entender e fazer garantir que não haja contato direto ou indireto com a mesma e também preocuparmos com os riscos de incêndio e explosão.

Contato Direto: Esta forma de contato se dará quando a pessoa por algum momento faz contato com um circuito elétrico energizado por ter se submetido a um contato direto, uma falha ou uma remoção de isolamentos criando a condução entre uma ou mais tensões elétricas ou ainda terra.

Segundo Coelho (2009), professor da disciplina de Elétrica do SENAI, para que isso ocorra é necessário obedecer às seguintes DICAS:

- Desligar as fontes de energia que possam alimentar o circuito ou equipamento que vai entrar em intervenção;
- Impedir o religamento destas fontes através de dispositivos de bloqueio adequados;
- Constatar a ausência de tensão no circuito ou equipamento que vai entrar em intervenção;
- Aterrar o circuito ou equipamento que vai entrar em intervenção e proteger as partes que não puderem ser desenergizadas;
- Sinalizar os dispositivos de bloqueio e a região onde ocorrerá a intervenção.

Desenergização: Para trabalhos com eletricidade, foi instituída no Brasil a Norma Regulamentadora NR-10 (Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade) do Ministério do Trabalho. Nelas são definidas as melhores práticas de execução de serviços com eletricidade e é apontada a desenergização como o melhor método de proteção do trabalhador.

Bloqueios e Impedimentos: Fazemos bloqueios para impedir o acionamento ou religamento de dispositivos de manobra. (chaves, interruptores) mantendo, por meios mecânicos um dispositivo de manobra fixo numa determinada posição, de forma a impedir uma ação não autorizada. Os dispositivos devem possibilitar diversos bloqueios, através da inserção de cadeados, em caso de trabalhos simultâneos de mais de uma equipe de manutenção. Deve ser acompanhado de etiqueta de sinalização, com o nome do profissional responsável, data, setor de trabalho e forma de comunicação. (ver ilustração).

Isolamento das Partes Vivas (energizadas): Os isolamentos são elementos construídos com materiais dielétricos (não condutores de eletricidade) ao qual isolam os condutores e/ou outras partes do sistema que estrutura que está energizada, para que os serviços possam ser executados com efetivo controle dos riscos pelo trabalhador.

Classificamos como obstáculos os dispositivos destinados a impedir o contato involuntário com partes vivas. Eles podem ser removíveis sem auxílio de ferramenta ou chave, mas devem ser fixados de forma a impedir qualquer remoção involuntária. Exemplos:

- Coberturas circular isolante;
- Mantas ou lençol de isolante;
- Tapetes isolantes;
- Coberturas isolantes para dispositivos específicos (Ex. postes).

Mais uma das formas previstas de proteção contra choques elétricos está na NBR 5410/2004, é a chamada “separação elétrica”. Exemplo são as salas cirúrgicas de hospitais, em

que o sistema também é isolado, usando-se igualmente um transformador de separação, mas todos os equipamentos por ele alimentados têm suas massas aterradas.

Constatação da Ausência de Tensão: Feito a desenergização, é necessário fazer a verificação da efetiva ausência de tensão nos condutores do circuito elétrico. Deve ser feita com detectores testados antes e após a verificação da ausência de tensão, sendo realizada por contato ou por aproximação e de acordo com procedimentos específicos.

Aterramento: Um dos pontos mais importantes que ajudam a mantermos energia longe do contato das pessoas é oferecer à corrente elétrica um caminho livre onde elas possam fluir. Oferecemos um caminho de baixa impedância de retorno para a terra da corrente de falta – operação automática, rápida e segura do sistema de proteção.

- Controlar a tensão em relação à terra; o
- Oferecer um caminho para a circulação de corrente que irá permitir a detecção de uma ligação indesejada entre condutores vivos e a terra (operação dos dispositivos de proteção e remoção da tensão); Proteger as pessoas e o patrimônio contra uma falta (curto-circuito) na instalação; Oferecer um caminho seguro, controlado e de baixa impedância em direção à terra para as correntes induzidas por descargas atmosféricas.

O aterramento pode ser de 3 tipos:

Funcional: ligação através de um dos condutores do sistema neutro; **Proteção:** ligação à terra das massas e dos elementos condutores estranhos à instalação; **Temporário:** ligação elétrica efetiva com baixa impedância intencional à terra, destinada a garantir a equipotencialidade e mantida continuamente durante a intervenção na instalação elétrica.

Sinalização: Em toda execução do trabalho deverão ser adotadas sinalizações destinadas à advertência e à identificação. Nelas devem conter a razão da desenergização e as informações do responsável.

Objetivos da Sinalização de Segurança:

- Identificar os responsáveis pela liberação do serviço (dono da área ou do equipamento) e em qual equipamento será realizado o serviço;
- Sinalizar dispositivos que devem ser mantidos impedidos e bloqueados;
- Sinalizar o local onde será realizado o serviço;
- Delimitar as áreas onde o acesso é proibido às pessoas não envolvidas no serviço (zona controlado e de risco).

Delimitação de Áreas: Indicação para a existência de uma atividade perigosa dentro dos limites da área (zona controlada). O acesso ao interior de uma área controlada deve obrigatoriamente ser precedido de advertência quanto aos riscos existentes e estar apto a utilizar as medidas de controle desses riscos. De forma normativa os responsáveis pelas instalações devem autorizar formalmente os trabalhadores conforme definido no item 10.8 da NR-10.

Contato Indireto: Ocorre quando uma parte condutora que não deveria estar energizada,

mas que, por falha operacional, fica sob tensão.

Dispositivo Diferencial Residual – DR: É papel do engenheiro eletricista, garantir no projeto que sejam instalados DR ao qual se destinam a desligar da rede de fornecimento de energia elétrica, o equipamento ou instalação que ele protege, na ocorrência de uma corrente de fuga que exceda determinado valor. Sua eficiência vem de sua atuação é rápida, num tempo inferior a 200 ms, evitando o curto-circuito do aparelho ou rede.

Normatização ABNT do trabalho com eletricidade

Para o trabalho no Brasil, existem normas técnicas oficiais desenvolvidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e registradas no Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial (INMETRO). Normas que são o resultado de uma ampla discussão de profissionais e instituições, organizados em grupos de estudos, comissões e comitês. A sigla NBR que antecede o número de muitas normas significa Norma Brasileira Registrada.

NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão: Referência quando se fala em segurança com eletricidade. Apresenta todos cálculos de dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção. Nela estão as diferentes formas de instalação e as influências externas a serem consideradas em um projeto. Os aspectos de segurança são apresentados de forma detalhada, incluindo o aterramento, a proteção por dispositivos de corrente de fuga, de sobretensões e sobrecorrentes.

NBR 14039 - Instalações Elétricas Média Tensão: Abrange as instalações de consumidores, incluindo suas subestações, dentro da tensão especificada. Além das prescrições técnicas para dimensionamento dos componentes dessas instalações, a norma estabelece critérios de segurança para as subestações, incluindo acesso, parâmetros físicos e de infra-estrutura. Procedimentos de trabalho também são objeto de atenção da referida norma.

Outras Importantes NBR: NBR 5418 – Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas; NBR 6151 – Classificação dos Equipamentos Elétricos e Eletrônicos quanto à proteção contra os choques elétricos; NBR 6533 – Estabelecimento de Segurança aos efeitos da corrente elétrica percorrendo o corpo humano; NBR 13570 – Instalações Elétricas em locais de afluência de público – requisitos específicos.

Normas Regulamentadoras: Abaixo estão preconizadas algumas das informações importantes que o Engenheiro Elétrico e deve dispor aos trabalhadores.

NR-07 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO: De caráter preventivo, visa o rastreamento e diagnóstico precoce dos agravos à saúde relacionados ao trabalho, além da constatação da existência de casos de doenças profissionais, danos irreversíveis à saúde dos trabalhadores, planejado e implantado com base nos riscos à saúde dos trabalhadores, especialmente os identificados nas avaliações previstas nas demais NR.

NR-12 – Máquinas e Equipamentos: As máquinas e equipamentos devem: Ter dispositivos de acionamento e parada localizados de modo que sejam acionados pelo operador na sua posição de trabalho e não se localize na zona perigosa da máquina ou do equipamento;

Possa ser acionado ou desligado em caso de emergência, por outra pessoa que não seja o operador; não acarrete riscos adicionais; não possa ser acionado ou desligado, involuntaria-

mente, pelo operador, ou de qualquer outra forma acidental. As fontes de energia elétrica externa devem possuir chave geral, em local de fácil acesso e acondicionada em caixa que evite o seu acionamento acidental e proteja as suas partes energizadas. As máquinas e os equipamentos que utilizarem ou gerarem energia elétrica devem ser aterrados eletricamente, conforme previsto na NR 10.

NR-17 – Ergonomia: Painéis e equipamentos devem proporcionar condições de boa postura, visualização e operação e ter características dimensionais que possibilitem posicionamento e movimentação adequados dos segmentos corporais.

NR-18 – Programa de Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção Civil – PCMAT: A execução e manutenção das instalações elétricas devem ser realizadas por trabalhador qualificado, e a supervisão por profissional legalmente habilitado. Intervir em circuito elétrico desenergizado e na impossibilidade, com a adoção de medidas de proteção complementares, sendo obrigatório o uso de ferramentas apropriadas e equipamentos de proteção individual. Proibida a existência de partes vivas expostas de circuitos e equipamentos elétricos. Emendas e derivações dos condutores devem ser executadas de modo que assegurem a resistência mecânica e contato elétrico adequado. As estruturas e carcaças dos equipamentos elétricos devem ser eletricamente aterradas. Os quadros gerais de distribuição devem ser mantidos trancados, com seus circuitos identificados. Máquinas ou equipamentos elétricos móveis só podem ser ligados por intermédio de conjunto de plugue e tomados.

NR-10 – Segurança Instalações e Serviços Eletricidade: Mais importante norma para atividades com eletricidade, estabelece os requisitos e condições mínimas para a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. Aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis.

Principais Impactos da Nova NR-10:

- Estende a regulamentação às atividades realizadas nas proximidades de instalações elétricas;
- Estabelece diretrizes básicas para implementação das medidas de controle e sistemas preventivos ao risco elétrico;
- Cria o “prontuário das instalações elétricas” de forma a organizar todos os documentos das instalações e registros, entre outras;

EPI – Equipamento de Proteção Individual

A proteção do trabalhador tem sua origem na Constituição Federal que, ao relacionar os direitos dos trabalhadores, incluiu entre eles a proteção de sua saúde e segurança por meio de normas específicas. Mas, coube ao Ministério do Trabalho estabelecer essas regulamentações (Normas Regulamentadoras – NR) por intermédio da Portaria nº 3.214/78. O EPI é todo dispo-

sitivo de uso individual utilizado pelo empregado, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho, conforme Norma Regulamentadora nº.6 (NR 06);

Quanto ao EPI cabe ao empregador:

- Adquirir o EPI adequado ao risco de cada atividade;
- Exigir o uso do EPI;
- Fornecer ao empregado somente EPI aprovados pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho entre outras;

E sobre os Equipamentos de Proteção Individuais:

“Art. 166 – A empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, Equipamento de Proteção Individual adequado ao risco e em perfeito estado de conservação e funcionamento, sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes e danos à saúde dos empregados”.

“Art. 167 – O EPI só poderá ser posto à venda ou utilizado com a indicação do Certificado de Aprovação do Ministério do Trabalho”. “Art. 158 – Constitui ato faltoso do empregado a recusa do uso do EPI.”.

EPC – Equipamentos de Proteção Coletiva: EPC são dispositivos utilizados no ambiente de trabalho com o objetivo de proteger os trabalhadores dos riscos inerentes aos processos. Como ele não depende da vontade do trabalhador para atender suas finalidades, este tem maior importância, já que colabora no processo minimizando os efeitos negativos de um ambiente de trabalho que apresenta diversos riscos ao trabalhador.

Áreas de trabalho da Engenharia Elétrica

O engenheiro eletricitista planeja, supervisiona e executa projetos nas áreas de eletrotécnica, relacionadas à potência da energia. Ele está habilitado a construir e a aplicar sistemas de automação e controle em linhas de produção industrial, no desenvolvimento de componentes eletroeletrônicos, na operação e manutenção de equipamentos em hospitais e clínicas e em projetos de instalações elétricas em indústrias, comércios e residências.

Além das concessionárias de energia, o graduado encontra emprego em empresas de telecomunicações (desde fábricas de celulares até operadoras de sistemas de comunicação), indústrias de equipamentos, automação, fábricas de motores e geradores, consultorias ou em empresas prestadoras de serviços em computação.

Para ser um profissional de engenharia elétrica é necessário ter facilidade de raciocínio em função dos princípios da mecânica e da física, e conhecimentos científicos. A profissão é tida como território masculino, mas as mulheres estão aos poucos desbravando esse campo. “O mercado anseia por mulheres engenheiras. Algumas empresas até optam pela figura feminina”, independentemente de o profissional ser homem ou mulher, para conquistar respeito é preciso mostrar competência.

Detalhes de seu campo de atuação:

Automação: O engenheiro eletricitista pode atuar na área de automação projetando equi-

pamentos eletrônicos destinados à automação das linhas de produção industrial.

Eletrônica: A eletrônica trata da energia elétrica nos micro-aspectos do controle, da automação e das telecomunicações.

Eletrotécnica: Talvez a mais abrangente área de trabalho para o engenheiro eletricista.

Engenharia biomédica: A Engenharia Biomédica é uma área que integra princípios das ciências exatas e ciência da saúde.

O engenheiro eletricista tem um papel fundamental em setores médico-hospitalares, que é a produção e manutenção do equipamento hospitalar o qual tem que estar em perfeito funcionamento para não haver risco de mortes.

A área é bem recente e vem se desenvolvendo rapidamente, hoje em dia o equipamento é tão desenvolvido que permite facilmente cirurgias a distância. Se um aparelho desses não estiver em perfeito estado, um erro milimétrico pode causar um desastre.

Hardware e programação: O engenheiro eletricista tem a habilidade para desenhar componentes e desenvolver sistemas computacionais. **Instrumentação:** Uma área que serve como base a muitas outras. Quando o engenheiro eletricista decide trabalhar nessa área, ele se compromete a projetar e criar instrumentos capazes de realizar medições, registro de dados e atuadores.

Microeletrônica: Consiste na projeção, fabricação e teste de circuitos integrados para sistemas de computação, telecomunicação, entre outros.

Telecomunicações: Na habilitação em telecomunicação o engenheiro deve projetar sistemas que, interligados, transmitem informação para diversos pontos.

Capacitação, Qualificação, Habilitação e Autorização

De acordo com a NR-10, somente profissionais autorizados pela empresa podem adentrar em zona controlada não segregada. Mas quem são os profissionais que podem receber essa autorização? A própria Norma responde: “São considerados autorizados os trabalhadores qualificados ou capacitados e os profissionais habilitados, com anuência formal da empresa.”.

Portanto, somente profissionais capacitados, qualificados ou habilitados podem ser autorizados a entrarem numa zona controlada. De forma resumida, podemos definir os profissionais como “capacitados”, “qualificados” e “habilitados” para que assim possam ser “autorizados” na empresa.

Capacitado: trabalhador envolvido com serviços de eletricidade que não teve uma formação em instituição de ensino oficial, mas que devido aos conhecimentos e habilidades adquiridos no cotidiano laboral pode receber um treinamento formal da empresa onde trabalham, e recebem a denominação de profissional capacitado.

Qualificado: profissional da área que recebeu uma formação teórica e prática numa instituição de ensino oficial, a exemplo de CEFET e SENAI. Ele deve possuir o diploma de conclusão do curso.

Habilitado: é o qualificado que se dirige ao seu Conselho de classe e solicita o registro

profissional. Ao receber a carteira de associado passa a ter habilitação em sua área de atuação. Naturalmente, isso não significa necessariamente que sua experiência é maior que a de um trabalhador capacitado com muitos anos de experiência. Entretanto, este último não pode ser chamado de habilitado.

São os profissionais acima que podem receber autorização para trabalharem no sistema elétrico, especialmente o sistema elétrico de potência. Quaisquer outros se enquadram no seguinte item da norma:

“Os trabalhadores com atividades não relacionadas às instalações elétricas desenvolvidas em zona livre e na vizinhança da zona controlada, conforme define esta NR, devem ser instruídos formalmente com conhecimentos que permitam identificar e avaliar seus possíveis riscos e adotar as precauções cabíveis.”

Nessa definição se encontram os pedreiros, serventes, pintores, zeladores, faxineiros etc. O treinamento a que devem ser submetidos não se restringe a algumas instruções rápidas dadas antes do serviço. Deve realmente ser uma instrução formal, conforme o sentido preciso que o dicionário dá a esta palavra.

Essa instrução formal a que se refere a norma não obrigatoriamente é o curso de NR-10. A própria empresa na qual trabalha o colaborador pode ministrar um treinamento específico. Uma vez finalizado, o trabalhador tem permissão para executar atividades próximas à zona controlada, mas nunca dentro dela.

Responsabilidades

A responsabilidade pela Autorização de Integrantes para a execução de serviços em eletricidade é do profissional imediato devidamente autorizado ou de Profissional Legalmente Habilitado – PLH delegado, como também pela guarda e disponibilização de toda a documentação de autorização que inclui a carteira de liberação, para efeito de auditoria do MTE – Ministério do Trabalho e Emprego pasta de cada Integrante nas áreas.

É também responsabilidade do PLH o atendimento dos projetos elétricos de acordo com as normas técnicas vigentes como também ser o responsável nos processos de desenergização e de organização do prontuário de instalações elétricas.

É considerado profissional legalmente habilitado o trabalhador previamente qualificado e com registro no competente conselho de classe. Este papel pode ser através do profissional engenheiro eletricista.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a leitura dos artigos e trabalhos acadêmicos que remetiam o tema relacionado aos acidentes elétricos, bem como dos meios para se prevenir, concluiu que, em 2015, as empresas do setor elétrico registraram 2.952 acidentes.

Desses, 809 foram fatais. Dos acidentes que levaram pessoas a óbito, 35 foram típicos, que são aqueles acidentes decorrentes da atividade profissional desempenhada pelo acidentado, subdivididos da seguinte forma: 23 aconteceram em empresas distribuidoras de energia

elétrica e 6 em geradoras, transmissoras ou outras companhias, 6 ocorreram no trajeto até o trabalho (todos de trabalhadores de companhias distribuidoras); 230 dos incidentes registrados foram com funcionários de empresas contratadas (sendo 54 em distribuidoras contra 6 em geradoras, transmissoras ou outras); e, por fim, 331 das pessoas que perderam a vida por acidentes na rede elétrica eram da população comum (326 ocasionados por distribuidoras e 5 por geradoras, transmissoras ou outras).

Compreendeu-se ainda, que a área de atuação para este profissional é muito grande. E que incluem empresas de energia elétrica, escritórios de projetos e consultoria, firmas de montagem e manutenção de instalações elétricas e de telecomunicações, indústrias diversas e empresas comerciais de pequeno e grande porte, manutenção de equipamentos e componentes eletroeletrônicos, hospitais, empresas de radiodifusão, informática, entre outras.

Assim sendo, o profissional precisa ter uma boa capacidade de abstração do espaço tridimensional, além de matemática e física. Enfim, lidar com as equações de Maxwell e entendê-las na prática do cotidiano requer traduzir as informações matemáticas e dos campos vetoriais para a realidade física do mundo material.

Por tanto, percebeu-se que no decorrer do curso de engenharia elétrica foram agregados valores acadêmicos, permitindo-lhe uma formação de um profissional apto a receber e a interpretar informações, transformando-as em conhecimentos a serem aplicados de forma rápida e eficaz, considerando aspectos técnicos, éticos e sociais, capacitando a atender as exigências da sociedade e do mercado de trabalho.

As leituras dos trabalhos acadêmicos e dos autores que aqui foram citadas permitiram compreender o quão importante foi ter selecionado eles para que o trabalho ficasse mais rico com as informações que foram num primeiro momento entendidas e posteriormente adequadas contextualizando-as com os subtemas que foram apresentados em todo desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS

ABNT – Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=10146> – Acesso em 12/04/2022.

ABNT – Instalações Elétricas de Média Tensão - Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=1099> – Acesso em 12/04/2022.

ABNT. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão, 2004. 209 p.

ABRACOPEL- Associação Brasileira Contra os Perigos da Eletricidade, “Estatísticas sobre acidentes elétricos”, disponível em: <www.papodema.com.br/2015/02/23/numero-de-acidentes-com-eletricidade-deramum-salto-em-2014/ABRACOPEL- Associação Brasileira Contra os Perigos da Eletricidade>, acessado em 01/04/2022 às 08:05h.

Artigo 166 do Decreto Lei nº 5.452 de 01 de maio de 1943 - Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6514.htm Artigo 167 do Decreto Lei nº 5.452 de 01 de maio de 1943 - Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6514.htm.

BRASIL. Norma Regulamentadora nº 07 (1994) Programa de controle médico de saúde ocupacional. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 dez. 1994 – Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-7-nr-7>

BRASIL. Norma Regulamentadora nº 12: segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília. 2019c. – Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-12-nr-12>

BRITISH STANDARD, BS 8800: 1999 - Guide to Occupational health and safety management systems, tradução de Gilmar C. Trivelato – Fundacentro – CE

COELHO, Roberto. Segurança em Instalações Elétricas, SENAI/RJ, apostila de curso, Rio de Janeiro, 2009.

COTRIM, A. A. M. B. Instalações Elétricas. 5ª. ed. São Paulo: Pearson, v. I, 2012

CREDER, Hélio. Instalações elétricas. Rio de Janeiro: LTC Editora S.A., 2002.

ELETOBRAS – Estatística de Acidentes no Setor de Energia Elétrica Brasileiro – Disponível em: <http://www.ieee.org.br/eswbrasil/2003/Documentos/8%20-%20Panorama%20da%20seguranca.pdf>, Acesso em 01/04/2022, às 10:55h.

FERREIRA, Vitor Lúcio. Eletricidade industrial. Impress Gráfica, 2004.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, mai/jun, 1995.

HAYT, William H. Eletromagnetismo. William H Hayt, John a. Buck; tradução Amilton Soares Júnior; revisão técnica Antônio Pertence Jr. 8ª Edição – São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

IEC. NBR 60479: Efeitos de corrente elétrica no corpo humano. 2016.

KOSOW, Irving I. Máquinas Elétricas e Transformadores. Ed Globo.

LAKATOS. Eva Maria. Fundamentos de metodologia científica 1. Marina de Andrade Marconi, Eva Maria Lakatos. - 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.

LIBÂNEO, José Carlos. Didática. São Paulo: Cortez, 1992.

MAMEDE FILHO, J. MAMEDE, D. R. Proteção de Sistemas elétricos de Potência. 1ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. I, 2014.

MAMEDE FILHO, J. Manual de Equipamentos Elétricos. 4ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. I, 2015.

MEDEIROS; Adelmo. Disponível em: <http://adelmomedeiros.com/categoriasprofissionais.htm> – Acesso em 01/04/2022, às 10:12h.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2004. – Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca>

e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-10-nr-10

Ministério do Trabalho e Emprego. NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015. – Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-18-nr-18>

MORENO, Hilton, Manual de Instalações Elétricas Residenciais, Elektro Pirelli, Vol. 3, São Paulo, 2003.

MTE, Normas Regulamentadoras, <http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>, Acesso em 01/04/2022, às 11:15h.

NR-6/2001: Norma Regulamentadora 6. Equipamento de Proteção Individual – EPI Ministro de Estado do trabalho e Emprego.

PORTAL O SETOR ELÉTRICO - Disponível em: <http://www.osetoelettrico.com.br/web/a-revista/edicoes/168-por-menos-acidentes-de-trabalho.html> – Acesso em 12/04/2022.



Estudo do potencial de crescimento do setor de compra e venda de energia elétrica no Brasil

Felipe Souza Freitas

Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Redentor

Thomás Stevanin Costa

Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Redentor

Rafael Lima de Oliveira

Mestre em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.141.2

RESUMO

O crescimento da demanda de energia elétrica está fortemente atrelado ao desenvolvimento e crescimento econômico do país, e a engessada legislação e regulamentação de compra e venda de energia elétrica demonstrou ser um fator limitante de crescimento aos grandes consumidores, o que trouxe a necessidade de uma transformação no Setor Elétrico Brasileiro nas últimas décadas, com finalidade de modernizar a regulamentar os setor de compra e venda de energia, criando maior competitividade nos preços de energia elétrica para os grandes consumidores. No Brasil, desde a publicação do decreto Nº 5.163 de 30 de julho de 2004, é possível a comercialização de energia elétrica entre concessionários e consumidores no SIN (Sistema Interligado Nacional) de duas formas: no Ambiente de Contratação Regulada (ACR); e no Ambiente de Contratação Livre (ACL), que será o enfoque do presente trabalho. Desta forma, os resultados esperados para este estudo circundam o objetivo principal, que busca estruturar todos os pontos positivos e negativos na transição de mercado, calculando as faixas de potência e consumo que justifiquem financeiramente a transição para o ACL, assim como possíveis impedimentos, ou motivos futuros que possam fazer o consumidor regredir ao Ambiente Regulado. Por fim, vale ressaltar que este estudo também tem por finalidade, ser público, para ser utilizado como fonte de pesquisas e incentivo para futuros projetos e pesquisas no segmento, assim como ajudar grandes consumidores de energia a entender sobre a transição para o ACL, observando e levando para sua realidade as vantagens na sua decisão de transição de mercado.

Palavras-chave: energia elétrica. comercialização de energia. ambiente de contratação livre (ACL).

ABSTRACT

The growth in demand for electricity is strongly linked to the development and economic growth of the country, and the rigid legislation and regulation of the purchase and sale of electricity proved to be a limiting factor for growth for large consumers, which brought the need for a transformation in the Brazilian Electric Sector in recent decades, with the aim of modernizing the regulation of the energy purchase and sale sector, creating greater competitiveness in electricity prices for large consumers. In Brazil, since the publication of Decree nº. 5,163 of July 30, 2004, it is possible to sell electricity between concessionaires and consumers in the National Interconnected System in two ways: in the Regulated Contracting Environment; and in the Free Contracting Environment, which will be the focus of this work. In this way, the expected results for this study surround the main objective, which seeks to structure all the positive and negative points in the market transition, calculating the power and consumption bands that financially justify the transition to the Free Contracting Environment, as well as possible impediments, or future reasons that may make the consumer regress to the Regulated Environment. Finally, it is worth mentioning that this study is also intended to be public, to be used as a source of research and incentive for future projects and research in the segment, as well as helping large energy consumers to understand the transition to the Free Contracting Environment, observing and taking to your reality the advantages in your market transition decision.

Keywords: electric energy. energy commercialization. free contracting environment.

INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda de energia elétrica está fortemente atrelado ao desenvolvimento e crescimento econômico do país, uma vez que a energia elétrica é responsável por movimentar a indústria e o comércio, estando presente na cadeia de produção e distribuição de todo tipo de bens e serviços produzidos no país.

Com o aumento da demanda energética no Brasil, a engessada legislação e regulamentação de compra e venda de energia elétrica demonstrou ser um fator limitante de crescimento aos grandes consumidores, o que trouxe a necessidade de uma transformação no Setor Elétrico Brasileiro nas últimas décadas, com finalidade de modernizar a regulamentação e trazer maior competitividade nos preços de energia elétrica.

No Brasil, desde a publicação do decreto Nº 5.163 de 30 de julho de 2004, é possível a comercialização de energia elétrica entre concessionários e consumidores no SIN (Sistema Interligado Nacional) de duas formas: no Ambiente de Contratação Regulada (ACR); e no Ambiente de Contratação Livre (ACL).

O Ambiente de Contratação Regulada, também chamado de Mercado Cativo, é o mais comum em nosso meio, pois abrange os consumidores residenciais e pequenos consumidores industriais. A energia elétrica é adquirida pelas concessionárias por meio de licitação no modo leilão, e vendida ao consumidor final, sendo caracterizada pelo pagamento de uma tarifa mensal proporcional ao consumo, onde está inserido em seu valor os custos de geração e distribuição de energia. Neste ambiente, o valor pago é variável de acordo com as condições de geração, e bandeiras tarifárias, estas, determinadas pela ANEEL.

O ACL, conhecido também como Mercado Livre de Energia, é o “[...] segmento do mercado no qual se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica, objeto de contratos bilaterais livremente negociados[...]” (BRASIL, 2004).

Neste ambiente de contratação, o consumidor compra e negocia a energia elétrica através de contratos bilaterais diretamente com a empresa geradora, e com a empresa de transmissão que disponibiliza as redes de transmissão e distribuição de energia. Desta forma, tanto o consumidor quanto o fornecedor podem negociar via contrato, melhores condições e valores, bem como detalhes de demanda, volume de energia para cada período, prazos para fornecimento e pagamento, sem estar atrelados a tarifas fixas.

Hoje, é viável e permitido, no ACL, escolher a forma em que vai ser gerada a energia elétrica visando o benefício financeiro, e o mercado se mostra muito promissor, apresentando crescimento nos últimos dois anos de mais de 180%.

Dentro deste cenário, será realizado no presente trabalho, um estudo sobre o Ambiente de Contratação Livre de energia elétrica no Brasil, bem como identificar e descrever os aspectos positivos e negativos da transição do Ambiente Regulado para o Ambiente Livre, e também, analisar o potencial de crescimento deste segmento no país.

Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar o potencial de crescimento do segmento de

compra e venda de energia elétrica no ambiente de contratação livre, bem como demonstrar seus aspectos positivos e negativos da transição do Ambiente Regulado para o Ambiente Livre.

Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- a) Estudar e analisar o mercado de energia elétrica Livre e Regulado.
- b) Comparar e analisar vantagens do uso do mercado livre de energia elétrica.
- c) Entender a legislação vigente sobre o mercado de energia.
- d) Listar a evolução do setor energético do Brasil em meio ao mercado de energia.
- e) Esclarecer etapas e processos para a migração do mercado cativo para o mercado livre de energia elétrica.

Justificativas

Com o crescimento do mercado livre de energia elétrica, e vendo que é fundamental o uso de energia elétrica para quaisquer indústrias ou residência podendo até representar cerca de 40% dos gastos gerais. Vemos hoje o aumento crescente no preço das tarifas energéticas das concessionárias chegando a aumentar cerca de 20% em um curto espaço de tempo.

Diante disto, visto o comércio/mercado de energia elétrica vindo a crescer cerca de 180% nos últimos anos, dando assim espaço e chance para que o cliente final tenha uma mitigação no custo da sua tarifa energética ao longo do tempo.

REVISÃO DA LITERATURA

Este tópico visa dissertar sobre as áreas mais relevantes sobre o tema proposto neste trabalho, a fim de buscar o conhecimento necessário para obter resposta a todos os objetivos específicos e geral mencionados.

Setor Elétrico Brasileiro

Estruturação do sistema interligado nacional

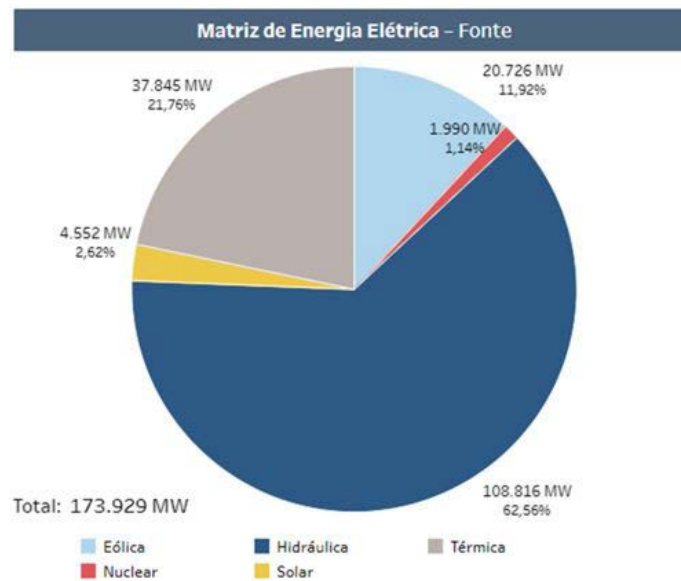
O Sistema Interligado Nacional pode ser definido como a interconexão entre as malhas de transmissão e a interconexão dos sistemas elétricos de todo o país. A capacidade de geração é principalmente abastecida por usinas hidrelétricas. Por sua vez, as usinas térmicas estão localizadas perto dos centros de carga, e são acionadas apenas quando necessárias, desempenhando papel estratégico. Nos últimos anos, as usinas eólicas e solares vêm apresentando forte crescimento, aumentando sua importância na geração elétrica do país. (ONS, 2022)

Matriz energética no Brasil

De acordo com ONS, em seu site oficial, a capacidade instalada da matriz energética no Brasil é de 173, 929 MW de potência, sendo em sua maioria de origem hidráulica. Sua divisão de

acordo com a fonte energética pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 - Matriz de Energia Elétrica



Fonte: ONS (2022)

Regulamentação do setor elétrico no Brasil

Hoje o objetivo das instituições reguladoras do setor energético brasileiro é assegurar, fiscalizar e dar suporte aos consumidores finais sendo de extrema importância para geração, transmissão e distribuição de energia elétrica para os consumidores. Hoje esses órgãos e instituições regem pela operação, comercialização e planejamento para a demanda de energia elétrica brasileira.

Operador nacional do sistema (ONS)

Diante disto a ONS tem por fim procedimentos de rede que tem como base específica requisitos técnicos e está definindo por assim responsabilidades para o sistema interligado nacional.

O planejamento da operação também é concebido pelo ONS, elaborando previsões de até cinco anos para as condições futuras do sistema. Avaliações da efetividade do planejamento frente ao realizado também são feitas, tanto para melhorar o processo, como para alimentar com informações a contabilização e liquidação do sistema de transmissão, feitas pela própria ONS, e do ambiente de mercado, feito pela câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). (SILVA, 2019).

Câmara de comercialização de energia elétrica (CCEE)

Hoje a comercialização de energia elétrica no Brasil, está se tornando um tema cada vez mais conhecido pelos brasileiros. Hoje todas as empresas podem se unir à CCEE aos fins de um ambiente de contratação livre para energia elétrica. Assim podemos classificar tais consumidores como: (SANTOS, 2015).

- a) Concessionárias de serviço públicos de geração.

- b) Produtores independentes.
- c) Autoprodutores de energia elétrica.

O ambiente de contratação regulada (ACR) e o ambiente de contratação livre (ACL) são viabilizados pela CCEE, sendo o primeiro referente a contratação de energia através de leilões para atendimento do mercado consumidor das concessionárias e o último a comercialização livre entre vendedores e compradores. (SILVA, 2019).

A CCEE tem por sua vez dividir em 3 categorias os agentes que vão estar responsáveis pela geração, distribuição e comercialização, eles são:

- a) Agentes geração
- b) Agentes distribuição
- c) Agentes de comercialização

Os agentes de comercialização podemos classificá-los de 5 formas diferentes, que são elas:

Comercializador: o agente comercializador de energia elétrica é aquele que busca comercializar a energia no ambiente de comercialização de energia livre, realizando a compra e posteriormente, revendendo tal energia elétrica para consumidores que buscam comprar uma energia mais barata, ou com melhores condições. Esses comercializadores podem vender essa energia para os agentes distribuidores por meio de leilões. (SANTOS, 2015).

Consumidor especial: O consumidor especial é aquele que possuem unidades consumidoras que tenham como 500 KW ou igual a 500kW. Esses consumidores só podem estar obtendo essa energia de fontes que sejam renováveis, como: eólica, solar, pequenas hidrelétricas. (SANTOS, 2015).

Consumidor Livre: O consumidor livre pode comprar energia de fornecedores, desde que a demanda mínima seja de 3 MW e a tensão de fornecimento seja maior que 69 KV. E não podem comprar de fornecedores cujas unidades foram criadas antes de 07 de julho de 1995. (SANTOS, 2015).

Exportador de energia: O agente que pode exportar energia elétrica em países vizinhos. (SANTOS, 2015).

Importador de energia: o agente importador possui autorização se no caso a importação de energia elétrica seja no Brasil. (SANTOS, 2015).

Mercado brasileiro de energia elétrica

Ambiente de contratação regulada (ACR)

O Ambiente de Contratação Regulado (ACR) pode ser definido de acordo com o decreto Nº 5.163:

I - Ambiente de Contratação Regulada – ACR o segmento do mercado no qual se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica entre agentes vendedores e agentes de distribuição, precedidas de licitação, ressalvados os casos previstos em lei, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos. (Brasil, 2004)

Neste ambiente, os contratos são bilaterais entre distribuidores locais e agentes vendedores de energia, estando incluídos os pequenos consumidores, denominados consumidores cativos, entre eles: consumidores residenciais, comerciais, rurais, e pequenos consumidores industriais.

Estes consumidores, pagam uma tarifa única mensal, incluindo todos os serviços desde a geração até a distribuição, não possuindo possibilidade de negociar preço, uma vez que são atendidos obrigatoriamente pela concessionária na qual estão conectados e estão atrelados às tarifas estabelecidas pela ANEEL. (BRAGA, 2018)

A Figura 2 ilustra o ambiente regulado, onde as Distribuidoras de Energia por meio de leilões adquirem a energia elétrica e repassam aos consumidores finais, onde o preço é determinado pela Agência Nacional de Energia Elétrica. Vale ressaltar, que nesta modalidade, é possível que o consumidor gere sua própria energia através de micro geração distribuída, tendo a compensação do valor na sua fatura de energia.

Figura 2 – ilustração ambiente de contratação regulado



Fonte: 2Wenergia (2021): Disponível em <<https://2wenergia.com.br/ambiente-de-contratacao-livre-e-ambiente-de-contratacao-regulada>>. Acesso em: 01 jun. 2022.

Ambiente de contratação livre (ACL)

O Ambiente de Contratação Livre (ACL) pode ser definido de acordo com o decreto N° 5.163:

II - Ambiente de Contratação Livre - ACL o segmento do mercado no qual se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica, objeto de contratos bilaterais livremente negociados, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos. (Brasil, 2004)

No ACL, os consumidores podem escolher livremente seus fornecedores de energia, e firmar contratos bilaterais negociando melhores condições entre fornecedores e consumidores, sem intervenção ou intermediações do governo. Segundo dados da ABRACEEL, atualmente cerca de 80% da energia consumida pelas indústrias no país é adquirida no ambiente de contratação livre. (ABRACEEL, 2019)

Diferentemente do mercado cativo, no mercado de contratação livre o consumidor assume alguns riscos, que variam de acordo com suas características de consumo, preços variáveis da energia e imprecisão nos valores de consumo do contrato, visto que com um contrato longo, o valor de consumo contratado pode ocorrer variações.

No caso em que o consumidor ultrapasse ou não atinja a quantidade contratada, esta

diferença é tarifada a um preço diferenciado do contrato, denominado Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), sendo definida como uma tarifa semanal de compra e venda a curto prazo. O valor dessa PLD fica sujeito às condições de geração do momento, por exemplo, nível dos reservatórios das hidrelétricas, demanda total do país, entre outros. Tal fato se demonstra como uma das principais desvantagens do ambiente de contratação livre. (DURANTE, 2016)

A figura 3 ilustra o Ambiente de Contratação Livre, com o comercializador em contato direto com o consumidor livre.

Figura 3 – Ilustração Ambiente de Contratação Livre



Fonte: 2Wenergia (2021): Disponível em <<https://2wenergia.com.br/ambiente-de-contratacao-livre-e-ambiente-de-contratacao-regulada>>. Acesso em: 01 jun. 2022.

Tipos de energia

Podem ser firmados os contratos de dois tipos de energia: os do tipo convencional e os do tipo de fontes incentivadas. A energia de fontes convencionais, são oriundas de grandes usinas com potenciais acima de 300MW, e a energia oriunda de fontes incentivadas podem ser provenientes de PCH (Pequena Central Hidrelétrica), eólica, solar ou biomassa. (DURANTE, 2016)

No grupo das fontes incentivadas, existe um incentivo percentual na tarifa de uso do sistema de distribuição, denominada TUSD, no percentual de 50% até 100% de desconto nesta tarifa, podendo ser contratada por consumidores que possuem cargas superiores a 500KW. (DURANTE, 2016)

Principais diferenças entre os ambientes de contratação

As principais diferenças entre os ambientes de contratação livre e regulada, estão na negociação de condições de preço, demanda e prazo, estes direcionados aos consumidores livres. Os consumidores cativos, estão submetidos aos preços estabelecidos pela Aneel.

A figura 4, exemplifica algumas diferenças básicas entre os ambientes de contratação:

Figura 4 – Ambiente Livre X Ambiente Regulado

	 AMBIENTE LIVRE	 AMBIENTE REGULADO
 PARTICIPANTES	Geradoras, comercializadoras, consumidores livres e especiais	Geradoras, distribuidoras e comercializadoras. As comercializadoras podem negociar energia somente nos leilões de energia existente – (Ajuste e A-1)
 CONTRATAÇÃO	Livre negociação entre os compradores e vendedores	Realizada por meio de leilões de energia promovidos pela CCEE, sob delegação da Aneel
 TIPOS DE CONTRATO	Acordo livremente estabelecido entre as partes	Regulado pela Aneel, denominado Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR)
 PREÇO	Acordado entre comprador e vendedor	Estabelecido no leilão

Fonte: 2Wenergia (2021): Disponível em <<https://2wenergia.com.br/ambiente-de-contratacao-livre-e-ambiente-de-contratacao-regulada>>. Acesso em: 01 jun. 2022

Legislação e requisitos de transição para o ambiente livre

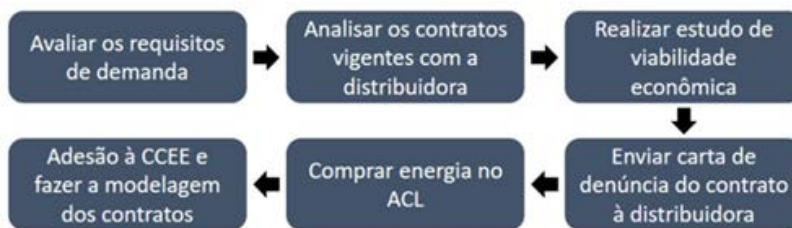
O Mercado de energia sofreu significativa alteração primeiramente em 2018 com a portaria nº 514, de 27 de dezembro de 2018 e posteriormente com a portaria 465/2019. Estas portarias tratam dos requisitos da migração para o ambiente de contratação livre, diminuindo os limites de carga para contratação de energia elétrica por parte dos consumidores, onde em 2019 existia o limite inferior de consumo de 2500KW de potência, e este valor diminuiu gradativamente com o passar dos anos.

Hoje, os consumidores com carga igual ou superior a 1.000kW e qualquer nível de tensão, são considerados consumidores livres, e seguindo o cronograma da portaria 465/2019, a partir de 01/01/2023, os consumidores com carga igual ou superior a 500kW e qualquer nível de tensão também estarão incluídos nesse grupo.

Segundo Oliveira (2018), para migração ao ambiente de contratação livre, não é necessário apenas assinatura de contrato, existem diversas adequações a serem seguidas pelo consumidor, como: adequação técnica dos medidores; abertura de conta bancária em banco específico para apuração das liquidações das diferenças; sistema de comunicação; além do acompanhamento junto a Câmara de Comercialização.

A figura 5 a seguir, demonstra o passo a passo a ser seguido ao optar pelo ACL:

Figura 5 - Etapas para adesão ao ACL



Fonte: ABRACEEL (2020)

De acordo com Campagnani (2021), este processo normalmente possui acompanhamento das empresas de consultoria, por observarem possíveis clientes na transição, oferecendo reduções de gastos e apresentando vantagens na transição, atuando também como representantes destas empresas junto a CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica). Por fim, deve ser realizada a modelagem dos contratos para o agente efetuar as operações no CCEE.

Contrato de comercialização de energia no ambiente livre (CCEAL)

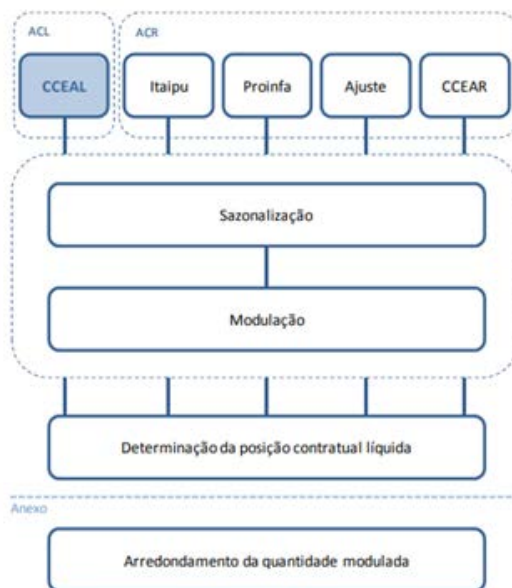
Os contratos celebrados no ACL, são negociados livremente entre consumidor e o fornecedor, elencando condições de preço, entrega do serviço, demanda, entre outras cláusulas pertinentes às partes envolvidas. Este, é denominado Contrato de Comercialização de Energia no Ambiente Livre (CCEAL).

Cabe elencar, que a legislação vigente, exige registro de todos os contratos na CCEE (Câmara De Comercialização De Energia Elétrica), tanto no Ambiente Livre, quanto no Regulado, como disposto no Artº 56 do Decreto nº 5.163/04:

Art. 56. Todos os contratos de compra e venda de energia elétrica firmados pelos agentes, seja no ACR ou no ACL, deverão ser registrados na CCEE, segundo as condições e prazos previstos em procedimento de comercialização específico, sem prejuízo de seu registro, aprovação ou homologação pela ANEEL, nos casos aplicáveis. (BRASIL, 2004)

A fim de ilustrar o procedimento, premissas, e regras de execução do Contrato de Comercialização de Energia no Ambiente Livre, a figura 6 ilustra de forma simples o esquema geral para homologação dos contratos no ACL, onde todas as etapas serão esclarecidas de forma simplificada posteriormente.

Figura 6 – Esquema geral pra contratos no ACL



Fonte: CCEE (2012)

Após a realização do contrato entre as partes, estes devem cumprir alguns requisitos para sua homologação, entre eles, a contabilização do volume de energia contratado precisa estar discriminado por período de comercialização, sendo identificado pelos termos Sazonalização e Modulação.

De acordo com a CCEE (2012), a Sazonalização pode ser definida como a “distribuição do volume anual de energia para os meses do ano”. A figura 7, ilustra esta distribuição do montante de energia contratado ao longo dos meses.

Figura 7 - Representação gráfica da Sazonalização



Fonte: CCEE (2012)

Vale ressaltar, que entregar o perfil da sazonalização no ACL é de responsabilidade das partes envolvidas no contrato, porém, se a entrega da sazonalização não for concluída nos prazos estabelecidos, o contrato é sazonalizado automaticamente pelo Sistema de Contabilização e Liquidação da CCEE, distribuindo de maneira uniforme o montante que ainda não foi inserido e validado pelas partes. A figura 8 ilustra esta sazonalização automática.

Figura 8 – Sazonalização realizada pelo sistema



Fonte: CCEE (2012)

A Modulação, também é determinada e entregue pelas partes, e pode ser definida pela “distribuição do volume mensal de energia por hora ou patamar, ao longo do mês.” A figura 9 representa graficamente um exemplo de modulação da demanda em relação ao horário do dia. (CCEE, 2012).

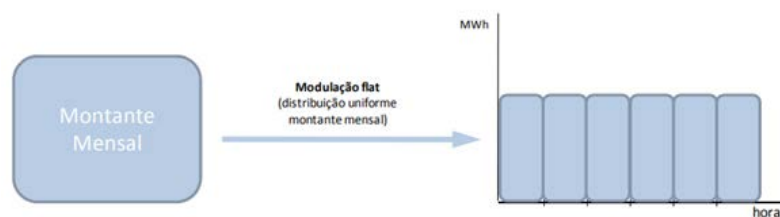
Figura 9 – Representação gráfica da Modulação



Fonte: CCEE (2012)

Assim como a sazonalização, caso a modulação não seja entregue nos prazos estabelecidos, o montante mensal contratado é distribuído de forma homogênea durante o dia, onde a figura 10 representa esta distribuição automática da demanda diária.

Figura 10 – Representação gráfica da Modulação automática ou flat



Fonte: CCEE (2012)

Todos estes processos e informações de consumo são de extrema importância para que possa existir uma previsibilidade próxima da realidade de consumo. Segundo Oliveira (2021), a flexibilidade da demanda horária dos contratos pode ser negociada livremente entre as partes, que normalmente giram em torno de 15%, porém, quanto maior for essa flexibilidade, maiores os custos do contrato, devido aos riscos que o agente assume pela imprevisibilidade da demanda contratada (Oliveira, 2021).

TUST E TUSD

Todos bens e serviços gerados no país são tributáveis e pagamos impostos como, combustíveis, energia, alimentos, saneamento básico, distribuição de água potável, entre outros. Os principais impostos da energia elétrica são a tarifa de uso dos sistemas elétricos de distribuição (TUSD) e a tarifa no uso do sistema de transmissão de energia elétrica (TUST), que são impostos provenientes da utilização das redes de transmissão e distribuição. Cabe ressaltar, que estes impostos são relevantes nas negociações de preço no mercado livre de energia visto que representam alto percentual do valor dos contratos.

Existe hoje, a negociação para retirada e redução de impostos/tributos estaduais sobre os serviços de distribuição e transmissão sobre operações de energia elétrica conforme consta a lei 194/2022. Entre esses encargos, estão englobados o (TUST) Tarifa de uso do sistema de transmissão de energia elétrica e a Tarifa no uso do sistema de distribuição de energia elétrica (TUSD). (JOTA, 2022).

Os consumidores provenientes do ambiente de contratação livre de energia elétrica, ACL, requer obrigatoriamente a utilização e compra de energia elétrica incentivada para redução de custos tarifários. Essa geração vem provenientes de fontes renováveis tais como, PCH, solar, eólica, biomassa, entre outras. Conforme os consumidores utilizam da energia de fonte incentivada, recebem incentivo fiscal, reduzindo ou isentando tarifas como (TUST e TUSD), podendo obter descontos que variam de 50% a 100% destes impostos. (MIRANDA, 2021).

Nos primeiros dois meses da migração do consumidor para o ambiente de comercialização livre de energia, é concedido um desconto máximo dessas tarifas de distribuição (TUSD), e após estes dois meses, é realizado ajuste do valor cobrado, apresentando apenas desconto parcial. (MIRANDA, 2021).

METODOLOGIA

O presente estudo é uma pesquisa científica, desta forma, serão empregados métodos científicos para sua realização, sendo realizado uma revisão bibliográfica, consultando livros, artigos e publicações acadêmicas relevantes sobre o tema.

A metodologia simplificada para determinar e analisar o potencial de crescimento do segmento de compra e venda de energia elétrica no ambiente de contratação livre, bem como demonstrar seus aspectos positivos e negativos da transição do Ambiente Regulado para o Ambiente Livre, baseia-se nas seguintes etapas:

- 1) Estudar e analisar o Ambiente de contratação Livre e Regulado, levando em consideração:
 - a. requisitos necessários para a transição para o ACL;
 - b. estudo sobre legislação vigente;
 - c. vantagens e desvantagens.
- 2) Analisar dados da evolução do mercado de energia elétrica no Brasil para entender a

tendência de mercado na transição para o ACL.

3) Determinar a viabilidade da transição, assim como possíveis impedimentos, ou motivos futuros que possam fazer o consumidor regredir ao Ambiente Regulado.

4) Sugerir melhorias para o crescimento e aprimoramento do Ambiente de Contratação Livre.

RESULTADOS

Através do levantamento de dados e estudos bibliográficos, foi possível sintetizar todas as informações relevantes referente ao Ambiente de Contratação Livre, que serão expostos nesta seção.

Análise da Legislação e Entrada no ACL

Inicialmente, a primeira barreira de entrada no ACL é o requisito de carga instalada, que a partir de 01 de janeiro de 2023 contemplará todos consumidores com carga igual ou superior à 500 KW.

A tabela 1 ilustra a evolução nos requisitos de carga com o passar do tempo, de acordo com as Portarias 514/2018 e 465/2019.

Tabela 1 - Prazos e requisitos para transição ao ACL.

Prazo de implementação	Carga Instalada
01 de julho de 2019	≥ 2.500 KW
01 de janeiro de 2020	≥ 2.000 KW
01 de janeiro de 2021	≥ 1.500 KW
01 de janeiro de 2022	≥ 1.000 KW
01 de janeiro de 2023	≥ 500 KW
01 de janeiro de 2024	< 500 KW

Fonte: Autoria própria, adaptada de Portaria 514/2018 e 465/2019.

A Portaria 465/2019 traz em seu art 1º parágrafo 6º, uma cobrança em favor da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), sobre medidas necessárias para abertura do mercado livre para consumidores com carga inferior a 500KW a partir de 2024.

Esta abertura, seria um marco importante para o setor elétrico brasileiro, visto que passaria a englobar um número de consumidores muito maior que o atual, possibilitando a entrada no mercado livre de pequenas indústrias, centros comerciais, entre outros. Fato este, que pode implicar positivamente nos preços de produtos e serviços, visto a redução de custos com energia elétrica.

Vantagens e desvantagens na migração para o mercado livre

No primeiro momento, é notório através da própria definição do Mercado Live a primeira e principal vantagem desse ambiente de contratação, que é a liberdade que o consumidor possui

de negociar livremente com o fornecedor de energia, analisando e trazendo para sua realidade e necessidade de consumo, as melhores opções de contrato, elencando condições de preço, entrega do serviço, demanda, entre outras cláusulas pertinentes às partes envolvidas, podendo assim reduzir significativamente seus custos com energia elétrica.

Para fins de melhor visualização, podemos elencar as principais vantagens do Ambiente de Contratação Livre nos seguintes tópicos:

- a) Melhores preços – a concorrência entre os agentes vendedores, e a liberdade de negociação dos contratos, fornece melhores preços ao consumidor.
- b) Maior previsibilidade de custos – sua empresa pode contar com orçamento menos volátil em relação à energia elétrica, devido aos critérios de sazonalização e modulação estarem presentes no contrato, diminuindo imprevisto de consumo fora da curva já contratada.
- c) Sustentabilidade – é possível escolher fontes renováveis e limpas de energia no ACL, tornando fator importante às empresas que se preocupam com impacto ambiental.
- d) Gerenciamento da energia elétrica como matéria prima – com o preço já definido em contrato, a inserção dos custos com energia elétrica pode ser dissolvida e distribuída de maneira mais fácil no orçamento do contratante.
- e) Alocação de energia para empresas com mesmo CNPJ – flexibilidade no contrato para alocação de energia excedente.

Todas as vantagens elencadas, tornam o ACL cada dia mais atrativo para os consumidores, onde o mercado nacional de grandes e médios consumidores de energia mostra gradativa migração ao Ambiente Livre.

Pode-se elencar também, alguns pontos negativos, vistos como desvantagem ao consumidor na transição para o Ambiente de Contratação Livre, observado nos seguintes tópicos:

- a) Requisitos técnicos e Regras – o consumidor fica sempre dependente de mão-de-obra técnica e especializada, onde o mercado se mostra escasso nesta área de atuação.
- b) Alto valor de investimento inicial – necessita ter sistema de medição para faturamento, com alto investimento em equipamentos, projeto, ensaios técnicos e mão de obra.
- c) Variação nos preços e transição de contratos – vale ressaltar, que o comprador deve estar sempre atualizado, com estratégias de compra que tragam benefícios financeiro.
- d) Demanda mal calculada/planejada – o planejamento deve conter o mínimo de erros e variações possível na demanda, visto que consumo não contratado pode significar alto preço para o consumidor.

Cabe ressaltar, que apenas a análise de pontos positivos ou negativos não é suficientemente razoável para concluir se a transição para o ACL será sempre viável. Neste caso, sempre será necessário um estudo específico para cada caso, com mecanismos de engenharia econômica, para prever o tempo de retorno do valor inicialmente investido, e analisar os benefícios a médio e longo prazo.

Investimento inicial para implementação do SMF

Para o consumidor aderir ao Ambiente de Contratação Livre, este, deve possuir sistema de medição e faturamento (SMF) compatível, cujo é de sua responsabilidade a compra dos equipamentos e a instalação do mesmo.

De forma a simplificar o entendimento, e o passo a passo, de como se dá o processo de implementação do SMF, podemos elencar os seguintes passos:

- a) Solicitação do Parecer de Localização junto à CCEE;
- b) Elaboração e encaminhamento do projeto ao órgão responsável;
- c) Adequação/implantação do SMF;
- d) Estabelecimento do canal de comunicação dos medidores com a CCEE;
- e) Encaminhamento do Relatório de Comissionamento ao órgão responsável;
- f) Solicitação de cadastramento do Ponto de Medição.

Todo este procedimento, exige mão de obra especializada, envolvendo análises prévias, projeto, execução e custo dos equipamentos, gerando alto custo de inicial. De acordo com Oliveira (2019), através de um levantamento de preços de mercado, pode-se chegar a um valor médio de custos para implementação do SMF, que varia de acordo com o nível de tensão do consumidor, demonstrado na tabela 2.

Tabela 2 - Custo de implementação do SMF

Nível de Tensão	Custo Médio
15 KV	50.000 R\$
34,5 KV	70.000 R\$
69 KV	90.000 R\$
138 KV	250.000 R\$
230 KV	320.000 R\$

Fonte: Adaptada de OLIVEIRA (2019)

Cabe ressaltar, que a ANEEL vem tratando o SMF como um impeditivo da migração do consumidor para o mercado livre de energia devido ao custo de implementação, e vêm constantemente trazendo novas resoluções normativas para tentar baratear estes custos iniciais, como por exemplo a desobrigação do medidor de retaguarda pela resolução normativa 688/2015 e mudanças em critérios técnicos para aceitar maior gama de medidores eletrônicos no SFM.

Todas essas medidas vêm sendo tomadas com o único objetivo de facilitar o acesso do consumidor ao ACL, fato que demonstra interesse do poder público em prosperar esse segmento no país.

Sugestões de melhorias para o mercado livre de energia

Primeiramente, vale elencar que o tamanho do mercado no ACL é crucial para o pleno desenvolvimento e aprimoramento do setor, visto que quanto maior o mercado, maior a quantidade de empresas e consumidores observando de perto os erros, problemas a serem sanados e

propondo melhorias. Com isso, é de extrema importância a abertura definitiva do mercado, para consumidores abaixo de 500KW.

Tal fato, elevaria significativamente o número de consumidores aptos a migrarem para o ACL, aumentando o interesse de empresas de engenharia do ramo, melhorando perspectivas de baixar os custos de implementação inicial devido ao grande aumento da demanda de clientes, e pressionando o poder público a modernizar cada vez mais a legislação vigente.

Com todo o conjunto de informações levantados neste estudo, foi possível observar 3 pontos cruciais de melhorias, sendo elas:

- a) Acesso à informação e regulamentações;
- b) Custo inicial de implementação;
- c) Sugestão de novo estudo incluindo Microgeração

Acesso à informação

A abertura definitiva do mercado é inevitável, e a ANEEL no início do ano de 2021 apresentou um estudo com uma série de itens para regulamentação e aprimoramento para que esta abertura seja possível, apresentando 14 itens para melhorias. Destes 14 itens, 4 são referentes a falta de informação do mercado, o que demonstra ser o ponto crucial de melhoria para o crescimento do engajamento ao ACL.

Devido aos fatos apresentados, é de extrema importância que as futuras resoluções normativas, e ações do poder público, tragam vinculadas a elas: campanha de publicidade, esclarecendo e conscientizando os consumidores a respeito do processo de migração ao ACL; padronização na oferta do serviço pelas empresas do setor, a fim do consumidor leigo poder comparar as ofertas de maneira mais simples e direta; regulamentação contra abusos de empresas do mercado e acesso à informação; e canal de atendimento e comunicação acessível para esclarecimentos.

Custo inicial de implementação

O custo de implementação do Sistema de Medição e Faturamento demonstrou ser fator impeditivo para muitos casos devido alto valor inicial de investimento pelo consumidor, fato que em muitos casos não traria um retorno de investimento a médio e longo prazo e o valor mais barato da energia não compensaria o investimento. Neste caso, apenas a abertura total do mercado e novas regulamentações facilitando e barateando o acesso seria cabível.

Porém, com a inserção de consumidores abaixo de 500KW, este valor inicial pode ser impeditivo pela falta de recursos financeiros do consumidor, visto que englobará pequenos consumidores com poder aquisitivo e de investimento menores.

Neste segundo caso, seria viável incentivos aos bancos para liberação de créditos de financiamento, para facilitar a entrada de consumidores de menor porte. Um fator secundário à entrada das instituições financeiras seria a maior credibilidade e confiança do consumidor no setor, e também, a disseminação da informação pelas instituições bancárias a fim de divulgar a oferta de crédito para implementação do SMF, que aumentaria a visibilidade do setor de maneira

significativa.

Sugestão de novo estudo incluindo Microgeração

Através dos estudos e levantamentos bibliográficos, foi possível identificar com relatos e estudos de caso, que em algumas situações, mesmo a empresa tendo condições de arcar com custos iniciais, os valores da transição e da diferença no preço da energia, não seriam vantajosos financeiramente tratando-os como investimento.

Através desse ponto identificado, uma possível solução poderia estar relacionada a implementação de micro e minigeração distribuída (MMGD) em simultâneo à entrada do consumidor ao Ambiente de Contratação Livre, onde podemos sugerir e incentivar novos estudos agrupando MMGD e Mercado Livre de Energia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atual transformação e modernização do setor elétrico no Brasil traz consigo a abertura gradual do mercado livre de energia, que a partir do próximo ano contemplará consumidores abaixo de 500KW de demanda contratada, que eram limitados a comprar energia elétrica das concessionárias de distribuição passarão a poder optar ao mercado livre, o que englobará um enorme grupo de consumidores, trazendo maior visibilidade para o Ambiente de Contratação Livre.

Este crescimento de consumidores aptos a migrarem ao ambiente livre trará novos desafios ao segmento de compra e venda de energia elétrica e trará consigo a necessidade de aprimoramento e atualizações constante, fato este que culminou na motivação deste estudo.

Este trabalho teve como objetivo analisar o potencial de crescimento do segmento de compra e venda de energia elétrica no ambiente de contratação livre, bem como demonstrar seus aspectos positivos e negativos da transição do Ambiente Regulado para o Ambiente Livre, trazendo sugestões de melhorias, aprimoramentos, e sugestão de novos estudos no segmento de compra e venda de energia.

O consumidor, sempre deverá trazer para a sua realidade de consumo, demanda e capacidade de investimento, a viabilidade na transição do mercado regulado para o mercado livre, visto que há inúmeras variáveis neste cálculo de retorno do investimento, necessitando de consultoria e cálculos de engenharia financeira para determinar se a transição é vantajosa.

Diante do exposto, este estudo trouxe como principais pontos de melhoria e aprimoramento, o acesso à informação: através de campanha de publicidade, esclarecendo e conscientizando os consumidores a respeito do processo de migração ao ACL; a padronização na oferta do serviço pelas empresas do setor, a fim do consumidor leigo poder comparar as ofertas de maneira mais simples e direta; regulamentação contra abusos de empresas do mercado e acesso à informação; e canal de atendimento e comunicação acessível para esclarecimentos.

Posteriormente, foi sugerido para suprir o problema do custo inicial de implementação do SMF, incentivos aos bancos para liberação de créditos de financiamento, para facilitar a entrada de consumidores de menor porte, fator que também daria maior credibilidade e confiança do

consumidor no setor devido à entrada das instituições financeiras.

Por fim, como proposta e sugestão de novos estudos incluindo a implementação de micro e minigeração distribuída (MMGD) em simultâneo à entrada do consumidor ao Ambiente de Contratação Livre.

Conclui-se, portanto, que a abertura total do mercado livre de energia trará benefícios aos consumidores e o Ambiente de Contratação Livre é uma opção real no Brasil, com diversas vantagens na sua aderência, fato que pode impactar diretamente nos custos das empresas e refletir indiretamente nos custos de bens e serviços produzidos no país, demonstrando ser este o caminho para o futuro do mercado de compra e venda de energia.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. BRASIL, 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5163compilado.htm. Acesso em: 24 mar. 2022.

SANTOS, Felipe Marques. Sistema elétrico brasileiro: Histórico, estrutura e análise de investimento no setor. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

BRAGA, Lucas de Almeida. Um estudo sobre o mercado de energia elétrica no Brasil. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Controle e Automação. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2018.

OLIVEIRA, Yasmin Martins de. O mercado livre de energia no Brasil: Aprimoramentos para sua expansão. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção de grau de bacharelado em Ciências Econômicas. Universidade de Brasília. Brasília. 2017.

OLIVEIRA, Danilo Ramos *et al.* Análise da viabilidade de migração de consumidores de energia elétrica para o mercado livre. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção de grau de bacharelado em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Santa Catarina. 2019.

SILVA, Rodrigo Guerreiro *et al.* O setor de energia elétrica no Brasil e sua regulação: sistema brasileiro de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica no Brasil. Comunicação – Mackenzie. 2019. Disponível em: < <https://www.mackenzie.br/noticias/artigo/n/a/i/o-setor-de-energia-eletrica-no-brasil-e-sua-regulacao> > acesso em 05 de junho de 2022

ABRACEEL (Brasil) (Org.). DIFERENÇAS ENTRE CONSUMIDORES LIVRES E CATIVOS. 2017. Disponível em: <<https://abraceel.com.br/mercado-livre/#diferencas-entre-consumidor-livre-e-cativo>>. Acesso em: 01 jun. 2022.

DURANTE, Guilherme. Estudo de migração de consumidor especial para o mercado livre de energia elétrica. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica). UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre, 2016.

OLIVEIRA, Vinícius Almeida de. 2018. Estudo do mercado de energia elétrica no ambiente de contratação livre. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Elétrica, Campina Grande. 2018

CAMPAGNANI, Matheus Carneiro. ANÁLISE DA EXPANSÃO DO MERCADO LIVRE DE ENERGIA NO BRASIL INCLUINDO MERCADO VAREJISTA. 2021. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2021.

LORENZO, Helena Carvalho 2002. O setor elétrico brasileiro: Reavaliando o Passado e discutindo o Futuro. Centro Universitário de Araraquara, São Paulo, 2002

ESFERA ENERGIA BLOG (2021) Conheça as instituições do setor elétrico que regulamentam o Mercado Livre de Energia Disponível em < <https://esferaenergia.com.br/blog/instituicoes-setor-eletrico/>>. Acesso em 05 de junho de 2022

CCEE, Câmara De Comercialização De Energia Elétrica, REGRAS DE COMERCIALIZAÇÃO – CONTRATOS, 2012. Disponível em < <https://www.ccee.org.br/web/guest/mercado/contratos#&gid=1&pid=1>>. Acesso em 05 de novembro de 2022.

Estados estimam perdas bilionárias sem Tust e TUSD e acordo com União não avança, JOTA, 2022. Disponível em: <https://www.jota.info/stf/do-supremo/estados-estimam-perdas-bilionarias-sem-tust-e-tusd-e-rejeitam-acordo-com-a-uniao-28092022>. Acesso em 10/11/2022.

MIRANDA, Carlos. Energia incentivada especial: desconto na TUSD. ECOM Energia. Disponível em: < <https://www.ecomenergia.com.br/blog/energia-incentivada-especial-gera-desconto-na-tusd/#:~:text=Consumidor%20no%20ACL%20e%20a%20energia%20incentivada%20especial&text=Ou%20seja%20reduzem%20Dse%20os,a%20energia%20de%20fonte%20convencional>>. Acesso em: 10/11/2022.

Consumo de energia elétrica do Brasil aumentou 0,9% no primeiro trimestre, aponta CCEE. CCEE, 2022. Disponível em: < <https://www.ccee.org.br/pt/web/guest/-/consumo-de-energia-eletrica-do-brasil-aumentou-0-9-no-primeiro-trimestre-aponta-ccee>>. Acesso em: 10/11/2022.



Projeto executivo de uma edificação unifamiliar contemplando projeto estrutural e projeto de instalações elétricas

Executive project of a single-family building contemplating project structural and design of electrical installations

Brenda Santos Santana

Graduanda em engenharia civil Instituição: Centro Universitário Redentor

Matheus de Paula Moreira

Graduando em engenharia civil Instituição: Centro Universitário Redentor

Gabriel Pereira Gonçalves

Mestre em engenharia civil-UENF Professor da instituição: Centro Universitário Redentor

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.141.3

RESUMO

Com a aceleração do crescimento populacional abriram-se novas oportunidades de investimentos na construção civil, principalmente na área de edificações. Considerando uma capital sub-regional de alta influência na região, o Município de Carangola vem se destacando no setor da construção civil, em vista disso, o objetivo deste trabalho foi a elaboração de um projeto residencial na cidade de Carangola-MG, contemplando também o projeto estrutural e o de instalações elétricas, visando recordar e aplicar diversos conceitos vistos nas disciplinas ao longo do curso de engenharia civil, reforçando assim o processo de ensino e aprendizagem. A edificação projetada é um sobrado unifamiliar com nove cômodos, tendo: dois quartos, dois banheiros, uma sacada, uma cozinha/copa, uma sala, uma área e uma garagem. Para a elaboração dos projetos, foram consultados livros acadêmicos, legislação municipal e as normas vigentes da ABNT, tais como NBR6118, NBR6122, NBR5410, entre outras.

Palavras-chave: sobrado. edificação. projeto estrutural. projeto elétrico. Carangola.

ABSTRACT

With the acceleration of population growth, new opportunities for investment in civil construction have opened up, mainly in the area of buildings. Considering a sub-regional capital of high influence in the region, the Municipality of Carangola has been standing out in the civil construction sector, in view of this, the objective of this work was the elaboration of a residential project in the city of Carangola-MG, also contemplating the structural design and electrical installations, aiming to remember and apply different concepts seen in the disciplines throughout the civil engineering course, thus reinforcing the teaching and learning process. The projected building is a single-family house with nine rooms, comprising: two bedrooms, two bathrooms, a balcony, a kitchen/pantry, a living room, an area and a garage. For the elaboration of the projects, academic books, municipal legislation and current ABNT standards were consulted, such as NBR6118, NBR6122, NBR5410, among others.

Keywords: loft. edification. structural design. electrical project. Carangola.

INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil tem sofrido grandes avanços e mudanças ao longo das últimas décadas. Com a aceleração do crescimento do país se abriram novas oportunidades de investimentos nessa área e o volume de incorporações aumentou consideravelmente. Esse grande aumento teve como resultado o crescimento da área, a geração de empregos e renda direta e indiretamente e a retomada de uma grande competitividade entre as incorporadoras e construtoras do país.

Na construção civil, os projetos são responsáveis pela qualidade dos produtos e na eficiência dos sistemas de produção. Os projetos, principalmente o estrutural, dependem da função da construção e dos fatores econômicos. O projeto estrutural é o desenho e o dimensionamento de todas as estruturas que fazem parte da construção.

O projeto de instalação elétrica é a forma específica de prever e demonstrar todas as características existentes em uma edificação e apresenta detalhes como posições de dutos e condutores, pontos elétricos (iluminação e tomadas), etc.

O objetivo deste trabalho acadêmico é a elaboração de um projeto residencial de um sobrado unifamiliar, contemplando seu projeto estrutural e o projeto de instalação elétrica. Em específico: desenvolver um projeto que garanta o bom desempenho da edificação, que seja funcional, eficiente, seguro, e que para isso, deve-se respeitar as normas vigentes da ABNT e a legislação do local onde será a futura construção desta moradia, podendo esta ser financiada.

O local escolhido foi o município de Carangola, situado no estado de Minas Gerais, na Mesorregião Zona da Mata Mineira. A região de Carangola é composta por municípios com crescimento comercial e industrial, as principais rodovias que servem o município são a BR-482, BR-116, MG-111 e MG-265 (IBGE, 2022). A cidade possui instituições de ensino superior e profissionalizante, hospitais, jornais, revistas, sites de notícias, emissoras de rádio e Tv.

REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico foi abordado para a fundamentação dos objetivos desta pesquisa, contemplando os principais elementos do projeto estrutural em concreto armado e os principais elementos do projeto de instalações elétricas.

Lajes

Botelho e Marchetti (2010) definem as lajes como “estruturas planas e quase sempre retangulares, elas possuem relativamente pequenas espessuras, normalmente variando entre seis a dez centímetros”.

Já para Geirinhas (2010) as lajes podem ser definidas como:

“elementos laminares, normalmente planos, com grandes dimensões em planta e de pequena espessura, sujeitas a ações normais ao seu plano. A sua principal função é receber os carregamentos atuantes no plano, provenientes do uso da construção (pessoas, móveis e equipamentos), e transferi-los para os apoios.”

Existem inúmeros tipos de lajes que variam de acordo com o projeto apresentado, podendo ser maciça, alveolares, nervurada, cogumelo e outras (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2014). Para este trabalho foi levado em conta apenas as lajes maciças.

A laje deve ser projetada de uma maneira a suportar a carga solicitante, podendo ser acidental ou permanente. As cargas acidentais são cargas variáveis e significantes no projeto, como o peso de automóveis e pessoas, já as cargas permanentes são constantes, levando em consideração a parte estrutural da obra que são fixas (ARAÚJO, 2010).

Botelho e Marchetti (2010) afirmam que a laje é como uma malha, por isso, “uma laje, ao sofrer o efeito das cargas, apresentará no seu meio (meio do vão) tração embaixo e compressão em cima (ocorrência de Momento Fletor positivo)”.

Segundo Botelho; Marchetti (2010), na construção das lajes isoladas, estas são concretadas juntamente as vigas, mas para os efeitos de dimensionamento e cálculo, consideram-se

que as lajes estejam apoiadas nas vigas. Essa consideração é utilizada pois as vigas não possuem condições de deformar a laje, assim são desprezados os engastamentos existentes entre elas.

De acordo com a NBR 6118, para lajes maciças devem-se considerar determinados limites mínimos para espessura em centímetros, como mostra a tabela 1.

Tabela 1 - Espessura mínima das lajes maciças

Tipo de laje	Espessura em cm
Cobertura	5
Pisos ou em balanço	7
Passagens de veículos com até 30KN	10
Passagens de veículos maiores que 30KN	12
Protendidas apoiadas em vigas	15
Pisos biapoiadas	42
Piso contínuo	50
Lisas	16
Cogumelos	14

Fonte: Adaptado NBR 6118 (2014)

Vigas

As vigas são um componente da estrutura predial com função de receber as cargas vindas das lajes e distribuí-las aos pilares (GONZAGA, 2019). Borges (2010) detalha as seguintes cargas de atuam sobre a viga: cargas oriundas das lajes apoiadas a essas vigas; cargas de outras vigas que se transferem para esta viga; cargas das paredes apoiadas a estas vigas.

Gonzaga (2019) afirma que há três tipos de vigas: isoladas, contínuas e em balanço.

Segundo Kaestner (2015), as vigas são divididas em três: as isoladas são fundamentadas em dois pontos de apoio, um em cada lado da extremidade, que podem ser simples ou fixos, gerando vigas simplesmente apoiadas, com apoio simples e engaste e bi engastadas; as vigas contínuas são apoiadas em vigas com pelo menos três pilares de sustentação; já as Vigas em balanço é uma construção com um único apoio (fixação) e todas as cargas recebidas são transferidas para um único ponto fixo.

Pilares

Segundo Borges (2010), os pilares são elementos estruturais projetados para suportar cargas de vigas ou de outros pilares em outros pavimentos e transferi-las para a fundação. Além de resistir e transmitir cargas, os pilares também são responsáveis por manter o equilíbrio geral da estrutura. Em uma coluna, a força principal é a compressão. Em hipótese alguma o pilar pode sofrer flambagem - deflexão em sua lateral.

Tagliani (2021) observou que existem três classificações de pilares: cantos com flexo oblíquo; bordas com compressão flexo normal; e compressão simples central.

A NBR 6118 (2014), relata os pilares como elementos retos usados no eixo vertical, em que as forças normais de compressão são relevantes. Borges (2010) afirma que são os pilares

que suportam os pilares dos andares acima.

Para Gonzaga (2019), existem três classificações para os pilares de acordo com sua posição na estrutura: os pilares intermediários, posicionados entre os vãos, esses pilares sofrem com as cargas de compressão; os pilares de extremidades, encontram-se nas bordas da construção apoiando as vigas; e os pilares de canto, localizando-se nas quinas da edificação.

Fundação

Segundo Braga (2009), “as fundações de um edifício são elementos estruturais com a finalidade de transmitir ao terreno as cargas provenientes da estrutura (carregamento próprio e sobrecarga)”.

A NBR 6122 (1996), divide as fundações de acordo com o nível de profundidade alcançado no solo, sendo elas superficiais/diretas ou profundas.

Sapata Isolada

Pereira (2019) descreve a fundação tipo sapata como

“um elemento de fundação rasa ou superficial de concreto armado que geralmente tem a sua base em planta quadrada, retangular ou trapezoidal. As sapatas de fundação são dimensionadas para que as tensões de tração que atuam sobre a fundação sejam resistidas pela armadura e não pelo concreto”.

É a mais comum e simples na construção civil, é feita para resistir a carga de apenas um pilar. Quanto ao seu formato, pode-se variar entre a quadrada, trapezoidal, retangular ou até mesmo a circular (PEREIRA, 2019).

As principais forças que reagem a este tipo de sapata são: força normal (N) e os momentos fletores tanto na horizontal (H) quanto na vertical (M), de acordo com Bastos (2019).

Outro fator de diferenciação é que o limite na sapata retangular, a base não pode ultrapassar 5 vezes a largura, pois neste caso se tornaria a sapata corrida (PEREIRA, 2019).

Instalações elétricas - Distribuição de pontos

No projeto elétrico, a distribuição de pontos é a parte responsável pelos pontos luminosos do imóvel, no caso em que serão incluídas as tomadas, o chuveiro, ar condicionado entre outros.

Carvalho Júnior (2011) diz que as “tomadas são peças que permitem a captação da tensão que alimenta o circuito”. As tomadas de uso geral são aquelas aplicadas para equipamentos que requerem corrente de até 10A, como: geladeira, liquidificador, micro-ondas, ventilador, ferro, som, TV.

Uma tomada de uso geral deve ser utilizada para uma potência limite de 1200W para uma tensão de 220V. Sendo assim, é imprescindível que haja controle no uso de extensões e chaves, pois a soma das potências de cada dispositivo conectado a um TUG não deve exceder a potência máxima para a faixa de tensão (JÚNIOR, 2020).

De acordo com a NBR 5410 (2008), não se tem número limite de tomadas a serem ins-

taladas, sendo assim a opção varia de acordo com o projeto, mas existe um número mínimo a ser aplicado.

As tomadas para uso específico são definidas como qualquer tomada que alimenta equipamentos com corrente nominal superior a 10A. O número TUE é determinado com base no número de equipamentos fixos e estacionárias, como chuveiros, torneiras elétricas, secadora de roupas, máquina de ar condicionado. (JARDIM e PIMENTEL, 2021).

As saídas TUE possuem circuitos separados e um disjuntor para cada, garantindo assim a segurança da instalação (JÚNIOR, 2020).

Iluminação

De acordo com a NBR 5412 (1963) para ajustar o circuito de iluminação, deverá levar em conta a potência da lâmpada, e os fatores de perdas de outros equipamentos utilizados.

Quadros de distribuição

Componente de uma instalação elétrica destinada a alojar um ou mais dispositivos de proteção e/ou corte e a ligação de condutores elétricos interligados com eles, de forma a distribuir energia aos vários circuitos (JÚNIOR, 2020).

Dentro de cada bloco de terminais há dispositivos de proteção que protegem o circuito de possíveis curtos-circuitos e onde normalmente serão usados disjuntores termomagnéticos. O número de quadros terminais dependerá do número de centros de carga, e eles serão instalados em locais de fácil visualização e com possível simetria entre os pontos de carga (JARDIM; PIMENTEL, 2021).

Circuitos

Para Júnior (2020) o circuito pode ser definido como um grupamento entre os dispositivos e os condutores que estão unidos em um mesmo dispositivo de proteção. Na edificação ocorre a separação de circuitos com o foco de favorecer a manutenção e evitar a sobrecarga dos circuitos.

Esta divisão ocorre a partir da segregação dos circuitos de iluminação e as tomadas de uso, para os circuitos TUG restantes deverá ocorrer a somatórias dos potenciais em VA. Os circuitos possuem duas direções: os circuitos de distribuição que partem do medidor e alimentam os quadros; e os circuitos terminais, que transportam a energia para alimentar as tomadas e a iluminação (JARDIM; PIMENTEL, 2021).

Condutores

Os condutores possuem o papel de disseminar a energia para alimentar os quadros, por isso utiliza-se normalmente o Cobre (Cu) pela sua alta capacidade de condução e sua alta oferta no mercado. Já quanto a dimensão dos fios é precisa ter o conhecimento de cada circuito, da sua corrente e do que será plugado naquele cômodo (JÚNIOR, 2020).

Quadros de proteção

Segundo Júnior (2020), os circuitos elétricos devem ser protegidos para evitar estragos em possíveis sobrecargas e curtos-circuitos, por isso são utilizados disjuntores termomagnéticos que possuem a função de abrir e fechar o fornecimento de energia. O disjuntor atua com o aumento da temperatura, assim que isto ocorre ele se desprende e desliga-se, evitando queimar os itens elétricos.

Diagramas Multifilar

O diagrama multifilar é uma ilustração detalhada de uma instalação elétrica, mostrando seus condutores e componentes, este também representa a posição correta de cada fio. Desenhado em eixos tridimensionais, ele detalha suas conexões e componentes, dado a sua complexidade raramente é utilizado para detalhar grandes circuitos, visto que sua interpretação se tornaria confusa (MATTEDE, 2022).

Diagramas Unifilar

O diagrama unifilar é o mais utilizado pelos instaladores em canteiros de obras. É desenhado em eixos bidimensionais em planta baixa, mostrando luminárias e os caminhos dos condutores nas suas posições. O diagrama unifilar é usado, em particular, para verificar rapidamente quantos condutores passarão em certos conduítes e qual caminho dele (MATTEDE, 2022).

METODOLOGIA

Conforme já relatado anteriormente, este trabalho visa elaborar os projetos de engenharia civil de uma edificação, contemplando sua infra e superestrutura e o projeto de instalações elétricas, no Bairro Coroados.

Se tratando de um projeto de engenharia civil de uma edificação a ser situada em Carangola-MG, zona da Mata Mineira, para que uma construção seja regulamentada e executada deve-se seguir a legislação municipal, como o Código de Obras do Município de acordo com a Lei nº 1323/1975, sendo obedecido na sua íntegra e o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, segundo a Lei Municipal nº3621/2006.

Além dos códigos municipais, para a composição do Projeto de Engenharia Civil, foram atendidas as recomendações das normas técnicas da ABNT referentes a confecção do desenho técnico. As representações deste projeto ficaram de acordo com a NBR 6492 (2021) e foram elaboradas através do AutoCad 2019, software que pertence à Autodesk, devidamente concedido.

Para elaboração do Projeto Estrutural em Concreto Armado foram seguidas as recomendações da NBR 6118 (2014) para o dimensionamento dos elementos de concreto (lajes, vigas, pilares e escadas), levando em consideração as regras de cálculo da NBR 6120 (2019) para as ações mínimas a serem consideradas no projeto de estruturas. As fundações foram dimensionadas em função da NBR 6122 (2010). As representações desses projetos foram executadas através do software Eberick 2019, pertencente à Alto Qi.

Os procedimentos usados para a execução do projeto elétrico estão dispostos na NBR

5410 (2008), norma que contém toda recomendação e exigência sobre as instalações elétricas de baixa tensão. A ferramenta utilizada no dimensionamento e confecção do projeto foi o software Cypecad, uma aplicação BIM.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Projeto de engenharia

A edificação projetada foi um sobrado de dois andares contendo no seu primeiro pavimento: uma sala com aproximadamente 16,50 m² com pé direito duplo; uma escada no formato caracol para o segundo andar; e uma garagem.

No segundo pavimento deste sobrado têm-se: uma cozinha/copa com 17,60 m²; um quarto com 6,00 m²; um banheiro com 3,75 m²; uma suíte composta por um quarto com 18,10 m², um banheiro com 3,75 m² e uma sacada com 3,05 m²; e uma área com 11,02m² (ver apêndice A).

O projeto de engenharia civil foi dividido em duas pranchas, este pode ser visualizado na íntegra pelo link apresentado no Apêndice A, ao final deste trabalho.

Projeto Estrutural

Lajes

O sobrado em estudo possui um total de 9 lajes, sendo 2 lajes no térreo, sendo para a garagem e para sala, 3 lajes para o piso 1, para o quarto, cozinha e banheiro, e 4 lajes para a cobertura, além do quarto, cozinha e banheiro incluindo a laje da sala por conta do pé direito duplo, como mostra o apêndice B, Pranchas 2 e 3.

Também é mostrado que todas as lajes possuem armaduras transversais e longitudinais inferiores, sendo que a laje do térreo possui uma superfície de 42,13 m², enquanto a laje do piso 1 apresenta 47,85 m² e a laje de cobertura possui 64,5 m². Os detalhes gráficos dos dimensionamentos são apresentados no Apêndice B.

Vigas

O sobrado em estudo possui um total de 27 vigas, sendo 7 vigas térreo baldrame, 10 vigas piso 1 e 10 vigas de cobertura, como é apresentado no apêndice Pranchas 4, 5 e 6. Foram feitas através do concreto C 25 em geral e os aços de barra e estribos CA-50 e CA-60.

Foi determinado um valor padrão de 15 x 40 cm para a seção da viga térreo baldrame que se mostrou suficientes para a demanda de solicitação requerida. Já nas vigas de piso e de cobertura foram utilizadas seções de 15 x 40 cm e 15 x 50 cm.

Pilares

Em relação aos pilares que nascem em térreo e chegam em cobertura com concreto C25 em geral, cobrimento 2,5 e os aços de barra e estribos CA-50 e CA-60:

Pilar 1- planta térreo a cobertura possui 15 x 25 cm de dimensões.

Pilar 2- planta térreo possui 20 x 25 cm e cobertura possuem 20 x 20 cm de dimensões;

Pilar 3- planta térreo possui 20 x 25 cm e cobertura possuem 15 x 25 cm de dimensões;

Pilar 4- planta térreo, piso 1 e cobertura possui 20 x 30 cm de dimensões;

Pilar 5- planta térreo, piso 1 e cobertura possui 20 x 40 cm de dimensões;

Pilar 6- planta térreo, piso 1 e cobertura possui 15 x 40 cm de dimensões;

Pilar 7- planta térreo, piso 1 e cobertura possui 20 x 25 cm de dimensões;

Pilar 8- planta térreo, piso 1 e cobertura possui 20 x 30 cm de dimensões.

Seu detalhamento foi apresentado no apêndice B.

Fundação

Sua fundação é considerada rasa, sucedendo-se através da sapata isolada, apresenta sapata excêntrica cortando a divisa com vigas de equilíbrio para uma melhor distribuição de cargas. Certas sapadas são mais baixas do que outras, por conta dos cortes de talude. Observa-se sua representação no apêndice Prancha 9.

Projeto elétrico

A distribuição de pontos é a parte responsável pelos pontos luminosos do imóvel, no caso em que serão incluídos as tomadas, o chuveiro, ar condicionado entre outros.

No apêndice Prancha 12 são apresentadas as cargas de acordo com o circuito, tendo também a descrição dos tipos de pontos inseridos.

Lembrando que o primeiro andar do sobrado é composto por uma sala com pé direito duplo, uma escada no formato caracol e uma garagem. Após essa apresentação é possível seguir para o detalhamento do projeto elétrico do pavimento do térreo, como mostra o apêndice Prancha 10, onde é apresentado graficamente a posição das placas do dispositivo, interruptores e TUE's e TUG's.

Já o segundo pavimento tem uma cozinha/copa, um quarto, um banheiro, uma suíte, uma sacada e uma área. Sendo assim no apêndice Prancha 11 é dado pelo detalhamento do projeto elétrico do pavimento superior, onde é apresentado graficamente a posição das placas do dispositivo, interruptores e TUE's e TUG's.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil no Brasil tem sofrido grandes avanços e mudanças ao longo das últimas décadas. Com a aceleração do crescimento do país se abriram novas oportunidades de investimentos nessa área e o volume de incorporações aumentou consideravelmente.

Este trabalho acadêmico buscou elaborar um projeto residencial visando o estudo do projeto estrutural e elétrico. O primeiro andar conteve uma sala com pé direito duplo, uma escada

em formato caracol e uma garagem. Já o segundo pavimento possui uma cozinha, um quarto, um banheiro social, uma suíte com sacada e uma área de serviço.

O projeto estrutural deste trabalho iniciou-se com uma fundação rasa, sucedendo-se através da sapata isolada. Possui 8 pilares que nascem em térreo e chegam em cobertura com concreto C25 em geral, cobrimento 2,5 e os aços de barra e estribos CA-50 e CA-60.

Com um total de 27 vigas, foi determinado um valor padrão de 15 x 40 cm para a seção da viga térreo baldrame que se mostrou suficientes para a demanda de solicitação requerida. Já nas vigas de piso e de cobertura foram utilizadas seções de 15 x 40 cm e 15 x 50 cm.

Possui um total de 9 lajes, sendo 2 lajes no térreo com uma superfície de 42,13 m², 3 lajes para o piso 1 com uma apresentação de 47,85 m² e 4 lajes para a cobertura, possuindo 64,5 m².

Já no projeto elétrico foi detalhado no quadro de demanda a necessidade de 21 TUG's (100 W), 5 TUE's 800 (800 W), um ar condicionado (1080 W), uma máquina de lavar (280 W), 2 chuveiros (5400 W) e 18 lâmpadas de iluminação. Sendo que apenas a iluminação e as tomadas de uso geral são 127V.

Este projeto teve como abordagem todo o conhecimento adquirido pelas disciplinas vistas ao longo do curso, e, foi possível inferir que é de suma importância desenvolver a área de edificações, visto que tem se tornado cada vez mais comum as construções de pequeno e médio porte em cidades pequenas e em crescimento, como é o caso de Carangola-MG.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. M. de. Curso de concreto armado. 4. ed. Rio Grande: Dunas, 2014a. v. 2.

ARIMURA, O. T. Instalações elétricas prediais I. [S. l.], 2020. 17p. São Judas Universidade. Disponível em: https://michelecouto.webnode.com/_files/200000083-9b0eb9d01d/Experi%C3%Aancia_04_Instala%C3%A7%C3%B5es_EI%C3%A9tricas_Prediais_I.pdf. Acesso em: 10 maio 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6492: Documentação técnica para projetos arquitetônicos e urbanísticos - Requisitos. Rio de Janeiro. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro. 2019.

BASTOS, P. S. S. Sapatas de fundação. Bauru: UNESP, 2019. Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto3/Sapatas.pdf>. Acesso em: 3 maio 2022. BORGES, A. N. Curso prático de cálculo

em concreto armado. Rio de Janeiro, 2010.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. Concreto armado eu te amo. 6. ed. aum. São Paulo: Blucher, 2010. 507 p. v. 1. ISBN 978-85-212-0525-8.

BRAGA, V. D. F. Estudo dos tipos de fundações de edifícios de múltiplos pavimentos na região metropolitana de fortaleza. Fortaleza: [s. n.], 2009. 70 p. Disponível em: http://www.deecc.ufc.br/Download/Projeto_de_Graduacao/2009/Estudo%20dos%20Tipos%20de%20Fundacoes%20de%20Edificios%20de%20Multiplos%20Pavimentos%20na%20Regiao%20Metropolitana%20de%20Fortaleza.pdf. Acesso em: 3 maio 2022.

CARANGOLA (Município). Lei nº 1323, de 10 de outubro de 2006. PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO. Carangola, Minas Gerais.

CARANGOLA (Município). Lei nº 3621, de 01 de janeiro de 1975. Código de Obras e Edificações do Município de Carangola: DISPÕE SOBRE AS CONSTRUÇÕES NAS ÁREAS URBANAS DE CARANGOLA, E DA OUTRAS PROVIDÊNCIAS. Carangola, Minas Gerais.

CARVALHO JÚNIOR, R. Instalações Elétricas e o Projeto de Arquitetura. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2011.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado. São Carlos: Ed. Ufscar, 2014.

GEIRINHAS, N. A. R. V. Cálculo automático de estruturas: análise estrutural de lajes através do método dos elementos finitos. 2011. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/559>. Acesso em: 26 abr. 2022.

GONZAGA, H. M. Q. Dimensionamento de vigas de concreto armado em situação de incêndio. Orientador: SILVA, A. A. M. T. 2019. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Uni evangélica, Anápolis, 2019. Disponível em: http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/8657/1/TCC2%202019_1%20Helena%20Maria.pdf. Acesso em: 28 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Dados de Carangola-MG. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/carangola.html>. Acesso em outubro de 2022.

JARDIM, G. C.; PIMENTEL, F. Projeto de adequação da instalação conforme a norma NBR 5410. Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT, Itapeva, 2021. Disponível em: http://www.fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/Zy76ailecqyXjUM_2021-8-30-15-30-6.pdf. Acesso em: 10 maio 2022.

JÚNIOR, J. A. F. C. Projeto de instalações elétricas para o prédio do 2º batalhão da polícia militar do Rio Grande Do Norte. 2020. 28 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/5737/1/Jos%c3%a9AFCJ_MONO.pdf. Acesso em: 10 maio 2022.

KAESTNER, C. L. Dimensionamento De Longarinas Protendidas Com A Consideração Das Etapas Construtivas. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, [S. l.], 2015. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/157101/TCC_Camile_Kaestner.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 10 maio

2022

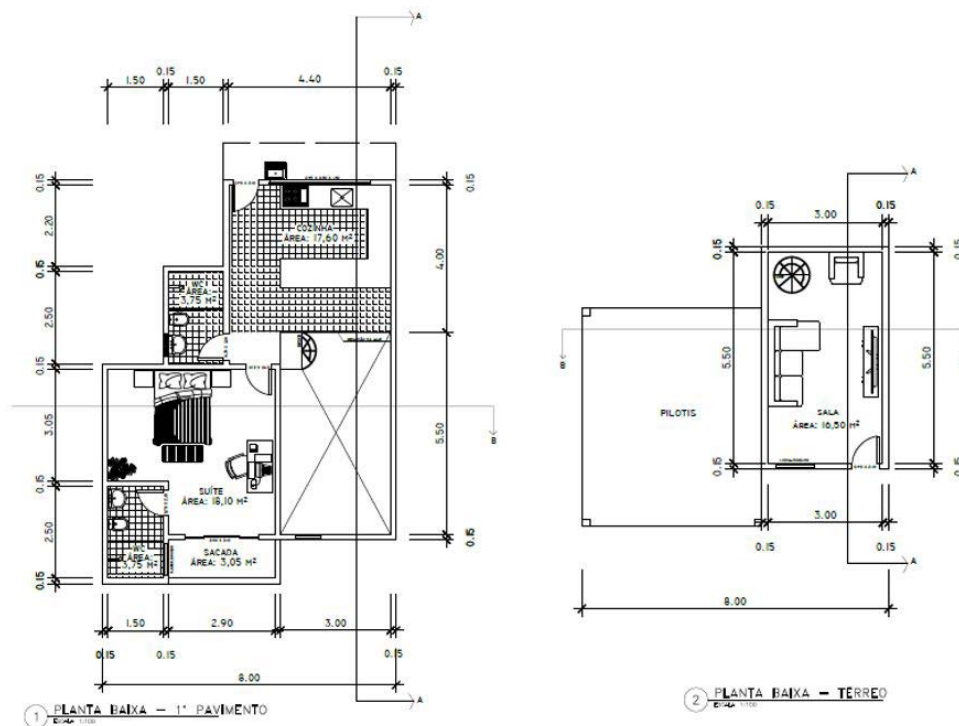
MATTEDE, H. Diagramas elétricos. In: Blog Mundo da Elétrica, 2022. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/diagramas-eletricos/>. Acesso em: 10 maio 2022.

PEREIRA, C. Sapatas de fundação. In: Blog Escola Engenharia, 2019. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/sapatas-de-fundacao/>. Acesso em: 3 maio 2022.

TAGLIANI, S. Pilares de concreto: saiba o que estes elementos significam para a Engenharia e Arquitetura. In: Blog Engenharia 360°. [S. l.], 11 jan. 2021. Disponível em: [https://engenharia360.com/pilares-de-concreto-na-engenharia-e-arquitetura/#:~:text=Pilares%20podem%20ser%20feitos%20de,%2C%20areia%2C%20agregados%20e%20a%C3%A7o](https://engenharia360.com/pilares-de-concreto-na-engenharia-e-arquitetura/#:~:text=Pilares%20podem%20ser%20feitos%20de,%2C%20areia%2C%20agregados%20e%20a%C3%A7o.). Acesso em: 28 abr. 2022.

VASCONCELLOS, J. Rampas em concreto armado (pedestres). In: Blog Catálogo Digital de Detalhamento da Construção, [S. l.], 21 mar. 2017. Disponível em: <https://cddcarqfevale.wordpress.com/2017/03/21/rampas-em-concreto-armado-pedestres/>. Acesso em: 28 abr. 2022

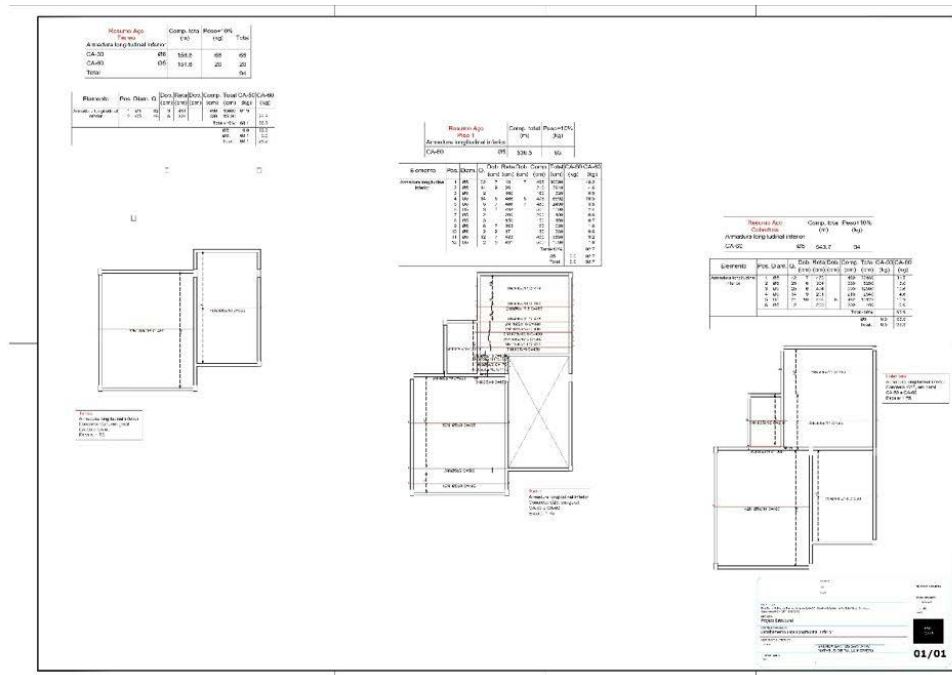
APÊNDICE A



Projeto arquitetônico completo (prancha 1 e 2) disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1D85Usk-_HTNhJTbPPe5YPnX47vYrOWjD?usp=sharing

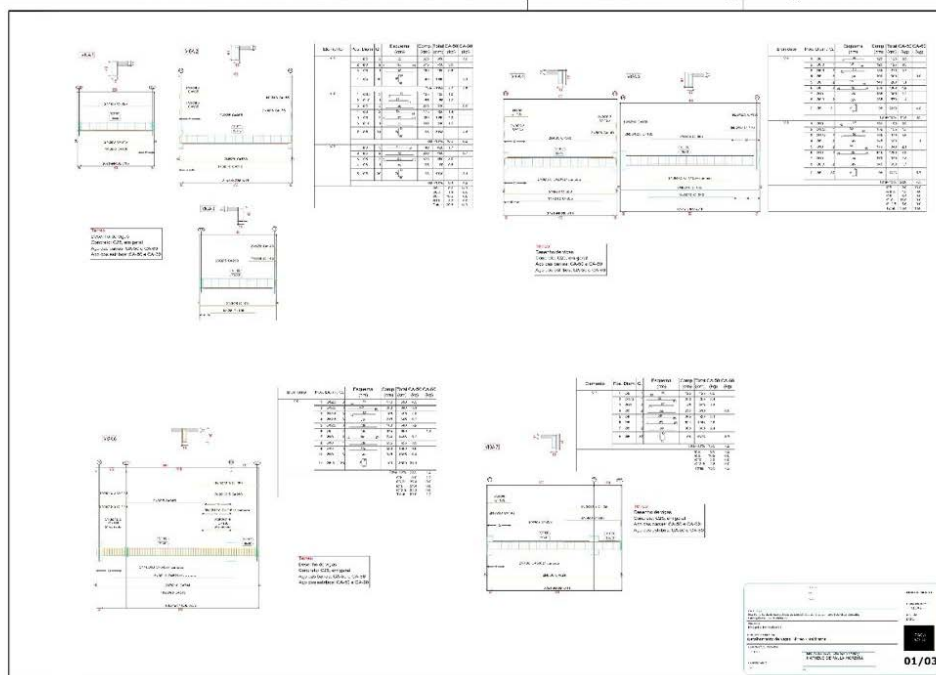
APÊNDICE B

Projeto estrutural – planta de forma



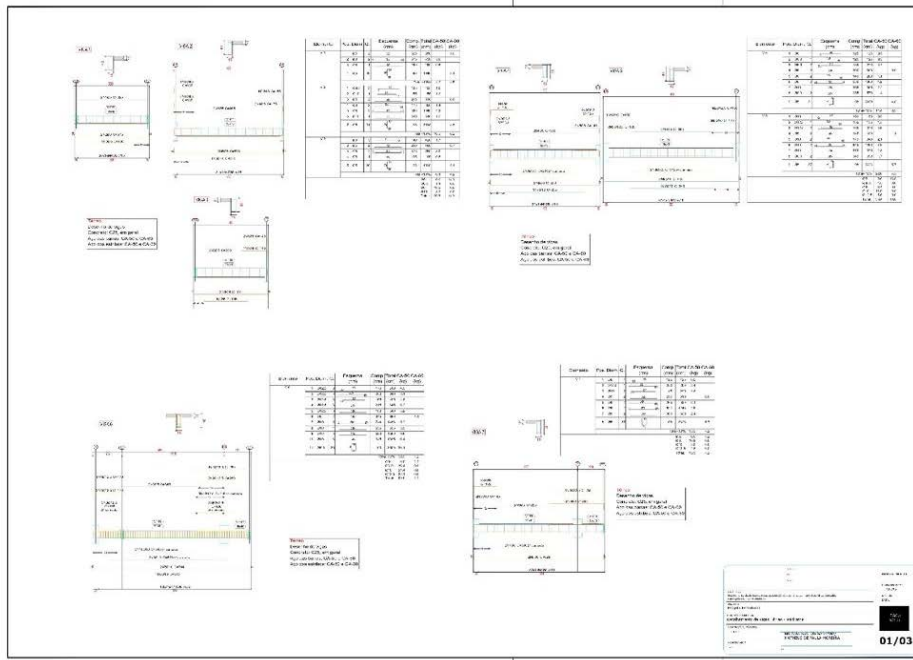
Prancha 1: Prancha de forma disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1cN7TnkXFG6yfBus212x__t-wpJmlaRSM?usp=share_link

Projeto estrutural – detalhamento de laje

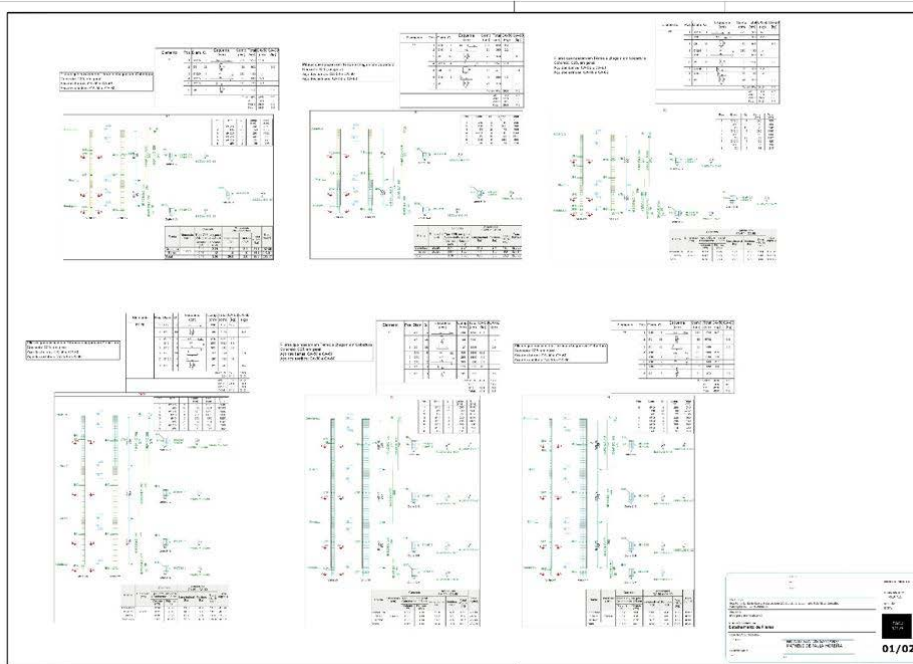


Prancha 2 e 3: Pranchas das lajes disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1Q6cRzzoleWdbsVIUvWUX2BEwwHyNB-HE?usp=share_link

Projeto estrutural – detalhamento de vigas e pilares

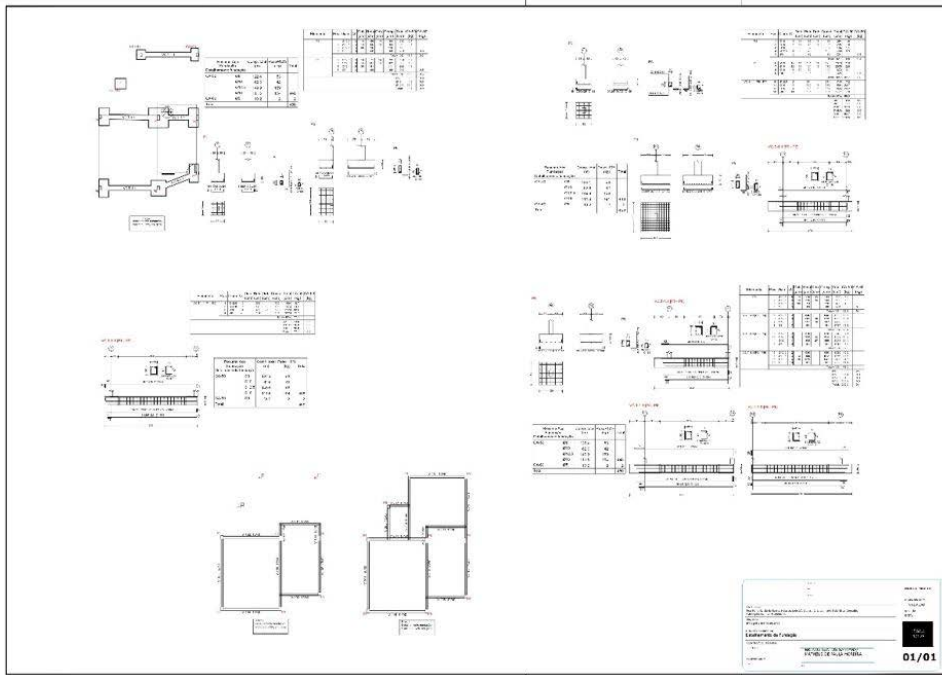


Prancha 4 a 6: Pranchas das vigas disponível em https://drive.google.com/drive/folders/1N0AuGW9FTvJbgBzZkUdneyLTLISckBij?usp=share_link



Prancha 7 e 8: Pranchas dos pilares disponível em https://drive.google.com/drive/folders/1Vhgi_0xg456doAgyOIQ9F8dNaa1Vlo2S?usp=share_

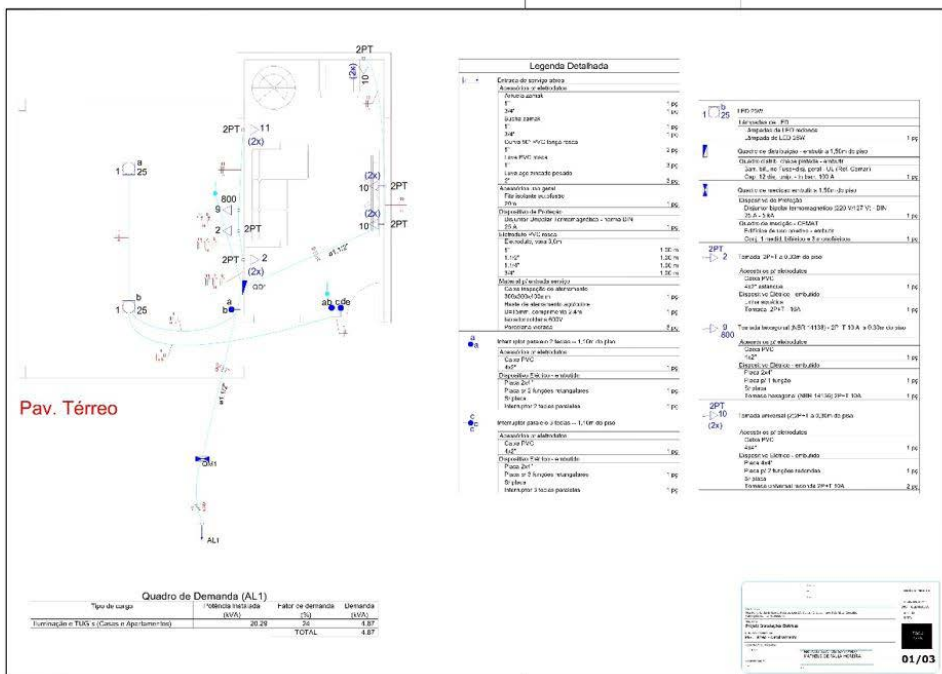
Projeto estrutural – detalhamento da fundação (prancha única)



Prancha 9: Prancha de fundação disponível em https://drive.google.com/drive/folders/1rg9IHoiVsJXG5BA_Rh-ADMr42KXEUW3?usp=share_link

APÊNDICE C

Projeto de instalações elétricas de baixa tensão



Prancha 10 a 12: Pranchas do projeto elétrico disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1ytDselVw6OWAmcjdZf4U5io0fRDWCyR?usp=share_link



Reutilização e gestão de resíduos sólidos

Euler da Silva Bernardes
Gabriel Ferreira da Silva Pascoal
Rômulo Rodrigues Coelho Delfino Souza

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.141.4

RESUMO

Este estudo aborda os principais aspectos sobre a reutilização e gestão dos resíduos sólidos, enfatizando o setor da construção civil, que exerce um papel importante na economia brasileira, em compensação, ele produz um grande volume de resíduos sólidos, na qual esses efluentes regularmente não dispõem de uma adequada gestão, sendo dispostos na maior parte dos casos em locais irregulares, prejudicando o meio ambiente e a saúde pública da população. Outro ponto discutido foi a análise dos resíduos da construção civil, ressaltando a utilização do conceito dos três “Rs” da sustentabilidade (reduzir, reutilizar e reciclar), com o propósito de causar uma significativa redução na geração dos resíduos sólidos, conservando os recursos naturais. Neste estudo utilizou-se uma metodologia de levantamento bibliográfico, em que foram efetuadas coletas de dados, em livros e artigos científicos, na intenção de captar dados referente ao tema. Desse modo, a reciclagem e o reuso dos resíduos sólidos tanto da construção civil, quanto de outros setores, devem ser implementados, pois além de demonstrarem um custo menor em relação aos agregados naturais, reduzem a extração de novas matérias-primas e amenizam a degradação do meio ambiente.

Palavras-chave: resíduos sólidos. reciclagem. reutilização.

ABSTRACT

This research englobes the main aspects of reusing and managing solid waste, mainly in the civil construction area, which plays an important role in the Brazilian economy, but produces a large volume of solid waste during the process. However, in most cases, this debris does not undergo adequate management, and ends up being discarded in irregular places, which harms the environment and the public health. Another topic discussed was the analysis of the solid waste in civil construction, emphasizing the use of the “three Rs” of sustainability (reduce, reuse and recycle), proposing to achieve a significant reduction in solid waste generation, thus protecting the natural resources. This is a bibliographic survey research, in which data collection was carried out in books and scientific articles, gathering more information on the topic. Finally, the recycling and reuse of solid waste should be implemented in the civil construction sector as well as in other areas, because, besides having a lower cost compared to natural aggregates, they reduce the extraction of new raw materials and mitigate the environmental degradation.

Keywords: solid waste. recycling. reuse.

INTRODUÇÃO

A construção civil exerce uma atribuição relevante no Brasil, estando entre os setores que possuem mais importância no âmbito do desenvolvimento econômico e social, por ser um ramo que proporciona evolução e geração de serviço e renda para a população. Por outro lado, em relação ao assunto sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil (RCC) vem se tornando motivo de preocupação e discussão, sendo uma área de excessiva produção de resíduos e por não possuir a existência suficiente de locais de segregação, triagem e de usinas para reciclagem (EVANGELISTA, COSTA e ZANTA, 2010).

Segundo Alves e Quelhas (2004), no mundo todo, o setor da construção civil apresenta um alto índice tanto no consumo de recursos naturais (argamassa, areia, etc), quanto na geração de efluentes, tornando-se um dos principais agentes causadores de impactos ambientais. Em consequência da falta de consciência da população, vários resíduos são deixados em lugares inadequados, podendo ocasionar diversos riscos e impactos socioambientais como, por exemplo, a propagação de doenças, assoreamento de córregos e rios, dando a oportunidade de proporcionar transtornos e prejuízos à cidade e aos cidadãos (MENDES *et al.*, 2004; SANCHEZ, 2013; PASCHOALIN FILHO e DUARTE, 2015).

Uma das essenciais atividades mirando à alteração desse cenário, foi à publicação da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 307 (CONAMA) de 2002, que caracteriza os resíduos em quatro tipos de classes (A, B, C e D) instituindo a utilização do conceito dos três “rs” da sustentabilidade (reduzir, reutilizar e reciclar), na intenção de promover construções sustentáveis para ajudar na correta redução e destinação dos resíduos no meio ambiente. Os efluentes produzidos pela construção civil, precisam passar por etapas de análise e definição, com o objetivo de auxiliar na adequada escolha do procedimento e ferramenta a ser utilizada para o devido processo de reciclagem do material.

Por conta das adversidades encontradas no meio da construção, em relação a quantidade de gerações de RCC, existem algumas soluções capazes de reduzir o efeito que pode ser causado ao ambiente. Com o decorrer dos tempos, as tecnologias foram se avançando e mudando alguns conceitos sobre a reciclagem dos materiais da construção civil, possuindo formas de reutilização total ou parcial dos resíduos produzidos, obtendo uma viabilidade econômica, diminuição nos custos na compra de matéria prima e na extração de nova matéria prima. Assim o RCC deixa de ser um problema e passa a ser uma saída sustentável, para a escassez de alguns materiais extraídos dos recursos naturais (BARBOSA, 2012).

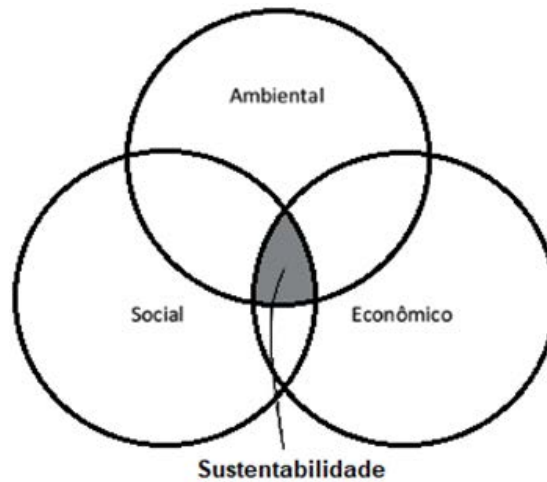
A construção civil e a sustentabilidade

A construção civil vem se destacando expressivamente, por ser um dos setores mais importantes no poder socioeconômico, levando em conta que ela se situa entre os itens de análise da evolução de um país. Contudo, apesar de proporcionar um prosseguimento econômico, ela acaba causando consequências ao meio ambiente, pelo fato da exploração dos recursos naturais, ocasionando sérios problemas e riscos para as cidades.

Registros da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública – ABRELPE, apontam que o Brasil possui (com base nos resíduos coletados) uma estimativa de reprodução de 31 milhões de toneladas de efluentes da construção civil por ano, tanto de criação pública quanto de origem privada; números que variam de 230 a 760 kg por habitante. (ABRELPE, 2010).

Conforme Telles (2022), conceitua-se sustentabilidade em ações e movimentos humanos que visam preencher as demandas dos cidadãos, procurando proteger e preservar o futuro das próximas gerações. Ela está diretamente associada ao desenvolvimento econômico e material sem prejudicar o ecossistema, utilizando os meios naturais de maneira perspicaz para que eles possam ser mantidos no futuro. Os três pilares da sustentabilidade, relacionam-se aos resultados de uma formação medida em métodos sociais, ambientais e econômicos.

Figura 1 – Tripé da sustentabilidade



Fonte: Telles (2022).

De acordo com Telles (2022), algumas ações precisam ser tomadas em relação a sustentabilidade:

- A exploração dos recursos vegetais de florestas e matas devem ser feitas de forma controlada, garantindo o replantio sempre que necessário;
- Incentivo à produção e consumo de alimentos orgânicos, pois estes não agredem a natureza, além de serem benéficos à saúde dos seres humanos;
- Utilização de fontes de energia limpas e renováveis (eólica, geotérmica e hidráulica) para diminuir o consumo de combustíveis fósseis;
- Constituição de atitudes pessoais e empresariais voltadas para a reciclagem de resíduos sólidos; e
- Desenvolvimento da gestão sustentável nas empresas para diminuir o desperdício de matéria-prima e incentivar o progresso de produtos com baixo consumo de energia.

Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos são estabelecidos como: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de ações humanas em sociedade, da qual a destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, assim como gases compreendidos em recipientes e líquidos, cuja as particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, exigindo, para isso, soluções ou técnicas economicamente viáveis em face da melhor tecnologia disponível (de acordo com a Lei nº 12.305/2010).

Quadro 1 – Estado físico dos resíduos sólidos

Estado físico	Resíduos sólidos
Sólido	Domiciliares, lâmpadas fluorescentes, pilhas, pneus, eletroeletrônicos, cavacos, serragem, raspas de couro, poliméricos, cerâmicos, cascas e fibras vegetais, penas e carcaças de animais, papel, celulose, concreto, tijolo e madeira.
Semissólido	Lodos de estações de tratamento de água e de esgoto, lodos provenientes de corte industrial, lodos de lavadores de gases e graxas.
Líquido	Tintas, vernizes e óleos.
Gasoso (contido em recipiente)	Recipientes aerossóis, extintores de incêndio, contidos em geladeiras, aparelhos de ar-condicionado e freezers.

Fonte: Córdoba (2014) apud Schalch (2019).

Observação (tempo para degradação):

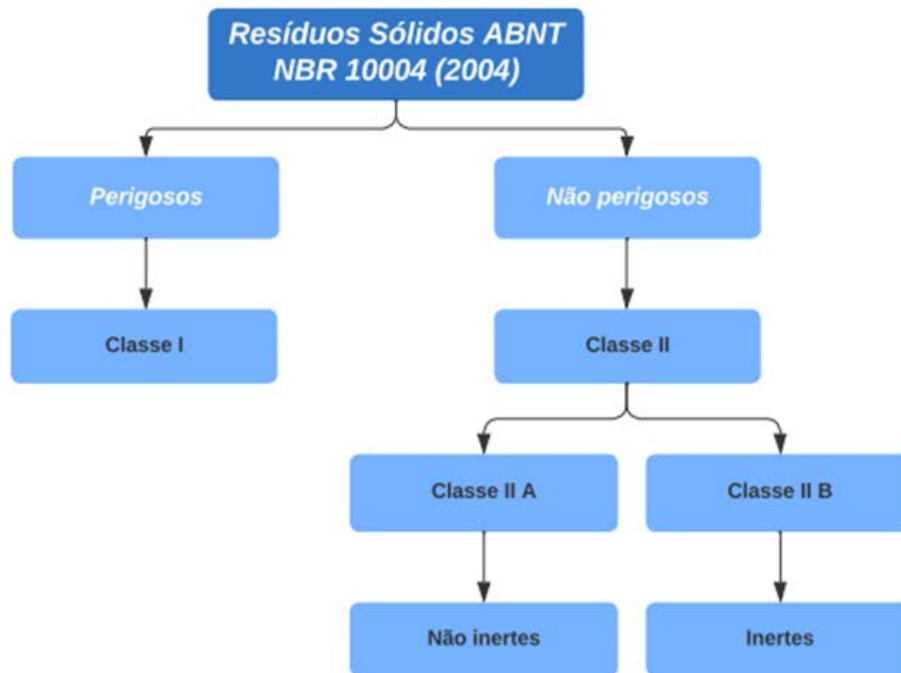
- Vidro – 1 milhão de anos;
- Lata de alumínio – 80 a 100 anos;
- Pneu – tempo indeterminado;
- Aço – de 200 a 100 anos;
- Embalagem PET – mais de 100 anos; e
- Sacos e sacolas plásticas – mais de 450 anos.

Os resíduos podem ser classificados conforme os itens abaixo:

- Quanto à periculosidade

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Normas Brasileiras (NBR) 10004:2004, assimilando a ISO (International Organization for Standardization) 14.001, indicam a especificação dos resíduos sólidos, referente aos riscos que possam afetar o meio ambiente e à saúde pública da população, com a finalidade de proporcionar o seu gerenciamento apropriado. A norma categoriza os resíduos em três grupos: Classe I - perigosos; Classe II A - não perigosos não inertes; Classe II B - não perigosos inertes.

Figura 2 – Resíduos Sólidos



Fonte: ABNT NBR 10004 (2004), adaptado.

Os de classe I, são elementos que contém propriedades físicas, químicas, infectocontagiosas, inflamáveis, corrosivas ou patogênicas, proporcionando riscos as pessoas que manuseiam e entram em contato com este tipo de material. Por exemplo: pilhas, pesticidas, resíduos de saúde infectantes, lâmpadas, óleos e etc. Os de classe II A, são componentes que não possuem substâncias inflamáveis, corrosivas, tóxicas, patogênicas e nem apresentam a possibilidade de sofrer uma reação química. Por exemplo: conteúdo ruminal, bagaço de cana, esterco e etc. Já os de classe II B, não detêm nenhuma das características dos resíduos de classe I, são indiferentes na conexão com a água destilada ou deionizada, a partir do momento que forem expostos à temperatura média dos espaços exteriores. Por exemplo: latas de alumínio, entulho de construção, madeira, vidro e etc (TELLES, 2022).

- Quanto à origem

De acordo com a Lei n. 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos sólidos (PNRS), eles são caracterizados quanto à origem:

- Domiciliares (atividades domésticas);
- De limpeza urbana (originários da limpeza de um logradouro e vias públicas);
- Industriais (processos produtivos);
- Da construção civil (construções, reformas, reparos e demolições);
- De mineração (atividades de pesquisa, extração ou beneficiamento);
- De serviços de saúde (definido de acordo com os regulamentos e normas); e
- Agropastoris (atividades agropecuárias e silviculturais).

REVISÃO DE LITERATURA

Gestão de resíduos sólidos

A Resolução nº 307 do CONAMA, institui métodos e orientações sobre a gestão de resíduos sólidos da construção civil, com a finalidade de promover ações que possibilitam ajudar a amenizar os impactos ambientais. Um dos fatores a serem considerados é a disposição dos resíduos em locais adequados; outro ponto pertinente a ser avaliado, é que os trabalhadores que desempenham as atividades na construção civil, devem se responsabilizar pelos resíduos gerados (CONAMA, 2002).

Para a gestão dos resíduos na construção civil segundo esta resolução, define algumas classes a serem classificadas, conforme o quadro abaixo:

Quadro 2 – Classificação dos resíduos

I – Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados de:				
	construção	demolição	reformas	reparos	
II – Classe B	Resíduos recicláveis para outras destinações, como:				
	plástico	papel	papelão	metais	vidros madeiras
III – Classe C	Resíduos que ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem.				
IV – Classe D	Resíduos perigosos, tais como:				
	tintas	solventes		óleos	

Fonte: Resolução nº 307 do CONAMA (2002).

Os produtores de resíduos sólidos deverão optar pela não geração desses efluentes e pensar em procedimentos que auxiliem em sua reciclagem, reutilização, redução, tratamento e na distribuição adequada dos rejeitos no meio ambiente. Um outro ponto relevante é a implementação das legislações nos Municípios, em consenso com as regulamentações aplicadas pelo Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Neste plano deve apresentar informações referentes ao quadro abaixo:

Quadro 3 – Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil

Parâmetro I	Diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos e grandes geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana;
Parâmetro II	O cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal;
Parâmetro III	Estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e reservação de resíduos e de disposição final de rejeitos;
Parâmetro IV	Proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas;
Parâmetro V	Incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;
Parâmetro VI	Definição de critérios para o cadastramento de transportadores;
Parâmetro VII	Ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;
Parâmetro VIII	Ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

Fonte: Resolução CONAMA nº 307 (2002).

Os Planos de Gerenciamento de Resíduos sólidos (PGRS) da Construção Civil possuem um propósito de designar os procedimentos fundamentais para o manuseio e o destino dos re-

síduos, a fim de que sejam despojados adequadamente ao meio ambiente (CONAMA, 2002). Estes Planos contemplam as seguintes fases:

- Caracterização (identificação e quantificação dos resíduos);
- Triagem (realizada pelo gerador);
- Acondicionamento (certificar o confinamento dos resíduos após a geração);
- Transporte (realizar conforme as etapas anteriores); e
- Destinação (prevista de acordo com a tabela 2).

Os resíduos gerados na construção civil, após completarem os procedimentos mencionados acima, devem ser destinados em concordância com o quadro abaixo:

Quadro 4 – Destinação dos resíduos

I – Classe A	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros;
II – Classe B	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
III – Classe C	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;
IV – Classe D	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Resolução CONAMA nº 307 (2002).

Gestão e gerenciamento de resíduos

As expressões gestão e gerenciamento são regularmente empregadas como sinônimos, mas no momento em que se aborda o assunto sobre resíduos sólidos, tais termos possuem definições diferentes. De acordo com Leite (1997) apud Schalch (2019), a gestão é caracterizada por meio de atividades referentes à tomada de decisões estratégicas e na organização do setor para esse fim, contendo instituições, políticas, instrumentos e meios. Ela possui o objetivo de minimizar a produção de rejeitos (Por exemplo: não geração, redução, reciclagem, reutilização, tratamento adequado dos resíduos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos).

Já o termo gerenciamento, segundo Leite (1997) apud Schalch (2019), engloba elementos referentes aos aspectos tecnológicos e operacionais, dentre eles, estão compreendidos os fatores administrativos, gerenciais, econômicos, ambientais e de desempenho (produtividade e qualidade), relacionando-se com os itens abaixo:

- Prevenção;
- Redução;
- Segregação;
- Reutilização;
- Acondicionamento;
- Coleta;

- Transporte;
- Tratamento;
- Recuperação de energia; e
- Destinação final.

Entretanto, em concordância com a PNRS, o gerenciamento de resíduos sólidos é o agrupamento de práticas exercidas, nas fases de coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final adequada dos resíduos e dos rejeitos no meio ambiente, em conformidade com o plano municipal de gestão integrada ou com o plano de gerenciamento.

Segundo a PNRS, a destinação compreende na reutilização, compostagem, reciclagem, aproveitamento energético e outras medidas adotadas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade agropecuária (SUASA), entre elas a disposição final, com a condição de que respeitadas as normas operacionais, evitem danos à saúde e a segurança pública, reduzindo os impactos ambientais. De acordo com a PNRS, disposição final pode ser especificada por meio da distribuição estruturada dos rejeitos em aterros sanitários, considerando as normas operacionais específicas, esgotando todas as possibilidades de tratamento e recuperação com tecnologias disponíveis e economicamente viáveis (TELLES, 2022).

Legislação

De acordo com o CONAMA, na utilização de suas atribuições que foram concedidas pela Lei nº 6.98, de 31 de agosto de 1981, pelo decreto nº 99.274, de 6 de julho de 1990. Esta Lei discorre sobre impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil (CONAMA, 2002).

No entendimento da Lei, os resíduos da construção civil são resultantes de construções, reparos, demolições, reformas da construção, tais como: argamassa, solos, metais, tintas, metais, tijolos, plásticos etc; geralmente chamados de entulhos de obras, metralha ou caliça (CONAMA, 2002).

Nesta Lei são classificados os resíduos sólidos em classes de A, B, C e D. Cada classe com sua respectiva destinação do reaproveitamento de materiais possíveis e aqueles que não são possíveis, fazendo sua triagem adequada até o local específico de depósito do mesmo (CONAMA, 2002).

No entanto a imposição desta lei no Brasil é frágil, pois pode-se observar que os resíduos são depositados várias vezes em aterros sanitários, que são destinados a lixo domiciliares, com isso a contaminação do solo passa a ser um fator ainda mais preocupante, visto que esses efluentes gerados estão sendo depositados em locais errados.

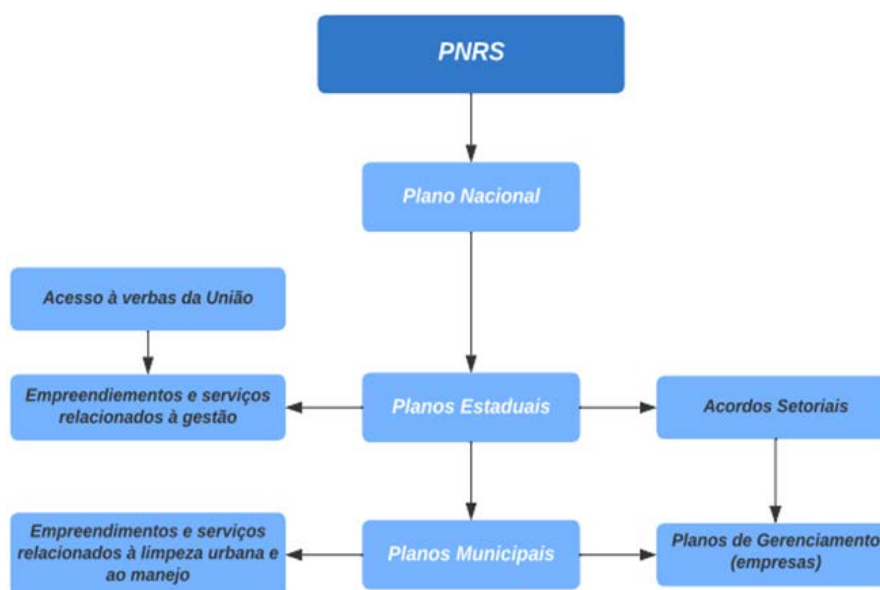
Planos de resíduos sólidos

Esses planos são essenciais e importantíssimos na etapa do gerenciamento de resíduos sólidos. Constituem-se em ferramentas que possibilitam que as metas levantadas pela sociedade e por corporações sejam alcançadas e revisadas de forma contínua. Conforme a Lei n.

12.305/2010 (PNRS), os planos de resíduos sólidos englobam os seguintes pontos:

1. Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS);
2. Planos Estaduais;
3. Planos Microrregionais, de Regiões Metropolitanas ou de Aglomerações Urbanas;
4. Planos Intermunicipais;
5. Planos Municipais de Gestão Integrada e Resíduos Sólidos; e
6. Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

Figura 3 – Hierarquia dos Planos de Resíduos Sólidos de acordo com a PNRS



Fonte: Telles (2022), adaptado.

O poder público deve produzir o plano nacional, os planos estaduais e regionais e os planos municipais de gestão integrada, bem como determinar a relação dos planos de resíduos sólidos com planos de saneamento básico, a respeito da limpeza pública e do manejo de resíduos sólidos urbanos (TELLES, 2022).

Plano Nacional

Compete à coordenação do Ministério do Meio Ambiente, no setor do Comitê Interministerial, estruturar o Plano Nacional de Resíduos Sólidos que abrange os processos de mobilização e participação social.

A União deverá elaborar, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, com vigência por prazo indeterminado e horizonte de 20 (vinte) anos, a ser atualizado a cada 4 (quatro) anos (Brasil, 2010). Em concordância com a Lei nº 12.305/2010, deve-se seguir no mínimo os tópicos abaixo para o PNRS:

- I . Diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos;
- II . Proposição de cenários, incluindo tendências internacionais e macroeconômicas;

III . Metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;

IV . Metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos;

V . Metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;

VI . Programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas;

VII . Normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos da União, para a obtenção de seu aval ou para o acesso a recursos administrados, direta ou indiretamente, por entidade federal, quando destinados a ações e programas de interesse dos resíduos sólidos;

VIII . Medidas para incentivar e viabilizar a gestão regionalizada dos resíduos sólidos;

IX . Diretrizes para o planejamento e demais atividades de gestão de resíduos sólidos das regiões integradas de desenvolvimento instituídas por lei complementar, bem como para as áreas de especial interesse turístico;

X . Normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos;

XI . Meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito nacional, de sua implementação e operacionalização, assegurado o controle social.

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos será elaborado mediante processo de mobilização e participação social, incluindo a realização de audiências e consultas públicas (BRASIL, 2010).

Plano Estadual

As lideranças políticas (Governo) devem desempenhar uma coordenação sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, com isso tornando-se importante os Planos estaduais, tendo com objetivo organizar-se e passar as diretrizes gerais sobre gestão para os municípios que fazem parte do grupo da federação.

Estes estados que elaborarem este Plano Estadual de resíduos sólidos terá acesso aos recursos da União, ou poderá ser contratado por ela mesmo. Desta forma estes recursos serão destinados ao empreendimento ou serviços com ligações a gestão de resíduos sólidos.

O plano estadual de resíduos sólidos deverá ser elaborado com vigor de tempo indeterminado, por todo território do estado, com 20 (vinte) anos de perspectiva e revisão de 4 (quatro) em 4 (quatro) anos. Contudo, existem elementos mínimos para que esta instituição se exerça. De acordo com a Lei nº 12.305/2010, deve-se seguir no mínimo os tópicos abaixo:

I . Diagnóstico, incluída a identificação dos principais fluxos de resíduos no Estado e seus impactos socioeconômicos e ambientais;

II . Proposição de cenários;

- III . Metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;
- IV . Metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos;
- V . Metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- VI . Programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas;
- VII . Normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos do Estado, para a obtenção de seu aval ou para o acesso a recursos administrados, direta ou indiretamente, por entidade estadual, quando destinados a ações e programas de interesse dos resíduos sólidos;
- VIII . Medidas para incentivar e viabilizar a gestão consorciada ou compartilhada dos resíduos sólidos;
- IX . Diretrizes para o planejamento e demais atividades de gestão de resíduos sólidos de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões;
- X . Normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos, respeitadas as disposições estabelecidas em âmbito nacional;
- XI . Previsão, em conformidade com os demais instrumentos de planejamento territorial, especialmente o zoneamento ecológico-econômico e o zoneamento costeiro;
- XII . Meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito estadual, de sua implementação e operacionalização, assegurando o controle social.

Plano Municipal

Depois de ter elaborado as diretrizes da PNRS nos municípios brasileiros, é de extrema importância estabelecer seus planos para a gestão de resíduos sólidos, levando em conta as diversas origens dos resíduos. De acordo com os planos deve-se considerar a ampla variedade de efluentes, como: da construção civil, indústrias, limpeza de rua, etc.

Da mesma forma ao se elaborar o plano municipal de resíduos sólidos terá acesso aos recursos da União, ou por ela controlados e terá seus princípios de conteúdos mínimos para elaboração de seus subitens. De acordo com o plano municipal de resíduos sólidos o tempo será igual do estadual, seguindo as mesmas diretrizes de tempo, contudo cada gerador de resíduos sólidos, será responsável pelo mesmo. Segundo a Lei nº 12.305/2010, deve-se seguir no mínimo os tópicos abaixo:

- I . Diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, contendo a origem, o volume, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final adotada;
- II . Identificação de áreas favoráveis para disposição ambientalmente adequada;

- III . Identificação das possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros Municípios, considerando, nos critérios de economia de escala, a proximidade dos locais estabelecidos e as formas de prevenção dos riscos ambientais;
- IV . Identificação dos resíduos sólidos e dos geradores sujeitos a plano de gerenciamento específico [...] a sistema de logística reversa [...], observadas as disposições desta Lei e de seu regulamento, bem como as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- V . Procedimentos operacionais e especificações mínimas a serem adotados nos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, incluída a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos [...];
- VI . Indicadores de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;
- VII . Regras para o transporte e outras etapas do gerenciamento de resíduos sólidos [...], observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS e demais disposições pertinentes da legislação federal e estadual;
- VIII . Definição das responsabilidades quanto à sua implementação e operacionalização, incluídas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos sólidos [...] a cargo do poder público;
- IX . Programas e ações de capacitação técnica voltados para sua implementação e operacionalização;
- X . Programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos;
- XI . Programas e ações para a participação dos grupos interessados, em especial das cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, se houver;
- XII . Mecanismos para a criação de fontes de negócios, emprego e renda, mediante a valorização dos resíduos sólidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Geração de resíduos sólidos pela construção civil

Na construção civil deve-se realizar diagnósticos dos resíduos sólidos constituídos na edificação, tendo em vista descrever as situações sobre a elaboração do plano nacional de resíduos sólidos, dentro de um cenário estratégico e a longo prazo, dos elementos socioeconômicos e ambientais (FERNANDEZ, 2012).

De acordo com Fernandez (2012), recomenda-se a realização de ações que possam aumentar a sustentabilidade socioeconômica e ambiental, no caso dos resíduos sólidos se faz necessário uma análise que inclua a identificação de cada tipo de resíduo gerado, a sondagem de aspectos legais e técnicos relacionados ao assunto, fornecendo um conjunto de informações

verdadeiras para fins de estudos. Todavia, através da pesquisa e dados obtidos, serão feitos os diagnósticos para o melhor encaminhamento do plano de gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil.

Reciclagem de resíduo sólido da construção civil

O campo da construção civil depara-se com os resíduos sólidos gerados pela movimentação nesse setor, desta maneira é notória a viabilidade de formalizar um meio para esta atividade produtiva e lucrativa com o desenvolvimento sustentável, que consistente da reciclagem desses resíduos. Os materiais (resíduos) processados da construção ou reforma, necessitam ser gerenciados de forma adequada para evitar o seu abandono ou que possa acumular-se em margens de rios, estradas, esquinas, terrenos baldios ou locais inapropriados (FERNANDEZ, 2012).

Com isso, torna-se indiscutível ter mobilizações nas empresas, objetivando o processo da reciclagem dos resíduos sólidos na construção civil, para que sejam destinados em locais propícios, a fim de que no futuro esses materiais separados corretamente possam ser reaproveitados em outros locais.

Aplicabilidade do resíduo sólido reciclado

Segundo Carneiro *et al.* (2001), em várias locais já vem sendo realizado o uso de agregados reciclados da construção civil, como suporte de camadas, sendo eles usados para base e sub-base de pavimentação asfáltica, gerando uma grande vantagem econômica nos quesitos ambientais e sociais. Este meio tem sido uma das principais formas de destinação dos resíduos sólidos da construção civil para pavimentação asfáltica.

Deste modo aqueles agregados que apresentam concreto em si, eles possuem características distintas a dos agregados naturais, que se diferem na quantidade de argamassa utilizada na sua composição, tornando-se muito usado na pavimentação.

Na troca da pavimentação é reutilizado o pó dos agregados de resíduos sólidos, isso significa que ao ser retirado o asfalto, substitui-se os agregados naturais por agregados reciclados do mesmo para ser utilizado em uma nova pavimentação (CARDENAS, 2021).

Esses agregados reciclados são de extrema importância, com o objetivo de serem substituídos por elementos naturais, proporcionando a reutilização de matéria-prima em uma nova construção, tendo um maior reaproveitamento de materiais que seriam desperdiçados no meio ambiente.

Os agregados graúdos que servem para mistura de concretos, são identificados através de sua composição, que incluem: absorção de água, forma, resistência à compressão, distribuição granulométrica, porosidade e tipo de substância presente. Desta forma são feitos testes nos agregados reciclados para que possam ser aproveitados na mistura do concreto.

O método de misturas por concreto usinado, vem ganhando destaque devido a todas as explicações e introduções destacadas anteriormente. Existem várias variáveis que influenciam na propriedade da mistura entre concreto e agregados, sendo elas: durabilidade, tensões, estabilidade e resistência a fadiga.

Para alguns estudiosos, o agregado graúdo misturado com concreto usinado, demonstra

uma boa durabilidade e bons resultados nas características mecânica e volumétrica. Já para outros estudiosos observa-se que suas características são boas, mas sua durabilidade não é eficaz (MOTTER, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria da construção civil possui uma performance relevante na economia nacional. No entanto, sabe-se que este setor é um dos maiores geradores de resíduos sólidos, causando vários impactos ao meio ambiente e problemas de sustentabilidade. Sendo assim, torna-se essencial a conscientização dos cidadãos para que ocorra a disposição adequada destes resíduos, evitando danos à saúde e a degradação ambiental. E vale destacar que os elementos naturais são recursos finitos e esgotáveis, em vista disso algumas medidas precisam ser tomadas, pois no futuro a substituição do processo de reciclagem deixará de ser uma opção e se tornará obrigatório.

Portanto, conclui-se que mesmo sendo difícil a implementação da utilização de materiais recicláveis no ambiente de trabalho, em virtude de ter que realizar um conjunto de técnicas e procedimentos que levam um período até a sua transformação e embora tenha que depender de alguns equipamentos e tecnologias para chegar no determinado produto final, as organizações precisam promover este progresso, pois esta metodologia abrange vários pontos positivos, como a redução da necessidade de extração de novas matérias-primas, proporciona obras sustentáveis e de baixo custo e produz um grande movimento na economia, possibilitando oportunidades de emprego para a população.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2010. Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: < <https://abrelpe.org.br/> >. Acesso em: 20 out. 2022.

Agregados para concreto: o que são e para que servem? Tecnosilbr.com.br, 2022. Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/agregados-para-concreto-o-que-sao-e-para-que-servem/>>. Acesso em: 20 de out. 2022.

ARAÚJO, W. E. L.; SANTOS, G. O.; SILVA, W. C. Resíduos sólidos da construção civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 286 – 301, jul/set. 2017. DOI: 10.19177/rgsa.v6e22017286-301. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/3790/3172>. Acesso em: 12 de out. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. ISO 14001 environmental management systems – requirements with guidance for use. Brasil: ABNT, 2015.

_____. NBR 10004 Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARBOSA, J. Destinação dos resíduos sólidos de construção e demolição do Município de Passo Fundo- RS: Desafios e Perspectivas. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul. 63p.,2012.

BRASIL. Lei nº 12.305, 2 de agosto de 2010: Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: DF, Casa Civil, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 08 de set. 2022.

CARDENAS, J. C. R. Incorporação de pó de agregados reciclados de concreto como fíler em misturas asfálticas. Scielo – Brasil, 2021. Disponível:< <https://www.scielo.br/j/rmat/a/mywWpnRsTCr9W8YXzM6MyYd/>>. Acesso em: 19 de outubro de 2022.

CARNEIRO, A. P. *et al.* Reciclagem de Entulho para a produção de materiais de construção: Projeto Entulho Bom. Salvador: Editora UFBA, 142-186, 2001.

CONAMA. Resolução CONAMA nº 307, 5 de julho de 2002. Disponível em: <LegisWeb: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=98303>>. Acesso em: 05 de ago. 2022.

EVANGELISTA, P. P. A.; COSTA, D. B.; ZANTA, V. M. Alternativa Sustentável para destinação de resíduos classe A: avaliação da reciclagem em canteiros de obras. Ambiente Construído, v.10, n.3, p.23-40, 2010.

FERNANDEZ, J. A. B. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7669/1/RP_Diagn%C3%B3stico2012.pdf>. Acesso em: 05 de out. 2022.

MENDES, T. A.; REZENDE, L. R.; OLIVEIRA, J. C.; GUIMARÃES, R. C.; CAMAPUM DE CARVALHO, J.; VEIGA, R. Parâmetros de uma Pista Experimental Executada com Entulho Reciclado. In: 35º Reunião Anual de Pavimentação, Anais... 2004.

MOTTER, J. S. Propriedades de concretos betuminosos usinados a quente com o uso de agregado graúdo reciclado de concreto / Janaína Setin Motter. – Curitiba, 2013. 260 f.: il.; tab.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; DUARTE, E. B. L. Caracterização e destinação dos resíduos de construção gerados a construção de um edifício comercial localizado na cidade de São Paulo. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v.3, n.2, p.223-246, 2015.

SANCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 584p. 2013.

SCHALCH, W. *et.al.* Resíduos Sólidos. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

TELLES, D. D. Resíduos sólidos: gestão responsável e sustentável. Editora Blucher, 2022. 9786555061055. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555061055/>>. Acesso em: 08 de set. 2022.



Projeto estrutural de plataforma para uma autobomba de concreto: uma simulação

Ricardo Borges de Azeredo

Autor. Formando. Itaocara - RJ,

Rick Vieira Sanches

Autor. Formando. Itaocara - RJ,

Daniel Passos Gallo

Orientador. Professor. Itaperuna – RJ

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.141.5

RESUMO

O presente trabalho tem o intuito de esclarecer e argumentar sobre o conceito de corrosões, bem como evidenciar de forma científicas práticas para estabelecer sua diminuição. Como objetivo geral da presente discussão é estabelecer formas de melhorias de baixo custo, e maior efetividade. Não obstante, como objetivos específicos o presente projeto busca efetuar melhorias nas construções de autobomba, verificar a utilização do aço 410AISI como selecionar materiais mais leves e pinturas mais resistentes. O estudo conta com método de análise bibliográficas, revisão de literatura no modo dedutivo, bem como a rodagem de simulações para efetivar a comprovação da tese. Tendo aferido com resultado final o sucesso na aplicação dos materiais, forjando-os mais resistentes à maresia.

Palavras-chave: inox. aço. 410. 304. corrosão. durabilidade. solda. resistência. MIG. plataforma. concreto. autobomba.

ABSTRACT

The present work aims to clarify and argue about the concept of corrosion, as well as to demonstrate in a scientific way practices to establish its reduction. As a general objective of the present discussion is to establish ways of improvements of low cost, and greater effectiveness. However, as specific objectives the present project seeks to make improvements in auto-pump constructions, to verify the use of 410AISI steel as to select lighter materials and more resistant paints. The study has a method of bibliographic analysis, literature review in deductive mode, as well as the shooting of simulations to carry out the proof of the thesis. Having verified the success in the application of the materials as a final result, forging them more resistant to the sea air.

Keywords: stainless steel. steel. 410. 304. corrosion. durability. welding. resistance. MIG. platform. concrete. autopump.

INTRODUÇÃO

São extremamente comuns as empresas sofrem danos financeiros com os desgastes dos maquinários, seja por reposição de peças, ou por desgaste a parte operação, até mesmo por danos causados por fatores fortuitos ou de força maior. A corrosão do material que compõem o maquinário é um dos fatores que geram muitos gastos as empresas, o fenômeno da corrosão pode ser gerado por diversos fatores, cabendo assim a própria responsável pelo desenvolvimento das atividades na máquina se atentarem. Como ponto de partida para elucidação do tema é necessário se conceituar a corrosão. A corrosão pode ser definida como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação física, química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos. Sendo a corrosão, em geral, um processo espontâneo, está constantemente transformando os materiais metálicos de modo que a durabilidade e desempenho dos mesmos deixam de satisfazer os fins a que se destinam (SILVA, SALGADO, 2011).

Os problemas de destruição de materiais metálicos são frequentes e de certa relevância nas mais variadas atividades, a corrosão trata-se de um fenômeno de enorme proporção, além

dos altos custos gerados pela manutenção e substituição de materiais, gera também riscos potenciais à segurança das pessoas. Portanto são necessários constantes estudos para aperfeiçoar e reduzir os custos das técnicas de controle da corrosão. Estudos globais têm mostrado que o total de gastos com problemas relacionados à degradação de materiais chega a 5% do Produto Nacional Bruto, e que destes, cerca de 20 a 25% dos custos poderiam ser evitados se fossem usadas as tecnologias de controle apropriadas (YUANTAI, 2010).

De acordo com os dados disponibilizados pela Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO), estima-se que a corrosão seja estritamente responsável por um prejuízo de cerca de 3% do PIB anual, reduzindo a valores numéricos são aproximadamente R\$ 280 bilhões de reais. Ainda de acordo com ABRACO, as medidas de proteção contra corrosão fossem aplicadas de forma preventiva, a economia chegaria à casa de pelo menos R\$ 112 bilhões de reais (VIEIRA, 2020).

O presente trabalho tem como objetivo a elaboração de um projeto estrutural de plataforma para uma auto bomba de concreto, com utilização de aços com menor incidência de corrosão. Insta demonstrar o menor custo com manutenção e maior agilidade de construção das plataformas, para que tenham menor tempo parado para manutenção de controle de corrosão. Ponderando e levando em extrema relevância as condições climáticas da serra e do litoral do estado do Rio de Janeiro, identificando os principais parâmetros que podem afetar a degradação dos materiais. Para isto será utilizado o AISI 410, que é um exímio representante dos aços inoxidáveis martensíticos, uma vez que apresenta um teor médio de carbono conferindo-lhe uma boa combinação entre a resistência à corrosão e propriedades mecânicas (TOTTEN, 200). Este material foi selecionado para construção de partes da plataforma proposta nesse projeto, pois se acredita que ele possa diminuir o tempo de parada dos equipamentos para tratamento contra a corrosão. Junto dele foi escolhido o aço AISI 304 na parte onde necessitava de tubos quadrados (suporte do tanque hidráulico) e tubos (corrimão).

Nesse viés, o presente artigo científico usa como pilar de sustentação a melhoria de uma plataforma de auto bomba de concreto, visando à redução do tempo de construção, redução de custos de fabricação com melhores materiais, no intuito de prolongar a vida útil da plataforma. Almejando ainda, a melhor disposição dos materiais, e movimentação na parte superior da plataforma com maior segurança. Ponderando que foi utilizado como base a plataforma dispostas nos caminhões empresa Concrelagos, os quais, por inúmeras vezes necessitam programar na sua frota novos caminhões, já que está em constante expansão de suas atividades econômicas e laborais. Deve-se ponderar ainda, que as a empresa sofre com a exposição de seus equipamentos a maresia que acelera o desgaste dos materiais.

METODOLOGIA

Revisão bibliográfica

Aço inoxidável AISI 304

O aço AISI 304 é um aço inoxidável austenítico, menos condutor térmico e elétrico que o aço carbono. Por ser um dos aços inox mais comuns, sua composição o torna atrativo devido ao custo menor quando comparado aos outros. Por tamanha popularidade é possível encontrar

diversos tipos de perfis com essa composição de aço inox, como tubos, tubos quadrados, perfil T, perfil cartola e entre outros.

Sendo um material com vasta aplicação, sua palpável diversidade torna-se possível deparar com elementos confeccionados em aço inoxidável tanto no trabalho, quanto em casa e nas indústrias. Nas indústrias é recomendado trabalhar com temperatura ambiente, e águas que apresentam no máximo 200 PPM de cloreto (partes por milhão de cloreto). O aço inoxidável 304 apresenta a maior versatilidade em aplicações. Devido a sua resistência à corrosão, excelente soldabilidade, características mecânicas e serventia de conformação (CARBÓ, 2008).

Na indústria tal material está aplicado em tubos, tanques, trocador de calor, ferramentais para atividade necessária, principalmente na área alimentícia. Sendo a área diversificada, como as repartições de laticínios, cerveja, carnes, alimentos pré-cozidos, dentre outros. Mas essas aplicações não se restringem dentro das indústrias, no transporte de laticínios e alimentos exemplificando, são usados materiais em inox por todo o processo, inclusive no transporte. Sendo tanques ou câmaras frigoríficas fabricadas em inox (CARBÓ, 2008).

Aço inoxidável AISI 410

Segundo Carbó (2013), o aço inoxidável 410 apresenta quantidade permissível de carbono sendo de 0,15%. Tendo a martensita que é uma fase rica em carbono. Segundo John e Kotecki (2013) os aços AISI 410 recebem esta classificação por conter uma quantidade de cromo em sua composição de aproximadamente 12%, capaz de garantir a resistência à corrosão.

Ao modificarmos o teor de carbono presente na composição do aço AISI 410, alteramos sua dureza. Tal teor pode atingir máximo de 0,15% de carbono, mas o aumento de dureza não é tão significativo quando o aumento da resistência à abrasão, pois com aumento do teor de carbono ocorre a formação de carbonetos primários (GALEAZZI, 2016)

Método de União de Metais

Segundo MACHADO, 2016 é um processo de união localizada de metais ou não metais, utilizando fusão ou não das peças. É importante diferenciar solda de soldagem. Solda é a área onde houve a solubilização, a soldagem é o processo pelo qual se consegue fazer a união.

Estima-se que hoje em dia estão sendo utilizados mais de 70 processos de soldagem mundialmente, sendo este um número dinâmico, pois vários outros processos estão em desenvolvimento em nível de pesquisa e projetando para breves novas alterações no mercado de soldagem. Isto implica em grandes controvérsias na classificação dos processos, não havendo uma classificação universalmente aceita para os mesmos (CORRÊA, 2017)

Processo de soldagem MIG

Segundo DUTRA, 2008, a soldagem a arco gás-metal é um processo de soldagem a arco que produz a união dos metais pelo seu aquecimento com um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico contínuo. A proteção do arco e poça de fusão é obtida por um gás ou mistura de gases. Se este gás é inerte (Ar/He), o processo é também chamado MIG (Metal InertGas).

Gases inertes puros são, em geral, usados na soldagem de metais e ligas não ferrosas, misturas de gases inertes com pequenas quantidades de gases ativos são usadas, em geral, com aços ligados, enquanto que misturas mais ricas em gases ativos ou CO₂ puro são usadas na soldagem de aços carbono. (MOREIRA, 2008).

O equipamento básico para a soldagem GMAW consiste de fonte de energia, tocha de soldagem, fonte de gás e alimentador de arame. A fonte de energia tem, em geral, uma saída de tensão constante, regulável entre 15 e 50 V, que é usada em conjunto com um alimentador de arame de velocidade regulável entre cerca de 1 e 18 m/min. Este sistema ajusta automaticamente o comprimento do arco através de variações da corrente, sendo mais simples do que sistemas alternativos. (NANCY, 2011).

Corrosão

Definida como degeneração de um metal ou liga, inicialmente pela superfície no qual o material é presente. Tal processo envolve reação de oxidação e diminuição que transformam o material em óxido, hidróxido ou sal (SILVA *et al.*, 2015).

Presente nos metais aplicados em diversas áreas, principalmente meios em que as condições de aplicação do material são severas. A corrosão gera a deterioração do bem em questão devido à integração físico-química entre o material e o meio corrosivo, onde grandes problemas são gerados afetando atividades diversas no qual o material está designado (FRAUCHES-SANTOS *et al.*, 2014).

Análise pelo método de elementos finitos (MEF)

Mantendo as propriedades do meio original, o Método de Elementos Finitos é análise matemática consistente na discretização do meio contínuo em elementos menores. Tais elementos podem ser descritos através de equações diferenciais e sua resolução por modelos matemáticos, com intuito de obter os resultados esperados (LOTTI, 2006).

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

O aço inox é composto de ferro, carbono e ao menos 10,5% de cromo. Apresentando vantagens comparadas a outros materiais, tal aço é encontrado em diversas especificações no mercado, tendo suas composições percentagens variáveis, assim alterando o tipo de aço.

Para este projeto foi selecionado o AÇO INOX AISI 410 para confecção das plataformas para bombas de concreto devido às suas propriedades, aplicações e preço. As suas propriedades são: 0,15 C - 1,00 Mn - 0,04 P - 0,03 S - 1,00 Si - 13,50 Cr - 0,75 Ni e possuem como aplicações bombas, peças de válvulas, eixos, torres de fracionamento de petróleo e pista de rolamento. Foi selecionado também o AÇO INOX AISI 304 para compra dos perfis utilizados no projeto devido a facilidade encontrar perfis na medida necessária neste tipo de aço.

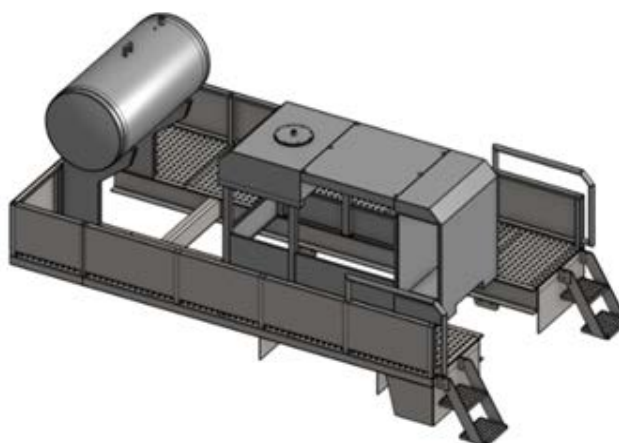
Projeto Desenho

Após a escolha do material, foi iniciada a fase de desenho usando informações no manual do implementador contidas no catálogo da fabricante do caminhão com intuito de coletar medidas necessárias para executar os desenhos nas dimensões padrões aceitos pelo Inmetro. Com tal catálogo foi possível definir comprimento e largura que nesse tipo de aplicação são vertentes propícias de problemas com excesso de medida, considerando que a altura por se tratar de uma plataforma para bomba de concreto não iria ultrapassar o limite informado.

Modelagem

A modelagem foi executada com auxílio do software Onshape sendo possível modelar o projeto em 3D para melhor visualização e análise do que estava sendo desenhado, mas para padronização das medidas de corte que serão abordados à frente foi utilizado o software Solid Works.

Figura 1- Modelo 3D.



Fonte: autores, 2022.

Confecção

Corte, dobras e junta soldada

De posse do material bruto foi necessário realizar cortes e dobras nas medidas definidas na fase de desenho e modelagem com auxílio dos softwares.

Para o projeto desta plataforma foram utilizada mesa de plasma CNC para cortar as chapas com os formatos definidos e máquina corte de plasma executar cortes nos perfis utilizados no projeto, obtendo maior precisão nos cortes e diminuindo o tempo na remoção das rebarbas.

Figura 2: Corte Plasma CNC.



Fonte: autores, 2022.

Figura 3: Dobradeira de Chapas.



Fonte: autores, 2022.

Para as dobras, foi utilizado uma dobradeira com área útil de dobra de 3000 mm, sendo possível executar a confecção das peças para montagem conforme definido.

Com o material cortado e dobrado, foi necessário realizar a união das peças. Para isso, foi adotado o processo de junta soldada utilizando solda MIG com consumível em aço inox para execução desta etapa.

Figura 4 - Máquina Solda MIG/MAG



Fonte: autores, 2022.

Todo processo citado acima, foi executado pela empresa CALDEIRARIA DINOXX. Empresa está, responsável pela construção física do projeto.

Figura 5 - Montagem.



Fonte: autores 2022.

Análise estática por elementos finitos e simulação

Descrição

Foi realizada uma análise estática por elementos finitos, a fim de validar o carregamento de 1,2 tonelada à plataforma para uma auto bomba de concreto. Os principais elementos verificados na simulação foram: tensão máxima atingida, deformação máxima, deslocamento proeminente e fator de segurança.

A seguir serão imagens e quadros da simulação acima descrita. Tais imagens tornam-se importantes para a posterior determinação da deformação do material, possíveis pontos de fragilidade da estrutura entre outros. Na figura 4 pode-se observar um desenho feito no Solid Workscorn as setas representando a distribuição de cargas na plataforma

Figura 4 - Distribuição de carga análise estática.



Fonte: autores, 2022

O quadro 1 apresenta os itens a serem escolhidos com o objetivo de apresentar resultados relevantes para a continuidade do projeto, ou seja, as propriedades de estudo.


Quadro 1 - Propriedade de estudo


Nome do estudo	Análise estática
Tipo de análise	Análise Estática
Tipo de malha	Malha de cascas com superfície médias
Opções térmicas	Cargas de temperaturas
Temperatura de deformação zero	298 Kelvin
Tipo de solver	Automático
Forças de corpo livre	Automático

Fonte: autores, 2022

O quadro 2 apresenta os acessórios de fixação e cargas demonstrando as reações das cargas aplicadas e momentos resultantes.

Figura 5 - Acessórios de fixação de cargas

Nome do acessório de fixação	Imagem de acessório de fixação	Detalhes de acessório de fixação		
Fixo-1		Entidades: 7 face(s) Tipo: Geometria fixa		
Forças resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Força de reação(N)	0,000185013	11.998,7	0,000109196	11.998,7
Momento de reação(N.m)	-1,82716	0,10355	-12,9075	13,0366

Nome da carga	Imagem de carga	Detalhes de carga
Força-1		Entidades: 4 face(s) Tipo: Aplicar força normal Valor: 12.000 N

Fonte: autores, 2022

Informação de malhas

Tipo de malha	Malha de casca com superfície média
Gerador de malha usado	Malha padrão
Pontos jacobianos para malha de alta qualidade	16 pontos
Tamanho do elemento	148,594mm
Tolerância	7,42972mm
Qualidade da malha	Alta

Informações de malha – detalhes;

Total de nós	10185
Total de elementos	4389

Forças resultantes

- Força de reação

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N	0,000185013	11.998,7	0,000109196	11,998,7

- Momento de reação

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N.m	-1,82716	0,10355	-12,9075	13,0366

- Força de corpo livre

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N	-0,000325001	0,00163251	-0,000182709	0,00167454

- Momento de corpo livre

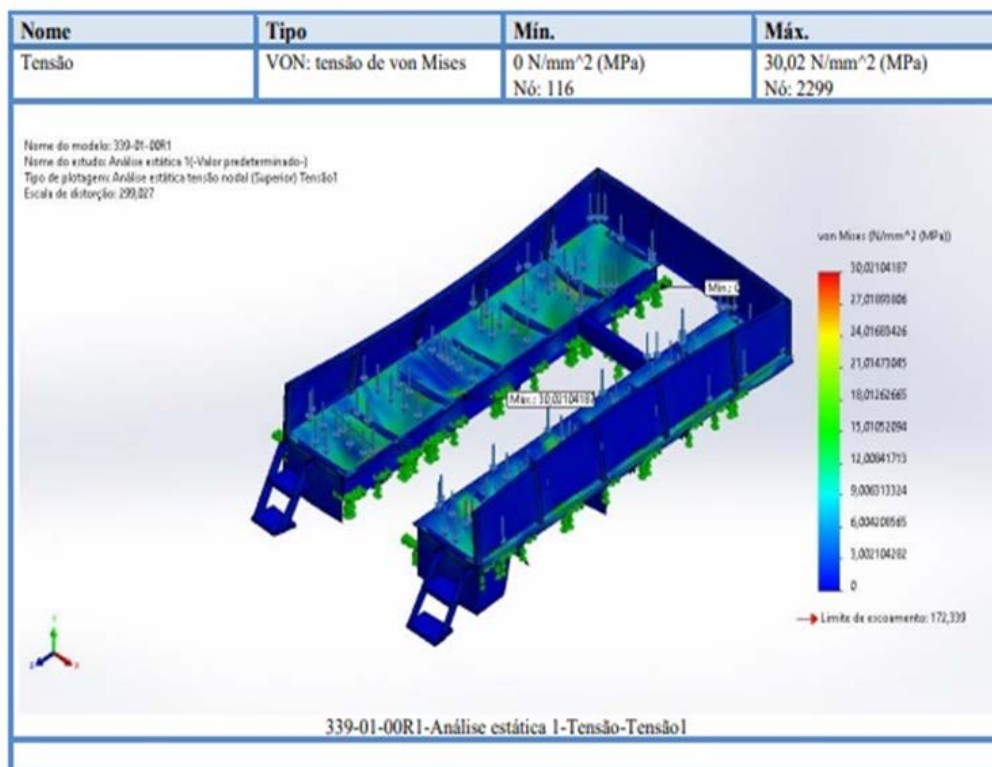
Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante

Modelo in-teiro	N.m	-1,82685	0,10365	-12,9076	13,0366
-----------------	-----	----------	---------	----------	---------

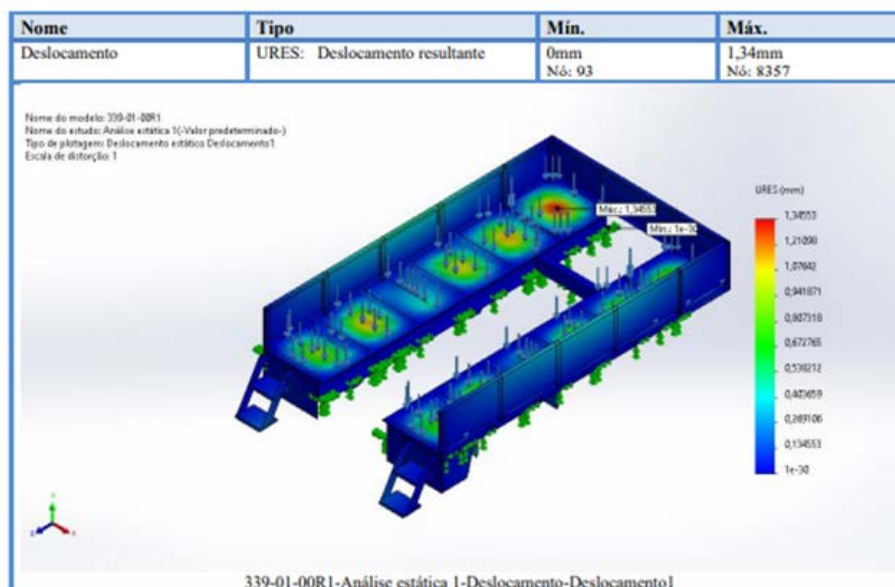
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado obtido neste trabalho que foi realizado corretamente através de simulações em CAD a plataforma em aço inox para a bomba de concreto de forma que foi otimizada tanto em segurança quanto financeiramente.

Figura 6 - Aplicação de força para análise da tensão de Von Mises.

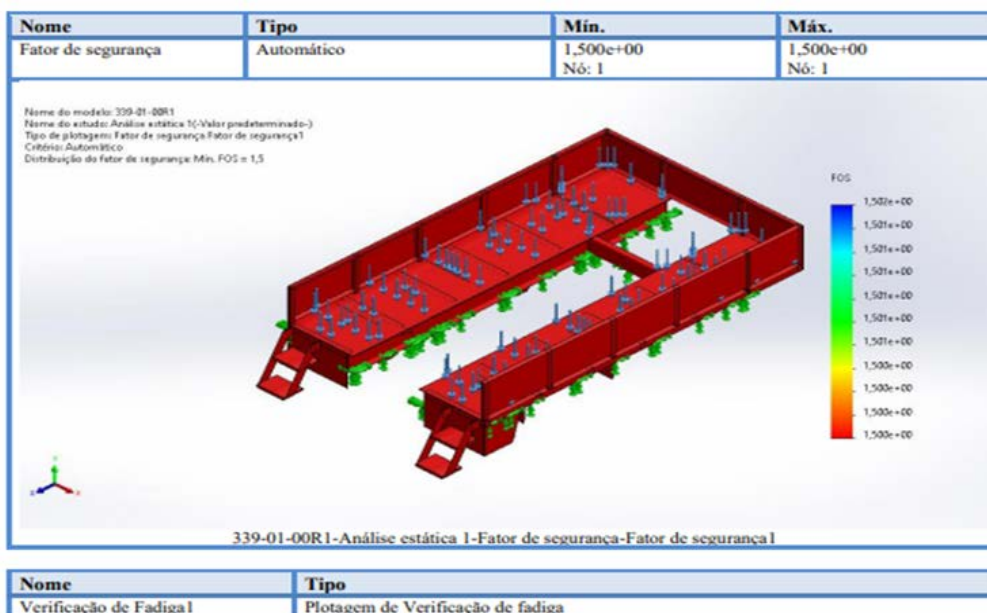


Fonte: autores, 2022



Fonte: autores, 2022

Figura 8 - Aplicação de força com fator de segurança 1,5.



Fonte: autores, 2022

As plataformas do projeto confeccionadas em aço carbono apresentam baixa resistência ao tempo mesmo usando materiais de pintura com especificações para atividades severas como plataformas e navios. Um dos fatores influenciadores é a maresia típica da região dos lagos do estado do Rio de Janeiro.

Uma das mais recentes medidas para a prevenção da corrosão é a utilização de novos tipos de aços e ligas metálicas para obter o aperfeiçoamento do comportamento à corrosão das armaduras. Este estudo teve como objetivo utilizar aços com menor incidência de corrosão, visando o menor custo com manutenção e maior agilidade de construção das plataformas de auto bomba de concreto, considerando as condições climáticas da serra e do litoral do estado do Rio de Janeiro. Comumente essas estruturas são construídas utilizando aço SAE 1020, material este que apresenta níveis moderados de corrosão.

Segundo Carbó (2008) os aços inoxidáveis são ligas de ferro, carbono e cromo (Cr) com um mínimo de 10,50% de Cr, sendo este o elemento o mais importante porque é o que fornece aos aços inoxidáveis uma elevada resistência à corrosão. De acordo com o autor supracitado a boa resistência dos aços inoxidável se explica pela formação de uma película superficial de óxido de cromo (Cr₂O₃) que faz o papel de proteção contra corrosão e oxidação.

Em vista disto, é esperado que os aços inoxidáveis não apresentem perda de massa por oxidação. O aço inoxidável AISI 410 apresenta uma boa combinação entre a resistência à corrosão e propriedades mecânicas e apresenta um custo financeiro inferior aos outros aços empregados, devido à baixa concentração de cromo. O aço inoxidável AISI 304 é amplamente utilizado em equipamentos para indústrias aeronáutica, ferroviária, naval, petroquímica de papel e celulose, têxtil, frigorífica, hospitalar, alimentícia, utensílios domésticos, destilaria, apresentando também custo acessível.

Por consequência disto, foi escolhido o AISI 410 para construção de partes da nova plataforma de auto bomba de concreto com o intuito de reduzir o tempo de parada dos equipamentos para tratamento contra a corrosão. Associado a ele foi escolhido o aço AISI 304 na parte

onde necessitava de tubos quadrados. Esse é um dos primeiros trabalhos realizados no Brasil com a associação desses dois tipos de aço inoxidável.

Figura 6 - Equipamento finalizado.



Fonte: autores, 2022.

Figura 7 - Equipamento em operação.



Fonte: autores, 2022.

De acordo com Carmo (2017) com o avanço da tecnologia, a otimização de produtos e processos através de simulação virtual está sendo muito ampliada. Os benefícios são muitos, pois, não são necessários computadores muito sofisticados para se obter as simulações e, além disso, a análise é rápida e barata ao se comparar com ensaios experimentais. Atualmente todos os programas existentes no mercado possuem capacidades de modelação tridimensional de sólidos, obtenção direta dos desenhos bidimensionais para fabricação, montagem de conjuntos e interligações a programas para o estudo cinemático/dinâmico, elementos finitos, maquinação usando CAD/CAM, moldação e estampagem dentre outros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo usufruiu de simulações empregando o CAD/CAM, e os resultados desse experimento demonstram que através do simulacro em CAD foram possíveis estipular corretamente a confecção da plataforma em aço inox para a bomba de concreto. Tal resultado, demonstra a otimização tanto da segurança da bomba, quanto da recompensa financeira em relação aos gastos por desgaste de material.

Por intermédio deste estudo, fora evidenciado que os aços AISI 410 e AISI 304 que serviram de substrato nesta pesquisa, são de baixo custo e empregados em diversos segmentos industriais. A resistência à corrosão apresentadas pelos materiais supracitados é de suma relevância quando comparada ao aço SAE 1020. Ambos os aços estudados são protegidos da corrosão, pelo fenômeno da passivação. Para o aço inox, o teor de oxigênio da atmosfera ou as soluções aquosas aeradas são normalmente suficientes para criar e manter a camada passiva.

Em síntese, pode-se estabelecer que os materiais demonstrados podem contribuir efetivamente para redução da corrosão. Considerando ainda, que os resultados demonstram ser resistente a maresia típica da região dos lagos do Estado do Rio de Janeiro, em relação as das plataformas confeccionadas em aço carbono.

REFERÊNCIAS

CARBÓ, Héctor Mario. Aços Inoxidáveis: aplicações e especificações. São Paulo: ArcelorMittal Brasil, v. 29, 2008.

CARMO A.C.C. Análise estrutural através de simulação computacional de caçambas de caminhão basculante na mineração utilizando o aço microligado ao nióbio. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Minas, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG. Araxá, 2017

CORRÊA, Anderson Luís Garcia. Soldas, Processo, Tipos, Técnicas, Defeitos e Causas. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA. Santa Catarina, 2017.

DOLABELLA, Luiza de Marilac Pereira. Estudo eletroquímico sobre a corrosão de aço carbono e aço inoxidável em meio contendo cloreto na presença de extrato etanólico de própolis. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia 2016.

FEDERMAN, S. R. Recobrimento de aço inoxidável ABNT 409 empregando filme fino bioativo obtido via sol-gel. Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2007.

FREITAS, Bruno Mello de *et al.* Microestrutura e microdureza do aço SAE 1020 em diferentes tratamentos térmicos. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 73., 2016, Foz do Iguaçu. Anais [...]. Manaus. 2016. Disponível em: <https://www.confeca.org.br/sites/default/files/uploads-imce/contecc2016/mecanica/microestrutura%20e%20microdureza%20do%20aço%20sae%201020%20em%20diferentes%20tratamentos%20térmicos.pdf>. Acesso em: 01 maio 2022.

GALEAZZI, Daniel. Análise de propriedades mecânicas de uma junta soldada de aço inoxidável martensítico AISI 410. 2016. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 216. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/3974/Daniel%20Galeazzi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 maio 2022.

GALLAGHER, R. H. Introduction. In Finite element analysis: fundamentals. 4. ed. EnglewoodCliffs: Prentice-Hall, 1975.

GERVÁSIO, Helena. A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas. In: Congresso Latino-Americano da construção metálica CONSTRUMETAL. São Paulo, Brasil. 2008.

JOHN, C. DAMIAN; KOTECKI, J. Welding Metallurgy and Weldability of Stainless

LOTTI, Raquel S. *et al.* Aplicabilidade científica do método dos elementos finitos. Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial, v. 11, n. 2, p. 35-43, 2006.

MELO L.P.; PERICOLI, Victor E. N. A.; RAMIRO, Adriano P. Corrosão intergranular nos aços inoxidáveis aisi 304 e aisi 316. Unievangélica. 2016.

PANDOLFO, Diogo. Estudo da tenacidade ao impacto de um aço SAE 1020 submetido a tratamentos térmicos. Porto Alegre. Trabalho de Conclusão de Curso, PUCRS, 2009.

SANCHES, L. P. Estudo comparativo quanto à resistência à corrosão entre aços inoxidáveis utilizados em trocadores de calor. Monografia de Graduação, Escola Politécnica - UFRJ, Rio de Janeiro, 2009.

SCARMAGNANI, Robson. Estudo da corrosão em aços inoxidáveis austeníticos 316 e 316L, soldados por atrito e usinados. 2015. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Fabricação Mecânica., Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Jaraguá do Sul, 2015. Disponível em: https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/267/Robson%20Scarmagnani_TCCFAB_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 01 maio 2022.

SILVA, Bruna Kellin da; KROKER, Thiago. Projeto executivo de módulo de teste para bombas de concreto. 2015. 112 f. Monografia (Especialização) - Curso de Mestrado em Engenharia de Materiais, Departamento Acadêmico de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9562/1/CT_COMET_2015_1_4.pdf. Acesso em: 27 mar. 2022.

SILVA, Marcos V. F. *et al.* Corrosão do aço-carbono: uma abordagem do cotidiano no ensino de química. Química Nova, v. 38, n. 2, p. 293-296, 2015.

STEELS. Canada: WileyInterscience, 2005. 359 p.

TEBECHERANI. C. de T. P. Aços Inoxidáveis. 2017.

TULA, L.; CASCUDO, O.; HELENE, P. Qualidade de Armaduras para Estruturas de Concreto; Anais do VI Congresso Ibero-americano de Patologia das Construções; Vol. 2; Porto Alegre; Brasil; 1996; pp. 547 – 554.

VIEIRA, Ruy. Os Efeitos e Impactos Econômicos da Corrosão na Indústria. Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO). Disponível em: <https://www.alkim.com.br/post/os-efeitos-e-impactos-econ%C3%B4micos-da-corros%C3%A3o-na-industria> Acesso em: 29 de outubro 2022.

YUANTAI. Taxa de corrosão e categoria de agressividade atmosférica para materiais metálicos. São Paulo, 2011

TOTTEN, G. E. Steel heat treatment: metallurgy and technologies. 2. ed. Portland: CRC, 2007.

MACHADO, I. G. Soldagem & Técnicas Conexas: Processos. Editado pelo autor, Porto Alegre, 1997, 477p

DUTRA, J. C., OLIVEIRA, M. A., Soldagem MIG/MAG em Curto-Circuito Controlado (CCC) Aplicada ao Passe de Raiz. Artigo Técnico em Engenharia Mecânica, Florianópolis, p. 02-05, 2005

MOREIRA, A. F. Influência da atmosfera protetora no cordão de solda obtido através dos processos de soldagem GMAW e FCAW. 2008.

BARBEDO, Nancy Del Ducca. Avaliação comparativa dos processos de soldagem GMAW e FCAW utilizando aço ASTM A-36 para verificar a soldabilidade, propriedades metalúrgicas e geométricas, e resistência mecânica. 2011

FRAUCHES-SANTOS, C.; ALBUQUERQUE, M. A.; OLIVEIRA, M. C. C.; ECHEVARRIA, A. A Corrosão e os Agentes Anticorrosivos. Rev. Virtual Quim., 2014, 6 (2), 293-309



Geração hídrica com automação em Arduino

Water generation with Arduino automation

Paulo Victor dos Santos Dias

Graduando em Engenharia Elétrica

Vauban Louzada da Silva

Graduando em Engenharia Elétrica

Rafael Lima de Oliveira

Mestre em Engenharia Elétrica. <http://lattes.cnpq.br/6212659806406513>

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.141.6

RESUMO

Com o aumento da demanda de energia elétrica no Brasil e no mundo, surge a necessidade de buscar por novas fontes de energia, limpas e renováveis. Uma das fontes de energia de baixo impacto ambiental são as hídricas, que são exploradas em sua maioria por projetos de grande porte, portanto, o presente trabalho tem como objetivo a implementação de um micro central hidrelétrica com automação em plataforma de prototipagem Arduino, para aproveitamento de pequenos cursos d'água.

Palavras-chave: geração de energia elétrica. micro central hidrelétrica. microgeração. automação em Arduino.

ABSTRACT

With the increase of the demand for electricity in Brazil and in the world, there is a necessity to search for new sources of clean, and renewable energy. One of the sources of energy with low environmental impact are hydropower, which are mostly exploited by large projects, therefore, the present work aims to implement a micro hydroelectric project with automation in Arduino prototyping platform, for use of small water streams.

Keywords: electric power generation. micro hydroelectric power station, microgeneration. automation in arduino.

INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade as barragens eram utilizadas para armazenamento da água a ser aplicada no desdobramento da irrigação e abastecimento das cidades. No final do século XIX, estas barragens passaram a ser utilizadas na geração de energia elétrica e essa fonte de geração de energia é considerada limpa e renovável, uma vez que, sua produção não emite poluentes (TEIXEIRA *et al.*, 2003).

As hidrelétricas podem ser classificadas quanto ao seu arranjo, sendo elas: Central hidrelétrica de reservatório e Central Hidrelétrica a Fio D'água. (ELETROBRAS, 1985). As usinas Hidrelétricas representam 64,9% da geração de energia no Brasil, na qual vem se tornando a principal fonte de produção de eletricidade do país (EPE, 2021).

As Geradoras de energia hidrelétricas podem ser classificadas conforme sua capacidade de geração, sendo as que possuem capacidade menor ou igual a 75 kW chamadas de microgeração, com capacidade instalada superior a 75 kW e menor que 1.000 kW para fontes hídricas chamadas de minigeração, capacidade de até 5.000 kW chamadas de CGH(Central Geradora Hidrelétrica), com capacidade de 5.000 kW a 30.000 kW as PCH (Pequenas Centrais Hidrelétricas) e as UHE(Usinas Hidrelétricas) com capacidade superior a 30.000 kW (LEGISWEB(2012) & ANEEL(2020)). Em 2011 eram 991 geradoras de energia hidrelétrica sendo 337 CGH, 433 PCH e 181 UHE. (Brasil (2012) & Lima (2012)). Em 2022 são 1375 empreendimentos de geração hídrica, sendo 736 CGH, 423 PCH e 216 UHE. (ANEEL, 2022).

O Brasil é um país rico em recursos hídricos para implementação de microgeração em áreas rurais, porém a mesma ainda não é utilizada em grande escala. Portanto, este trabalho busca analisar a viabilidade da implementação da microgeração hidrelétrica a ser instalada em uma propriedade rural no município da cidade de Espera Feliz-MG.

Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é a instalação e avaliação, sob uma perspectiva técnica e econômica, de um sistema de microgeração hidrelétrica em área rural.

Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, propõe-se:

- Estudo da área a ser implementado o sistema de geração de energia;
- Levantamento de custo de implementação;
- Implementação do sistema de geração;
- Apresentação do levantamento dos materiais e especificações dos equipamentos para o sistema; e
- Automatização do sistema por Arduino.

Justificativa

A demanda por energia elétrica vem aumentando grandemente e com ela, fontes alternativas para a geração de energia têm sido buscadas. A autoprodução ou geração distribuída de energia vem conquistando cada vez mais espaço, sendo elas pela transformação de energia do sol ou pela transformação de energia com recurso hídrico.

O Brasil é um país rico em recursos hídricos para implementação de microgeração em áreas rurais, porém, ela ainda não é utilizada em grande escala. Este estudo foi devido à grande viabilidade, sendo dos recursos técnicos e retornos econômicos na implantação do sistema.

Com a produção de energia nas próprias propriedades rurais por meio das Geração Distribuída (GD), tem se diversos benefícios, entre eles: melhoria no nível de tensão, redução de perdas, aproveitamento de recursos renováveis, etc.

Portanto, este trabalho vem apresentar um estudo de viabilidade da implantação de uma microgeração hidrelétrica em uma propriedade rural no município de Espera Feliz-MG, com implementação de um sistema automatizado utilizando Arduino. A propriedade conta com um curso hídrico o qual pode ser utilizado para a geração de energia.

METODOLOGIA

O trabalho será dividido em algumas etapas sendo elas:

- Escolha do local a ser implementado o sistema;

- Medição da vazão;
- Medição da altura da queda;
- Cálculo do potencial hidráulico;
- Seleção dos materiais civis e alvenaria;
- Levantamento dos equipamentos mecânicos;
- Escolha do tipo de turbina a ser utilizada;
- Escolha do tipo de gerador a ser utilizado;
- Desenvolvimento da lógica de automação em Arduino;
- Implementação da Micro Central Hidrelétrica;
- Abertura da comporta para desvio da água até a tomada d'água;
- Abertura da válvula d'água do bico de injeção e testes em giro mecânico;
- Início dos testes e medições com carga;
- Implementação comutação automática de rede; e
- Período de testes finais.

Escolha do local a ser implementado o sistema

Para a implementação de uma micro central hidrelétrica deve-se buscar um lugar que possua um bom curso de água e boa queda, outro ponto a avaliar é a distância de onde construir a MCH até o ponto de consumo da energia gerada. O local de implementação do projeto escolhido será a fazenda Taboão, propriedade rural do senhor Vilmar Pereira da Silva, localizada no córrego Taboão na cidade de Espera Feliz - MG.

Medição da vazão

Para realizar o cálculo da vazão, primeiramente deve-se conhecer a área de tal feito, pode ser realizado de diversos métodos sendo eles: o método acústico, o método do flutuador, o método do molinete hidrométrico e método volume pelo tempo.

O método do volume pelo tempo foi selecionado para ser utilizado neste projeto. Conforme exibido na Figura 1, este método consiste em calcular a vazão com o uso de um balde graduado e um cronômetro. Para realizar a medição, basta deixar o sistema com seu fluxo nominal e cronometrar o tempo gasto para atingir um determinado volume de água, para maior precisão pode-se repetir as medições e criar uma média dos resultados obtidos. Para saber a vazão é só dividir a capacidade total do balde utilizado pelo tempo médio encontrado. Os valores encontrados podem ser apresentados em l/s, m³/h, m³/s ou em outras unidades de acordo com a aplicação.

Figura 1 - Medição da Vazão



Fonte: Acervo do autor

Foi utilizado um barril de 60 litros no qual, foi obtido os enchimentos nos seguintes tempos:

1ª Medição: 5,74s

2ª Medição: 5,90s

3ª Medição: 5,62s

O tempo médio obtido para o enchimento do barril de 60 litros foi de 5,73s, apresentando assim uma vazão de 10,47 l/s.

Esse levantamento foi realizado na época do ano com a menor incidência de chuva para a região, garantindo assim, a mínima condição de operação da MCH. Em períodos de chuva a capacidade de geração pode aumentar consideravelmente.

Medição altura da queda

O método utilizado é bem comum no dia a dia da construção civil e consiste na colocação de duas réguas de madeira bem aplainadas mais uma trena para realizar a medição com escalas em metros e centímetros conforme Figura 2. Portanto, com a colocação de uma das réguas em nível na horizontal e outra na vertical, efetua-se a medição daquele ponto vertical e vai fazendo com os demais, ponto a ponto, e após finalizar realiza-se o somatório das medidas obtidas (ELETROBRAS, 19 85).

Figura 2 - Medição Altura da Queda



Fonte: Acervo do autor

Conforme medição realizada em campo o somatório das alturas coletadas para o cálculo de queda d'água foi de 12,5m.

Cálculo do potencial hidráulico

Para a realização do cálculo do potencial hidráulico é necessário a utilização dos valores de vazão volumétrica e altura da queda.

Devido ao porte da usina, utiliza-se para o cálculo de potencial hídrico a fórmula simplificada apresentada na Equação 1. Após a substituição das variáveis de “vazão volumétrica da turbina” e de “altura de queda bruta” pelos valores obtidos durante as medições em campo, encontrou-se o resultado apresentado na Equação 2, ou seja, uma potência elétrica de 981,56 W.

$$P = 7,5 \times V \times H \quad (1)$$

P = potência elétrica gerada (W);

V = vazão volumétrica da turbina (L/s);

H = altura de queda bruta (m);

$$\begin{aligned} P &= 7,5 \times 10,47 \times 12,5 \\ P &= \underline{981,56 \text{ W}}. \end{aligned} \quad (2)$$

Cargas essenciais

Com o potencial hidráulico levantado, já podem ser listados os equipamentos importantes para manter em funcionamento, conforme apresentado na Tabela 1, durante períodos de falha ou falta de rede da concessionária. Esses equipamentos estarão em um circuito separado que será o das cargas essenciais, ou seja, os equipamentos ligados nesse circuito serão alimentados pela MCH após a comutação automática.

Tabela 1 – Levantamento de carga essencial

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	CONSUMO (W)	CONSUMO TOTAL (W)
TV Led 42”	1	150	150
Ventilador médio	1	80	80
Roteador/modem	2	20	40
Lâmpada	8	18	144
Receptor de antena	1	30	30
Geladeira	1	250	250
Notebook	1	30	30
Refletores	5	50	250
Carregador de celular	2	5	10
TOTAL	984		

Fonte: Acervo do autor

Seleção dos materiais civis e alvenaria

Após o levantamento dos materiais a serem utilizados como: ferragem, cimento, tijolo, tubulação, areia, manilha, brita e mão de obra, foi realizado a cotação conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Cotação (Alvenaria)

ESPECIFICAÇÃO	APLICAÇÃO	QUANT.	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Manilha 100 x 30	Conduto forçado	15	R\$ 70,00	R\$ 1050,00
Areia	Barragem e canal de adução	2	R\$ 150,00	R\$ 300,00
Cimento	Barragem e canal de adução	20	R\$ 25,00	R\$ 500,00
Ferragem	Barragem e canal de adução	5	R\$ 40,00	R\$ 200,00
Registro 1 “	Ajuste da pressão na turbina	1	R\$ 180,00	R\$ 180,00
Diária pedreiro	Alvenaria em geral	4	R\$ 130,00	R\$ 520,00
Diária servente	Serviços em geral	4	R\$ 60,00	R\$ 240,00
Valor final (Alvenaria)				R\$ 2.990,00

Fonte: Acervo do autor

Após a aquisição dos materiais conforme as melhores condições encontradas e contratação dos prestadores de serviço, foi executada a construção conforme Figuras 3, 4, 5, e 6.

Figura 3 - Construção da Barragem

Fonte: Acervo do autor

Figura 4 – Construção Canal de Adução / Caixa de Assoreamento



Fonte: Acervo do autor



Fonte: Acervo do autor

Figura 6 - Canal de Adução / Caixa de Assoreamento em Operação



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Escolha do tipo de turbina a ser utilizada

Com os levantamentos anteriores será possível identificar o tipo de turbina adequado para implementação na micro central hidrelétrica. Existem alguns tipos de turbinas no mercado, cada uma é adequada para um tipo de instalação levando em consideração as características do empreendimento como: queda, vazão e potência.

As turbinas podem ser classificadas como de impulso ou de reação e os três principais tipos são: turbina Francis, turbina Pelton e turbina Kaplan.

A Turbina Pelton, também chamada de Roda Pelton, foi registrada por Lester Allen Pelton, um engenheiro norte americano, em 1880, recebendo seu nome. O modelo é um tanto diferente dos mais tradicionais.

A turbina Pelton foi escolhida para a implementação do sistema devido as características de queda d'água, fluxo e custos conforme Figura 7.

Figura 7 - Eixo principal da Turbina Pelton



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Escolha do tipo de gerador a ser utilizado

Os geradores são máquinas elétricas cuja função é transformar diversas fontes de energia em energia elétrica através do fluxo de elétrons.

Conforme Figura 8, o gerador escolhido para o sistema foi um modelo de ímã permanente, devido a capacidade de sua geração ser em corrente alternada, ter como sua característica ser mais leve e compacto, sendo possível ainda o fechamento de suas conexões para menor potência (1.000 W) com rotação de 600rpm ou fechamento para (2.000 W) com rotação de 1.200rpm.

Figura 8 - Gerador de Corrente Alternada

Fonte: ACERVO DO AUTOR

Levantamento dos equipamentos mecânicos e elétricos

Para instalação do conjunto gerador / turbina, existem alguns equipamentos mecânicos necessários na instalação. A Tabela 3 apresenta a cotação dos mancais, polias, eixos, correias e demais componentes periféricos do sistema para aquisição.

Tabela 3 – Cotação (Equipamento mecânico/elétrico)

ESPECIFICAÇÃO	APLICAÇÃO	QUANT.	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Polia	Acoplamento dos eixos	2	R\$ 50,00	R\$ 100,00
Correia	Acoplamento dos eixos	1	R\$ 35,00	R\$ 35,00
Mancal de rolamento 1,5 polegadas	Sustentação do eixo	2	R\$ 90,00	R\$ 180,00
Eixo 1,5 pol	Ligação mecânica da unidade	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Gerador / alternador	Geração de energia elétrica	1	R\$ 800,00	R\$ 800,00
Multimedidor grandezas elétricas	Medição e indicação elétrica da unidade geradora	1	R\$ 130,00	R\$ 130,00
Disjuntores	Comutação de carga	2	R\$ 20,00	R\$ 40,00
Dia de serviço eletricitista	Instalações elétricas	2	R\$ 120,00	R\$ 240,00
Engenharia	Projeto e acompanhamento	1	R\$ 3.000,00	R\$ 2.000,00
Turbina Pelton	Transformação de energia	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
Valor final (mecânica + elétrica)				R\$ 6.675,00

Fonte: ACERVO DO AUTOR

Após a aquisição dos materiais conforme as melhores condições encontradas e contratação dos prestadores de serviço foi efetuada a execução conforme as Figuras 9 e 10.

Figura 9 - Painel de Medição e Proteção



Fonte: Acervo do autor

Figura 10 - Conjunto de Acoplamento Turbina Gerador

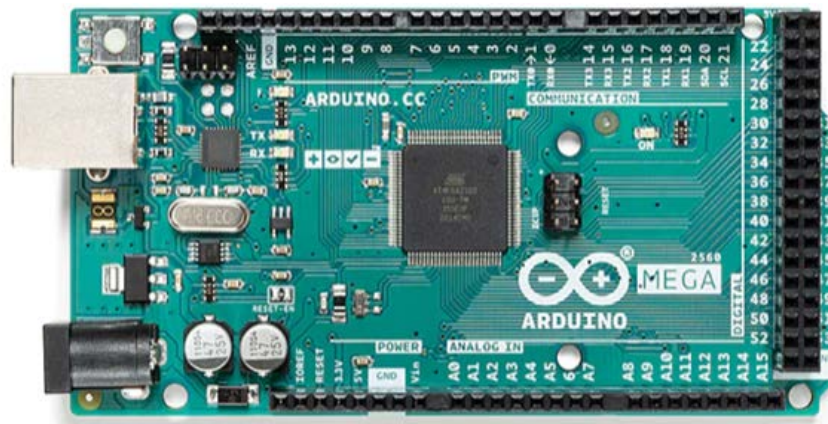


Fonte: Acervo do autor

DESENVOLVIMENTO DA LÓGICA DE AUTOMAÇÃO EM ARDUÍNO

Em toda instalação elétrica a automação é essencial para o bom funcionamento dos equipamentos, trazendo maior segurança e precisão nos projetos. Com o desenvolvendo de um programa em Arduino cuja placa está representada na Figura 11, será possível, a comutação automatizada entre as redes da concessionária e da MCH. A lógica desenvolvida tem como finalidade o monitoramento da tensão da rede constantemente e em caso de falta de energia o sistema desligará o circuito de entrada da rede e será alimentado pela micro central hidrelétrica, mantendo assim as cargas essenciais em funcionamento até que a alimentação principal restabeleça.

Figura 11 - Placa Arduino Mega 2560



Fonte: Arduino (online)

TESTES FINAIS

Com a finalização das obras, foram executados teste para verificar a eficácia do sistema.

Teste estruturais

Realizar a abertura da comporta da barragem, com a descida da água pelo canal de adução chegando até a tomada d'água. Nessa fase deve-se observar com cuidado o enchimento das caixas, do conduto e o aparecimento de trincas e vazamentos nas estruturas. Após criteriosa análise foi feito a liberação para os próximos ensaios.

Teste do giro mecânico à vazio

Com o sistema hidráulico já pressurizado e o circuito elétrico totalmente desligado é iniciada a abertura da válvula do bico de injeção. Esse procedimento é feito bem lentamente aguardando o giro mecânico da MCH e aumentando o fluxo gradativamente até atingir a rotação nominal. Nesse processo deve-se também monitorar o RPM (número de rotações por minuto) no eixo do gerador e também a vibração tanto no gerador quanto nos mancais do eixo da turbina.

Testes e medições com carga

Nesta etapa é dada a partida na unidade geradora apenas em giro mecânico, quando atingir rotação nominal será dado comando de fechamento do disjuntor de saída do micro central hidrelétrico. A partir daí os equipamentos serão ligados gradativamente, monitorando os valores de tensão, corrente, frequência e potência do sistema.

Teste de comutação automática

Essa etapa de teste consiste em simular a falha de rede da concessionária e analisar o comportamento da lógica e comandos elétricos comutando a alimentação para a MCH garantindo assim o funcionamento das cargas essenciais. Posteriormente é efetuada a normalização da rede da concessionária onde deverá ocorrer nova comutação automática, voltando as cargas a serem alimentadas pela distribuidora.

Comissionamento

Nesta etapa final a micro central hidrelétrica ficará em pleno funcionamento e será monitorada por um período de 5 dias. Nesse período todos os ensaios e testes realizados nas etapas anteriores deverão ser observados, verificando o funcionamento conforme projeto e limites de aprovação para liberação da MCH.

ANÁLISE FINANCEIRA

O objetivo principal da micro central hidrelétrica nesse projeto é de suprir a demanda essencial da residência em caso de falha na rede, contudo, será efetuado o cálculo do payback levando em consideração o funcionamento da usina em tempo integral e comparando com um sistema ongrid, ou seja, caso injetasse a energia produzida pela MCH na rede da concessionária, como em um sistema solar fotovoltaico de geração distribuída. O cálculo será baseado na potência do gerador de 1000 W (1kW), gerando energia 24 horas por dia no período de 30 dias. Atualmente, o valor do kW/h da concessionária Cemig, que atende ao cliente, é de R\$ 0,71 para fornecimento de padrão monofásico, portanto esse valor será empregado nesse levantamento.

Nas Tabelas 2 e 3, apresentadas anteriormente, foram listados os produtos, equipamentos e mão de obra necessários para a execução do projeto, chegando a um valor total de R\$ 9.665,00. A Tabela 4 apresenta o cálculo do Payback (tempo de retorno do investimento), no qual a previsão para atingir é de um ano e sete meses.

Tabela 4 – Cálculo do Payback

Potência (kW)	Hora/Dia	Dia/Mês	Valor kW/h	Economia Mês	Economia Ano
1	24	30	R\$ 0,71	R\$ 511,20	R\$ 6.134,40

Fonte: Acervo do autor

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este projeto será possível atender a demanda de carga essencial de uma pequena propriedade rural de forma automatizada, aproveitando os recursos hídricos do local, realizando a transformação em forma de energia limpa, renovável e de baixo custo.

REFERÊNCIAS

ANEEL. Resolução Normativa N° 875, De 10 De Março De 2020. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2020875.html>. Acesso em: 17 mar. 2022.

ANEEL. Lista Dos Ids Dos Agentes E Das Usinas. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/manuais-modelos-e-instrucoes/geracao/fiscalizacao/declaracao-de-autoavaliacao-regulatoria-e-de-desempenho-operacional-dardo/2022-02-02-id-uhes-tipo-i.pdf/view>. Acesso em: 26 mar. 2022.

BONIFÁCIO, M. C.; FREIRE, R. Comparação De Três Métodos Para a Medição Da Vazão E Velocidade Aplicados Em Dois Cursos D'Água Da Bacia Do Ribeirão Maringá. Periódico Eletrônico Fórum

Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 2, 2013.

ELECTRICALIBRARY. 5 métodos de medição de vazão dos rios. Disponível em: <https://www.electricalibrary.com/2019/10/26/5-metodos-de-medicao-de-vazao-dos-rios>. Acesso em: 03 jun. 2022.

ELETROBRAS. Manual de pequenas centrais hidrelétricas. São Paulo. 1985b. 344p.

ENSUS. Como Medir Vazão e Altura Manométrica de um Rio. Disponível em: <https://ensus.com.br/como-medir-vazao-e-altura-manometrica-de-um-rio/>. Acesso em: 03 jun. 2022.

EPE. Matriz Energética. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 13 mar. 2022.

LEGISWEB. Resolução Normativa Aneel N° 482 De 17/04/2012. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=342518>. Acesso em: 25 mar. 2022.

RODRIGUES, S.A.; BATISTELA, G.C. Uma Revisão Sobre a Disponibilidade Hídrica Brasileira para Geração de Energia Elétrica. Geoambiente On-line, Jataí, n. 21, p. 57, jul/dez. 2013.

STORE. Arduino Mega. Disponível em: <http://store-usa.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>. Acesso em: 03 jun. 2022.

TEIXEIRE, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. Decifrando a Terra. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2



Projeto de rede de água potável de um loteamento de casas populares na cidade de Apiacá/ES

Potable water network project of a subdivision of popular houses in the city of Apiacá/ES

Joice da Silva Claudino

Centro Universitário Redentor, formanda em Engenharia Civil

Mylene Moreira Estanhe

Centro Universitário Redentor, formanda em Engenharia Civil

Amanda Camerini Lima

Centro Universitário Redentor, Doutora em engenharia e ciência de materiais

<http://lattes.cnpq.br/1522879122454176>

Gabriel Pereira Gonçalves

Centro Universitário Redentor, mestre em engenharia civil

<http://lattes.cnpq.br/5437028639526680>

Pietro Valdo Rostagno

Centro Universitário Redentor, Pós-Graduado em Docência do Ensino Superior

<http://lattes.cnpq.br/1464359054019256>

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.141.7

RESUMO

Ao realizar o estudo da importância da água e do bem básico para a sobrevivência, percebe-se que essa necessidade vem desde os primórdios do entendimento humano, galgando passos importantes para o desenvolvimento das infraestruturas necessárias para se viver com conforto, saúde e lazer. A água é um direito de todos e para todos, garantida na Constituição Federal de 1988, porém nos dias atuais, o Brasil ainda carece de avanços significativos relacionados à falta de água tratada, ocasionando por vezes problemas de saúde na população. Por isso, a necessidade de se desenvolver um trabalho voltado para esse bem tão precioso para o ser humano, pois sem esse recurso à vida humana e dos outros seres vivos é impossível. O presente artigo relata a implantação de um loteamento popular residencial localizado no município de Apicá, no estado do Espírito Santo, dispendo de um projeto de sistema de abastecimento de água potável que abastecerá 30 residências, com uma população de 150 pessoas, com previsão futura de até 360 habitantes. O objetivo do mesmo é de proporcionar uma melhor qualidade de vida e um melhor desenvolvimento social, com características químicas, físicas e biológicas indispensáveis, de modo a oferecer água limpa, segura e tratada. Para tanto, foram realizados estudos, visitas ao local e o dimensionamento das redes para a realização desse importante futuro empreendimento. Conclui-se que, esse sistema de abastecimento urbano dimensionado suprirá as necessidades dessa comunidade com quantidade e qualidade suficientes.

Palavras-chave: água potável. loteamento. abastecimento. vida.

ABSTRACT

When carrying out the study of the importance of water and the basic good for survival, it is perceived that this need comes from the beginning of human understanding, taking important steps for the development of the necessary infrastructure to live with comfort, health and leisure. Water is a right of all and for all, it is warranted in the Federal Constitution of 1988, but nowadays, Brazil still needs significant advances related to the lack of treated water, sometimes causing health problems in the population. Therefore, the need to develop a work focused on this precious good for the human being, because without this recourse to human life and other living beings is impossible. This article reports the implementation of a popular residential subdivision located in Apicá town, in the state of Espírito Santo, having a project of a drinking water supply system that will supply 30 homes, with a population of 150 people, with a future forecast of up to 360 inhabitants. The objective of it is to provide a better quality of life and better social development, with indispensable chemical, physical and biological characteristics, in order to offer clean, safe and treated water. To this end, studies were done, site were visited and the sizing of the networks for the realization of this important future enterprise were carried out. It is concluded that this dimensioned urban supply system will meet the needs of this community with sufficient quantity and quality.

Keywords: drinking water. subdivision. supply. life.

INTRODUÇÃO

O acesso a água limpa e segura é um direito humano indispensável, fundamental, universal e extremamente essencial para à vida com dignidade como “condição para o gozo pleno

da vida e dos demais direitos humanos”. (Resolução 64/A/RES/64/292, de 28.07.2010).

Em países subdesenvolvidos como é o caso do Brasil, grande parte de sua população não tem acesso ou tem um acesso precário ao saneamento e também à água potável. Tal problemática impacta diretamente na ocorrência de doenças que poderiam ser prevenidas com o fornecimento de água de qualidade, condição indispensável para uma melhor qualidade de vida dos cidadãos. (CESAR *et al.*, 2019, p.13).

Com efeito, a água é sem dúvidas considerada um bem de primeira necessidade humana. A mesma é utilizada para diversos usos bem como para tomar banho, cozinhar, limpeza doméstica e consumo. Razão essa pela qual a sua falta compromete em massa esses usos cotidianos, expondo às pessoas a riscos de enfermidades graves, como, também, limitando uma boa saúde, o desenvolvimento de projetos pessoais de vida e novas perspectivas. (CESAR *et al.*, 2019, p.13).

Se tratando da importância da água para a sobrevivência da vida, torna-se fundamental, ao pensar em um projeto de loteamento, por exemplo, a implantação de redes, como água, esgoto e drenagem urbana para atender à necessidade da população. Um loteamento bem planejado deve atender aos índices urbanísticos definidos pelas leis federais, estaduais e municipais.

No Brasil a lei que regulamenta um loteamento para fins urbanos é a lei federal 6766/79 que define loteamento como a subdivisão de glebas (lotes) destinado à edificação, com novas vias para circulação, logradouros públicos ou prolongamento, ampliação ou modificação de vias existentes (BRASIL, 1979).

O município de Apicá, é uma pequena cidade localizada no Sul do Estado do Espírito Santo. Já foi considerada uma das cidades mais calma e segura para se viver, com uma população relativamente pequena, e de grande parte idosa. O município tem grandes terras rurais e com isso, a grande massa trabalhadora da cidade é encontrada nos campos e geralmente esse trabalho é feito de forma manual, com grandes colheitas e criações de animais que são comercializados na própria cidade e em outros municípios próximos.

Com isso, a pesquisa realizada pelo IBGE no ano de 2021, mostrou que no município de Apicá vive uma população de aproximadamente 7.542 pessoas, sendo dessa população, cerca de 32,5% carente. A cidade conta com uma extensão territorial de 193.984 km², e é o 4º município do estado com menor população. Tem como sua principal atividade, a agricultura, o plantio e colheita de café em grande escala nos campos rurais (IBGE, 2021).

As primeiras casas populares da cidade foram construídas entre os anos de 2003 a 2007, e foram ofertadas à população cerca de 65 casas, aproximadamente. Como citado acima, cerca de 32,5% da população apicaense vive uma realidade de carência, e parte disso é suprido com auxílio de aluguel social e casas populares ofertadas pelo estado e município. (PREFEITURA DE APIACÁ, 2022).

Através do Programa nossa casa, do governo do estado, em 2021 foi firmada a construção de 30 moradias sociais, contendo toda infraestrutura básica necessária para uma melhor qualidade de vida. Na figura 1 mostrada a seguir, está localizado o loteamento no bairro José Mendes contendo uma extensão de 7.000,00 m² onde serão realizados os projetos de rede de água potável e de engenharia civil dos lotes.

Figura 1 - Gleba para construção das habitações sociais.



Fonte: Earth (2022)

O presente artigo tem por objetivo realizar um projeto de implantação de rede de água potável e de engenharia civil em um loteamento localizado na cidade de Apicá /ES, com o intuito de abastecer as 30 habitações que o município junto com o governo do estado poderá fornecer para a população local, de modo a promover um melhor desenvolvimento social e uma melhor qualidade de vida com água tratada para a população.

No apêndice I serão demonstrados os cálculos de projetos e as diretrizes para construção das moradias e as medidas necessárias para implantação no loteamento, sendo realizado o projeto de rede de água potável de ambos apresentando, também, o projeto de engenharia civil dos lotes.

Nesse contexto, o trabalho mostrará como o estudo do tema é relevante para o curso de engenharia civil já que um loteamento com todas suas implicações, projetos e necessidades é de fundamental importância no que tange a formação do engenheiro civil, para o desenvolvimento das cidades e melhor infraestrutura urbana de uma localidade.

EMBASAMENTO TEÓRICO

A compreensão da importância da engenharia civil dentro da sociedade e do desenvolvimento mundial, perpassa de como esse papel é percebido pelos diversos segmentos na concepção de que as construções como um todo, fazem parte de um processo histórico da humanidade, constituída de significados indissociáveis dentro dos perímetros considerados relevantes para o desenvolvimento total do cidadão. Com isso é perceptível a necessidade de se viver com qualidade de vida e sempre priorizando a saúde do todo, sendo fundamental o desenvolvimento da infraestrutura da humanidade para se viver com conforto e lazer (EBAPE.BR, 2014).

Parcelamento do solo

O parcelamento do solo é definido pela lei federal de nº 6766/79 e trata-se de divisões de terras em unidades independentes, com vistas à edificação, podendo ser realizada na forma de desmembramento ou loteamento dependendo da aprovação do município. A mesma define desmembramento como sendo a subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, com aproveitamento do sistema viário existente, desde que não implique na abertura de novas vias e logradouros públicos, nem no prolongamento, modificação ou ampliação dos já existentes.

Ainda se tratando de loteamento, o Art 2º da lei federal N° 6766/79 discorre sobre a infraestrutura básica que as zonas habitacionais de interesse social (ZHIS) deverá constar, no mínimo, os dispostos no §§ 6º deste artigo: vias de circulação, escoamento das águas pluviais, rede de abastecimento de água potável e soluções para o esgotamento sanitário e para a energia elétrica domiciliar.

O Art. 3º, parágrafo único da mesma lei citada acima apresenta locais proibidos para o parcelamento bem como:

- I - Em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;
- II - Em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;
- III - Em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;
- IV - Em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;
- V - Em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

Já segundo o Art. 4º os loteamentos deverão atender, pelo menos, aos seguintes requisitos:

- I - As áreas destinadas a sistemas de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público, serão proporcionais à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou aprovada por lei municipal para a zona em que se situem;
- II - Os lotes terão área mínima de 125 m² (cento e vinte e cinco metros quadrados) e frente mínima de 5 (cinco) metros, salvo quando o loteamento se destinar a urbanização específica ou edificação de conjuntos habitacionais de interesse social, previamente aprovados pelos órgãos públicos competentes;
- III - Ao longo das faixas de domínio público das rodovias, a reserva de faixa não edificável de, no mínimo, 15 (quinze) metros de cada lado poderá ser reduzida por lei municipal ou distrital que aprovar o instrumento do planejamento territorial, até o limite mínimo de 5 (cinco) metros de cada lado.
- IV - As vias de loteamento deverão articular-se com as vias adjacentes oficiais, existentes ou projetadas, e harmonizar-se com a topografia local.

Um loteamento deve atender aos requisitos mínimos e urbanísticos inseridos na lei federal de nº 6766/79, no Plano Diretor e no Código de obras de cada município, de modo a gerir um estudo do terreno para a implantação dos lotes.

Saneamento básico no Brasil

Segundo o Ministério da Saúde (2002), saneamento básico pode ser caracterizado por um conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar a salubridade ambiental. Outra definição para saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social. (GUIMARÃES *et al.*, 2007).

A Lei Federal do Saneamento Básico (a Lei Ordinária N° 11.445) define saneamento como o “conjunto de infraestruturas e instalações operacionais e serviços de: sistema de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, coleta, tratamento e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais. (PORTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, online).

De acordo com o Instituto Nacional de Geografia (IBGE) cerca de 98% dos brasileiros possuem acesso a água potável, porém cerca de 17% da população ainda não possui água encanada, sendo utilizado cisternas, açudes e rios acarretando em diversos tipos de doenças e impactando na saúde e na qualidade de vida. Apesar do abastecimento de água serem favoráveis (98%) ainda não existe uma política em torno da qualidade da água que chega nas residências. (AZEVEDO e PRELLWITZ, 2018, p.27).

O principal objetivo do saneamento básico é promover qualidade de vida à população e proteger o meio ambiente por meio de destinos adequados projetados por profissionais habilitados.

Abastecimento de água potável

O Sistema de abastecimento d'água é um serviço público constituído de um conjunto de obras, instalações sistemas hidráulicos e serviços responsáveis pelo suprimento de água para atendimento das necessidades da população de uma determinada comunidade. (AZEVEDO e PRELLWITZ, 2018, p. 53).

A água é captada nos mananciais e também nos reservatórios, tratada e dividida por vários reservatórios, sendo então entregue às residências pela rede externa de abastecimento. Os domicílios por sua vez têm a necessidade de depositar a água, tem-se, portanto, a rede interna de abastecimento, constituída de ramais derivados da primeira. (AZEVEDO e PRELLWITZ, 2018, p. 53).

Existem ainda locais onde o abastecimento de água não é contínuo, sendo necessário, portanto o armazenamento domiciliar para consumo. Esses depósitos domiciliares são reservas, para o caso de falhas eventuais ou acidentais, ou ainda nos períodos de insuficiência. (AZEVEDO e PRELLWITZ, 2018, p. 53).

Um projeto de sistema de abastecimento requer estudos aprofundados e também mão-de-obra especializada por profissionais habilitados. É necessário o estudo da população a ser atendida no loteamento bem como sua taxa de crescimento e necessidades domésticas. (DUARTE, 2016 *apud* TSUTIYA, 2006).

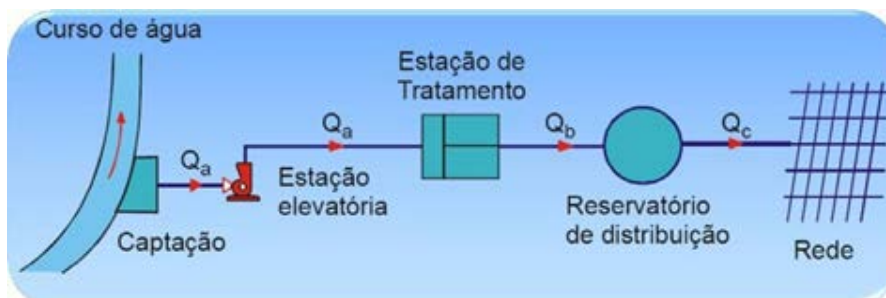
A partir de todas as informações obtidas no estudo aprofundado, o sistema de abasteci-

mento de água potável é realizado de modo a atender a um horizonte de projeto, que depende de diversos fatores como sua vida útil, custo da obra, revolução da demanda de água, flexibilidade na expansão futura do sistema e fatores ligados ao estudo do crescimento populacional. (DUARTE, 2016 *apud* TSUTIYA, 2006).

Redes de distribuição

É parte de um sistema de abastecimento que tem por finalidade alimentar uma cidade, um loteamento ou até mesmo uma indústria de modo a levar água potável para todos em pressões adequadas aos diversos pontos de consumo existentes: público, uso doméstico e industrial. As redes de distribuição são formadas por conjunto de órgãos, acessórios e condutos, sendo sustentado por reservatórios. (DUARTE, 2016).

Figura 2 - Esquema de um sistema de abastecimento de água



Fonte: Fernandes Renato, online.

METODOLOGIA

Foram abordados aqui os métodos de cálculos de cada etapa e os parâmetros que serão utilizados para o desenvolvimento do presente trabalho, de acordo com as normas técnicas descritas durante o mesmo. A ferramenta utilizada para a realização dos projetos foi o software AutoCAD, juntamente com a ferramenta de auxílio Excel, que foi um complemento aos cálculos para desenvolvimento da rede de água.

Normas Legais

A ABNT NBR 12218:2017 informa sobre as informações relevantes para implantação da rede pública de água para abastecimento do local solicitado.

NBR 12218:2017, uma Rede de Distribuição de Água (RDA) é a “unidade do sistema de abastecimento constituída de tubulações, componentes e equipamentos acessórios, destinada a disponibilizar água potável aos consumidores” (ABNT/NBR, 2017). Ainda na NBR 12218:2017 estabelece os requisitos específicos para diversos parâmetros, que dentro dela encontram-se todos exemplificados de acordo com a necessidade de cada coisa para suas devidas instalações e necessidades.

De acordo com a NBR 12218/2017 para realizar o dimensionamento é necessário definir as etapas de execução da rede e das correspondentes vazões de distribuição, estabelecer o perímetro de área a ser abastecido e dimensionar os condutos. Portanto é imprescindível a realização dos cálculos a seguir.

Fórmulas para implantação da Rede de Água Potável do loteamento

Esse tópico foi realizado conforme às normas técnicas citadas anteriormente, com as fórmulas de implantação da rede e auxílio de uma planilha Excel anexada no apêndice 1 desse artigo.

Consumo médio por pessoa

Ao iniciar os estudos para implantação de rede de água do loteamento, foi necessário definir inicialmente a quantidade média de pessoas que usarão do reservatório instalado, após a definição do quantitativo de pessoas, foi de grande importância identificar o consumo per capita por pessoa para essa região, no caso em estudo, para o loteamento onde habitará 30 famílias. Para isso, foi determinado o consumo médio por pessoa/dia de duas formas, através das fórmulas citadas abaixo ou pela tabela 1 anexada a seguir:

$$q = \frac{V}{365 \times P}$$

Onde,

Q = consumo per capita (l / hab. dia).

V = volume de água distribuído anualmente.

P = população de uma determinada região.

$$Cm = Q \times P \times 365 \text{ dias}$$

Onde,

Cm= Consumo per capita por pessoa.

P= população de uma determinada região.

365 é a quantidade de dias que tem em um ano.

Tabela 1 – Tabela de demanda e consumo

Natureza do consumo	%	Mínimo ℓ/hab·dia	Médio ℓ/hab·dia	Máximo ℓ/hab·dia
Doméstica	47%	57	132	189
Comercial e industrial	40%	38	114	379
Pública (privada e estado)	13%	19	38	57
Subtotal	100%	114	284	625
Água não medida	25%	38	94	132
Total	125%	152	378	757

Fonte: Livro manual de hidráulica 9° edição, 2015.

Consumo diário

Em seguida, foi necessário determinar o consumo diário, que é dado em litros por dia, e assim, para esse cálculo foi necessário multiplicar o consumo médio per capita, mencionado

anteriormente, pela população local estudada, tendo a seguinte equação:

$$Cd = q \times P$$

Onde,

Cd= Consumo diário.

Q= Consumo médio per capita.

P= População local.

Volume diário

Para definir o tamanho do reservatório, foi necessário determinar o volume diário de água que será gasto pela quantidade de pessoas que ali habitam, e com isso o cálculo foi realizado usando a fórmula abaixo:

$$V = Cd \times K1$$

Onde,

V= Volume diário (L/dia);

Cd= Consumo diário (L/dia);

K1= Coeficiente do dia de maior consumo.

OBS: K1 e K2= são coeficientes utilizados para compensar o dia e horário de maior consumo, seus valores variam, mas geralmente é adotado K1= 1,2 e K2= 1,5.

Volume Reservado

Para a realização do volume de água reservado no reservatório, foi utilizado a seguinte fórmula:

$$Vr = V \times N^\circ$$

Onde:

Vr = Volume reservado;

V= Volume diário (L/dia);

N° = Número de dias de consumos contidos no reservatório.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Implantação da Rede de Água Potável

Após todos os estudos e análises realizados durante o artigo, foi possível chegar aos resultados da pesquisa, e através dela, foi elaborado o projeto de rede de água potável do loteamento, de acordo com anexos encontrados no apêndice ao final do mesmo.

Ao efetuar a pesquisa, observou-se que foi necessário realizar um passo a passo de cálculos para o dimensionamento, e este se trata do seguir:

- Primeiramente foi definido quais as dimensões dos tubos que foram usados na rede de água e o tipo de material. No caso do loteamento em Apiacá, foram usados tubos de PVC com diâmetro de 50 mm, sendo esse, o material fundamental para implantação da Rede.
- As velocidades do fluido nos tubos como determina a norma técnica ficou mais ou menos entre de 0,6 m/s (mínima) e 3,5 m/s (máxima).
- Em seguida, foi definido os próximos passos, onde esses, serão detalhados nos próximos tópicos.

População

Para fim dos devidos cálculos, estimou-se uma população para a área em análise, sendo assim, como serão construídas 30 casas sociais para a população local de Apiacá, foi adotado, para cada unidade, 5 pessoas por imóvel, totalizando assim uma população de 150 pessoas. Mas, considerando o aumento populacional, foi adotado uma população futura, sendo considerado um reservatório que possa abastecer até 360 pessoas naquele local.

Cálculo inicial:

$$Pop = n^{\circ} \text{ pessoas} \times n^{\circ} \text{ lotes}$$

$$Pop = 5 \times 30$$

$$Pop = 150 \text{ pessoas}$$

População adotada: 360 pessoas.

Consumo médio por pessoa

De acordo com a tabela 1 anexada anteriormente na página 10 desse artigo, foi necessário identificar o consumo doméstico do local, para assim, definir o consumo médio por pessoa/dia para a instalação do reservatório.

Como identificado na tabela, pode-se determinar um consumo médio por pessoa/dia no loteamento entre 150 a 200 l/hab, sendo esse valor, considerado um consumo doméstico para cidades consideradas “pequenas”. Após definir o melhor número para o local, considerou-se um consumo de 200 l/hab, levando sempre em consideração os dias de maior temperatura e maior uso do reservatório. A fórmula se encontra abaixo:

$$q = 200 \frac{l}{hab}$$

Consumo diário

Após definir o consumo por pessoa do local, determinou-se o consumo diário em litros, para assim, dimensionar o tamanho necessário do reservatório para abastecer o loteamento dia-

riamente. Como mencionado anteriormente, os cálculos foram determinados através da quantidade máxima de pessoas já definidas no tópico 4.1.1, levando em consideração uma população de 360 pessoas.

$$Cd = q \times P$$

$$Cd = 200 \times 360 \rightarrow 72.0000l$$

Sendo assim, para uma população de 360 pessoas com uma média de consumo de 200 l/hab, o consumo máximo foi de 72.000 litros de água.

Volume diário

Logo após, foi realizado o cálculo para determinar o volume diário de água gasto pela população, através do seguinte cálculo:

$$V = Cd \times K1$$

$$V = 72.000l \times 1,2$$

$$V = 86.400 \text{ l/dia}$$

Isso significa que o volume de água necessário para abastecer essa população, considerando o dia e o horário de maior consumo, foi de 86.400 litros.

Volume Reservado

Para o volume reservado, foi realizado o cálculo sobre o volume necessário para abastecer a população, por dois dias consecutivos, caso ocorra possíveis falta de água no sistema público, sendo necessário um reservatório capaz suprir a necessidade das residências. O resultado encontrado se encontra no cálculo a seguir: $Vr = V \times N^\circ$

$$V/r = 86.400l \times 2$$

$$Vr = 172.800 \text{ l}$$

Foi dimensionado um reservatório que seja capaz de suprir um volume de 172.800 l de água para o loteamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao início desse artigo, foi definido objetivos a serem alcançados ao longo do desenvolvimento do trabalho, dentre eles está o projeto para implantação de rede de água potável para um loteamento localizado na cidade de Apicá no bairro José Mendes. Esse local se trata de um loteamento para construção de casas populares na região, onde serão oferecidas para a população carente do município.

Ao longo da pesquisa, foram feitas análises para oferecer a essa comunidade uma melhor qualidade da água e das casas ofertadas, fugindo um pouco da construção padrão dos imóveis sociais, buscando um melhor conforto para as famílias residentes.

A partir dos resultados encontrados na pesquisa, pode-se concluir, que é de grande im-

portância a análise e os cálculos corretos para se chegar em um projeto de excelência, sendo possível chegar em resultados de construção e implantação sem erros de execução, como é possível observar em várias obras realizadas sem os devidos estudos.

A partir desses cálculos foram encontradas soluções para que seja mantido o maior consumo e qualidade possível da população, mesmo que, ao passar dos anos essa população cresça, foi possível observar que não haverá falta da água para este local e que foi projetado da melhor forma possível de forma a atender a demanda do local. Em anexo nos apêndices a seguir, encontra-se o projeto de implantação da rede de água potável, e junto a ele, a planilha usada como auxílio para os resultados desenvolvidos.

REFERÊNCIAS

Apiacá receberá 30 novas casas populares. PREFEITURA DE APIACÁ, 2021. Disponível em: < <https://apiaca.es.gov.br/>>. Acesso em: 15 mar. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12218:2017. Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

AZEVEDO, Afonso; PRELLWITZ, Marta. SANEAMENTO AMBIENTAL. Itaperuna, 2018. Disponível em: https://afya.instructure.com/courses/42429/files/6423707?module_item_id=1836730. Acesso em: 14.set.2022.

BRASIL. LEI n° 6766/1979, de 19 de maio de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm. Acesso em: 10.ago. 2022.

CANTEIRO DE ENGENHARIA. Sistema de abastecimento de água. Disponível em: <https://canteirodeengenharia.com.br/2021/08/18/sistema-de-abastecimento-de-agua/>. Acesso em: 19.set.2022.

CESAR, Caio. ABDALA, Lucas. KRESKI, Stephani. ÁGUA POTAVÉL E SANEAMENTO. PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO, 2019. Acesso em: 25.out.2022. Disponível em: https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/eventos/bisus/1agua_potavel_saneamento.pdf.

CUSTÓDIO, Regina Aparecida. NA TERRA, Distribuição das Águas.

DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA TERRA. Maringá, PR; 2018.

DUARTE, Bruno. OS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA DA GRANDE JOÃO PESSOA E A ESPACIALIZAÇÃO DAS ÁREAS ABASTECIDAS. Orientador: Prof. Dr. Clovis Dias. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

FREITAS, Carlos Cesar Garcia; SEGATTO, Andrea Paula. Ciência, tecnologia e sociedade pelo olhar da Tecnologia Social: um estudo a partir da Teoria Crítica da Tecnologia. Cadernos EBAPE. BR, v. 12, p. 302-320, 2014.

GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA. SANEAMENTO BÁSICO. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%2020179/Cap%201.pdf>. Acesso em: 06.set.2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censos 2010. Cidades IBGE, Apicá/ES. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/apiacá/panorama>. Acesso em: 04 de out. de 2021.

MOTA, NICHOLAS; VALLE, RAPHAEL. APOSTILA DE AUTOCAD MÓDULO

BÁSICO. Universidade Federal de Juiz de Fora Faculdade de Engenharia, Juiz de Fora, 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Saneamento. 2002. Brasília. Disponível em: <https://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/publicacoes/saneamento.pdf>. Acesso em: 25. out.2022.

NETTO, José Martiniano de A.; FERNÁNDEZ, Miguel Fernández Y. Manual de hidráulica. Editora Blucher, 2015. E-book. ISBN 9788521208891. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521208891/>. Acesso em: 04 nov. 2022.

O Parcelamento do Solo para Fins Urbanos. Disponível em: https://urbanismo.mppr.mp.br/arquivos/File/Parcelamento_Final.pdf. Acesso em: 01.03.2022.

Programa da Década da Água da ONU-Água sobre Advocacia e Comunicação (UNW-DPAC). O Direito Humano à Água e Saneamento. Acesso em: 03.set.2022. Disponível em: https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf.

Resolução da Assembleia Geral da ONU, 2010. Disponível em: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292. Acesso em: 18.set. 2022.

SANTOS, Clayton Ferreira. Planilha Eletrônica (Excel). Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, 2011.

SOARES, Amaral. ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: integrando uma disciplina na prestação de serviço especializado. Ilha Solteira, SP. Acesso em: 25.out.2022. Disponível em: https://www.feis.unesp.br/Home/Instituicao/administracao/cpeu550/rf_agua_consumo_humano_2015_1.pdf.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. 3a. Edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2006.

APÊNDICES

Apêndice 1

Captação

1 CAPTAÇÃO

1.1 Demanda e Consumo

Consumo doméstico: 200 (l/pessoa*dia) Cidades Pequenas (Zarvoski Neto, 2015)

População atual: 360 pessoas

População 2010: 7512 PGE

População est. 2021: 7540 PGE

Tempo entre datam.: 30 anos

Taxa de crescimento: 0,000398645

Período: 30 anos (geralmente em 20 anos)

Futação prevista: 363 pessoas

Demanda doméstica: 72600 l

Demanda diária: 72600 l

Bombamento diário: 8 h

Vazão Média: 2,52083333 l/s

k1: 0,000000000

Coeficiente do dia de maior consumo: Entre 1,1 e 1,4

Coeficiente da hora de maior consumo: Aumenta 50%

Vazão do dia de maior consumo: 3,025 l/s

Vazão do dia e hora de maior consumo: 4,5375 l/s

1.2 Reservação

Consumo diário: 72600 l/dia

k2: 1,2

Volume Diário: 87120 l/dia

Número de dias Reservados: 3 dia

Volume Reservado: 24240 l

Alimentador DN (mm): 50 mm

Estressor DN (mm): 75 mm

Limpeza DN (mm): 75 mm

Coeficiente do dia de maior consumo

Consumo no dia de maior consumo

Número de dias de consumo contidos no reservatório

Litros

Diâmetro da tubulação alimentadora do reservatório

Diâmetro da tubulação do estressor

Diâmetro da tubulação do Limpeza

Sempre uma medida acima

1.3 Distribuição

Pressão Máxima: 50 mca

Pressão Mínima: 10 mca

Velocidade Mínima: 0,6 m/s

Velocidade Máxima: 1,5 m/s

Demanda diária: 72600 l

População a ser atendida: 363 Pessoas

Extensão da Rede: 254,87 m

k1: 1,2

k2: 1,5

Consumo médio/pessoa: 200 litros

Vazão de Distribuição: 0,00690662 l/s/m

Pressão Estática

Pressão Dinâmica

Coeficiente do dia de maior consumo

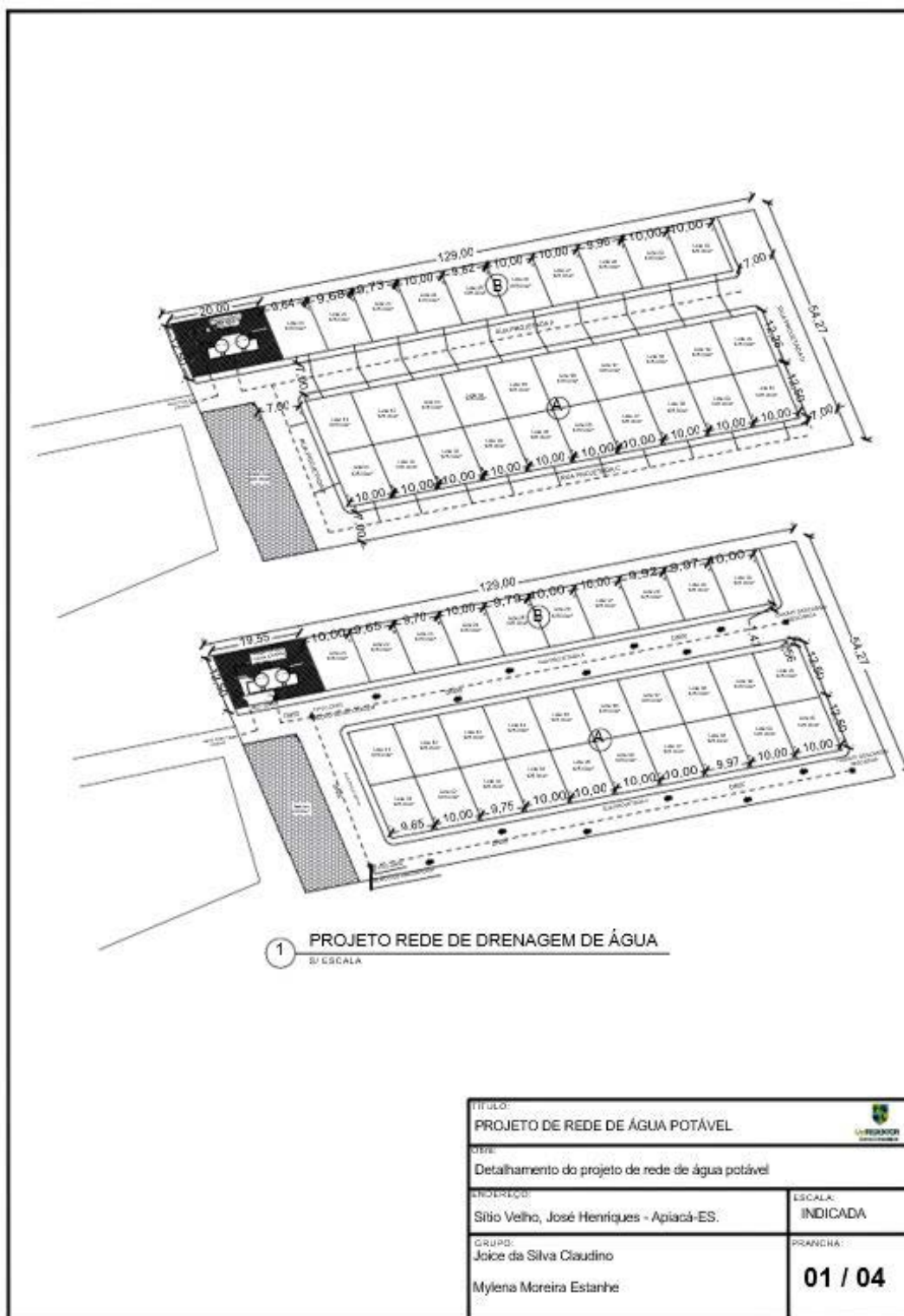
Consumo total/população

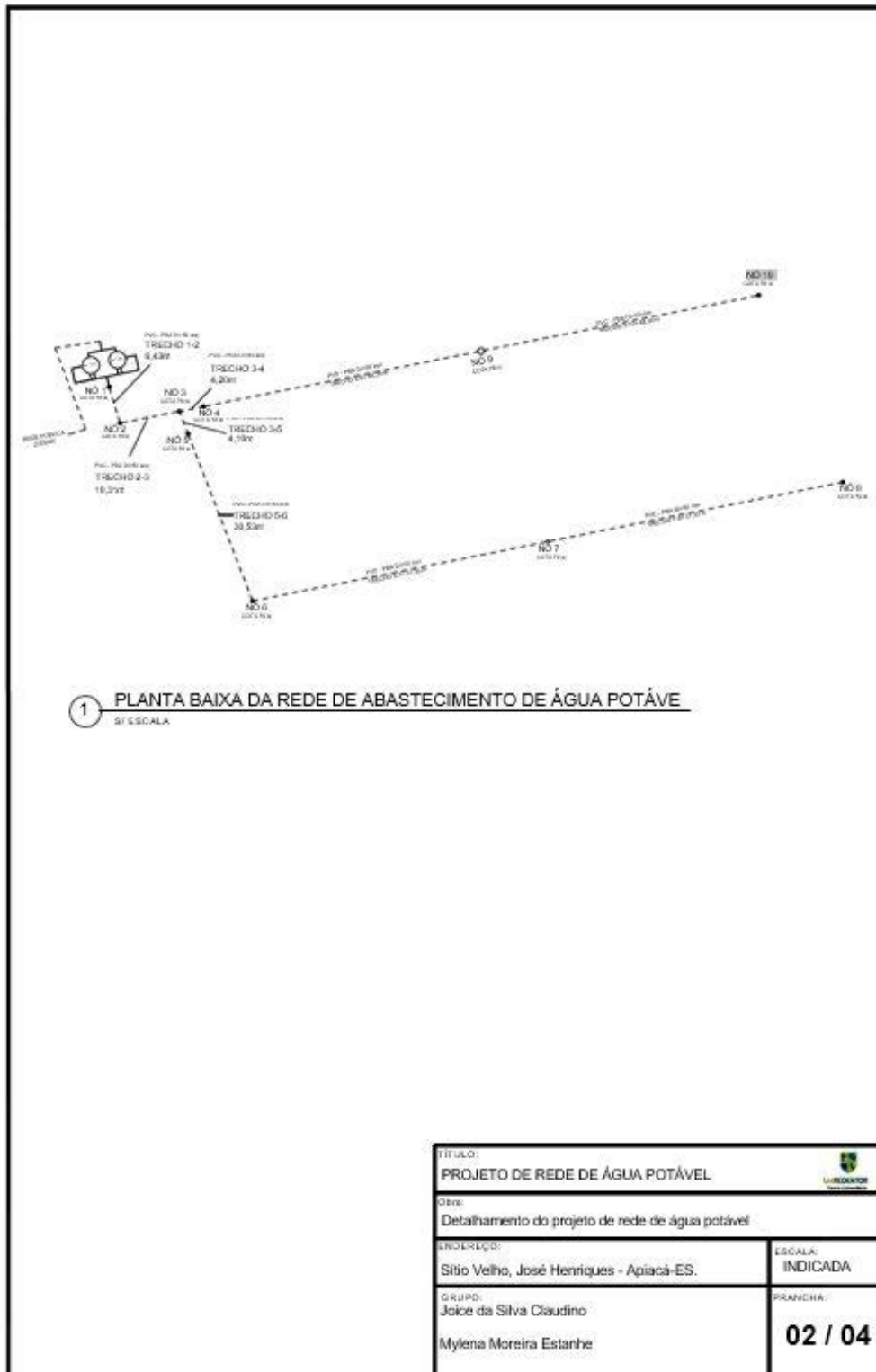
Vazão do dia e hora de maior consumo/metro de rede

Vazão específica relativa à extensão da rede

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA																	
LOCALIZAÇÃO DO TUBULADO		PROFUND.		CREARQ.		DESCRIÇÃO											
Rua	Trecho	Comprimento	Vazão (l/s)			Diâmetro		VELOCIDADE			Cota		Cota do Terreno (m)		Pressão Disponível		Observações
	m	A Jusante	em entrada	A Montante	PIEZOM.	REN.	REN.	m/s	Piezométrica a Montante (m)	Perda de Carga (m)	Cota Piezométrica a Jusante (m)	A Montante	A Jusante	A Montante	A Jusante		
Rua Primavera C	TR0000-738	31,30	0,111	0,111	0,122	0,067	0,05	0,24	91,189	0,149	91,338	78	78	14,190	12,641	HAMÍCA-S&O DO TRECHO 1	
Rua Primavera B	TR0000-739	4,1	0,022	0,025	0,047	0,025	0,05	0,22	91,203	0,074	91,129	78	78	14,204	13,130	HAMÍCA-S&O DO TRECHO 2	
Rua Primavera B	TR0000-739	40,5	0,047	0,109	0,027	0,040	0,05	0,26	91,228	0,101	91,127	78	78	14,204	12,634	HAMÍCA-S&O DO TRECHO 2	
Rua Primavera A	TR0000-739	40,2	0,099	0,209	0,209	0,140	0,05	0,27	91,228	0,209	91,019	78	78	10,000	10,000	HAMÍCA-S&O DO TRECHO 1	
Rua Primavera A	TR0000-739	40,2	0,099	0,209	0,089	0,129	0,05	0,22	91,160	0,120	91,040	78	78	10,160	10,020	HAMÍCA-S&O DO TRECHO 1	
Rua Primavera A	TR0000-739	4,2	0,089	0,025	0,111	0,099	0,05	0,30	91,171	0,012	91,183	78	78	10,171	10,190	HAMÍCA-S&O DO TRECHO 1	
Rua Primavera A	TR0000-739	10,41	0,022	0,062	0,020	0,068	0,05	0,44	91,228	0,020	91,171	78	78	10,229	10,171	HAMÍCA-S&O DO TRECHO 1	
Rua Primavera A	TR0000-739	6,43	0,099	0,039	0,034	0,014	0,05	0,47	91,200	0,039	91,161	78	78	10,209	10,230	HAMÍCA-S&O DO NEGATV.	
Parâmetros de Projeto:		254,87	1,558														
Velocidade Máxima:		1,562 m/s															
Comprimento total de rede:		254,87 m															
Vazão por metro de canalização:		0,00690661 l/s/m															
Coeficiente Hazen-Williams C:		140															

488.22






RELAÇÃO DE MATERIAL					
REDE DE DISTRIBUIÇÃO					
ITEM	DESCRIÇÃO	CÓDIGO	MAT.	UNID.	QUANT.
01	Tubos de Rede de água	DN50	PVC	metros	252,50
02	Descarga	Descarga	Ferro	peças	02
03	Registro de gaveta	RG - DN50mm	Ferro	peças	01
04	Tê PVC	T - PVC - DN50	PVC	peças	01
05	Bloco de ancoragem	Bloco de Ancoragem	Concr.	UN	02
06	Caixa para Registro	Caixa Registro	Alven.	UN	01
07	Caixa para Descarga	Caixa p/ Descarga	Alven.	UN	02

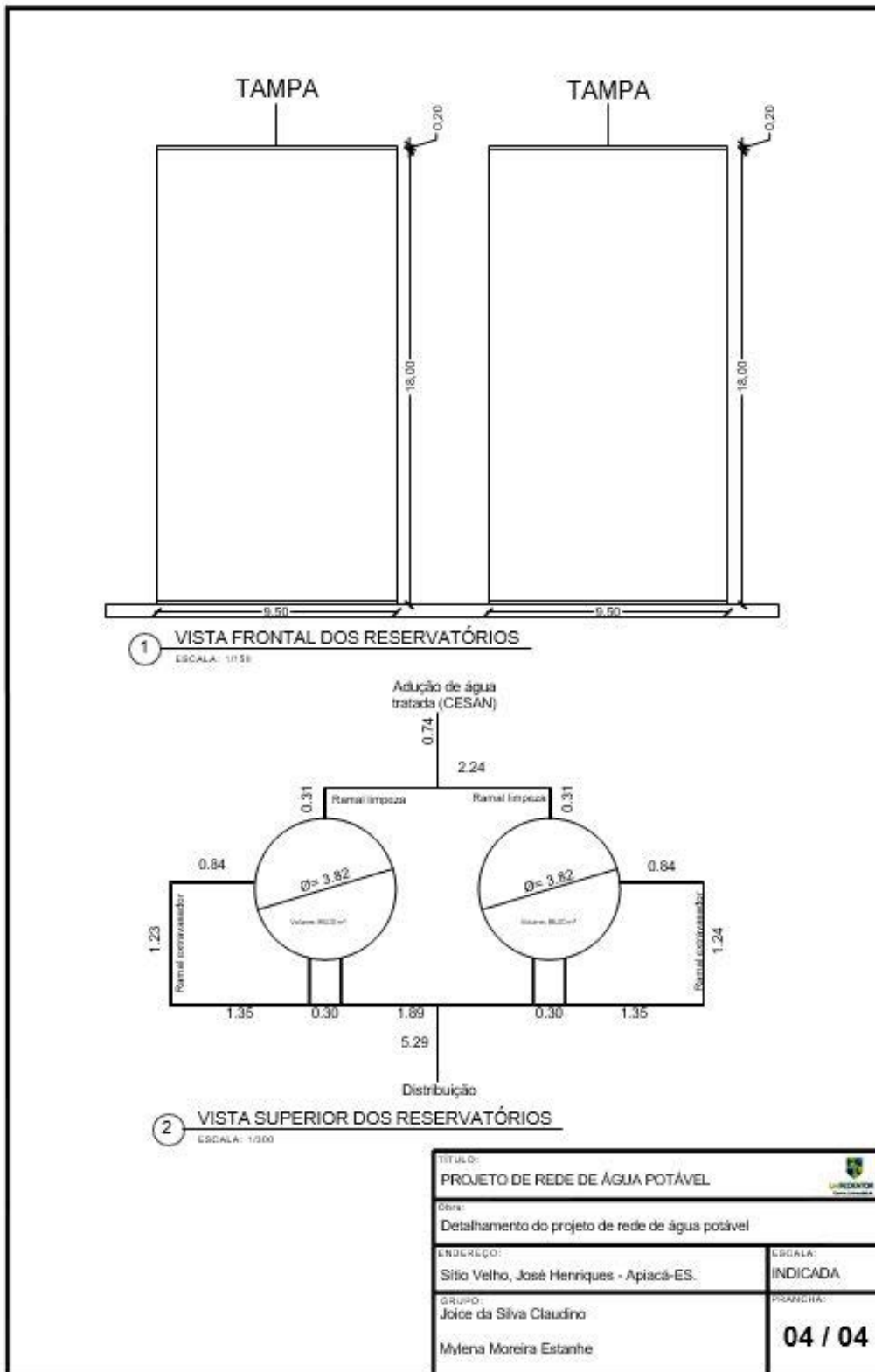
QUADRA A		QUADRA B		ÁREAS	
LOTE	Área/m ²	LOTE	Área/m ²		
01	125,00m ²	21	125,00m ²	DOS LOTES= 4.000,00m ²	
02	125,00m ²	22	125,00m ²	DOMÍNIO PÚBLICO= 3.000,00m ²	
03	125,00m ²	23	125,00m ²	DO LOTEAMENTO= 7.000,00m ²	
04	125,00m ²	24	125,00m ²		
05	125,00m ²	25	125,00m ²		
06	125,00m ²	26	125,00m ²		
07	125,00m ²	27	125,00m ²		
08	125,00m ²	28	125,00m ²		
09	125,00m ²	29	125,00m ²		
10	125,00m ²	30	125,00m ²		
11	125,00m ²				
12	125,00m ²				
13	125,00m ²				
14	125,00m ²				
15	125,00m ²				
16	125,00m ²				
17	125,00m ²				
18	125,00m ²				
19	125,00m ²				
20	125,00m ²				

ÁREA DOS LOTES	
QUADRA A=	2.500,00m ²
QUADRA B=	1.250,00m ²
ÁREA CEDIDA P/ CESAN=	250,00m ²
TOTAL=	4.000,00m ²

ÁREA DE DOMÍNIO PÚBLICO	
DAS RUAS, CALÇADAS 3.000,00m ² E ÁREA LIVRE	

LEGENDA	
---	Trçado da Rede de abastecimento
---	Ligação da rede até os imóveis
■	Restrição
■	Área Livre
■	Caixa de Descarga
■	Caixa de registro
■	Bloco de Ancoragem
●	Itô da Rede de Abastecimento

TÍTULO: PROJETO DE REDE DE ÁGUA POTÁVEL		
OBJETO: Detalhamento do projeto de rede de água potável		
ENDEREÇO: Sítio Velho, José Henriques - Apiacá-ES.	ESCALA: INDICADA	
GRUPO: Joice da Silva Claudino Mylena Moreira Estanhe	PRANCHAS: 03 / 04	





Compatibilização de projetos na construção civil – importância e métodos: estudo de caso de uma residência

Abraão Ferreira dos Santos

Graduando em Engenharia Civil na Faculdade de Florianópolis – FAESF

Eduarda de Sousa Paz

Graduando em Engenharia Civil na Faculdade de Florianópolis – FAESF

José Aroldo de Sousa Morais Júnior

Graduando em Engenharia Civil na Faculdade de Florianópolis – FAESF

Luanna de Carvalho Santos

Professora Orientadora

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.141.8

RESUMO

Um edifício em conta com a participação de diversos profissionais, podendo ocorrer falhas durante o processo de execução. Assim, a necessidade de melhorar o processo torna a compatibilização de projetos uma ferramenta essencial para detectar interferências entre as diferentes disciplinas de projeto que compõem a obra e assim melhorar o desenvolvimento do produto final. O nosso trabalho visa expor a importância da compatibilização de projetos na construção civil e problemas futuros que poderiam ser evitados ainda na fase de elaboração dos projetos. Este trabalho é baseado em estudos bibliográficos e de casos, a fim de compreender os conceitos, aplicações e benefícios do BIM na construção civil e detectar as principais interferências em projetos de construção.

Palavras-chave: compatibilização. projetos. construção civil. BIM.

ABSTRACT

A building relies on the participation of several professionals, and failures may occur during the execution process. Thus, the need to improve the process makes project compatibility an essential tool to detect interference between the different design disciplines that make up the work and thus improve the development of the final product. Our work aims to expose the importance of compatibility of projects in civil construction and future problems that could be avoided even in the design phase of the projects. This work is based on bibliographic and case studies, in order to understand the concepts, applications and benefits of BIM in civil construction and to detect the main interferences in construction projects.

Keywords: compatibility. projects. construction. BIM.

INTRODUÇÃO

Embora pouco utilizada, a compatibilização de projetos de engenharia é uma tendência na engenharia civil. Construir um empreendimento requer muitos projetos, incluindo estruturais, hidráulicos, elétricos e arquitetônicos.

Os projetos que compõem a obra costumam ser criados separadamente por vários projetistas. Isso aumenta muito a possibilidade de intervenção durante a fase de execução da construção. A resolução geralmente toma medidas de curto prazo sem investigar minuciosamente o caso, portanto, pode não ser a melhor solução. Essa prática de compatibilização de projeto, ou seja, análise de interferência física dentro de edifícios entre diferentes disciplinas, é necessária para toda construção.

A abordagem de compatibilidade atual é baseada na tecnologia Building Information Modeling (BIM), permitindo que os projetistas trabalhem simultaneamente e se conectem ao mesmo projeto. As ferramentas que usam uma abordagem BIM podem orientar e gerenciar informações de construção durante todo o ciclo de projeto.

Segundo Nascimento (2014), essa incompatibilidade leva ao frequente prejuízo da cons-

trução civil, principalmente relacionado ao desperdício de material. Mas o problema não é apenas a perda de materiais, é mais maquinário, equipamento, mão-de-obra e capital do que você precisa para construir seu negócio.

Os objetivos desse trabalho são entender os conceitos, aplicações e benefícios do BIM na construção, identificar as principais interferências em projetos de construção, aplicar ferramentas BIM para compatibilização de projetos por meio de estudos de caso e avaliar os resultados. A partir de aplicações, metodologia BIM na compatibilização de projetos.

Este trabalho justifica-se, portanto, pela necessidade de conhecimento dos profissionais da construção civil para a adoção de metodologias compatíveis que levem a melhores modelos de projeto.

INICIO DA ENGENHARIA DE PROJETOS NO BRASIL

O desenvolvimento da engenharia procedeu-se simultaneamente ao da civilização humana, visto a necessidade de interligação entre teoria e prática. É difícil estabelecer o início da atividade de engenharia no Brasil, porém, registros mostram que começou de forma desregulada na época colonial com a construção de fortificações e igrejas. (MORAES 2005).

Durante esse período, existiam duas categorias de profissionais da área de engenharia: os oficiais dos engenheiros e os mestres pedreiros, os oficiais dos engenheiros pertenciam aos exércitos de Portugal, que tinham um curso regular, onde as pessoas tinham um domínio sistemático sobre a área, e os mestres, chamados de mestres de risco, que não possuíam nenhum conhecimento científico, pois o conhecimento era transmitido de geração em geração.

A formalização dos cursos de engenharia teve início em dezembro de 1792, com a criação da Real Academia de artilharia, Fortificação e desenho, na cidade do Rio de Janeiro. (PARDAL; LEIZER, 1996).

Hoje a engenharia está presente em todos os ramos da sociedade, contribuindo para o bom funcionamento da vida coletiva à medida que a humanidade evolui e se desenvolve, suas técnicas de engenharia também devem ser desenvolvidas e aprimoradas conforme as necessidades de cada época. Logo, o profissional responsável deve ter um domínio da realidade, levando em consideração questões físicas, sociais e econômicas para a projeção e solução dos problemas relacionados ao contexto atual.

CONCEITO DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Com o crescimento do mercado imobiliário ao longo dos anos, os escritórios de Design e Engenharia que anteriormente cobriam alguns processos criativo passaram a focar em áreas específicas como arquitetura, estruturas e instalações. Inicialmente funcionou porque os profissionais conheciam todas as áreas envolvidas no desenvolvimento da edificação, mas com o tempo, o conhecimento envolvido se tornou mais especializado em sua área e o conhecimento generalizado se perdeu. Picchi (1993) afirma que a compatibilização de projetos se baseia na prática de detectar interferências por sobreposições, além de organizar reuniões com projetistas e coordenar para solucionar obstáculos.

A compatibilidade nada mais é do que a atividade e integração dos projetos de um determinado edifício, visando ajustar uns aos outros, com o propósito de minimizar os conflitos e avançar a execução, otimizar e racionalizar materiais, tempo, mão de obra e manutenção. Inclui o ato de detectar defeitos relacionados e inconsistências físicas dentre os elementos constitutivos da obra. (CALLEGARI, 2007).

Diante da necessidade de novas ferramentas de compatibilização de projetos, a criação da tecnologia BIM pode ser considerada primordial para grandes avanços na resolução de diversos problemas na construção civil. Uma plataforma BIM permite coordenar diferentes projetos, analisá-los em três dimensões e organizá-los para que nenhum elemento esteja no mesmo espaço que outro.

TIPOS DE PROJETOS: ETAPAS PRINCIPAIS

Durante nosso trabalho procuramos abordar os principais tipos de projetos para a construção de um edifício, e também as incompatibilidades que podem ocorrer, incluindo métodos para a resolução dessas incompatibilidades.

Arquitetônico

O projeto arquitetônico é indispensável em qualquer obra, com ele é possível descobriremos a melhor forma de atender as necessidades do cliente, pois nele consta informações como: disposição de cômodos, especificação de materiais, indicação de níveis e todo um sistema construtivo.

O desenvolvimento de um projeto arquitetônico pode ser definido em uma sequência de etapas, que inclui o entendimento das necessidades, o desenho e a competência legal. (SALGADO,2007).

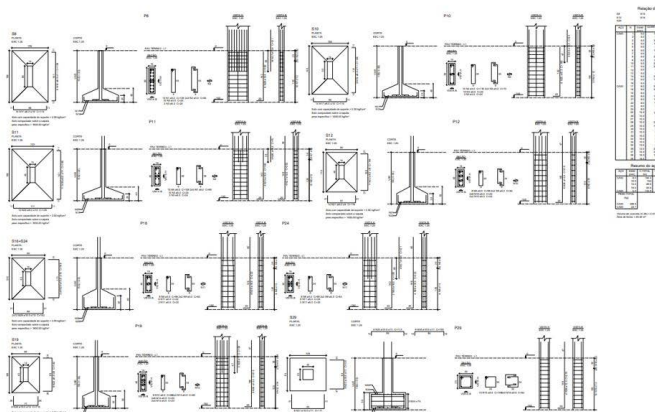
Em cada fase do processo são trabalhadas diferentes partes, com a participação de profissionais específicos em cada uma delas, essas fases devem ocorrer de forma integradas, afim de se evitar consequências futuras.

Estrutural

A finalidade do projeto estrutural é elaborar uma estrutura para todas as necessidades para as quais será produzida, aos critérios de segurança, às situações de uso, às condições à estética, questões ambientais, condições de construção e restrições legais. Ocorre com a conclusão de uma estrutura, ou seja, incluindo todas as suas características gerais, bem como a localização e os detalhes essenciais da construção.

Assim, o engenheiro calculista precisa estudar a fundo para que haja uma racionalização das partes da estrutura de seus componentes, bem como um estudo do solo para possível solução para que sua fundação se adapta ao tipo de projeto em questão.

Figura 2 - Projeto Estrutural



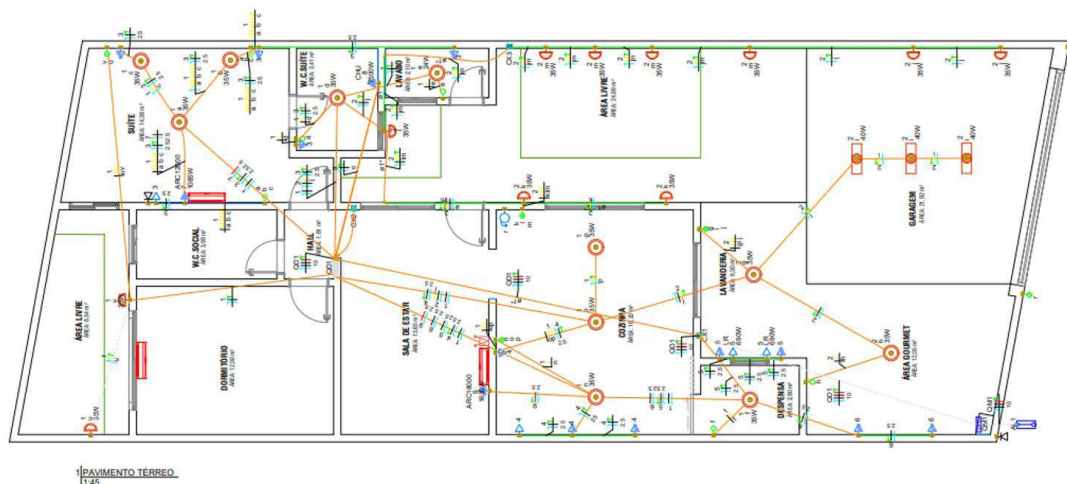
Fonte: Acervo da Angle Engenharia (2022).

Instalações elétricas e hidrossanitárias

Os projetos de instalação consistem na associação de elementos construtivos estabelecendo analogia com os conceitos e técnicas específicas da arquitetura e engenharia, que, quando fazem parte do edifício, desempenham a função de transportar energia, gases, líquidos e sólidos. (NBR 13531:1995).

Durante nossa abordagem trabalhamos com dois tipos de instalações: Elétricas e Hidrossanitárias. O projeto de instalações elétricas visa garantir a proteção do usuário do bem, para garantir o perfeito funcionamento do sistema. Devido a essas necessidades, o projeto deve ser feito por profissionais qualificados, como engenheiro civil ou engenheiro eletricista, vai depender da complexidade do sistema a ser trabalhado. (POMPERMAIER & ROSSI, 2015).

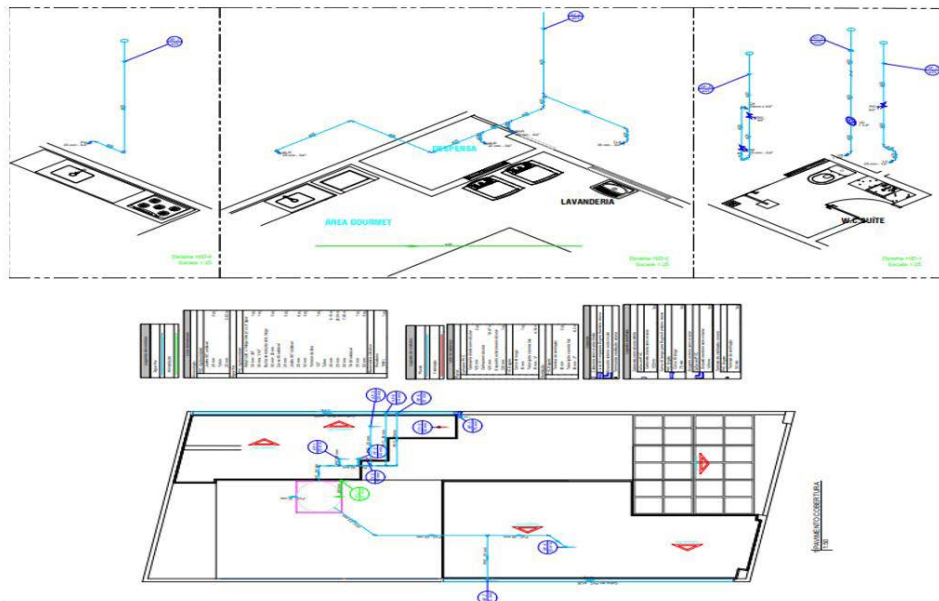
Figura 3 - Projeto de instalações Elétricas.



Fonte: Acervo da Angle Engenharia (2022).

O projeto hidrossanitário é composto pelo sanitário e hidráulico. O projeto sanitário, segundo a NBR 8160:1999, é composto pelo executivo, memoriais descritivos, especificações e quantitativos. O projeto hidráulico, regido pela NBR 5626:1998 assim como o sanitário, deve apresentar projeto executivo, memoriais descritivos, especificações técnicas e quantitativos.

Figura 4 - Projeto de instalações Hidrossanitárias.



Fonte: Acervo da Angle Engenharia (2022).

MÉTODO DE ANÁLISE

Para realizar este trabalho, utilizamos levantamentos bibliográficos e estudos de caso para obter uma base de conhecimento de compatibilização de projetos e atingir todos os objetivos propostos no trabalho.

Segundo Severino, a pesquisa bibliográfica é realizada pelo:

[...] registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc. Utilizam-se dados de categorias teóricas já trabalhadas por outros pesquisadores e devidamente registrados. Os textos tornam-se fontes dos temas a serem pesquisados. O pesquisador trabalha a partir de contribuições dos autores dos estudos analíticos constantes dos textos (SEVERINO, 2007, p. 122).

Pode-se dizer, portanto, que consiste em um conjunto de informações e dados contidos em documentos impressos, artigos, artigos e livros publicados. No estudo de textos e informações, textos e informações são fontes da base teórica da pesquisa e podem contribuir para o desenvolvimento da pesquisa.

Segundo Gil (2007), um estudo de caso caracteriza-se como um estudo aprofundado de um objeto, seja ele um indivíduo, uma organização, um grupo ou um fenômeno, que pode ser utilizado nas mais diversas áreas do conhecimento.

Em outras palavras, um estudo de caso é um método abrangente de pesquisa sobre um determinado tópico, permitindo que você aprenda mais sobre ele. Assim, o nosso trabalho trata-se de uma pesquisa de caráter exploratório.

Estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. (GIL, 2002, p. 41).

Portanto, consiste em realizar pesquisas com o objetivo de familiarizar o pesquisador

com o objeto de pesquisa durante o estudo.

ANÁLISE E RESULTADO

Análises

Os estudos de caso propostos neste trabalho visam avaliar o processo de identificação de conflitos em modelos BIM. Isso é para demonstrar os benefícios da metodologia BIM em termos de compatibilização de projetos e reduções decorrentes de intervenções que possam afetar a construção e a qualidade dos projetos. O modelo usado para estudos de interferência foi fornecido pela construtora 'A'. Este estudo foi realizado analisando as interações entre projetos de arquitetura, construção e instalação geral (elétrica e hidráulica).

Os resultados do teste de identificação são baseados em relatórios gerados para cada execução de teste individual. A análise e os resultados são apresentados neste artigo para cada grupo de áreas enfrentadas. Por vezes relatórios muito extensos não fazem parte deste trabalho.

Levantamento de interferências de projetos

Para agilizar o processo de identificação de interferências e falhas de projeto, precisamos saber antecipadamente sobre os principais problemas comumente encontrados durante a fase de compatibilidade. Esse conhecimento aumenta a eficiência e a velocidade do processo de identificação e permite enfrentar alguns elementos que tendem a atrapalhar.

Como mencionado anteriormente, os estudos de caso se concentram na análise das seguintes áreas da engenharia: estrutural, instalações (hidrossanitárias e elétrica). Portanto, apenas intervenções que incluam essas áreas serão investigadas. Segundo Callegari e Barth (2007) vários temas e elementos precisam ser analisados:

- Arquitetura x Estrutura: Analisando colunas e vigas, alinhamento com paredes e interseções com pórticos, dutos de ventilação verticais e horizontais.
- Instalação Elétrica x Arquitetura e Estrutura: Distribuidor; pontos de luz, interruptores e tomadas conforme planejado.
- Instalações hidrossanitárias x Arquitetura e Estrutura: Instalações e condutas horizontais de água fria, água quente, águas residuais, condutas de ventilação, águas pluviais, caixas de gordura. Registros gerais e equipamentos.

Arquitetura x Estrutura

O desalinhamento entre pilares, vigas e paredes destaca-se entre os problemas mais comuns que afetam essas áreas. Isso causa dentes na parede e uma quantidade muito maior de revestimento deve ser aplicada para corrigir esse problema. Também existem incompatibilidades entre interseções de colunas, vigas e caixilhos, aberturas de portas e janelas e vãos estruturais.

Quadro 1- Interferências Arquitetura x Estrutura

Disciplinas analisadas	Características das interferências	Itens confrontados	Modo de análise
ARQ X EST	Desalinhamento de pilares, paredes e vigas	Vigas, pilares e paredes	Visual
	Interseção de pilares com esquadrias	Pilares x Esquadrias	Hard Clash

Arquitetura x Instalações

Para tornar essas áreas compatíveis, prumadas hidráulicas e shafts geralmente são problemáticos e apresentam posicionamento inadequado. Interferências entre prumadas e esquadrias são bastante comuns. São verificados problemas como interseção de dutos e paredes.

QUADRO 2: Interferências Arquitetura x Instalações

Disciplinas analisadas	Características das interferências	Itens confrontados	Modo de análise
ARQ X INST	Interseção de dutos horizontais e paredes	Dutos de passagem x Parede	Hard Clash
	Interferências de tomadas e interruptores com portas	Interruptores e tomadas x Portas	Hard e Soft Clash

Estrutura x Instalações

Furos inesperados em tubulações estão entre os problemas estruturais e instalações mais comuns. Ocorrem por falta de detalhamento, ou por alterações estruturais nas instalações. Existem também problemas associados à passagem de prumadas, como: Um quadro de distribuição colocado perto de um pilar. A interferência estrutura - instalação é mais comum em edifícios residenciais, mas também ocorre em edifícios comerciais.

Quadro 3 - Estrutura x Instalações

Disciplinas analisadas	Características das interferências	Itens confrontados	Modo de análise
EST X INST	Interseção de tomadas e interruptores com pilares	Elementos de elétrica x Pilares	Hard Clash
	Passagem de tubulações interceptando pilares	Tubulações x Pilares	Hard Clash

Caracterização do empreendimento e do modelo

O imóvel do estudo de caso se trata de uma edificação Residencial composta de 2 pavimentos, sendo 1 térreo e 1 superior. Possui área de 135m², composto por Garagem, Salas, Cozinha, Suítes, Área de Serviço e Banheiros.

Figura 5 e 6 - Layout do projeto arquitetônico utilizado no estudo de caso



/

Características do modelo estrutural:

- Estrutura composta por elementos em concreto armado.
- Lajes planas com altura de 15 cm.
- Pilares retangulares com 14x30.

Figura 7 - Projeto Estrutural



Características do modelo de instalações:

- O modelo possui elementos hidrossanitários e de elétrica.
- Conduítes de 25mm de diâmetro, fios com bitola de 1,5 mm² para as lâmpadas.

- Barriletes com tubulação com 50mm de diâmetro, tubulação de água fria com 25mm de diâmetro, tubulação de alimentação residencial com 20mm de diâmetro.

Identificação e estudo das interferências no modelo

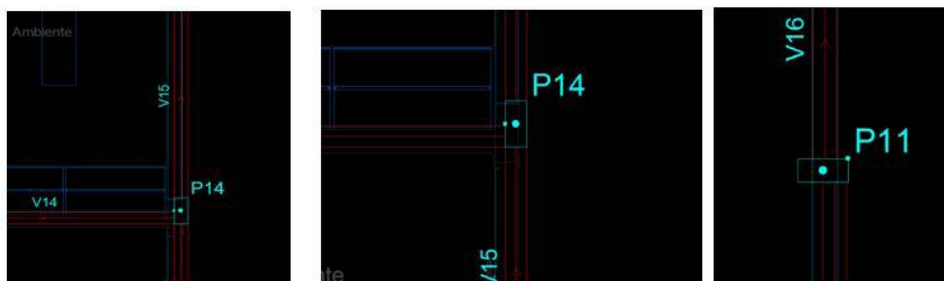
O processo de identificação de conflito foi realizado usando os softwares Autodesk Revit Architecture e Autodesk Navisworks. O Revit é uma plataforma de modelagem que usa componentes e dados para criar modelos arquitetônicos, e o Navisworks é uma ferramenta de gerenciamento de modelos com vários utilitários para gerenciamento e análise de projetos. A seleção de software mencionada acima se deve à possibilidade de que os alunos possam licenciar a versão completa gratuitamente. Em geral, os conflitos detectados no BIM podem ser classificados em dois tipos:

- *Hard Clash* – Ocorre quando dois objetos ocupam o mesmo espaço. Quando há colisão entre elementos. Este é o tipo de interferência mais comum e prejudicial.
- *Soft ou Clearance Clash* - Uma colisão que ocorre sem colisão física dos objetos. Eles ocorrem em feições que requerem tolerância espacial livre dentro de um determinado raio.

Arquitetura x Estrutura

Foram encontrados desalinhamento de pilares e vigas, conforme mostra as figuras a seguir:

Figura 8, 9 e 10 - Desalinhamento de Pilares e Vigas



6.1.3.2 Arquitetura x Instalações

Foram identificados tomadas mal posicionadas, conforme figura a seguir:

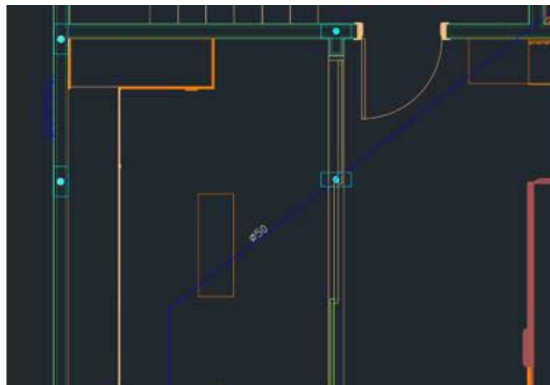
Figura 11 - Tomada posicionada em vão aberto



Estrutura x Instalações

Foram encontradas tubulações passando por elementos estruturais, como mostra a figura a seguir.

Figura 12 - Tubulação Hidráulica com diâmetro de 50mm passando por dentro de pilar de concreto armado.



Resultados

No âmbito da metodologia proposta, baseada no estudo de intervenções repetidas em projetos de construção, os resultados obtidos evidenciam alguns dos elementos estipulados no ponto 6.1.1. Os problemas observados foram categorizados de acordo com os objetos de conflito. Além dos problemas já identificados e analisados na etapa 6.1.1, alguns elementos sobrepostos foram identificados, principalmente no modelo das instalações. Esse tipo de questão não interfere no projeto, mas está relacionada ao uso do modelo para outras finalidades, como levantamento quantitativo ou análise de custos. As ferramentas utilizadas mostraram boa eficiência na identificação de itens duplicados. Para facilitar a visualização dos resultados obtidos no processo de identificação, é fornecido um resumo conforme tabela abaixo.

Quadro 4 - Resumo das interferências encontradas

Disciplinas analisadas	Interferências identificadas	Modo de Identificação	Quantidade
ARQ X EST	Desalinhamento de pilares, paredes e vigas	Visual	2
	Interseção de pilares com esquadrias	Hard Clash	1
ARQ X INST	Interseção de dutos horizontais e paredes	Hard Clash	2
	Interferências de tomadas e interruptores com portas	Hard e Soft Clash	3
EST X INST	Elementos de elétrica x Pilares	Hard Clash	2
	Tubulações x Pilares	Hard Clash	1

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para acompanhar a evolução do setor da construção civil, cada vez mais profissionais qualificados buscam resultados eficientes em sua empresa, pois o mercado é altamente competitivo. Por isso, praticar a compatibilização de projetos buscando um processo construtivo eficaz é fundamental para evitar custos e desperdícios na fase de execução.

Dados os resultados apresentados e as limitações do refinamento do modelo de levantamento, que ainda se encontrava em fase de projeto preliminar, mesmo nas fases iniciais

do projeto, sua compatibilidade com o uso de ferramentas da tecnologia BIM poderia levar a diversas possibilidades de identificação. pode-se concluir que existe Interferências e problemas relacionados a projetos com amplos recursos de automação e fácil reconciliação de problemas percebidos.

A análise realizada também permitiu concluir que o nível de detalhamento do projeto modelado influencia no processo de compatibilização. Quanto mais informações um modelo tiver, mais fácil e eficiente será sua compatibilidade. Devido às fases iniciais do projeto, o processo de identificação de confrontos no modelo sob investigação exigiu cuidados em alguns casos ajustando os resultados e descartando confrontos espúrios. Além disso, a qualidade e o nível de detalhamento do processo de modelagem permitem que ela seja utilizada para diversas outras finalidades. A compatibilização de projetos é, portanto, necessária para todas as empresas, seja qual for o método utilizado, desde que seja suficiente para antecipar todas as interferências.

Como sugestão para trabalhos futuros, a compatibilidade do modelo com as interações de planejamento 4D relacionadas podem ser investigadas. Um estudo de conformidade com uma sequência cronológica de atividades durante a construção pode, por exemplo, indicar interferência entre os componentes do canteiro de obras e a edificação.

REFERÊNCIAS

CALLEGARI, S. Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares. Dissertação – Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

CALLEGARI, S.; BARTH, F. Análise comparativa da compatibilização de projetos em três estudos de caso. Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFSC. Florianópolis, 2007.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002, p. 76.

MORAES, J. C. T. B. 500 anos de engenharia no Brasil. São Paulo: IMESP, 2005.

NASCIMENTO, J. M. A. (2014). A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil. Revista Especialize IPOG, 1(7), 1–11.

NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário- Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

NBR 13531: Elaboração de projetos de edificações – Atividades. Rio de Janeiro, 1995.

PARDAL, P.; LEIZER, L. O berço da engenharia brasileira. Revista de Ensino de Engenharia, n. 16, p. 37-40, 1996.

PICCHI, F.A. Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios. São Paulo, 1993. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

POMPERMAIER, P.; ROSSI, P. P. Adequação projetual: compatibilização de projetos de uma residência unifamiliar. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco. 2015.

SALGADO, M. S. Gestão do Processo de Projeto na Construção do Edifício – revisão 1. Apostila. GEPARQ – Grupo de Pesquisa Gestão em Projetos de Arquitetura, Programa de Pós Graduação em

Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

SEVERINO, A.J. Metodologia do Trabalho Científico. São Paulo: Cortez, 2007

AGRADECIMENTOS

Eu, Eduarda Paz, gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pois sem ele nada seria possível. Agradeço a minha mãe Maria Helena por tudo que fez e faz por mim, ao meu pai Genival Ferreira por sempre me incentivar e não medir esforços para que eu chegasse até aqui, obrigada por cada dia abdicado perto da família pelo nosso sonho. Ao meu irmão Genival Fale que pela compreensão e entendimento. Agradeço ao meu namorado Adryan Carlos, por sempre me dá forças e me estimular a todo instante, obrigada por deixar tudo mais leve. Aos meus amigos de turma, pelas risadas, brincadeiras e caronas, vocês foram fundamentais. Aos professores, por cada ensinamento e paciência, e por fim, a todos aqueles que de alguma forma colaboraram para que tudo desse certo, Obrigada! “Consagre ao senhor tudo que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.” – Provérbios 16:3

Eu, José Aroldo Júnior, agradeço primeiramente a Deus, a minha esposa Denise Moraes, ao meu pai José Aroldo, a minha mãe Crisálida Moraes, a meus irmãos e a todos da minha família. Gostaria de agradecer também a todos os professores e amigos q estiveram e estão juntos comigo nessa jornada. Obrigado meu Deus pela oportunidade de chegar até aqui.

Eu, Abraão dos Santos, agradeço a Deus, a minha família, ao meu irmão Adílio. “Até aqui o Senhor nos ajudou”.



**Reação e resistência ao fogo em
revestimentos externos de fachadas:
análise do caso Grenfell Tower**

**Fire reaction and resistance in
external facade coatings: analysis of
the Grenfell Tower case**

Giovanna Costella Menegussi
Victor Valério Landim da Silva
Pedro Matiazzi da Silva
Thatyane Costa

DOI: [10.47573/aya.5379.2.141.9](https://doi.org/10.47573/aya.5379.2.141.9)

RESUMO

É crescente a preocupação acerca da segurança contra o incêndio nas edificações, alicerçada nos requisitos estabelecidos pela norma de desempenho e pelos critérios normativos de durabilidade e vida útil, além da necessidade de proteção da vida humana. Somado a isso, muitas são as edificações acometidas por incêndio nos últimos anos e as fachadas são um dos meios propícios ao desenvolvimento e propagação do fogo nas construções devido ao uso de materiais de revestimento inadequados e falta de compartimentação entre pavimentos pelas paredes externas. Nesse estudo, desenvolveu-se uma breve revisão literária acerca de resistência e reação ao fogo, bem como sobre os revestimentos usualmente utilizados em fachadas. Realizou-se, também, um estudo de caso alusivo ao incêndio ocorrido no Grenfell Tower, em 2017. Concluiu-se que o uso de ACM com o centro à base de polietileno nas fachadas do edifício corroborou para a propagação do incêndio, visto que esse material estava em desacordo com as normativas e diretrizes de segurança contra incêndio.

Palavras-chave: incêndio. fachadas. revestimentos. Grenfell Tower.

ABSTRACT

The concern about safety against fire in buildings is growing, based on the requirements established by the performance standard and by the normative criteria of durability and useful life, in addition to the need to protect human life. In addition to this, many buildings have been affected by fire in recent years, and the facades are one of the propitious means for the development and propagation of fire in buildings due to the use of inadequate coating materials and lack of compartmentalization between floors by the external walls. In this study, a brief literature review was developed about fire resistance and reaction to fire, as well as about the coatings usually used in facades. A case study of the fire that occurred in the Grenfell Tower in 2017 was also carried out. It was concluded that the use of ACM with polyethylene-based center on the building's facades corroborated the fire propagation, since this material disagreed with the norms and guidelines for fire safety.

Keywords: fire. facades. coatings. Grenfell Tower.

INTRODUÇÃO

A inquietação acerca da segurança ao fogo oferecida pelas edificações, tem sido impulsionada pelos diversos incidentes de incêndio que vêm ocorrendo nas construções no Brasil e no mundo, como o Edifício da Telecom na China em 2022, o Edifício Wilton Paes de Almeida em 2019, a *Grenfell Tower* em 2017 e a Boate Kiss em 2013 que, embora menos recente, foi responsável por uma significativa reformulação nas normativas vigentes no tocante à segurança contra incêndio.

Segundo a ABNT NBR 15575 (2021), vigente desde 2013, ficou estabelecido como parâmetro de desempenho a segurança contra o fogo das edificações, visando além da proteção à vida dos usuários, a possibilidade de acesso dos socorristas e o bloqueio do fogo, a preservação das edificações e a minimização dos danos, tendo em vista os critérios de durabilidade e vida útil

determinados às construções.

Há dois aspectos relevantes acerca de como os diferentes tipos de materiais e elementos se comportam em situação de incêndio: a resistência e a reação ao fogo. Consoante a ABNT NBR 16626 (2017), a reação ao fogo consiste na forma como dado material ou produto irá responder quando submetido ao fogo. Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) (2022), a reação ao fogo de um material representa “sua capacidade de sofrer e sustentar a ignição, propagar chamas, desenvolver calor e produzir fumaça”, sendo um fator de extrema relevância associado à velocidade de propagação do incêndio. Esse cenário ocorre antes do *flashover*, isto é, precede a abrangência de todos os materiais combustíveis existentes no ambiente pelo incêndio e está diretamente relacionado com as características dos materiais de revestimento e mobília.

A resistência ao fogo, por outro lado, equivale à capacidade de dado componente de uma edificação de suportar a ação do fogo durante certo tempo, sem comprometer sua segurança estrutural, estanqueidade e isolamento (ABNT, 2021) e é uma propriedade que se desenvolve após o *flashover*, dispondo de expressiva importância a fim de assegurar a estabilidade das construções durante o incêndio (HENNEMANN *et al.*, 2016). Bolina *et al.* (2015) elucidam que a resistência ao fogo é quantificada pelo período de tempo no qual um componente tem potencial de suportar o efeito do fogo. Destarte, os materiais constituintes de uma edificação devem possuir um Tempo de Resistência Requerida ao Fogo (TRRF) em concordância com as legislações vigentes com o intuito de garantir que todos os indivíduos presentes em qualquer ambiente de uma construção possam alcançar uma saída segura antes da ruína estrutural (SÃO PAULO, 2011).

No dia 16 de Setembro de 2022, um arranha-céu de 218 metros na cidade de Changsha, na China, foi atingido por um incêndio que alcançou todos os seus 42 pavimentos e que originou-se nas paredes externas do edifício. Em 2017, o *Grenfell Tower*, em Londres, foi tomado pelo fogo que, embora tenha iniciado em seu interior, se propagou rapidamente pela fachada devido ao uso de um material de revestimento inadequado e em desacordo com as normas de segurança ao incêndio. Dessa forma, analisa-se que um dos caminhos propícios ao desenvolvimento e proliferação do fogo nas construções é através das paredes externas e seus revestimentos, e muitos são os casos de incêndios que acometem e se alastram pelas fachadas das edificações. A Tabela 1 que segue apresenta um panorama mundial dos incêndios que acometeram e se espalharam pelas fachadas das construções nos últimos 14 anos.

Tabela 1- Casos de incêndio em revestimento não aderido no cenário mundial

Identificação	Altura	Localização	Ano	Descrição	Danos
Monte Carlo Hotel	96m	Las Vegas, EUA	2008	O fogo se propagou rapidamente através do sistema de fachada, onde foi atingido o isolamento constituído em poliestireno expandido.	13 feridos
Television Cultural Center	159m	Pequim, China	2009	Fogo iniciado por fogos de artifício no telhado, onde partículas em alta temperatura penetraram através dos painéis de metal da fachada dando ignição ao material de isolamento.	1 morte e 13 feridos
Edificação em Jiaozhou Road	120m	Shanghai, China	2010	O edifício estava passando por reformas que envolviam a instalação de isolamento na fachada. Acredita-se que o fogo tenha se espalhado do isolamento de poliuretano para os revestimentos externos.	53 mortos e 90 feridos

Tamweel Tower	160m	Dubai, Emirados Árabes Unidos	2012	O fogo se alastrou em dois trechos separados de fachadas do nível do térreo ao telhado da edificação. A fachada consistia em painéis de alumínio com núcleo de PE.	-
Saif Belhasa Bulding	40m	Dubai, Emirados Árabes Unidos	2012	O fogo iniciou no 4º andar e se alastrou rapidamente para o nível da cobertura. A fachada consistia em painéis de alumínio com núcleo de PE.	2 feridos
Lacrosse Building	69m	Melbourne, Austrália	2014	O incêndio começou no 6º andar e as chamas atingiram o revestimento externo da parede constituído por material combustível que rapidamente se espalhou para o topo do edifício.	Apenas danos materiais
Address Hotel	302m	Dubai, Emirados Árabes Unidos	2016	O fogo iniciou no estacionamento e se alastrou pelo sistema de fachada não aderido, aparentemente constituído por material combustível.	16 feridos
Abcco Tower	190m	Sharja, Emirados Árabes Unidos	2020	O fogo iniciou no interior de um apartamento no 10º andar e se alastrou rapidamente ao encontrar o material combustível do revestimento externo em ACM.	0 mortes e 12 feridos

Fonte: Adaptado de Muniz e Oliveira (2020).

Destarte, essa pesquisa irá expor uma breve revisão da literatura acerca de resistência e reação ao fogo e, ainda, dos revestimentos comumente utilizados nas fachadas das edificações, a fim de realizar um estudo de caso do incêndio ocorrido na fachada do Grenfell Tower, em Londres, em 2017.

REFERENCIAL TEÓRICO

Classificação das Fachadas

As fachadas podem ser classificadas basicamente quanto a sua densidade, revestimento, estrutura e em relação a sua continuidade superficial. De acordo com Oliveira (2009), há uma forma de classificação para as fachadas que se refere à sua densidade superficial como vedação vertical, podendo ser do tipo:

Leve: que nessa situação refere-se à vedação vertical não estrutural, constituída de elementos de densidade superficial baixa, cujo limite aproximado é 100 kgf/m².

Pesada: sendo a vedação vertical que pode ser estrutural ou não, constituída de elementos de densidade superficial superior ao limite pré-determinado de aproximadamente 100 kgf/m².

Com relação a exemplos de fachadas leves podemos mencionar dois tipos básicos, as fachadas do tipo semi cortina e a cortina. Em relação ao revestimento, as fachadas, segundo Oliveira (2009), podem ser classificadas em função do momento em que o acabamento é incorporado a elas, sendo de:

Vedação com revestimento incorporado: são as vedações verticais que são posicionadas em seus lugares definitivos acabadas, sem a necessidade de aplicação posterior de revestimentos. Exemplo: painéis pré-moldados de concreto com granito aderido.

Vedação com revestimento posteriormente aderido: são as vedações executadas em

seus lugares definitivos, sem a aplicação prévia de revestimentos. Como exemplo, temos as alvenarias comuns que receberão revestimentos aderidos ou não aderidos.

Vedação sem revestimento: são as vedações verticais que não necessitam da aplicação de revestimentos. Pode ser utilizada de forma aparente, receber uma única pintura, ou ainda ser uma fachada envidraçada.

Levando-se em consideração a sua estrutura, segundo Sabbatini (2002), as fachadas podem ser classificadas em:

Autoportantes: quando não possuem estrutura complementar, ou seja, a própria vedação se sustenta, é o caso da alvenaria estrutural;

Estruturadas: quando a vedação necessita de uma estrutura reticulada para suportar os componentes de vedação, por exemplo: vedação de gesso acartonado, alvenaria de vedação.

Ainda de acordo com Sabbatini (2002), as fachadas podem ser classificadas de acordo com a sua continuidade superficial que se refere basicamente a visibilidade das juntas, sendo divididas em:

Monolítica: é aquela sem juntas aparentes, como as vedações de alvenaria e gesso acartonado;

Modular: é aquela onde as juntas são aparentes, como por exemplo, os painéis pré-fabricados de fachada.

Ainda sob o ponto de vista construtivo, também é possível organizar as tipologias de vedações verticais, e conseqüentemente de fachadas, pela combinação de duas classificações: por conformação ou por acoplamento a seco (LIU, 2010).

Classificação dos Materiais

O mercado da construção civil conta com uma gama de materiais para uso no processo de revestimento externo, a escolha do tipo de revestimento a ser adotado na obra depende de inúmeros fatores, sendo que estes estão diretamente ligados a eficiência, conceito e eficácia que se deseja atingir. O revestimento externo do tipo ACM é material de alumínio composto, ou seja, é fabricado a partir da colagem de finas películas de alumínio em ambos os lados e com a presença de um núcleo. De acordo com Miranda (2018), os painéis de ACM são materiais que possuem uma menor espessura, maior leveza e grandes formatos.

A fachada do tipo ACM foi o tipo de revestimento externo usado na torre residencial Grenfell em Londres e que acabou corroborando com o incidente que resultou na morte de inúmeras pessoas. Outro tipo de revestimento utilizado na execução de fachadas é a madeira que segundo Hunterdouglas (2015), esse material é utilizado na forma de chapas e possui normalmente um tratamento superficial com resinas acrílicas a fim de conferir proteção contra agentes químicos, atmosféricos e pichação. Esse tipo de material é muito utilizado no processo de aplicação das fachadas ventiladas. Outro tipo de revestimento externo é a partir da utilização de placas de cerâmica extrudada.

O revestimento externo em cerâmica garante um bom desempenho térmico e o seu grande diferencial, em relação aos demais está na popularidade que o material possui dentro

do setor da construção civil. Outro modelo de fachada é com o revestimento externo em painéis fotovoltaicos. Seu diferencial em comparação aos outros sistemas existentes é a possibilidade de captar e converter a energia solar em energia elétrica, resultando em economia nas despesas do edifício. No entanto, o retorno desse investimento acaba ainda sendo longo e a sua aquisição é relativamente mais cara comparada a outros modelos de fachada ventilada. (BENDER *et al.*, 2018).

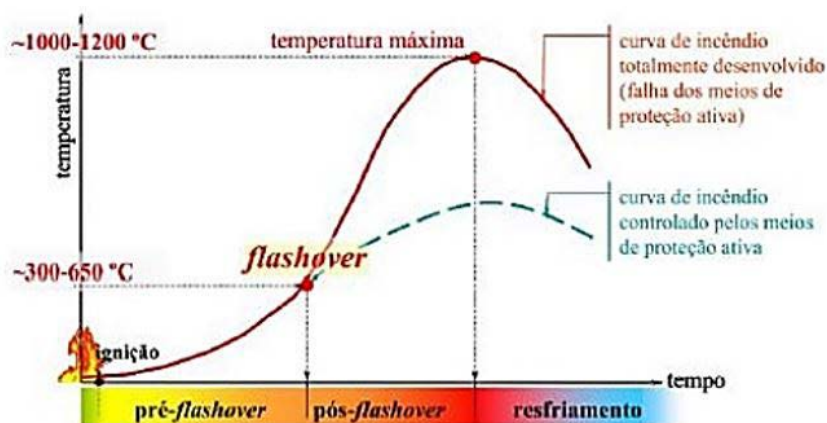
Há a possibilidade de execução da fachada a partir da utilização do revestimento externo em vidro. Esse tipo de revestimento vem sendo bastante adotado nos últimos anos, para execução deste tipo de fachada pode ser utilizado não somente o vidro transparente, mas os vidros dos tipos opacos ou com diferentes texturas como os jateados, coloridos e serigrafados. Outro tipo de revestimento são as placas de concreto polímero, esse tipo de revestimento possui baixa espessura e absorção de água quase nula podem ser facilmente confundidas com o fibrocimento por ambos utilizarem cimento na sua composição. A principal diferença está no uso de resinas de poliéster e outros tipos de pigmentos (SAHADE, 2017).

Resistência e reação ao fogo

Resistência ao fogo é o momento em que o *flashover* é atingido, em resultado disso não se tem o controle sobre o incêndio, mas a estrutura do local em questão assegura a integridade da edificação, durante o ocorrido (ACOSTA, 2019). Segundo Bueno (2019), o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF), consiste o intervalo de tempo em determinado local analisado de forma experimental, simulando um incêndio real, sendo analisado o sistema de vedação ou estrutural, devendo atender a estabilidade estrutural, estanqueidade aos gases e a fumaça ter isolamento térmico. Dessa forma, se analisa as condições de suporte do local, no período de fuga, quando se encontra em situação de incêndio.

O incêndio na estrutura se divide em cinco fases. Primeiro tem a fase da ignição, onde é o início do incêndio, onde apresenta um aumento gradual da temperatura. A segunda fase é a pré *flashover*, havendo uma aceleração no aumento da temperatura do local, fazendo com que o ambiente interfira diretamente no processo, ela culmina com a fase do *flashover*, instante da inflamação generalizada. O incêndio segue para fase pós - *flashover*, onde todo material combustível entra em combustão, havendo uma grande mudança de temperatura, chegando ao nível mais alto do incêndio no local. Enfim, vem uma redução de temperatura, fase essa denominada resfriamento, onde há perda de calor. Todas as fases são demonstradas abaixo (Vide Figura 8) (ACOSTA, 2019).

Figura 8 – Fases do incêndio



Fonte: Costa (2008).

No crescimento do incêndio que ocorre após a ignição, a propagação de chama começa a crescer, com isso a temperatura e calor aumentam também. Nesse momento, no combate ao incêndio há maior probabilidade de eficiência, sendo entendido que há necessidade de fazer a supressão, para evitar a propagação do incêndio (MOROSKI, 2020).

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa e do estudo de caso apresentados neste trabalho, utilizou-se o método da revisão bibliográfica narrativa, no qual se realizou uma análise minuciosa de todos os trabalhos, artigos, normas regulamentadoras e materiais complementares que contemplavam a proposta de estudo abordada ao longo do texto.

Em conjunto com a referida proposta de revisão adotou-se uma abordagem quantitativa, cujo principal intuito foi o de se mensurar a complexidade dos problemas envolvidos no estudo de caso analisado, a fim de se construir uma análise textual mais precisa e delimitada.

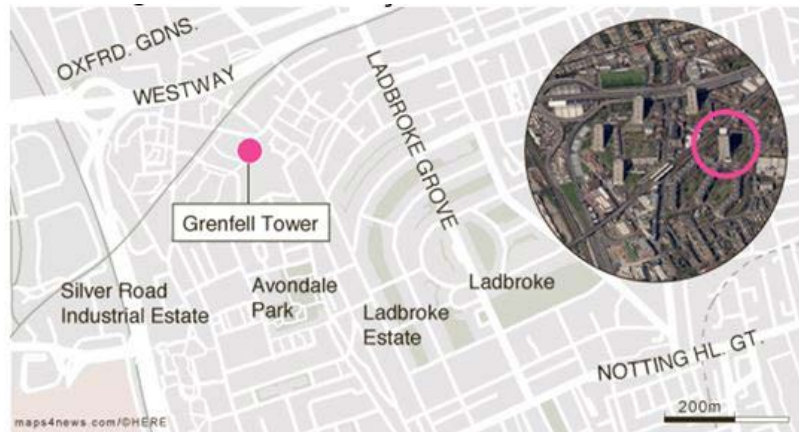
De tal modo, a metodologia de revisão bibliográfica narrativa adotada se mostra capaz de promover a devida discussão referente ao objeto de estudo definido no presente trabalho de pesquisa, buscando uma conclusão inovadora e o desenvolvimento de novos estudos (MARCONI; LAKATOS, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caso Grenfell Tower

A *Grenfell Tower* foi construída em 1974 na cidade de Londres - Reino Unido, a torre era um prédio residencial popular de 24 pavimentos, com 127 unidades habitacionais e foi concebida como parte da primeira fase do *Lancaster West Estate* que se trata de um projeto de habitação municipal cuja principal finalidade era promover a diminuição de favelas na zona urbana da capital do reino unido. A seguir pode ser observada a localização da edificação (Vide Figura 9).

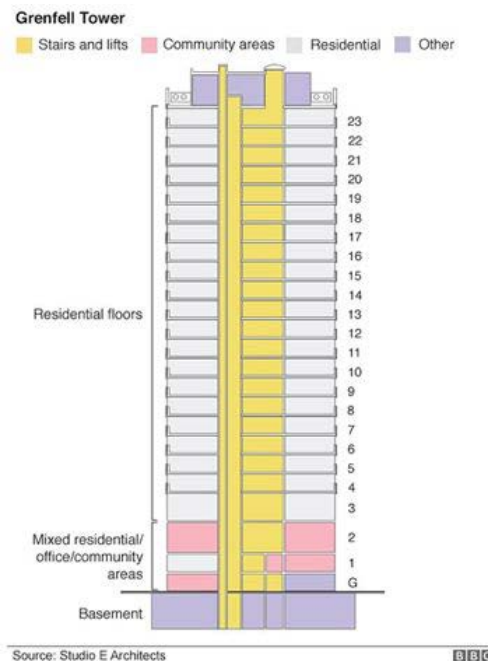
Figura 9 – Localização da Grenfell Tower



Fonte: The Irish Times (2017).

Originalmente, a *Grenfell Tower* foi construída em estrutura de concreto moldada in loco e painéis pré-fabricados de concreto instalados na fachada do edifício. Dos 24 pavimentos acima do térreo, os três primeiros eram utilizados com a finalidade de convivência (área comum), e a partir do quarto pavimento estavam dispostas as unidades habitacionais, sendo neste caso alocados seis apartamentos por pavimento (Ver Figura 10).

Figura 10 – Disposição da Grenfell Tower

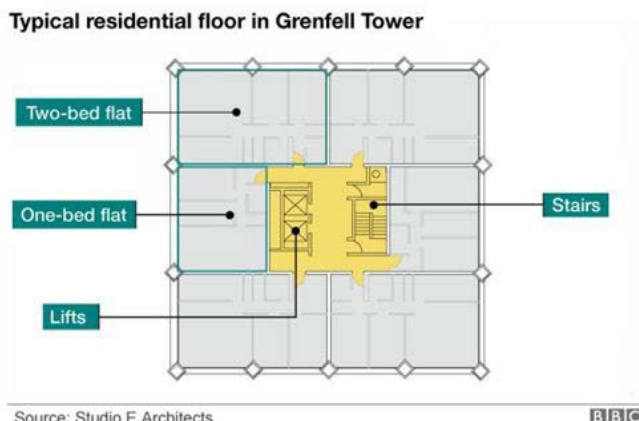


Fonte: BBC (2019).

As unidades habitacionais do edifício eram dispostas arquitetonicamente por pavimento da seguinte maneira (Ver Figura 11):

- Nas extremidades (apartamentos com dois dormitórios);
- No centro (apartamentos com um dormitório);
- Dois elevadores;
- Uma escada.

Figura 11 – Planta baixa da Grenfell Tower



Fonte: BBC (2018).

Em 2016 foi iniciada uma obra de renovação da torre (*Retrofit*) que é um termo utilizado para designar o processo de modernização ou restauração de um prédio antigo e envolvia as seguintes etapas:

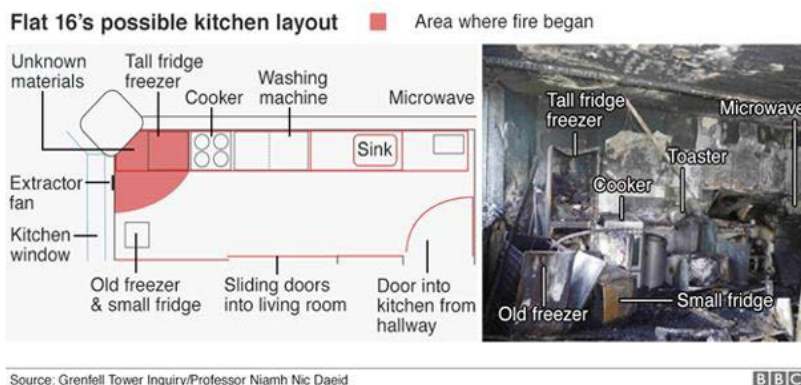
- Reestruturação dos pavimentos destinados às áreas de convivência (os três primeiros pavimentos);
- Novo revestimento da fachada;
- Instalação de novas esquadrias;
- Instalação de um novo sistema de aquecimento/calefação.

A construtora originalmente contratada para realizar o serviço de restauração do edifício, orçou a obra em 11,28 milhões de libras e uma outra construtora concorrente submeteu um projeto cuja cotação era na ordem de 8,7 milhões de libras, sendo, portanto, a contratada para realizar os serviços de engenharia em virtude do preço final ser inferior em relação a outra proponente (todo o processo ocorreu por meio de licitação).

Após dado o início das obras de restauração da torre, o enfoque que precisa ser analisado é com relação ao material adotado para a execução da fachada do edifício. Originalmente havia sido especificado pela construtora o uso de um revestimento de zinco denominado *Zinc Cladding* (Ver Figura 12), porém durante a execução o material em questão foi substituído por um revestimento em ACM - *Aluminium Composite Material*.

No dia 14 de julho de 2017 a *Grenfell Tower* comprometeu-se inteiramente em consequência de um incêndio que afetou a torre. Estima-se que, ao todo, oitenta pessoas morreram em decorrência do acidente em questão. O incêndio na torre Grenfell iniciou-se no apartamento residencial de número 16 localizado no 4º pavimento do edifício, a origem do sinistro ocorreu em decorrência de problemas elétricos advindos de um aparelho refrigerador (Vide Figura 14), que se encontrava em mau estado de conservação. Após o início do incêndio o próprio morador do apartamento realizou o primeiro contato com o corpo de bombeiros local para informar o ocorrido.

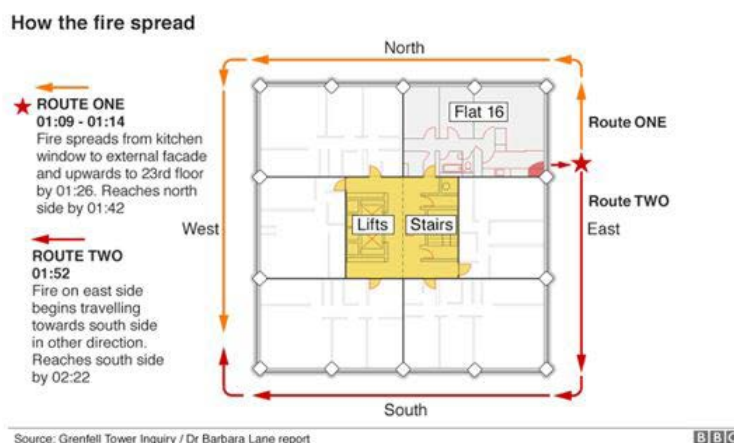
Figura 14 – Origem do incêndio



Fonte: BBC (2018).

De acordo com a imagem abaixo (Vide Figura 15), pode-se analisar claramente como se deu o processo de propagação das chamas do aparelho refrigerador até a fachada do edifício. É possível observar que no intervalo de tempo de cinco minutos o fogo tomou completamente as fachadas norte e oeste da torre e em seguida se propagou para os eixos leste e sul.

Figura 15 – Propagação das chamas na Torre Grenfell

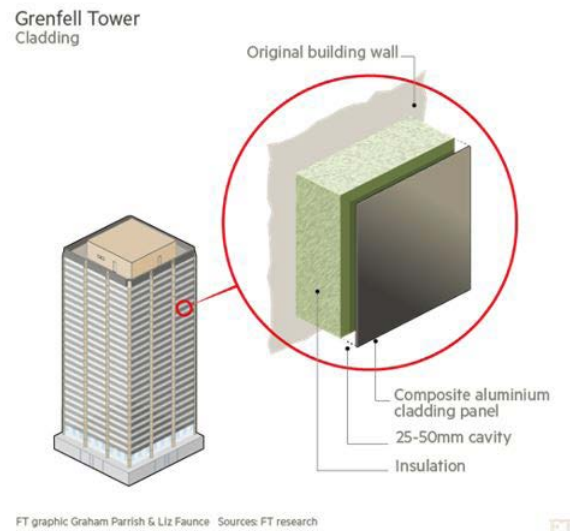


Fonte: BBC (2018).

A dimensão catastrófica do incêndio ocorrido na torre Grenfell se deu pela soma de alguns fatores que serão discutidos mais adiante, contudo o motivo principal que corroborou diretamente com elevado grau de propagação das chamas foi o material utilizado na execução do revestimento da fachada.

Na execução da fachada da torre foram utilizadas placas de ACM, essas placas são um tipo de revestimento com duas folhas de painel de alumínio e um miolo ou centro que tanto pode ser de origem mineral (vidro, rochas) ou de matriz polimérica. No edifício foram utilizadas as placas com o centro de polietileno (Vide Figura 16).

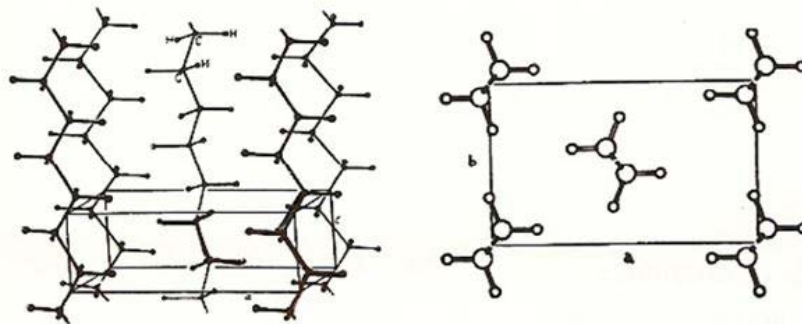
Figura 16 – Composição do Revestimento da Torre Grenfell



Fonte: Financial Times (2017).

O polietileno é um material pertencente à classe dos polímeros e possui estrutura química parcialmente cristalina, onde as suas propriedades são diretamente influenciadas pela quantidade relativa de fases amorfas e cristalinas. Sua célula unitária possui formato ortorrômbico e as suas cadeias possuem arranjo em formato de zigue-zague planar (Vide Figura 17). Outra propriedade inerente a este grupo de materiais é a sua alta flexibilidade, ou seja, a sua capacidade de assumir as mais variadas formas sem que haja ruptura, sendo, portanto, um material amplamente utilizado para as mais variadas finalidades.

Figura 17 – Estrutura celular do polietileno



Fonte: L.H. Sperling (2005).

O polietileno é um material altamente inflamável e o seu processo de combustão pode ser dividido em cinco etapas básicas (Vide Figura 18).

Figura 18 – Processo de combustão do polímero

Fonte: Autores (2022).

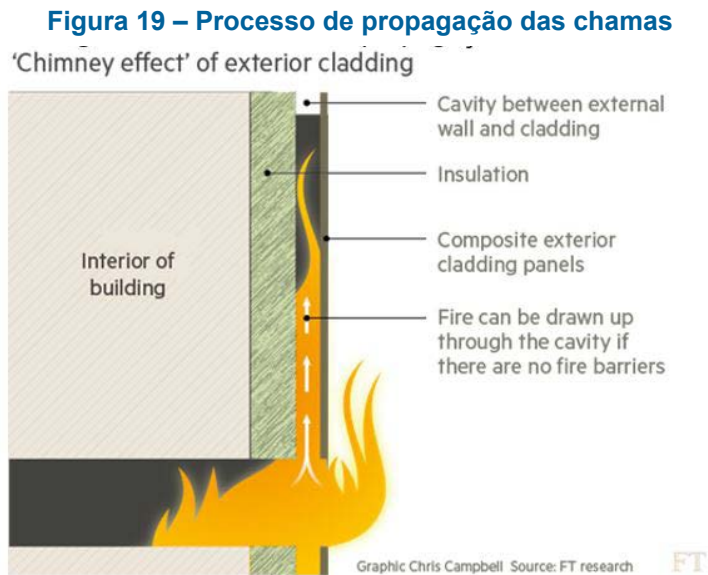
A etapa 1 que se caracteriza pelo processo de aquecimento inicia-se a partir da exposição direta do material a uma fonte externa de calor que progressivamente tende a aumentar a sua temperatura interna. Tal transferência de calor pode ocorrer de três formas distintas, sendo: por contato direto (material-chama), por contato com gases ou por condução.

Na etapa 2 o material polimérico atinge a sua capacidade térmica e inicia-se, portanto, o seu processo de decomposição. Em decorrência de tal processo começam a ser liberados gases combustíveis (monóxido de carbono) e não combustíveis (vapor d'água) e as diferentes combinações destas substâncias dão origem a fumaça que é liberada durante o processo de ignição.

Na etapa 3, os gases formados na etapa anterior se difundem a partir da superfície do material polimérico e começam a entrar em contato direto com o oxigênio, a partir dessa interação forma-se uma região chamada de zona de queima gasosa, onde as condições de temperatura e concentração de gases combustíveis e de oxigênio atingem níveis extremamente altos e que desencadeiam o processo de ignição/combustão desenfreado.

Na etapa 4, os radicais livres gerados na etapa 2 (Pirólise) e os formados na zona de queima gasosa (Etapa 3), começam a desencadear reações de combustão, cujo calor liberado dá início a um processo denominado retroalimentação térmica, ou seja, o fogo se propaga através da superfície do material polimérico e começa a atingir outras regiões, logo enquanto houver material combustível para alimentar o processo, o sinistro continua a ocorrer em um ciclo de alta destruição, o que corrobora para tornar o processo da queima na maioria dos casos irreversível.

Na imagem abaixo (Vide Figura 19), pode-se observar claramente que no caso do incêndio da torre Grenfell o conjunto de todas as etapas mencionadas anteriormente culminaram para que o edifício fosse totalmente tomado pelas chamas. Nesse caso a propagação do fogo se deu através do espaço que havia entre o revestimento externo (Placas de ACM) e o isolante térmico instalado.



Fonte: Financial Times (2017).

Nas imagens abaixo (Vide Figura 20), pode-se observar claramente a velocidade de propagação das chamas no edifício, em decorrência direta do alto grau de combustibilidade do material utilizado na fachada.

Figura 20 – Velocidade de propagação das chamas



Fonte: BBC (2019).

O ciclo de combustão finaliza-se na etapa 5, que se refere a extinção das chamas, nesse processo o fogo após se espalhar por todas as regiões e consumir todo o material começa a perder força em virtude da quantidade insuficiente de substância combustível, logo o mecanismo de retroalimentação térmica não consegue mais se sustentar e o processo de queima entra no seu estágio de anulação (Vide Figura 21).

Figura 21 – Torre Grenfell após a extinção das chamas



Fonte: *Jornal do Comércio* (2017).

RECOMENDAÇÕES NORMATIVAS

A Parte 4 da ABNT NBR 15575 trata dos sistemas de vedações verticais internas e externas das edificações habitacionais, que, além da volumetria e da compartimentação dos espaços da edificação, integram-se de forma muito estreita aos demais elementos da construção, recebendo influências e influenciando o desempenho da edificação habitacional (ABNT, 2021).

Mesmo sem função estrutural, as vedações podem atuar como contraventamento de estruturas reticuladas ou sofrer as ações decorrentes das deformações das estruturas, requerendo assim uma análise conjunta do desempenho dos elementos que interagem. Podem também interagir com demais componentes, elementos e sistemas da edificação, como caixilhos, esquadrias, estruturas, coberturas, pisos e instalações. As vedações verticais exercem ainda outras funções, como estanqueidade à água, isolamento térmica e acústica, capacidade de fixação de peças suspensas, capacidade de suporte a esforços de uso, compartimentação em casos de incêndio etc. (ABNT, 2021).

As superfícies externas das paredes externas (fachadas) devem classificar-se como I ou II B. Estas classificações constam na Tabela 9 ou na Tabela 10 da ABNT NBR 15575-4. Os ensaios para avaliação dos materiais devem considerar a maneira como são aplicados na edificação e no Brasil e ser especificados conforme a ABNT NBR 9442 - Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante. Os corpos de prova, com dimensões de 150 ± 5 mm de largura e 460 ± 5 mm de comprimento, são inseridos em um suporte metálico e colocados em frente a um painel radiante poroso, com 300 mm de largura e 460 mm de comprimento, alimentado por gás propano e ar. O conjunto (suporte e corpo de prova) é posicionado em frente ao painel radiante com uma inclinação de 60° , de modo a expor o corpo de prova a um fluxo radiante padronizado. Uma chama piloto é aplicada na extremidade superior do corpo de prova.

O índice de propagação de chama é obtido no ensaio por meio do produto entre o fator propagação de chama desenvolvida na superfície do material (P_c), medido através do tempo para atingir as distâncias padronizadas no suporte metálico com o corpo de prova, e o fator de

evolução de calor desenvolvido pelo material (Q), medido através de sensores de temperatura (termopares) localizados em uma chaminé sobre o painel e o suporte com o corpo de prova.

Figura 22 – Ensaio de propagação superficial de chama, conforme ABNT NBR 9442



Fonte: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

Figura 23 – Painel radiante



Fonte: ITT Performance.

Outros métodos de ensaio são recomendados por normas internacionais. AISO 1823:2002 descreve o ensaio SBI (*Single Burning Item*), utilizado para a determinação do desempenho quanto à reação ao fogo de materiais de construção, com exceção daqueles empregados em pisos, quando expostos a uma chama padrão singular. Os corpos-de-prova são formados por duas partes denominadas “asas” que são montadas em forma de “L” no carrinho que faz parte do equipamento. Um queimador localiza-se no canto de junção entre as duas asas no carrinho. Este queimador produz uma chama padrão à qual o corpo-de-prova é submetido. São determinados então, a partir da queima do corpo-de-prova, os dados de ensaio, por meio de instrumentação do equipamento localizado no duto de extração dos gases gerados. Os resultados são expressos da seguinte forma: índice da taxa de desenvolvimento de fogo (FIGRA); índice da taxa de desenvolvimento de fumaça (SMOGRA); liberação total de calor do material (THR); produção total de fumaça (TSP); propagação lateral de chama (LFS) e ocorrência ou não de gotejamento e/ou desprendimento de material em chamas.

Este ensaio se adequa especialmente a materiais que:

- Sofrem derretimento ou retração abrupta quando sujeitos a uma chama, afastando-

-se da chama-piloto;

- São compostos por miolo combustível protegido por barreira incombustível ou que pode se desagregar em situação de incêndio;
- São compostos por diversas camadas de materiais combustíveis apresentando espessura total superior a 25 mm;
- Quando instalados formam juntas, através das quais, especialmente, o fogo pode propagar ou penetrar.

Figura 23 – Ensaio de canto SBI



Fonte: ITT Performance.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o relatório técnico apresentado no inquérito da Grenfell Tower, o incêndio e as suas trágicas consequências foram decorrentes do uso inadequado de um tipo de revestimento externo contendo uma matriz polimérica (combustível) no seu centro, que foi aplicada em um prédio de elevada altura. Segundo ainda a legislação Britânica, é proibido o uso de materiais combustíveis para execução de fachadas de edifícios com mais de dezoito metros de altura.

Outro fator que corroborou diretamente com o ocorrido foi a ausência de testes e ensaios com a finalidade de aferir as características dos materiais utilizados na execução das fachadas que de maneira direta infringiu as normas e diretrizes empregadas no setor da construção civil.

A análise da reação e resistência ao fogo nos materiais empregados na execução de obras no segmento da construção civil é regida de acordo com as regulamentações específicas do corpo de bombeiros e em consonância com as normas técnicas da ABNT, sendo, portanto, requisito obrigatório que os materiais analisados cumpram todos os requisitos especificados nas referidas normativas, sendo estes submetidos para averiguação através de projetos técnicos e de vistorias realizadas pelos órgãos competentes.

Após a norma de desempenho térmico (15575:2021), surgiram outras normativas relativas à reação ao fogo, sendo a NBR 16626:2017 referente à classificação da reação ao fogo de produtos de construção e a NBR 15366-2:2006 que se trata da classificação quanto à reação ao fogo em painéis industrializados com espuma rígida de poliuretano. Assim, tendo em vista os infortúnios envolvendo incêndios em edificações, que podem causar não só danos materiais,

como também danos à vida humana, é de fundamental importância a realização de ensaios de caracterização ao fogo dos materiais e elementos constituintes das construções, como o ensaio de propagação superficial de chama e o ensaio SBI, para a minimização das ocorrências de incêndios. Além dos fornecedores, o construtor também exerce papel chave nessa causa, tendo a incumbência de procurar por materiais adequados, de acordo com as especificações normativas.

Após o incidente diversos países começaram a proibir a fabricação e utilização de placas de ACM com o centro à base de polietileno em virtude do ocorrido e as obras já existentes que foram executadas com a matriz combustível começaram a passar por um processo de retirada e posterior substituição do revestimento. No Brasil houve a tentativa de proibição da fabricação, distribuição, importação e comercialização do material sob o projeto de lei N° 8.030-A (2017) sendo esta, porém rejeitada na comissão de mérito.

Atualmente no Brasil predominantemente o revestimento de fachadas utilizando as placas de ACM são empregadas na execução de edifícios comerciais, contudo também se encontra a presença deste tipo de revestimento em prédios residenciais. Após o incidente ocorrido na torre Grenfell as empresas começaram a substituir o polietileno que compõe o centro das placas de ACM por materiais de origem mineral (incombustível).

Diante do exposto é evidente a necessidade de uma fiscalização mais assertiva dos órgãos competentes frente às análises, vistorias e ensaios que garantam a eficácia dos materiais utilizados nos processos de confecção dos mais variados sistemas construtivos a fim de garantir não somente a segurança estrutural bem como a de todos os usuários dos sistemas.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, M. J. M. Desempenho da Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos de Vedação Vertical de Concreto com Formas Permanentes de PVC. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 9442: Materiais de Construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método de painel radiante. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 15575-4: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 16626: Classificação da reação ao fogo de produtos de construção. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 16945: Classificação da resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021.

- BBC. Como a tragédia se desenrolou na Grenfell Tower. 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/uk-40280169>. Acesso em: 12 set. 2022.
- BBC. Grenfell Tower: What happened. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/uk-40280169>. Acesso em: 12 set. 2022.
- BBC. Preventable deaths? The story of Grenfell Tower flat 113. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/stories-47669937>. Acesso em: 13 set. 2022.
- BBC. The terrible speed with which the Grenfell fire spread. 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/uk-44381387>. Acesso em: 13 set. 2022.
- BENDER, Livia Vasques *et al.* Fachadas fotovoltaicas: Sonho ou realidade? Arqtextos, São Paulo, abr. 2018. Acesso em: 10 nov. 2018.
- BOLINA, F. L.; PRAGER, G. L.; RODRIGUES, E.; TUTIKIAN, B. F. Avaliação da resistência ao fogo de paredes maciças de concreto armado. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 291-305, out./dez. 2015.
- BUENO, G. M. Avaliação da Resistência ao Fogo de Paredes de Alvenaria de Blocos Cerâmicos com Instalações Prediais, Dissertação, Mestrado, Unisinos, São Leopoldo, 2019.
- COMÉRCIO, Jornal do. Polícia de Londres diz que 58 pessoas devem ter morrido em incêndio. 2017. Disponível em: https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/2017/06/internacional/568710-policia-de-londres-diz-que-58-pessoas-devem-ter-morrido-em-incendio.html. Acesso em: 13 set. 2022.
- COMPANY, The Metal Roof. Zinc Roofing & Cladding. 2022. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/uk-40280169>. Acesso em: 12 set. 2022.
- CONSTRUÇÃO, Gmm Engenharia e. Shopping JK Iguatemi: 4 modelos que vão deixar seu projeto mais sustentável. 4 modelos que vão deixar seu projeto mais sustentável. 2020. Disponível em: <https://gmm.com.br/shopping-jk-iguatemi/>. Acesso em: 11 set. 2022.
- COSTA, C. N. Dimensionamento de vigas de concreto armado em situação de incêndio. Tese (doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo: São Paulo, 2008.
- ECONOMIA, Jornal da. Onde aplicar revestimento ACM? 2019. Disponível em: <https://jeonline.com.br/noticia/18236/onde-aplicar-revestimento-acm>. Acesso em: 12 set. 2022.
- GALLO, Jorge B.; AGNELLI, José A. M. Aspectos do Comportamento de Polímeros em Condições de Incêndio. Polímeros: Ciência e Tecnologia, São Carlos, v. 1, n. 1, p. 1-16, jan. 1998.
- HENNEMANN, G. G.; GIL, A. M.; FERNANDES, B.; BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F. Avaliação teórico-experimental da influência da espessura de alvenaria na resistência ao fogo de sistemas verticais de vedação. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 183-195, out./dez. 2017.
- HUNTERDOUGLAS. Fachadas ventiladas Prodema ProdEX. Bogotá: Hunterdouglas, 2015. 4 p. Acesso em: 10 nov. 2018.
- L.H. Sperling: Introduction to Physical Polymer Science, JohnWiley and Sons, New York, 2nd Edition, (1991).

LIU, A. W. Diretrizes para projetos de edifícios de escritórios. 2010. 232p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MARCONI, M. de A., & LAKATOS, E. M. (2017). Metodologia do trabalho científico. (8a ed.), Atlas. 256 p.

MIRANDA, Pedro. Painéis de ACM podem ser utilizados na fachada de diversos tipos de edifício. Aecweb, São Paulo, out. 2018. Acesso em: 10 nov. 2018.

MOROSKI, J. C. S. Estudo Comparativo dos Métodos de Cálculo da Taxa de Calor Liberada e Carga de Incêndio dos Materiais. Artigo Científico, Centro Universitário de Pato Branco, 2020.

MUNIZ, Pedro; Oliveira, Luciana. SEGURANÇA AO FOGO EM EDIFÍCIOS CONCEBIDOS COM REVESTIMENTO NÃO ADERIDO NAS FACHADAS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

OLIVEIRA, L. A. Metodologia para desenvolvimento de projeto de fachadas leves. 2009. 227p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

POLYBRASIL. Chapa de ACM: Tamanho, Cores e Características. 2022. Disponível em: <https://www.polybrasil.com.br/chapa-de-acm/>. Acesso em: 11 set. 2022.

PRISMATIC. Vantagens e desvantagens das Fachadas de Vidro. 2022. Disponível em: <https://www.prismatic.com.br/vantagens-e-desvantagens-das-fachadas-de-vidro/>. Acesso em: 11 set. 2022.

REAÇÃO ao fogo dos materiais. In: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 2022. Disponível em: [https://www.ipt.br/solucoes/316-reacao_ao_fogo_dos_materiais.htm#:~:text=As%20caracter%C3%ADsticas%20de%20rea%C3%A7%C3%A3o%20ao,generalizada%20pode%20ocorrer%20no%20ambiente](https://www.ipt.br/solucoes/316-reacao_ao_fogo_dos_materiais.htm#:~:text=As%20caracter%C3%ADsticas%20de%20rea%C3%A7%C3%A3o%20ao,generalizada%20pode%20ocorrer%20no%20ambiente.). Acesso em: 14 set. 2022.

SABBATINI, F. H. et. al. Notas de aula da disciplina de Tecnologia de produção de vedações verticais. A industrialização na produção de vedações. – TG-004. São Paulo: Epusp, 2002. 30p.

SAHADE, Renato. A Fachada Ventilada: conceito, vantagens e desvantagens. São Paulo: Concrete Show South América Brazil, 2017. Color.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado dos Negócios da Segurança Pública. Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. Instrução Técnica n. 8: resistência ao fogo dos elementos de construção. São Paulo, 2011.

TIMES, Financial. What we know and what we do not know about the Grenfell Tower fire. 2017. Disponível em: <https://www.ft.com/content/33a32fec-52b3-11e7-bfb8-997009366969>. Acesso em: 13 set. 2022.

TIMES, The Irish. London fire: 'It was quiet panic. People were completely traumatised'. 2017. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/uk-40280169>. Acesso em: 12 set. 2022.

TORERO, José L. Grenfell Tower: Phase 1 Report. 2018. Disponível em: <https://assets.grenfelltowerinquiry.org.uk/documents/Professor%20Jose%CC%81%20L.%20Torero%20expert%20report.pdf>. Acesso em: 13 set. 2022.

ULMA. Fachada ventilada de concreto polímero ULMA na nova sede nacional da Unieléctrica, Córdoba.

2022. Disponível em: <https://www.ulmaarchitectural.com/pt-br/fachadas-ventiladas/projetos/fachada-ventilada-de-hormigon-polimero-ulma-en-la-nueva-sede-nacional-de-unielectrica-cordoba>. Acesso em: 11 set. 2022.

VITRUVIUS. Fachadas fotovoltaicas. 2018. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/18.215/6961>. Acesso em: 11 set. 2022.

VIVADDECORA. Fachada Ventilada: 4 modelos que vão deixar seu projeto mais sustentável. 2020. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/fachada-ventilada/>. Acesso em: 11 set. 2022.



Órtese ativa no tratamento e reabilitação de pacientes com lesões limitadoras de movimento no punho

Active orthosis in the treatment and rehabilitation of patients with wrist motion-limiting injuries

Aline dos Santos Machado Reis

Graduanda em Engenharia Elétrica

Cleiton da Silva Silveira

Graduando em Engenharia Elétrica

Rafael Lima de Oliveira

Mestre em Engenharia Elétrica

<http://lattes.cnpq.br/6212659806406513>

Amanda Camerini Lima

Doutora em Engenharia e Ciência dos Materiais

<http://lattes.cnpq.br/1522879122454176>

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.10

RESUMO

Os tratamentos de pacientes com problemas traumatológicos, contam com diversas técnicas, instrumentos e dispositivos para auxiliar na reabilitação do paciente. Logo, o objetivo central desse trabalho foi promover uma construção teórica para elaboração de uma órtese ativa, para auxiliar profissionais ortopédicos no tratamento de seus pacientes traumatológicos, visando a recuperação mais rápida e efetiva afim de melhorar a qualidade de vida do mesmo. A Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) realizada em 2019 pelo IBGE, revela que no Brasil 17,3 milhões de pessoas de 2 anos ou mais de idade com deficiência em pelo menos uma de suas funções (IBGE, 2019). Sendo assim justificado, o presente artigo realizou o estudo de uma órtese ativa de punho visando a reabilitação de pacientes que tenham perdido parcialmente os movimentos de flexão e extensão do punho, bem como um mecanismo para o acompanhamento da evolução dos mesmos sendo feita a seleção dos movimentos em angulação e torque aplicado no ato dos movimentos, e, ainda, estruturação do equipamento visando o bem-estar e o avanço da movimentação dos pacientes em questão.

Palavras-chave: reabilitação. órtese ativa de punho. qualidade de vida.

ABSTRACT

The treatments of patients with traumatological problems rely on various techniques, instruments and devices to assist in the rehabilitation of the patient. Therefore, the main objective of this work was to promote a theoretical construction for the elaboration of the active orthosis, for orthopedic auxiliary professionals in the treatment of their trauma patients, aiming at a faster recovery and in order to improve their quality of life. The National Health Survey (PNS) carried out in 2019 by the IBGE reveals that in Brazil 17.3 million people aged 2 years and over are disabled in at least one of their functions (IBGE, 2019). Therefore, the present study experimented with the study of a flexion, as well as the extension and extension adjustment work of patients who maintained wrist movements, as well as a mechanism for monitoring the wrists, being a mechanism for monitoring the wrists. two, making the selection. in angulation and torque applied in the act of movements, and also, structuring of the movement equipment, well-being and the advancement of the patients in question.

Keywords: rehabilitation. active wrist orthosis. quality of life.

INTRODUÇÃO

Segundo o NT IBGE 01/2018 realizado em 2018 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), posterior ao Censo de 2010 e PNS de 2013, que foram últimos números acerca da porcentagem de deficientes, no Brasil existem 12,7 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência, o que representa 6,7% da população brasileira. Entre esses 46,8% da população brasileira possuía grau intenso ou muito intenso de limitações, ou ainda, não conseguia realizar atividades habituais. E, ainda, 18,4% da população com deficiência não frequentava nenhum serviço de reabilitação.

A precariedade na acessibilidade a tratamentos de cunho de reabilitação física existen-

te nas cidades brasileiras provoca consequências desagradáveis para esses indivíduos, como interrupção da vida profissional e dependência de terceiros para realização de atividades cotidianas (SANTOS, 2011). Além disso, a falta de movimentação muscular gera problemas físicos, como o surgimento de lesões ou escaras (lesões e feridas na pele que surgem como consequência de uma grande pressão aplicada na pele). Transtornos esses que ainda acarretam danos de ordem psicológica, afetando a autoestima do indivíduo e diminuindo sua qualidade de vida (TSUKAHARA; HASEGAWA; SANKAI, 2009).

Uma saída para amenizar os efeitos danosos ou resgatar a mobilidade de um membro afetado é através de programas de reabilitação motora. A fisioterapia adequada promove a recuperação do paciente, devolvendo-o para a sociedade. No entanto, uma escassez de terapeutas e fisioterapeutas faz com que a carga de trabalho dos profissionais ativos da área seja muito grande.

A prescrição, verificação e treino de órteses são parte das intervenções utilizadas pelo terapeuta ocupacional com indivíduos que apresentam disfunções físicas, com objetivo de recuperar a função e melhorar o seu desempenho ocupacional. Segundo Trombly e Liden (1995), órtese é um dispositivo que se agrega ao corpo a fim de suprir um poder motor ausente, para restabelecer sua função, auxiliar músculos debilitados, posicionar e/ou mobilizar uma articulação, corrigindo assim suas deformidades. Uma órtese refere-se a todos os mecanismos ortopédicos não-invasivos, posicionados externamente, cuja função é alinhar, prevenir ou corrigir deformidades, ou até mesmo melhorar a função das partes móveis do corpo (PRATT, 1994).

Portanto, atrelar dispositivos robóticos à fisioterapia é fundamental para garantir maior qualidade da recuperação do paciente. Logo, o emprego de uma órtese ativa na reabilitação se mostra uma opção a se aderir, tendo em vista o benefício da repetição de movimentos e visualização de resultados para maior evolução dos pacientes.

Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é a realização de um estudo para o desenvolvimento de uma órtese ativa de punho para auxiliar na reabilitação de pessoas que sofreram algum tipo de dano em suas funções motoras, possuindo um sistema de acompanhamento de evolução para que o paciente reproduza repetidamente os movimentos realizados por um fisioterapeuta e entenda seu avanço de acordo com a angulação alcançada pelo punho.

Objetivos Específicos

- Desenvolver um dispositivo inovador para o mercado de engenharia e fisioterapia;
- Otimizar tempo de recuperação de pacientes;
- Auxiliar pacientes com disfunções físicas a se restabelecerem na sociedade.

Justificativa

As mãos são membros importantíssimos para realizar contato com o meio externo e expressar gestos e atividades no dia-a-dia. No qual um trauma pode atrapalhar temporariamente ou permanentemente o bem estar e a qualidade de vida do indivíduo (FONSECA, *et al.*, 2006).

A Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) realizada em 2019 pelo IBGE, revela que no Brasil 17,3 milhões de pessoas de 2 anos ou mais de idade com deficiência em pelo menos uma de suas funções. Embora a Lei 13.146, em seu artigo 8º, assegure o direito ao trabalho para pessoas com deficiência, a PNS constatou que o nível de ocupação das pessoas com 14 anos ou mais com deficiência é de apenas 25,4% contra 57% na população geral (IBGE, 2019).

Em relação a pessoas que sofreram algum tipo de trauma ou possuem alguma patologia limitadora de movimento, muitas delas precisam passar por algum processo de reabilitação motora. O presente projeto tem justificativa pautada no auxílio à médicos, fisioterapeutas e fisio- logistas no tratamento e reabilitação de pacientes com lesões no punho. A reabilitação de forma intensiva, principalmente no início, é recomendada, uma vez que Cauraugh e Summers (2005) atestam que uma relação positiva entre a intensidade do tratamento e os resultados existe. Justifica-se ainda na grande quantidade de pacientes, no tempo muito grande de tratamento e custo elevado, além de incentivar mais estudos na área.

METODOLOGIA

Nesta seção é realizado um estudo sobre próteses e órteses ativas, explicando suas definições e particularidades. Este estudo serve como base para se ambientar na área de órteses ativas, bem como entender o desenvolvimento da estrutura e funcionamento da órtese desenvolvida nesse projeto.

Estudo sobre as órteses

Atualmente existe uma classificação feita (PONS, 2008) sobre alguns dispositivos modernos destinados a ajudar na locomoção. Esta classificação tem como fator determinante a influência do robô na realização do movimento do seu usuário. A classificação é a seguinte:

- **Próteses Robóticas (*Prosthetic Robots*):** Aparelho eletromecânico que substitui membros amputados.
- **Exoesqueletos robóticos amplificadores de força (*Limb-Empowering Robotics Exoskeletons*):** Originalmente chamado de *extenders* (KAZEROONI, 1989), são definidos como uma classe de robôs que complementa o corpo humano, aumentando a capacidade de operação do mesmo.
- **Órteses Robóticas (*Orthotic Robots*):** Estrutura mecânica que reproduz algumas funções de membros do corpo humano com o propósito de restaurar a perda de movimentos.
- **Órteses de antebraço e pulso, nesta categoria temos:**
- **Órteses claviculares - *Cock-up wrist splint*,** esta órtese tem como alvo a região do pulso e próximas a mão.
- ***Wrist extension splints*:** órteses para o pulso que permitem a movimentação.
- ***Ulnar gutter splint*:** órteses para fraturas no metacarpo é comum em praticantes de esporte como boxe.

- Órteses de mãos e dedos: esta categoria engloba órteses específicas de mãos, e órteses para as extremidades, dedos.

As órteses ativas inicialmente eram desenvolvidas tendo como base órteses passivas e tinham como propósito reproduzir os movimentos do corpo humano para auxiliar no processo de reabilitação de pacientes. A primeira referência de uma órtese ativa data de 1935 (DOLLAR & HERR, 2007).

Outro exemplo é a órtese ativa desenvolvida pelo NIATS, ilustrada na figura 1, tem acoplada em sua estrutura um motor DC linear fabricado pela Faulhaber, e para controle dos parâmetros deste motor um controlador do mesmo fabricante foi escolhido, a escolha de ambos se deu por meio de análise de requisitos do projeto (NIATS, 2018).

Figura 1 - Órtese ativa para supressão do tremor Parkinsoniano desenvolvida pelo NIATS.



Fonte: NIATS (2018).

O presente trabalho realizará a criação de um estudo teórico para desenvolvimento de um protótipo de uma órtese ativa de mão de punho com auxílio de uma órtese passiva como estrutura juntamente com placas de alumínio e medidor de angulação de movimento feita através do Arduino®.

Escolha dos materiais

Nesse tópico é realizada a escolha dos materiais referentes à estrutura da órtese e ao medidor de angulação para acompanhamento do desenvolvimento do paciente ao longo do tratamento.

Estrutura da órtese

Para construção da órtese foi utilizado uma tala para imobilização de punho, no qual receberá algumas modificações para chegar no modelo final. O Modelo em específico da marca *Ortofly* é construído em lona dupla com velcros com passantes para ajuste e uma barbatana PVC.

Figura 2 - Órtese passiva.



Fonte: (Exclusivas Iglesias, 2022).

Arduíno UNO®

Para controle do sistema foi utilizado a placa microcontroladora Arduíno Uno R3 SMD®, no qual realizará a coleta dos dados e emissão para o usuário. Ele possui 14 pinos de entrada/saída digital (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um ressonador cerâmico de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), uma conexão USB, um conector de alimentação, um conector ICSP e um reset botão. (ARDUÍNO, 2022)

A tensão operacional do Arduíno em suas saídas é de até 5V, com corrente 20mA podendo chegar a 50mA nos pinos de 3,3V e a tensão de entrada recomendada de 7-12V.

Figura 3 - Arduíno UNO Rev3 SMD®



Fonte: Arduíno® (2022)

Potenciômetro

O potenciômetro possui três terminais, ou pontas, que são controlados a partir de um eixo giratório, responsável por ajustar a resistência do dispositivo. As pontas externas se conectam com os resistivos internos, denominados pista ou trilha, e entre os dois terminais extremos há um resistor comum. (Mundo da Elétrica, 2016)

Será utilizado um potenciômetro linear de 10kΩ, no qual será acoplada a articulação da órtese para que de acordo com a variação dos valores de resistência, seja identificado o ângulo em que a articulação se encontra.

Figura 4 - Potenciômetro linear de 10kΩ.

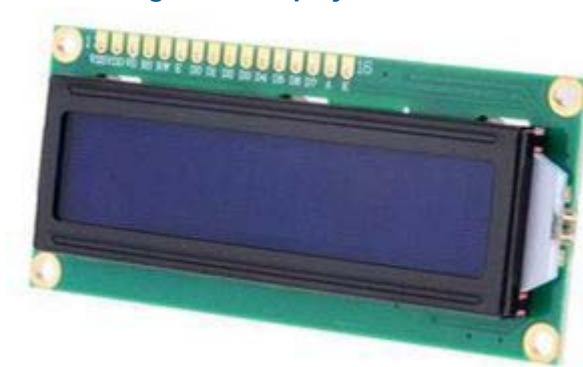


Fonte: Baú da Eletrônica (2022).

Display LCD

Para visualização do usuário final, será adicionado um display LCD que estará conectado ao Arduino, no qual será exibido as informações de ângulo da articulação.

Figura 5 - Display LCD 16x2



Fonte: Baú da Eletrônica (2022).

SELEÇÃO DOS MOVIMENTOS

Para estruturação e análise da órtese, foram selecionados dois movimentos feitos pelo punho. O primeiro movimento é o movimento de flexão. Ocorre na articulação radiocárpica, no plano sagital nas articulações radiocárpicas e intercárpicas. A amplitude articular: 0° a 90° (Marques, 2003).

O segundo movimento é o movimento de extensão. Ocorre no plano sagital nas articulações radiocárpicas e intercárpicas. A amplitude articular é de 0° a 70° (MARQUES, 2003).

Figura 6 - Movimentos de flexão e extensão respectivamente.

Fonte: Ace (2015).

Projeto de estrutura da órtese

Uma peça estrutural ou componente de máquina deve ser projetada de modo que a máxima carga que pode ser aplicada sobre o material (carga última) seja consideravelmente maior que o carregamento que essa peça ou elemento irá suportar em condições normais de utilização. A falha de um elemento estrutural ocorre quando o cisalhamento interno ou o momento sobre o elemento é máximo. Portanto, por questões de segurança, em um projeto de elemento estrutural ou mecânico é importante que as tensões de cisalhamento e flexão máximas sejam restritas a valores admissíveis para o material (BEER; JOHNSTON JUNIOR, 1995; HIBBELER, 2010).

Tensão é definida como a intensidade das forças distribuídas numa certa seção transversal (BEER; JOHNSTON JUNIOR, 1995). Hibbeler (2010) e Beer e Johnston Junior (1995) indicam como método de especificação da tensão máxima admissível para o material de um elemento estrutural, o uso de um fator de segurança FS , dado pela Equação 1:

$$FS = \frac{\text{CargaÚltima}}{\text{Cargaadmissível}} (1)$$

Primeiramente, definiu-se um fator de segurança $FS = 2$ para a determinação das tensões admissíveis de flexão e cisalhamento do material escolhido para a fabricação das hastes.

O material escolhido para a fabricação do protótipo foi o Alumínio (1% Mg) devido suas características como baixo peso específico em relação a outros materiais metálicos, como o aço, e resistência mecânica. Suas respectivas tensões últimas de flexão e cisalhamento constam como sendo: Tensões últimas de Flexão 290 MPa e Cisalhamento 185 MPa (Beer e Jhonston Junior, 1995).

De acordo com um estudo de análise dos picos de torque nos movimentos flexor e extensor do punho (HIDALGO, Gabriela *et al.*, 2008) o pico de torque realizado pelo punho de pacientes em estado de pré-tratamento é em média de 2,5 Nm, levando em consideração esse valor, calculou-se a ação dessa força sobre a estrutura da órtese.

A força de mola necessária é representada pela equação 2:

$$F = \frac{T}{d} (2)$$

Onde d é a distância da linha de ação da força (linha de centro da mola) até o ponto de articulação do pulso.

A rigidez necessária é dada pela equação 3:

$$Kn = \frac{F}{x} \quad (3)$$

Onde x é a distância que a mola encolhe quando a mão vai da posição normal até o extremo (quando a mola está mais encolhida possível).

Com o Kn , utiliza-se da equação 4 para cálculo de qual mola terá a rigidez necessária.

$$Kn = \frac{F}{x} \quad (3)$$

Onde d é o diâmetro do arame da mola em mm;

G é a constante do aço (80GPa);

D é o diâmetro médio das espiras da mola em mm;

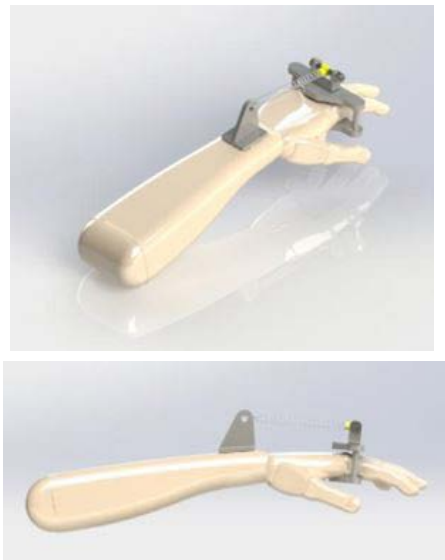
N é a quantidade de espiras da mola, ou seja, quantas voltas de arame.

O k deve ser igual ou bem próximo ao Kn , sendo sua unidade N/mm. E y é o quanto a mola encolhe ao fazer o movimento. (SHIGLEY, 2019).

Para tal, a mola escolhida foi a mola da marca Previsão código P-0648-11 com 305mm, carga de 137,5N e deflexão de 125,0mm. (PREVISÃO, 2022)

A estrutura da órtese realizada no programa SolidWorks® versão estudante segue nas figuras a seguir:

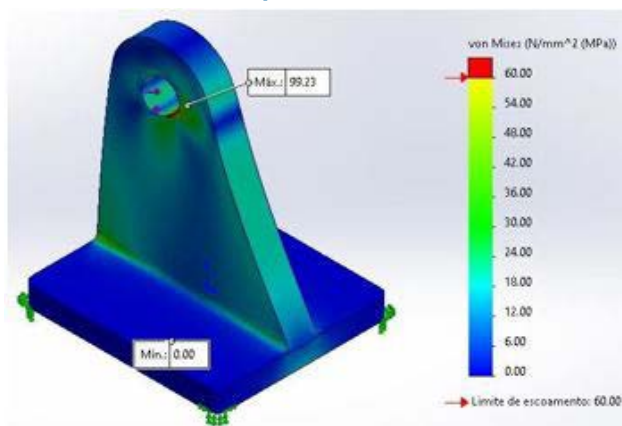
Figura 7 - Estrutura da órtese realizada no SolidWorks.



Fonte: Autoria própria.

De acordo com a teoria de von Mises, que afirma que um material dúctil começa a escoar em um local onde a tensão de von Mises se torna igual ao limite de tensão. Para a peça em questão foi utilizado o material Nilon101, onde consta-se na figura 8 seu estudo.

Figura 8 - Estudo de tensão na peça com base no critério de Von Mises.



Fonte: Autoria própria.

Projeto de medidor de ângulo

O sistema de medição de ângulo terá como objetivo mostrar ao paciente qual angulação seu punho realiza e, ainda, demonstrar a evolução da amplitude do movimento ao mesmo. Para tal, será implementado um potenciômetro linear (resistência varia linearmente com a posição) na haste inferior da estrutura metálica da órtese de forma que o cursor do dispositivo acompanhe o curso da haste e sua carcaça se mantenha fixa. O potenciômetro será utilizado como sensor potenciométrico, produzindo uma resistência proporcional à posição, e utilizado para medir o deslocamento do punho.

Vale ressaltar que o potenciômetro possui uma zona morta de aproximadamente 20 graus, ou seja, o cursor se move, mas a resistência não varia, conforme figura 9.

Figura 9 - Potenciômetro Linear 10kΩ



Fonte: Mundo da Elétrica (2022).

O ângulo total do potenciômetro é 300 graus, contabilizando a zona morta, se torna então 260 graus. O terminal central do potenciômetro foi colocado em uma entrada analógica do Arduino®, pois assim ele mede a variação de tensão.

Portanto, se a entrada analógica é conectada ao conversor A/D e esse conversor A/D é de 10 bits, ou seja, conta de 0 a 1023, e sabe-se que a área de ângulo total é de 260°, montamos uma regra de três como mostram as equações 5 e 6:

$$\frac{1023}{260} = \frac{\textit{leituraAD}}{\theta} \quad (5)$$

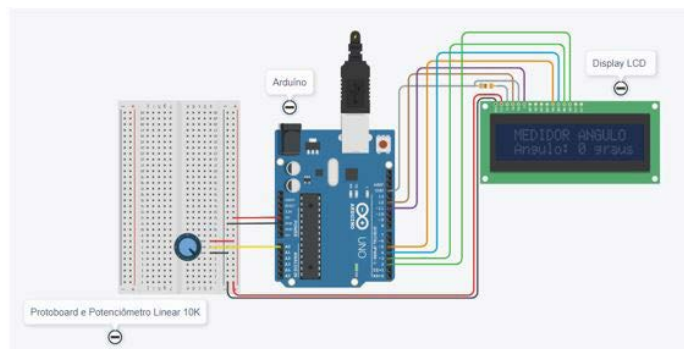
Ajustando, temos:

$$\theta = 260x \frac{\textit{leituraAD}}{1023} \quad (6)$$

A equação 6 foi anexada ao código no programa do Arduíno® para obtenção do ângulo referente a inclinação do punho.

O circuito montado no simulador online Tinkercad®, modo estudante, é exibido na figura 10:

Figura 10 - Circuito montado no simulador Tinkercad.



Fonte: Autoria própria.

O código de programação realizado no Arduíno UNO® segue na figura 11.

Figura 11 - Código de programação no Arduíno UNO 1.8.18®.

```

MEDIDOR_DE_ANGULO | Arduino 1.8.18
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

MEDIDOR_DE_ANGULO$
#include <LiquidCrystal.h>

//Projeto Medidor de angulo
//Define os pinos que serão utilizados para ligação ao display
int leituraAD, angulo;
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); //conexão de pinos arduino e LCD

void setup () {
  lcd.begin (16, 2); //definir o número de colunas e linhas do LCD
}
void loop () {
  leituraAD = analogRead(A0);

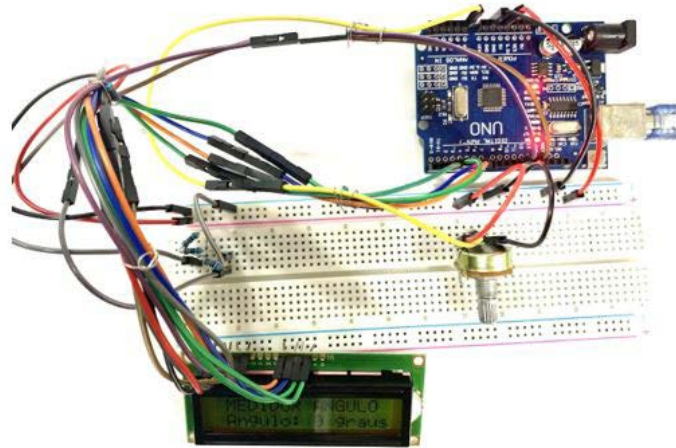
  // ângulo = 260*leituraAD/1023
  angulo = (260*(float)leituraAD/1023) + 0.5;

  lcd.clear ();
  lcd.setCursor (1,0);
  lcd.print ("MEDIDOR ANGULO");
  lcd.setCursor (1,1);
  lcd.print ("Ângulo: ");
  lcd.print (angulo, DEC);
  lcd.write (" graus"); //símbolo do grau através do código de caracteres do display
  delay (200);
}
    
```

Fonte: Autoria própria.

E o circuito experimental, montado em laboratório segue na figura 12:

Figura 12 - Circuito medidor de ângulo montado.



Fonte: A autoria própria.

Assim, o potenciômetro pode ir de 0 a 260 graus, de acordo com que seu cursor variar, que nesse caso, é feito a partir do momento que o paciente estiver movimentando seu punho.

Portando, o paciente terá a visibilidade de sua evolução em seus movimentos pois poderá comparar a angulação de seu punho no início, durante e final da reabilitação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado deste projeto foi o desenvolvimento de um estudo para produção de um protótipo de órtese ativa para auxiliar na reabilitação de pessoas que sofreram algum tipo de dano em suas funções motoras dos membros superiores bem como um mecanismo para visualização do avanço na reabilitação do paciente.

Assim, sendo considerado exequível a realização do protótipo, considera-se que atrelar dispositivos robóticos a fisioterapia é fundamental para garantir maior qualidade da recuperação do paciente. Logo, o emprego de uma órtese ativa na reabilitação dessas pessoas se mostra uma opção a se aderir, tendo em vista o benefício da repetição de movimentos, da visualização de resultados e retorno às atividades habituais e obtenção de maior qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

IBGE (2019). Expectativa de vida dos brasileiros. Página na internet, IBGE. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2021-08/pessoas-com-deficiencia-em-2019-eram-173-milhoes>. Acesso em: 12 de agosto de 2022.

PRATT, David J. "Some aspects of modern orthotics", 1994. *Psychological Measurement* 15, 1-26.

SANTOS, Diego P. dos. Projeto Mecânico de Exoesqueleto Robótico Para Membros Inferiores. 2011. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecatrônica e Sistemas Mecânicos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

TSUKAHARA, Atsushi; HASEGAWA, Yasuhisa; SANKAI, YoshiYuki. Standing-Up Motion Support for

Paraplegic Patient with Robot Suit HAL. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON REHABILITATION ROBOTICS, 2009.

TROMBLY, C.A, LIDEN, C.A. Orthoses: kinds and purposes. In: TROMBLY, C.A. Occupational therapy for physical dysfunction. 4. ed. Baltimore: Willians & Willians, 1995.

KAZEROONI, H. Human/robot interaction via the transfer of power and information signals, Proceedings of the annual International Conference of the IEEE Engineering in Engineering in Medicine and Biology Society, Vol.3, p.908-909, 1989

DOLLAR, A. M.; HERR, H. Lower extremity exoskeletons and active orthoses: Challenges and state of the art. IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, Noordwijk, Netherlands. 2007.

MARQUES, Amélia Pasqual – Manual de goniometria – 2. Ed. Barueri, SP: Manole, 2003. ISBN 85-204-1627-6. Disponível em: <https://acegs.com.br/wp-content/uploads/2016/06/MANUAL-DE-GONIOMETRIA-FINAL.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2022.

HIBBELER, R. C. Resistência dos Materiais. 7. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

BEER, Ferdinand P.; JOHNSTON JUNIOR, E. Russell. Resistência dos Materiais. 3. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1995.

PONS, J.L. *et al.* Wearable Robots: Biomechatronic Exoeskeletons. England: John Wiley & Sons, 2008. 358p.

FONSECA, Marisa. *et al.* Traumas da mão: estudo retrospectivo. Ver. Bras. Ortop. 2006; 41-5: 181-6. Disponível em: <https://www.rbo.org.br/detalhes/1070/pt-BR/traumas-da-mao--estudo-retrospectivo>. Acesso em: 10 de setembro de 2022.

CAURAUGH, J.; SUMMERS, J. Neural plasticity and bilateral movements: a rehabilitation approach for chronic stroke. Progress in Neurobiology. Vol. 75, No.5, p.309-320. 2005.

NIATS (Núcleo de Inovação e Avaliação Tecnológica em Saúde). Proposta de uso de uma órtese ativa para atenuação do tremor de membro superior em indivíduos acometidos pela doença de Parkinson. V Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia | X Simpósio de Engenharia Biomédica. 2018. Disponível em: file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/PROPOSTA_DE_USO_DE_UMA_RTSE_ATIVA_PARA_ATENUAO_DO.pdf. Disponível em: 10 de setembro de 2022.

Ace. Gestão em Saúde. Manual de goniometria medição dos ângulos articulares. 2015. p. 20-21. Disponível em: <https://acegs.com.br/wp-content/uploads/2016/06/MANUAL-DE-GONIOMETRIA-FINAL.pdf>. Acesso em: 20 de agosto de 2022.

ONLINE, 2022. Tala em lona Ortofly Ortopédico. Disponível em: https://www.google.com/search?q=ortofly+tala+em+lona&rlz=1C1NHXL_pt-BRBR1025BR1025&sxsrf=ALiCzsaGhkdHMSLJyeJlvDFV569Cabj3-g:1666786230067&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj4kqPJ7v36AhU5CLkGHQojDy4Q_AUoAnoECAIQBA&biw=1440&bih=789&dpr=1. Acesso em: 10 de setembro de 2022.

HIDALGO, Gabriela *et al.* Análise dos picos de torque flexor e extensor de punho de uma paciente com artrite reumatóide juvenil pré e pós-tratamento utilizando a técnica de Ai Chi. XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. 2008. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivosINIC/INIC1100_02_O.pdf. Acesso em: 12 de agosto de 2022.

ARDUÍNO. UNO, 2022. Disponível em: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3-smd?queryID=undefined>. Acesso em: 15 de setembro de 2022.

MUNDO DA ELÉTRICA, 2016. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/potenciometro-o-que-e-como-funciona/>. Acesso em: 15 de setembro de 2022.

BAÚ DA ELETRÔNICA, 2022. Disponível em: <https://www.baudaeletronica.com.br/potenciometro-linear-de-10k-10000.html>. Acesso em: 15 de setembro de 2022.

BAÚ DA ELETRÔNICA, 2022. Disponível em: https://www.baudaeletronica.com.br/display-lcd-16x2-azul.html?gclid=Cj0KCQjwkt6aBhDKARIsAAyeLJ3emoA_RKVB_EwaofxZ2nRSpr6MTzXIUraGYu-DF1Fa_JGbHsmliYaEaAsXBEALw_wcB. Acesso em: 15 de setembro de 2022.

SHIGLEY, Joseph. Livro Projeto de engenharia mecânica 7ª ed. 2019. Disponível em: https://www.academia.edu/23043500/Projetodeengenhariamecnica_shigley7ed_130731161511_phpapp. Acesso em: 15 de setembro de 2022.

PREVISÃO, Presilhas. 2022. Molas de Matriz de Serviço. Disponível em: <https://previsao.ind.br/produto/molas-de-matriz-servico-leve/>. Acesso em: 15 de agosto de 2022.

EXCLUSIVAS IGLESIAS. 2022. Disponível em: <https://ortopedia.exclusivasiglesias.com/pt/98-ortese-de-pulso-e-mao>. Acesso em: 15 de agosto de 2022.



Semáforo inteligente para veículos de serviço de emergência

Smart traffic light for emergency service vehicles

André Oliveira da Silva

Graduando em Engenharia Elétrica

Mateus de Souza Bastos

Graduando em Engenharia Elétrica

Rafael Lima de Oliveira

Mestre em Engenharia Elétrica

<http://lattes.cnpq.br/6212659806406513>

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.11

RESUMO

O presente estudo científico descreve o funcionamento de um sistema de semáforos inteligentes. Justificou-se devido às complicações observadas no tráfego dos veículos de emergências enquanto atendiam ocorrências. Partindo do pressuposto do entendimento do assunto em questão, teve-se como objetivo geral deste trabalho o desenvolvimento de um sistema de semáforos inteligentes, com finalidade permitir o livre deslocamento de forma ágil e segura, dos veículos de emergências em situações emergenciais e avaliar seu funcionamento. Para atingir tal objetivo deve-se projetar e implementar o circuito eletrônico de um receptor de sinal para os semáforos e um emissor de sinal para os veículos; projetar e implementar o invólucro do circuito do receptor de sinal dos semáforos e dos emissores de sinal para instalação nos veículos; desenvolver e implementar o firmware dos dispositivos; analisar a eficiência e precisão dos dispositivos. Foi alcançado um resultado satisfatório, visto que foi atendido o objetivo geral do trabalho no protótipo desenvolvido.

Palavras-chave: semáforo. semáforo inteligente. eletrônica. trânsito. veículos de emergência.

ABSTRACT

This scientific study describes the operation of a system of intelligent traffic lights. It was justified due to the complications observed in the traffic of emergency vehicles while attending to occurrences. Assuming the understanding of the subject in question, the general objective of this work was the development of a system of intelligent traffic lights, with the purpose of allowing the free movement, in an agile and safe way, of emergency vehicles in emergency situations and to evaluate its operation. To achieve this objective, the electronic circuit of a signal receiver for traffic lights and a signal emitter for vehicles must be designed and implemented; design and implement the casing of the signal receiver circuit for traffic lights and signal emitters for installation in vehicles; develop and implement device firmware; analyze the efficiency and accuracy of the devices. A satisfactory result was achieved, since the general objective of the work on the developed prototype was met.

Keywords: traffic light. smart traffic light. electronics. traffic. emergency vehicles.

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais todos fazem parte do trânsito, seja como pedestres, ciclistas ou condutores, desta forma cabe a cada um exercer seu papel de maneira adequada para que o mesmo possa fluir da melhor maneira possível, alcançando assim o que se chama de harmonia no trânsito.

Sabe-se que quanto maior a cidade ou metrópole, maior será o fluxo de veículos circulando pela mesma, desta forma, fazer com que o trânsito flua de maneira eficaz e segura se torna uma tarefa muito mais árdua. Para tal que existem diversos meios de controlar o fluxo de veículos e manter a ordem, meios como: guardas de trânsito, sinalização vertical e horizontal, radares fixos e móveis e semáforos, que se torna o foco principal deste trabalho

Segundo o próprio DETRAN (2022), órgão responsável por fiscalizar e administrar o

trânsito em território nacional, o semáforo é um dispositivo de controle e segurança tanto de veículos como de pedestres. Devido à sua característica de intervir no direito de passagem para os diferentes movimentos de veículos ou de pedestres, em interseções ou em outros locais ao longo das vias, o semáforo exerce uma profunda influência sobre o fluxo de trânsito.

Contudo, apesar de todos esses meios de organização do trânsito citados existem algumas situações, que de certa forma, necessitam interromper o fluxo no qual o trânsito se encontra, que são os veículos de emergência.

O CTB (2015) reitera em sua no Art. 145 que em comparação com os veículos emergenciais devem os outros condutores deterem a marcha e cederem a passagem, para sua rápida locomoção, sendo prevista no artigo 189 do CTB penalidades nos casos em que motoristas deixam de dar passagem às ambulâncias, veículos de socorro de incêndio e salvamento, viaturas policiais, de fiscalização de trânsito e dos precedidos de batedores em serviço de urgência e devidamente identificados.

Desta forma, buscando sanar ou minimizar os transtornos causados pelas dificuldades ocasionadas em casos de necessidade de circulação dos veículos de emergência no trânsito, este trabalho busca estudar o modelo conhecido como semáforos inteligentes e analisar a tecnologia disponível para implementação do mesmo. Este modelo de semáforo inteligente identifica a existência dos veículos de emergência e realiza as manobras necessárias no trânsito para abrir caminho para o atendimento e manter a ordem e segurança do mesmo.

Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo principal o estudo de um modelo de sistema de semáforos inteligentes, com a finalidade de permitir o livre deslocamento de forma ágil e segura, dos veículos de emergência em situações emergenciais e analisar a tecnologia disponível para a sua implementação.

Objetivos específicos

A fim de alcançar o objetivo principal tem se:

- Estudar e analisar a tecnologia disponível para projetar e implementar o circuito eletrônico de um receptor de sinal para os semáforos e um emissor de sinal para os veículos.
- Estudar e analisar a tecnologia disponível para projetar e implementar o invólucro do circuito do receptor de sinal dos semáforos e dos emissores de sinal para instalação nos veículos.
- Estudar e analisar a tecnologia disponível para desenvolver e implementar o firmware dos dispositivos.
- Projetar um protótipo para o sistema.

Justificativa

Os deslocamentos dos veículos emergenciais no trânsito causam diversas complicações

no mesmo, e em ocasiões a chegada ao seu destino final é retardada devido o fluxo de veículos, sendo assim, este trabalho justifica-se pela necessidade de implementar um sistema no qual essa problemática possa ser sanada, mantendo a ordem e segurança no trânsito e facilitando o deslocamento dos veículos emergenciais até seu destino de atendimento

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em grande parte dos cruzamentos existentes nas médias e grandes cidades estão instalados os semáforos de trânsito, que são responsáveis, juntamente com outros agentes de trânsito, por organizar o fluxo de veículos e pedestres do mesmo.

Segundo o site Sinal de Trânsito (2022), o primeiro semáforo inventado que se tem registro, dedicado ao controle de fluxos de veículos, começou a operar em 10 de dezembro em 1868, em Londres, no cruzamento das ruas George e Bridge, perto do Parlamento. Foi projetado pelo engenheiro ferroviário J. P. Knight, possuía dois braços que, quando estendidos horizontalmente significava “Pare” e quando inclinados a 45 graus significava “Siga com cuidado”. À noite, uma lâmpada de gás verde e uma vermelha reforçam as indicações dos braços.

Com o passar do tempo, houve a necessidade de modernizar os semáforos existentes, até que em 1912 foi criado o primeiro semáforo elétrico, por Lester Wire, oficial da polícia de Salt Lake. Era bastante rústico e consistia numa caixa de madeira com uma cobertura inclinada para facilitar o escoamento da chuva e da neve. As lâmpadas eram pintadas de verde e vermelho e sua luz passava através de aberturas circulares feitas na caixa.

Atualmente existem diversos tipos de semáforos de trânsito, dentre eles: semáforos para veículos com três cores; semáforos para veículos com duas cores; semáforos com cronômetro indicador de tempo; semáforos exclusivos para pedestres; semáforos exclusivos para ciclistas; dentre outros; e existem os semáforos inteligentes, objeto de estudo deste projeto.

Semáforos inteligentes existentes

Atualmente existem diversos projetos de semáforos inteligentes em fase de estudo ou até mesmo aplicados ao redor do mundo, que servem como base de estudo para o desenvolvimento desse projeto.

Exemplo 1

Segundo o site Notícias Automotivas (2021), em 2021 a Índia ocupava o 10º lugar dentre os países com maiores quantidades de veículos circulando em todo o mundo. Conseqüentemente essa quantidade de veículos circulando pode gerar bastante adversidade para o fluxo do trânsito, caso o país não tenha estrutura suficiente para coordenar tais veículos em circulação, garantindo a ordem do trânsito e segurança para todos envolvidos no mesmo. Sendo assim, foi desenvolvido o estudo Implementing Intelligent Traffic Control System for Congestion Control, Ambulance Clearance, and Stolen Vehicle Detection (2015), que tem como objetivo desenvolver todo um sistema capaz de identificar veículos de emergência em situações de trabalhos e preparar o trânsito para a passagem dos mesmos, além de identificar veículos relatados como roubados e enviar sinais para as autoridades necessárias (SUNDAR, 2015).

O foco principal deste artigo se trata de preparar o trânsito para a passagem de veículos em situações de emergências, e para realização de tal feito, pensa-se em projetar todo um sistema automático, que opere sem nenhuma intervenção humana. A fim de tal feito, cada veículo individual tem de estar equipado com identificação especial por radiofrequência (RFID) etiqueta (colocada em local estratégico), o que impossibilita ser removida ou danificada, será usado o leitor RFID, NSK EDK-125-TTL, e PIC16F877A system-on-chip para ler as etiquetas RFID anexadas ao veículo (SUNDAR, 2015).

Como resultado foi obtido aquilo que se esperava nos objetivos, o modelo automatizado funciona com a mínima interação humana, os veículos de emergências quando acionarem os sinais de (RFID) recebem luz verde dos semáforos, liberando sua passagem.

Este projeto contribuiu significativamente para o modelo a ser implantado neste estudo, uma vez que mostrou a viabilidade de implantação de modelos similares, observando as características e objetivos do projeto em questão, a fim de serem alcançados.

Exemplo 2

Outro artigo cujo foco principal é resolver os problemas enfrentados pelos veículos de emergências, ambulâncias; forças especiais; viaturas de polícia; viaturas de combate a incêndios; dentre outros, em seu deslocamento, levando em consideração seu ponto de partida até o ponto em que está ocorrendo a emergência em si, é o A GPS Based Traffic Light Pre-emption Control System for Emergency Vehicles (2013).

Graças ao estudo deste artigo pôde-se entender caminhos a serem seguidos na elaboração de um projeto a fim de atender o objetivo proposto, uma vez que ambos se assemelham muito.

Como proposto, para alcançar os resultados esperados, foi estudado a implementação de sistemas como sistemas ópticos, sistemas baseados em som, sistemas controlados por rádio.

Sistemas ópticos que utilizam infravermelho codificado ou visual e transmissões de luz do veículo de emergência para o tráfego na interseção. Como exemplo para esses sistemas; OPTICOM, MIRT e TOMAR/SRTOBECOM (ELTAYEB, 2013).

Sistemas baseados em som: os quais detectam o som de uma sirene no veículo de emergência e limpam o caminho adequadamente no cruzamento. Isso é feito com o uso de microfones direcionais para determinar a direção da viagem para o cruzamento. Por exemplo, para esses sistemas, o SONEM 2000 e EPS-II (ELTAYEB, 2013).

Sistemas controlados por rádio: Em um veículo de emergência, um botão de controle na unidade de emergência é pressionado para iniciar o plano de cronometragem especial para sinais ao longo de uma rota selecionada. Até dez interseções poderiam ser especificadas e controladas ao longo do caminho de viagem. Cada rota pré-determinada tinha um botão para ativá-lo. O sistema BLISS [5] é um exemplo para um sistema controlado por rádio (ELTAYEB, 2013).

Desta forma, com o auxílio de todos estes recursos, pode-se projetar um sistema que permita: Sugerir o caminho mais curto com menos obstáculos, retirado de um mapa eletrônico atualizado para o motorista do veículo de emergência, o que resultará na redução do tempo de viagem dos veículos de emergência para o desejado destino; Limpar o caminho com anteceden-

cia de outros veículos e pedestres, especialmente em cruzamentos de semáforos, que resultará na prevenção de possíveis congestionamento, tal ação pode ser feito por estimativa humana ou outra opção de sistemas de desobstrução de caminhos; Minimizar o tempo perdido por outros veículos aguardando a passagem do veículo de emergência; Prevenir acidentes que possam ocorrer na desobstrução do caminho por meios manuais; Garantir a segurança pública, especialmente a pedestres nos cruzamentos (ELTAYEB, 2013).

O projeto em questão trouxe resultados satisfatórios e serviu de base teórica e incentivo para elaboração do projeto de semáforos inteligentes proposto neste estudo.

Eletrônica

Hoje em dia quando fala-se em automatizar um tipo de sistemas, ou mesmo que seja diminuir a interação humana que atua sobre os mesmos, sem dúvidas fala-se de eletrônica, que é uma das propriedades fundamentais da eletricidade.

Por sua vez, pode ser definida como o ramo da ciência que estuda o uso de circuitos formados por componentes elétricos e eletrônicos, com o objetivo principal de representar, armazenar, transmitir ou processar informações além do controle de processos e servomecanismos.

Quando se fala em história da eletrônica um dos principais nomes que se tem em mente é Thomas Edson, que teve papel fundamental, em suas invenções, no entendimento de como a corrente elétrica funciona e como manipulá-la (HISTÓRIA DA ELETRÔNICA, 2022).

Sendo assim, visando alcançar os objetivos propostos neste trabalho serão aplicados os conceitos adquiridos no âmbito da eletrônica, o uso de seus componentes, montagem dos circuitos e programação dos microcontroladores e microprocessadores.

Sensores

Sensores são dispositivos que realizam a leitura de calor, movimento, posição GPS, radiofrequência, luz, pressão, entre outros, e emitem essas informações para dispositivos, como micro controladores, que realizam a leitura desses dados e realizam funções em outros dispositivos. A escolha do sensor para cada atividade, deve ser baseada no ambiente que o mesmo será implementado, e do tipo de leitura que pode ser feita.

Módulo GPS

O módulo GPS, funciona de acordo com a localização GPS do sensor. Esse módulo é um pequeno dispositivo, que possui apenas 4 pinos, onde 2 deles são usados para alimentação, e os outros dois são usados para comunicação serial, podendo assim, identificar informações relacionadas à sua localização GPS, e transmitir para algum microcontrolador pela comunicação serial, para realizar funções como identificar e apresentar hora, latitude, longitude, data, ou utilizá-lo da forma que o sistema necessitar, por meio da programação deste microcontrolador ao qual o sensor estiver conectado (ARDUINO e CIA, 2017).

Figura 1 - Módulo GPS NEO-6M com antena



Fonte: Eletrogate (2022)

GSM

Segundo Redação Oficina (2008), GSM significa Global System for Mobile, que é muito utilizado, principalmente em celulares. Nesse sistema, o sinal e os canais de voz são digitais, configurando assim o GSM como um sistema de segunda geração. Dentre as principais vantagens, está a possibilidade de enviar e receber SMS, chamadas de voz, além de possibilitar a transferência de dados M2M.

Figura 2 - Módulo GSM GPRS SIM800L



Fonte: Eletrogate (2022)

De acordo com e Sales (2017), a transmissão por M2M se dá por um dispositivo remotamente conectado a uma ou mais máquinas, enviando informações em tempo real. Essas conexões são feitas por wireless, enviando os dados para um servidor central, permitindo assim que sejam feitas as atividades necessárias. Esses dados são coletados pela rede mundial de computadores, e entre os dispositivos que permitem a conexão M2M, pode-se destacar os chips, drivers, entre outros (ESALES, 2017).

Figura 3 – Exemplo de código GSM transmitindo localização GPS

```

1  int numData;
2  boolean started=false;
3  char smsBuffer[100];
4  char n[20];
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14 void setup()
15 {
16   Serial.begin(9600);
17   Serial_GSM.begin(9600);
18   Serial.println("Testando GSM shield...");
19   if (gsm.begin(2400))
20   {
21     Serial.println("nstatus=READY");
22     started=true;
23   }
24   else Serial.println("nstatus=IDLE");
25
26   if(started)
27   {
28     if (sms.SendSMS("912345678", ("Latitude:", gsm.location.lat(), 0, "Longitude:", gsm.location.lng(), 0))
29     Serial.println("SMS sent OK");
30   }
31 }

```

Fonte: Autores (2022)

Placas

Arduíno Uno

Arduíno Uno é uma placa micro controladora, que realiza leituras de sensores e controla dispositivos, por meio da programação de seu microcontrolador.

Suas conexões com os dispositivos se dão por meio de jumpers, que são conectados nos pinos do Arduíno e em uma protoboard ou nos próprios equipamentos. Esses pinos são os terminais que recebem ou enviam sinais elétricos que representam os comandos baseados na programação realizada no microcontrolador do Arduíno. Também existem pinos que servem somente para alimentação de dispositivos, ou de Shields, que são aparelhos que possibilitam o Arduíno realizar conexões sem fio, como por Bluetooth, Wi-Fi, serial, entre outras (EMBARCADOS, 2013).

Figura 4 - Placa Arduíno Uno R3



Fonte: RealComp (2022)

ESP 32

ESP 32 é uma placa micro controladora assim como o Arduíno Uno, porém ela tem como vantagem a utilização de um microprocessador dual core ao invés de um microcontrolador (LOBO DA ROBÓICA, 2021). Além disso, esta placa já possibilita a conexão wireless por Bluetooth e Wi-Fi sem a necessidade de uma Shield, ou seja, ela possui esses módulos integrados, sendo assim muito mais fácil de aplicar em projetos de IoT, por ter menor tamanho, essa facilidade de conexão e maior poder de processamento.

Figura 5 - ESP 32



Fonte: Eletrogate (2022)

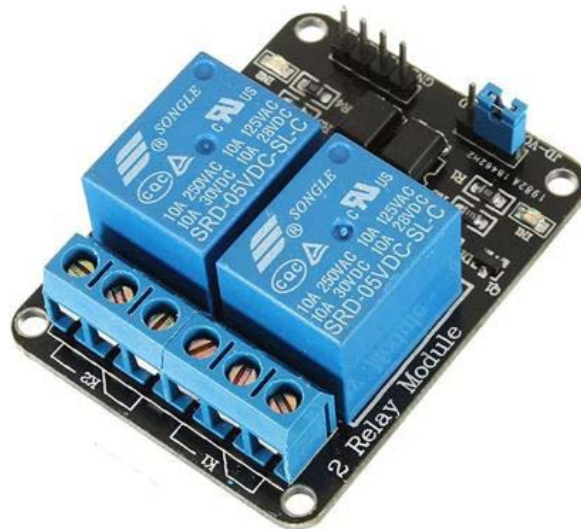
Módulo Relé

O módulo relé, é um módulo que é conectado a um microcontrolador, para realizar funções de acionamento ou desligamento das cargas de forma simples. O modelo de módulo relé comumente utilizado em projetos deste tipo possui 3 contatos, sendo eles: o comum, o normalmente aberto e o normalmente fechado. Basicamente, este dispositivo funciona como uma chave que ao receber um sinal do microcontrolador, realiza a mudança da posição dessa chave, e quando para de receber esse sinal, a chave volta ao seu estado natural.

No contato comum, deve-se receber uma das fases, e conectar o dispositivo no pino normalmente aberto ou normalmente fechado, dependendo do circuito. Ou seja, se um dispositivo está conectado no normalmente aberto, por exemplo, ao receber o comando do microcontrolador, o dispositivo muda a chave, fazendo com que o dispositivo comece a operar, até parar de receber aquele sinal, fazendo assim com que a chave abra.

Existe também o módulo relé de estado sólido, que tem a mesma função, porém tem vida útil maior pois funciona por tiristores ao invés de elementos mecânicos, além de não ter o contato comum (CURTO CIRCUITO, 2022).

Figura 6 - Módulo Relé



Fonte: Eletrogate (2022)

Internet das coisas

O termo IoT, que vem do inglês Internet of the Things, em tradução livre significa Internet das coisas, que se refere à habilidade de diferentes tipos de objetos conseguirem estabelecer conexão com a internet, desde eletrodomésticos até carros. Portanto, esses itens conseguem coletar e transmitir dados para a nuvem que posteriormente poderão ser utilizados uma vez já armazenados. (TECMUNDO,2022).

Para exemplificar, pode-se levantar diversos tipos de situações onde se encontram equipamentos utilizando este tipo de tecnologia, como por exemplo: Uma casa inteligente, onde se consegue controlar o nível de luminosidade das lâmpadas, temperatura dos aparelhos de ar condicionado, ligar e desligar equipamentos elétricos e eletrônicos apenas com o uso de um smartphone; Um veículo que consegue reproduzir um áudio de um smartphone sem usar qualquer tipo de cabo auxiliar de áudio; Um relógio que monitora seus batimentos e envia os relatórios para um smartphone; dentre outros exemplos.

Atualmente esses casos só aumentam, pois de certa forma contribuem e muito para facilitar muitas tarefas do dia a dia, juntamente, trazendo conforto, bem-estar, e praticidade para as pessoas que utilizam tais recursos.

Protocolos de Rede

WI-FI

De acordo com Cisco (2022), Wi-Fi é uma tecnologia de rede sem fio, que permite a conexão de diversos dispositivos à internet, além de gerar também uma rede que permite que os dispositivos conectados se comuniquem e possam trocar informações entre si. Foi criado na década de 90, pelo IEEE (Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos), onde na época recebeu o nome de 802.11, gerando assim o padrão IEEE 802.11 (TECHTUDO, 2021).

Atualmente existem diversos padrões de Wi-Fi, e eles tem compatibilidade entre si, o que

permite que dispositivos com padrões mais novos, consigam se conectar com dispositivos com padrões mais antigos. Esses diversos padrões vão surgindo conforme o tempo passa e novas tecnologias se desenvolvem, podendo citar por exemplo, a tecnologia dual band, presente em alguns dispositivos Wi-Fi, que geram 2 frequências de banda diferentes, geralmente 2,4GHz e 5GHz, que tem velocidades diferentes e também sinais com áreas de cobertura diferentes (TECHTUDO, 2021).

Segundo Techtudo (2021), o método de funcionamento do Wi-Fi se dá pela junção de um conjunto de tecnologias, que misturam sinais de rádio com a troca de dados via protocolo Ethernet em área. Para haver conexão com a internet, é necessário um roteador sem fio, que pode ser tanto um Wi-Fi de desktop, um hotspot móvel ou hotspot Wi-Fi portátil.

Lora e Lorawan

LoRa é a abreviação do termo “long range”, e é uma tecnologia de radiofrequência sem fio de longo alcance. É muito utilizada para aplicações em IoT, possui baixa potência e permite que as conexões possam ser usadas em redes públicas, privadas ou híbridas (CONSULTIMER, 2020).

De acordo com Embarcados (2019), a tecnologia LoRa oferece a comunicação em áreas urbanas de 3 a 4 Km de alcance, e nas áreas rurais até 12 Km ou mais. Geralmente suas principais aplicações são em sistemas IoT de baixo custo, tais como sensores e monitores remotos, que podem operar até mesmo por bateria e em lugares remotos, também sendo possível implementar de forma fácil à uma infraestrutura já existente.

Já a LoRaWAN é um padrão de rede, pertencente à empresa LoRa Alliance, que utiliza a tecnologia LoRa para fazer a comunicação entre dispositivos com a Internet. Além disso, é ela que define os detalhes de funcionamento, segurança, tipos de aplicações, entre outras coisas para o módulo e para o servidor (EMBARCADOS, 2019).

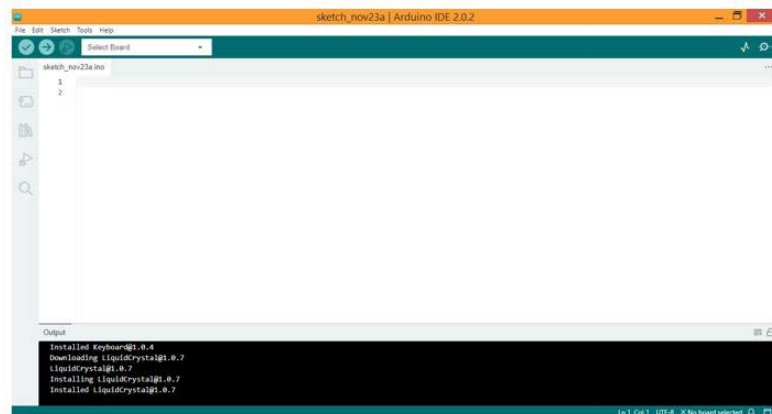
Programação

Ide Arduíno

A IDE Arduíno é um software de computador, disponibilizado pela empresa Arduíno, que possibilita a fácil criação de códigos e uploads para as placas de prototipagem como o Arduíno, ESP32, etc. Esse programa é gratuito e, além disso, possibilita o usuário adicionar bibliotecas no programa, possibilitando assim a utilização de diversos outros tipos de placas, dispositivos, e também sendo possível executar funções que normalmente não são possíveis com as bibliotecas comuns, como por exemplo, conexão por Bluetooth, Wi-Fi, entre outras coisas.

A utilização de bibliotecas também diminui os gastos desnecessários de memória nas placas, pois o usuário só inclui no seu programa as bibliotecas que ele necessita para fazer as leituras, escritas, conexões, entre outras coisas.

Figura 7 - IDE do Arduino



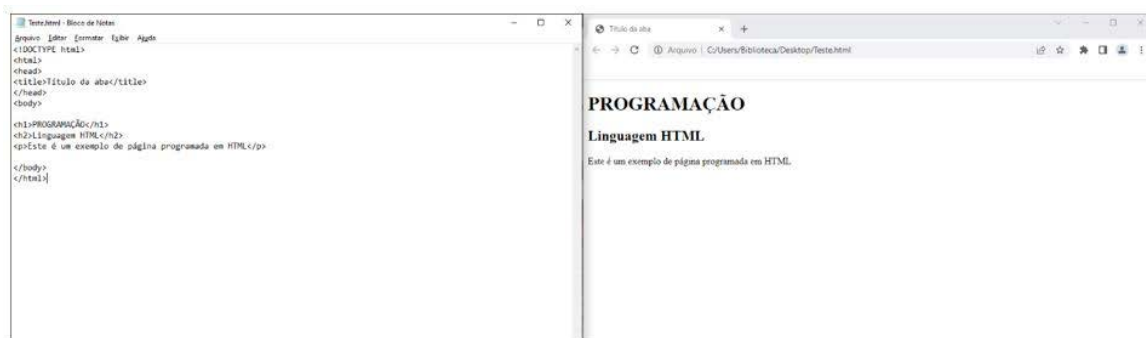
Fonte: Autores (2022)

HTML

HTML, Java Script e CSS são as bases para a criação e funcionamento de diversos sites da internet. Enquanto CSS é responsável principalmente pela parte estética do site, e o Java Script coordena todo o funcionamento da lógica e interatividade, o HTML cria toda a parte estrutural do site.

A sigla HTML significa HyperText Markup Language, traduzido em português para Linguagem de Marcação de Hipertexto. Esse tipo de programação define características físicas de um website, como parágrafos, imagens, textos, vídeos, entre outras coisas. Essa é a definição de hipertexto, conjunto de elementos conectados. O HTML recebe esse nome justamente por marcar todos os elementos de hipertexto presentes numa página, ou seja, o conteúdo que está sendo exibido ao usuário. (HOMEHOST, 2019)

Figura 8 – Exemplo de programação de página WEB em HTML



Fonte: Autores (2022)

CSS

De acordo com Trybe (2022), existem diversas linguagens de programação, tais como: HTML, JavaScript, CSS, entre outras. A linguagem CSS (Cascading Style Sheets), significa em português, folhas de estilo em cascata.

Sua principal função na criação de sites de internet é configurar toda a parte estética apresentada, fazendo com que quaisquer mudanças ou manutenções necessárias, possam ser realizadas de forma rápida, além de poder servir para aplicação em mais de um site, fazendo

com que não seja necessário reescrever todo o código para criar páginas com a mesma estética (Trybe, 2022).

JAVASCRIPT

O Java Script, junto com HTML e CSS, é um dos pilares da programação de sites de internet. Sua função é gerar a interatividade no site, ou seja, pode criar e controlar o conteúdo dinâmico do site, sem exigir que o usuário recarregue manualmente uma página da web. Dentre as principais interações controladas por Java Script em páginas da web, podemos destacar: caixas de confirmação, jogos baseados em navegador, animação e outros efeitos especiais além de recursos de segurança, como senhas, etc (AZION, 2021). A programação em Java Script em uma página da web é considerada a parte mais importante, pois é nela que se encontram a maior parte das ações que uma página contém, sendo considerada o “cérebro” de um site, em uma analogia com o corpo humano, enquanto HTML se enquadra como o “esqueleto”, e o CSS é relacionado a parte exterior do corpo.

C++

Nos anos 1980, Bjarne Stroustrup, que tinha como objetivo escolher uma linguagem de programação que trouxesse facilidades na hora de escrever o código, mas ao mesmo tempo performática desenvolveu o C++ (chamado na época de C with Classes), que foi criado para ser uma linguagem com ótima performance, porém com recursos de alto nível suficientes a ponto de facilitar o desenvolvimento de sistemas complexos. Por ser uma linguagem de programação versátil e de alto desempenho, conseqüentemente, ela se tornou uma das mais populares quando se fala do assunto de programação. A linguagem C++ tem suas aplicações encontradas: no mercado financeiro; desenvolvimento de sistemas embarcados; bibliotecas gráficas; jogos; sistemas operacionais; interfaces gráficas DirectX, OpenGL, SDL e Allegro a utilizam pelo desempenho e interação com a máquina; dentre outras. (LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO, 2021).

METODOLOGIA

Visto que alguns sinaleiros atualmente já são controlados por placas microcontroladoras, para a aplicação desse sistema é necessário a instalação de placas microcontroladoras ESP 32, possuindo um código de programação que controla os sinaleiros de pedestre e veículos, além de possuir uma conexão em tempo real com uma central à distância. A conexão entre as placas e a Internet se dá por meio de LoRa e LoRaWAN, e logo após é conectada à central de controle. As placas descritas controlarão todos os semáforos dos cruzamentos entre as vias, por meio de seus pinos, que se conectam a relés para controlar os focos luminosos, alimentados por corrente alternada.

Esse controle será realizado por meio de um site a ser criado utilizando as linguagens HTML, CSS e Java Script, onde os responsáveis pelo controle do trânsito, possuirão um login para acessar a rede dos semáforos e controlar o comportamento dos mesmos por meio de perfis, de acordo com os horários de maior e menor fluxo de veículos.

Além disso, a aplicação do sistema de leitura de localização de veículos deve ser adicionada à ESP 32, para a identificação dos sinais que a mesma deve abrir, de acordo com a origem

do sinal emitido pelo veículo emergencial.

Os veículos de emergência serão implementados com módulos GPS, que irão identificar a localização do veículo em tempo real, e transmitir os dados por GSM, em situação emergencial. Ao receber esses dados, as placas controladoras irão reorganizar o fluxo do trânsito, abrindo os sinais de passagem da via em que o veículo está vindo, de forma com que o mesmo tenha prioridade de passagem, otimizando o tempo de chegada em seu destino.

RESULTADOS

Após os estudos e implementação de todos os processos descritos nos passos anteriores, alcançou-se um modelo protótipo. Com o protótipo desse sistema conseguiu-se atingir a ideia proposta pelo projeto. Nele utilizou-se a posição GPS do semáforo e a posição do dispositivo que seria inserido no automóvel e com base na distância entre esses dois pontos, analisou-se a possibilidade da abertura dos semáforos. O envio desses dados se deu por GSM.

Dado o resultado satisfatório, estipula-se como meta a implementação de todo o sistema nas ruas, atendendo o objetivo principal deste trabalho de desenvolver de um sistema de semáforos inteligentes, com finalidade permitir o livre deslocamento de forma ágil e segura, dos veículos de emergência em situações emergenciais e avaliar seu funcionamento.

Uma possível melhoria para esse sistema seria a implementação de uma identificação da melhor rota para o veículo, considerando a localização atual do veículo, o ponto da emergência, e em casos como emergências médicas, também a melhor rota para o hospital mais próximo.

REFERÊNCIAS

DETRAN.RJ. Sinalização luminosa. 2022. Disponível em: https://www.detran.rj.gov.br/_documento.asp?cod=1320. Acesso em: 30 mar. 2022.

AGÊNCIA BRASÍLIA. A importância de dar passagem aos veículos de emergência. 2019. Disponível em: <https://agenciabrasilia.df.gov.br/2019/10/22/a-importancia-de-dar-passagem-aos-veiculos-de-emergencia/#:~:text=O%20condutor%20deve%20estar%20sempre,no%20artigo%20189%20do%20CTB>. Acesso em 30 mar. 2022.

ARDUINO E CIA. Como usar o módulo GPS GY-NEO6MV2. 2017. Disponível em: <https://www.arduinoocia.com.br/como-usar-modulo-gps-gy-neo6mv2/>. Acesso em: 31 mar. 2022.

EMBARCADOS. Arduino UNO. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/arduino-uno/>. Acesso em: 26 mar. 2022.

LOBO DA ROBÓTICA. O Que É ESP32? Pra Que Serve? Quando Usar? Disponível em: <https://lobodarobotica.com/blog/o-que-e-esp32-para-que-serve-quando-usar/>. Acesso em: 8 mai. 2022.

CURTO CIRCUITO. Módulo Relé. Disponível em: <https://www.curtocircuito.com.br/modulos/modulo-rele>. Acesso em: 19 mai. 2022.

NOTÍCIAS AUTOMOTIVAS. O mundo já tem mais de 1,4 bilhão de veículos. 2021. Disponível em: <https://www.noticiasautomotivas.com.br/o-mundo-ja-tem-mais-de-1-bilhao-de>

veiculos/#:~:text=S%C3%A3o%2016%2C8%20milh%C3%B5es%20de,mais%20de%201%25%20ao%20ano. Acesso em: 30 abr. 2022.

WIKIPÉDIA, A ENCICLOPÉDIA LIVRE. Índia. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndia>. Acesso em: 30 abr. 2022.

REDAÇÃO MUNDO ESTRANHO. Quem inventou o semáforo? Os primeiros equipamentos para controlar o trânsito surgiram em Londres, no século XIX. SUPER INTERESSANTE. 2018. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/quem-inventou-o-semaforo/>. Acesso em: 29 abr. 2022.

ELETRONPI. História da Eletrônica: Eletrônica: Como tudo começou. Disponível em: http://www.eletronpi.com.br/historia_da_eletronica.aspx. Acesso em: 2 mai. 2022.

ELETRONJUN. Você realmente sabe o que é a eletrônica? ELETRONJUN. 2020. Disponível em: <https://eletronjun.com.br/2020/11/14/o-que-e-a-eletronica/>. Acesso em: 3 mai. 2022.

COSULTIMER. O QUE É LORA? Conheça a tecnologia de radiofrequência de longo alcance. Disponível em: [https://consultimer.com/o-que-e-lora-conheca-a-tecnologia-de-radiofrequencia-de-longo-alcance/#:~:text=LoRa%20abrevia%C3%A7%C3%A3o%20de%20longo%20range,propaga%C3%A7%C3%A3o%20de%20chirp%20\(CSS\)](https://consultimer.com/o-que-e-lora-conheca-a-tecnologia-de-radiofrequencia-de-longo-alcance/#:~:text=LoRa%20abrevia%C3%A7%C3%A3o%20de%20longo%20range,propaga%C3%A7%C3%A3o%20de%20chirp%20(CSS)). Acesso em: 1 mai. 2022.

EMBARCADOS. Conheça a tecnologia LoRa® e o protocolo LoRaWAN™. 2016. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/conheca-tecnologia-lora-e-o-protocolo-lorawan/>. Acesso em: 1 mai. 2022.

CISCO. O QUE É WI-FI? Disponível em: https://www.cisco.com/c/pt_br/products/wireless/what-is-wifi.html#~:perguntas-e-respostas. Acesso em: 30 abr. 2022.

TECHTUDO. Tudo sobre Wi-Fi: entenda os diferentes padrões das redes wireless: Tecnologia criada em 1997 usa sinais de rádio para conexão de redes sem fio; veja a diferença entre os padrões e o que há de mais recente no mundo. 2021. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2021/02/tudo-sobre-wi-fi-entenda-os-diferentes-padroes-das-redes-wireless.ghtml>. Acesso em: 25 mar. 2022.

TECHTUDO. Internet das coisas: entenda o que é e como funciona. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/internet/230884-internet-coisas-entenda-funciona.htm>. Acesso em: 25 mar. 2022.

TRYBE. CSS: o que é, guia sobre como usar e vantagens! 2022. Disponível em: <https://blog.betrybe.com/css/#2>. Acesso em: 9 mai. 2022.

TRYBE. C++: o que é, porque usar e quais as diferenças com C. 2022. Disponível em: <https://blog.betrybe.com/linguagem-de-programacao/cpp/>. Acesso em: 9 mai. 2022.

HOMEHOST. O que é HTML? Entenda de forma descomplicada. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.homehost.com.br/blog/tutoriais/o-que-e-html/>. Acesso em: 4 jun. 2022.

REDAÇÃO OFICINA. O que é GSM e como funciona? In: Oficina da Net: O que é GSM e como funciona? [S. l.]: Redação Oficina, 6 fev. 2008. Disponível em: https://www.oficinadanet.com.br/artigo/733/gsm_o_que_e_e_como_funciona. Acesso em: 10 out. 2022.

AZION. Conheça a história do JavaScript. Disponível em: <https://www.azion.com/pt-br/blog/a-historia-do-javascript>. Acesso em: 10 out. 2022.

Sinal de trânsito. O primeiro semáforo. Disponível em: http://www.sinaldetransito.com.br/curiosidades_

foto.php?IDcuriosidade=35&alt Acesso em:10 out. 2022.

ESALES. Entenda o que é M2M e qual a importância de fazer uma boa integração. Disponível em: <https://esales.com.br/blog/entenda-o-que-e-m2m-e-qual-a-importancia-de-fazer-uma-boa-integracao/#:~:text=M2M%C3%A9%20um%20sistema%20de,analise%20o%20que%20for%20necess%C3%A1rio>. Acesso em:10 out. 2022.

ELTAYEB, Abubakr S.; ALMUBARAK, H. O.; ATTIA, T. A., A GPS based traffic light pre-emption control system for emergency vehicles, 2013 INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING, ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING (ICCEEE), 2013, p. 724-729, DOI: 10.1109/ICCEEE.2013.6634030. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261259141_A_GPS_based_traffic_light_pre-emption_control_system_for_emergency_vehicles#:~:text=It%20ensures%20the%20arrival%20of,emergency%20vehicles%20along%20their%20path. Acesso em: 10 out 2022.

SUNDAR, Rajeshwari; HEBBAR, Santhosh; GOLLA, Varaprasad, Implementing Intelligent Traffic Control System for Congestion Control, Ambulance Clearance, and Stolen Vehicle Detection, IEEE Sensors Journal, vol. 15, no. 2, p. 1109-1113, Feb. 2015, DOI: 10.1109/JSEN.2014.2360288. Disponível em: https://www.academia.edu/33493163/Implementing_Intelligent_Traffic_Control_System_for_Congestion_Control_Ambulance_Clearance_and_Stolen_Vehicle_Detection. Acesso em: 10 out 2022.



Plano diretor municipal – uma análise do plano da cidade de Leopoldina –MG, proposta de diretrizes urbanísticas e estudo da implementação do Carderno de Acessibilidade

Daniel Fonseca Maia

Graduando em engenharia Civil, UniRedentor

Gabriel Pereira Gonçalves

Mestre em engenharia civil, UENF, prof. da UniRedentor

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.12

RESUMO

O município de Leopoldina localiza-se na Zona da Mata Mineira sendo o segundo município mais populoso da pequena região de Cataguases, com 52,6 mil habitantes estimados (IBGE, 2022) a do estado do Rio de Janeiro a 348 quilômetros da capital e conta com uma população estimada de 18.293 habitantes. O trabalho objetiva uma revisão e uma proposta de regulamentação ao plano diretor vigente, com implementação de diretrizes urbanísticas e de normas gerais que possam contribuir para um desenvolvimento ordenado deste município e de sua expansão, em linhas gerais, a definição de diretrizes norteadoras ao uso e ocupação do solo, permitem uma gestão sustentável e democrática da Cidade em função da ocupação territorial dinâmica observadas as potencialidades e restrições de cada zona. Debate também a importância do olhar para a inclusão das pessoas com mobilidade reduzida, para que estas possam usufruir dos espaços públicos de forma independente, como previsto na legislação brasileira, obrigando os municípios a criarem planos e rotas acessíveis a todos os cidadãos.

Palavras-chave: mobilidade. plano de acessibilidade. Leopoldina.

INTRODUÇÃO

O crescimento desenfreado e desorganizado das cidades, pode causar danos irreversíveis na urbanização dos municípios, que afetam no desenvolvimento das relações interpessoais, de meio ambiente e estruturais dos locais onde se encontram.

Quanto maior organização houver no desenvolvimento das cidades, melhor serão as interações coletivas de ordem pública, como o transporte coletivo, a mobilidade urbana, o equilíbrio com o meio ambiente, a segurança da população e o uso da propriedade privada.

Em seu artigo 182, a Constituição Federal de 1988, dispõe:

A política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

As políticas públicas devem estar atentas afim de ordenar o desenvolvimento das cidades em crescimento, bem como as novas glebas, objeto de transformação do meio rural em urbano, neste sentido o Estatuto da Cidade, Lei Federal nº 10.257 de 10 de julho de 2001, veio para estabelecer algumas diretrizes e normas a serem seguidas para uma melhor organização das zonas urbanas.

O Plano Diretor Municipal é o instrumento pelo qual os municípios planejam o crescimento urbano e o desenvolvimento das cidades, implantando diretrizes que vão nortear os agentes atuadores, sejam eles públicos ou privados. A análise e elaboração de um Plano Diretor é o instrumento básico para a política de desenvolvimento urbano de uma cidade.

Hely Lopes Meirelles (1996) apresenta dois conceitos acerca do Plano Diretor:

é o instrumento técnico legal definido dos objetivos de cada Municipalidade e por isso mesmo com supremacia sobre os outros, para orientar toda atividade da Administração e dos Administrados nas realizações públicas e particulares que interessem ou afetem a coletividade. (MEIRELLES, 1996, p. 32).

na fixação dos objetivos e na orientação do desenvolvimento do Município é a lei suprema e geral que estabelece as prioridades nas realizações do governo local, conduz e ordena o crescimento da cidade, disciplina e controla as atividades urbanísticas em benefício do bem estar social. (MEIRELLES, 1996, p. 35).

Em conjunto ao Plano Diretor Municipal, os municípios devem voltar os olhos à inclusão social das pessoas com alguma deficiência ou alguma mobilidade reduzida, através do desenvolvimento de um instrumento norteador do desenvolvimento sustentável, visando a implementação de projetos que permitam o acesso destas pessoas a todos os serviços disponíveis em uma sociedade, como dispõe a Lei Federal 10.098/2000 e as normas técnicas ABNT NBR 9050 que regulamentam a matéria.

O presente trabalho tem por objetivo uma breve revisão literária do plano diretor da cidade de Leopoldina, Minas Gerais, levantando suas deficiências, bem como observar, desde sua criação, a sua aplicação e contribuição ao desenvolvimento no município, com um olhar especial para a importância da implementação de diretrizes urbanísticas e do caderno de acessibilidade do município.

A cidade de Leopoldina – MG encontra-se em constante desenvolvimento e crescimento, e o plano diretor é o principal instrumento que norteará este crescimento. Com planejamento eficiente as cidades minimizam os problemas sociais que surgem junto ao crescimento desenfreado e desorganizado.

Um Plano Diretor bem elaborado e consistente fomenta a preservação histórica e cultural de um município e otimiza a mobilidade urbana. As cidades devem estar atentas às funções sociais a elas atribuídas, sua população necessita que as cidades consigam suprir estas funções sociais que estão distribuídas no cotidiano de cada um, como a segurança pública, infraestrutura urbana, saneamento básico, transporte coletivo, moradia, entre outras.

Uma atualização ao plano diretor municipal existente é necessária para acompanhar o atual cenário da cidade e contribuir trazendo um equilíbrio entre os interesses particulares e públicos visando uma harmonia que culmina no cumprimento da função social local.

CONTEXTO HISTÓRICO

O Município de Leopoldina está inserido na Zona da Mata mineira, região originalmente ocupada pelos índios Purís, sua ocupação e subdivisão começa com a descoberta da região pelos tropeiros em busca de alternativas para a mineração já desenvolvida na região de Minas Gerais, sendo a agricultura o ponto forte desta região que posteriormente se destacou na produção de café. (PLANO DIRETOR, LEOPOLDINA, 2016)

Com a expansão dos cafezais, houve uma intensificação na povoação local, iniciando assim uma configuração urbana da cidade, onde por meio de doação dos grandes fazendeiros, pequenos distritos foram se formando, e como tradicionalmente acontece, a partir da construção de uma igreja matriz o centro urbano se instalava e ramificavam-se as principais vias da cidade.

No fim do século XIX, com o progresso da civilização, foram construídos em Leopoldina, edifícios que são preservados até a data atual, e são patrimônio histórico e cultural da cidade, vinculados à Educação, teatro e cultura, construções imponentes que remetem à importância da cidade de Leopoldina perante o cenário nacional da época, como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Construções históricas de Leopoldina/MG



(a) Escola Estadual Prof. Botelho Reis

(b) Antigo Fórum da Comarca, atual centro cultural.

Há grande preservação histórica de edificações coloniais em alguns distritos do município, o que não acontece no distrito sede, com grande depreciação ao longo dos anos com o crescimento populacional.

Atualmente segundo o IBGE, Leopoldina possui estimadamente uma população de 52.650 pessoas e um território de 943 km², sendo que possui uma das maiores zonas rurais do Estado de Minas Gerais.

POLÍTICAS PÚBLICAS E O PLANO DIRETOR

A legislação municipal

As políticas de desenvolvimento urbano, devem ser elaboradas e executadas pelos municípios, como prevê o Art. 182 da Constituição Federal Brasileira de 1988.

O Estatuto das Cidades, Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001, regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece obrigatoriedade de desenvolvimento e elaboração de um Plano Diretor para cidades com mais de vinte mil habitantes, onde o município de Leopoldina, sempre se enquadrou desde a criação do Estatuto em 2001.

Dentre os instrumentos listados no Estatuto das Cidades para elaboração e êxito nos seus objetivos estão o ordenamento do território e do desenvolvimento econômico e social, o planejamento das regiões metropolitanas, o planejamento municipal, os impactos com a vizinhança, o impacto ambiental, entre outros.

Ainda de acordo com o Estatuto das Cidades, um Plano Diretor municipal, deve ser elaborado em forma de lei municipal, a qual aprovada pela câmara municipal, e ser revisto a cada dez (10) anos.

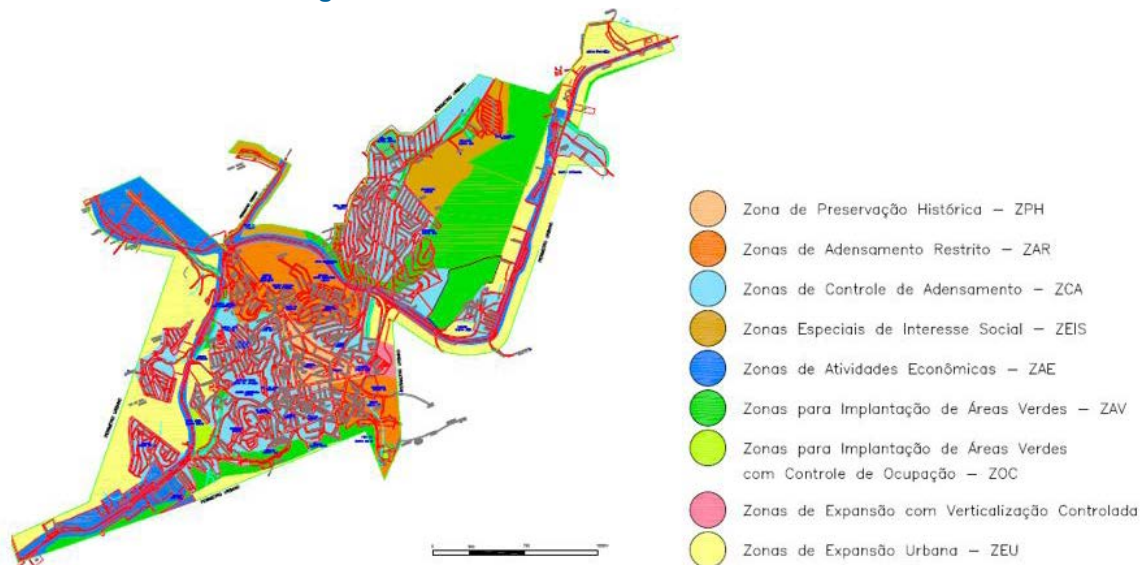
Com o intuito de atender a Legislação Federal, o município de Leopoldina, desenvolveu em 2006 o primeiro e único Plano Diretor municipal, que fez um levantamento das características da cidade a época, da realidade existente, desenvolvendo um Macrozoneamento da cidade, contudo hoje em dia, 16 (dezesesseis) anos após sua elaboração, nenhuma diretriz urbanística foi deliberada para as Zonas Urbanas delimitadas à época, como exemplo coeficiente de aproveitamento do solo, taxa de ocupação máxima, gabarito das edificações, afastamentos mínimos, taxa de permeabilidade, entre outras que norteariam o desenvolvimento das construções.

Sendo assim, por falta de legislação e regras preestabelecidas, há um avanço desordenado no município com verticalizações excessivas, construções coladas umas nas outras, baixa drenagem e empobrecimento arquitetônico da cidade, fazendo com que o zoneamento já existente seja ineficaz.

Segundo o Plano Diretor em exercício, o município está subdividido nas seguintes zonas (ver figura 3):

- I - Zona de Preservação Histórica, ZPH;
- II - Zona de Controle de Adensamento, ZCA;
- III - Zona de Restrição de Adensamento, ZRA;
- IV. Zona Especial de Interesse Social, ZEIS;
- V. Zona de Atividades Econômicas, ZAE;
- VI. Zona para Implementação de Áreas Verdes, ZAV;
- VII. Zona para Implementação de Áreas Verdes com Controle de Ocupação, ZOC;
- VIII. Zona de Verticalização Controlada, ZVC;
- IX. Zona de Expansão Urbana, ZEU.

Figura 3 – Macrozoneamento existente.



Fonte: Plano Diretor, 2006

Contudo apesar deste macrozoneamento, nenhuma lei posterior delimitou as diretrizes urbanísticas norteadoras de cada zona estabelecida. A cidade após 16 anos expandiu, zonas anteriormente projetadas como industriais hoje são ocupadas por loteamentos residenciais, zonas de interesse histórico viraram centros comerciais, entre outros exemplos.

De um modo geral as zonas existentes, delimitadas pelo Plano Diretor de 2006, perderam fundamentação, não houve regulamentação e fiscalização para impor as características projetadas a época da elaboração do Plano Diretor.

Planos Diretores Municipais (PDM) são idealizados no contexto brasileiro desde pelo

menos desde 1930, segundo Villaça (2005), mas é a partir da Constituição Federal de 1988 que acontece sua homologação como “instrumento da política de desenvolvimento e de expansão urbana” (§ 1º, art. 182).

Em 2001, o Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257) coloca em maior evidência os planos diretores, fortalecidos com o papel de principal instrumento do planejamento urbano e assumindo, assim, um caráter de política pública.

A revisão do Plano Diretor Municipal também está prevista no Estatuto da Cidade e ocorre em conformidade com as demais leis municipais, estaduais e federais:

- Lei Orgânica Municipal – Lei nº 2.187/90;
- Constituição Federal de 1988 – artigos 182 e 183;
- Lei Federal nº 10.257/2001 – Estatuto da Cidade;
- Lei Federal nº 12.527/2011 – Lei de Acesso à Informação;
- Lei Complementar Federal nº 101/2000 – Lei de Responsabilidade Fiscal.

Legislação de Acessibilidade

Partindo do princípio que o Estatuto das Cidades proporcionou uma maior participação dos cidadãos no planejamento das urbanizações municipais, hoje em dia, é possível encontrar estudos e estratégias visando a eliminação ou diminuição das barreiras que restringem o acesso do portador de necessidades especiais aos espaços e serviços públicos.

O Estatuto das Cidades nos traz em seus artigos 50 e 51 alguns preceitos neste sentido (BRASIL, 2001):

Art. 50. O programa busca a valorização dos locais de uso público e sua integração territorial, priorizando o convívio social e a acessibilidade universal aos espaços e aos equipamentos de uso público.

Art. 51. Na implementação do programa é adotada como diretriz a promoção da acessibilidade indiscriminada aos espaços públicos e equipamentos urbanos, bem como o incentivo a interação social.

Neste mesmo sentido, o Decreto Federal nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004, descreve requisitos para nortear o planejamento urbano na construção de espaços públicos acessíveis, como observado nos seus artigos 15 e 16 (BRASIL, 2004):

Art. 15. No planejamento e urbanização das vias, praças, logradouros, parques e demais espaços de uso público, deverão ser incluídos entre outras condições: i. a construção de calçadas para circulação de pedestres; ii. o rebaixamento de calçadas com rampa acessível e ou elevação da via para a travessia de pedestre em nível; iii. a instalação de piso tátil direcional e de alerta.

Art. 16. [...] preconiza que a utilização do mobiliário urbano deve garantir a aproximação segura e o uso por pessoa portadora de deficiência visual, mental ou auditiva, a aproximação e o alcance visual e manual, para as pessoas portadoras de deficiência física, em especial, aquelas em cadeira de rodas e a circulação livre de barreiras, atendendo às condições estabelecidas nas normas técnicas de acessibilidade da ABNT. [Incluem-se nas condições estabelecidas:] i. as marquises, os toldos, elementos de sinalização, luminosos e outros elementos que tenham sua projeção sobre a faixa de circulação de pedestres; ii. as cabines telefônicas e os terminais de auto-atendimento de produtos e serviço; iii. os

demais elementos do mobiliário urbano. (BRASIL, 2004).

Melo (2006) descreve a acessibilidade como:

Acessibilidade é o compromisso de melhorar a qualidade de vida dos idosos e de pessoas com deficiência (perceptual, cognitiva, motora e múltipla), uma vez que essas pessoas, em geral, sofrem impacto direto da existência de barreiras nos vários ambientes, produtos e serviços que utilizam. Entretanto, acessibilidade ou possibilidade de alcance aos espaços físicos, à informação, aos instrumentos de trabalho e estudo, aos produtos e serviços diz respeito à qualidade de vida de todas as pessoas (MELO, 2006, p.17).

A partir destes preceitos e pensamentos, a acessibilidade deve ser vista, pensada e planejada como a oportunidade da pessoa portadora de alguma deficiência possa em plenitude exercer sua cidadania, com a implantação no espaço urbano de mecanismos que possibilitem o amplo acesso, locomoção e integração.

PROPOSTAS

Diretrizes urbanísticas

O Plano Diretor Participativo de Leopoldina vigente — Lei Complementar nº 9 de 2006 —, é definido em seu art. 1º, como: “(...) instrumento que fundamenta o Sistema Municipal de Desenvolvimento Urbano e tem por finalidades estabelecer as diretrizes, ações e instrumentos de intervenção, planejamento e gestão urbana para o cumprimento da função social da cidade e da propriedade.”

Sendo assim, a revisão do Plano Diretor Participativo de Leopoldina tem como objetivo a elaboração de metodologia, a produção de subsídios para a instrumentação e proposições necessárias para reavaliar as diretrizes gerais e a gestão do planejamento estabelecidas no Plano Diretor atual considerando os novos estudos, os dados disponíveis, a totalidade do território municipal e a participação dos diversos segmentos da sociedade.

A metodologia proposta para a revisão do Plano Diretor é baseada na sequência lógica e percorre as três etapas determinadas, envolvendo a elaboração de cenários.

Figura 4 – Fluxograma proposto.



O presente trabalho, concentra-se nas etapas 1 e 2 do fluxograma, especificamente, gerando uma proposta de diretrizes urbanísticas para o município.

Com o avanço das edificações sem parâmetros para norteá-las a cidade desenvolveu-se de forma irregular, sem padrões urbanísticos delimitadores em cada zona existente, a partir da observação da realidade urbana do município propõe-se a definição de conceitos que possam organizar o avanço das edificações de acordo com as características de cada região.

A partir deste princípio e visando a manutenção da ideia original do zoneamento existen-

te no Plano Diretor de 2006, propõe-se um novo zoneamento, apresentado na figura 5, criado a partir da subdivisão do zoneamento anterior com limitadores específicos para cada área de maneira a nortear de forma mais justa a evolução das construções, dividido nas seguintes zonas:

I. ZPH 1 - Compreende a área onde existe o interesse público de conservação do conjunto urbano e arquitetônico do centro da cidade.

II. ZPH 2 - Contempla as demais áreas da ZPH em que a ocupação e o uso do solo são determinados em função da preservação do entorno das áreas inseridas na ZPH 1.

III. ZCA 1 - Constitui áreas em que há interesse em ocupação específica de acordo com o uso e características topográficas predominantes.

IV. ZCA 2 - Constitui áreas de uso misto onde é incentivada uma ocupação menos restrita que a ZCA 1.

V. ZRA 1 - Constitui áreas em que há o incentivo de uma ocupação de baixa densidade.

VI. ZRA 2 - Compreende áreas predominantemente já parceladas e ocupadas.

VII. ZEIS - A Zona Especial de Interesse Social, compreende as áreas em que há interesse público em ordenar a ocupação, por meio de urbanização e regularização fundiária ou implantar empreendimento habitacionais de interesse social.

VIII. ZAE - A Zona de Atividades Econômicas, compreende as áreas marginais às rodovias BR-116 e MG-120, destinadas ao predomínio dos usos comerciais e de serviços de maior porte.

IX. ZAV - A Zona para Implementação de Áreas Verdes, compreende as áreas em que há o interesse público de proteção ambiental, onde devem ser conservadas ou recuperadas em função de suas características topográficas, geológicas e ambientais de flora, fauna e recursos hídricos, e/ou pela necessidade de preservação do patrimônio arqueológico ou paisagístico.

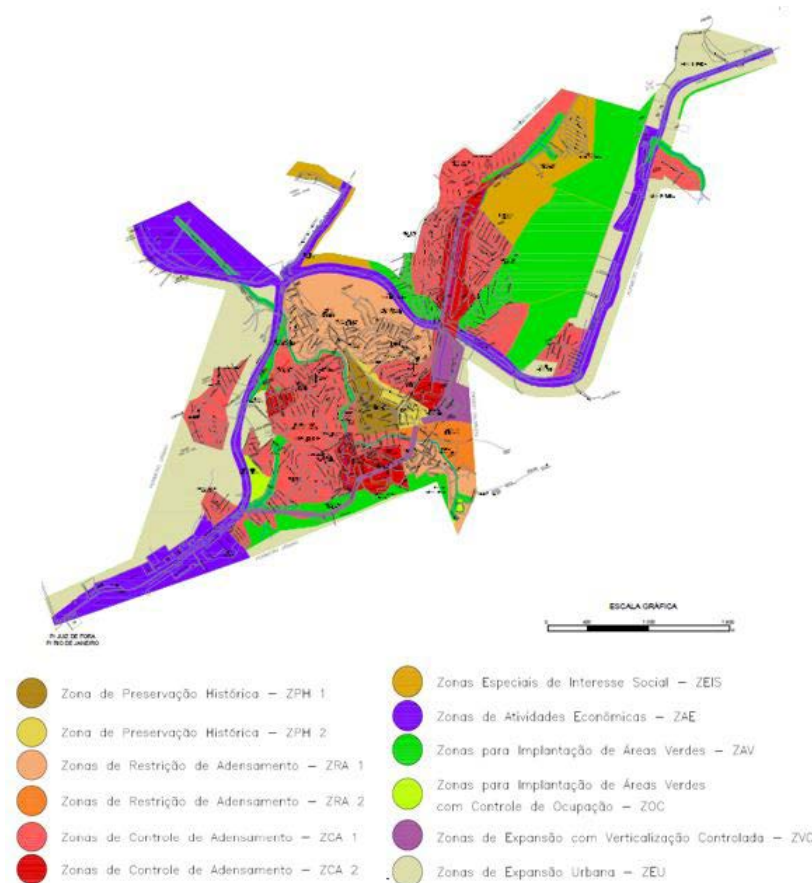
X. ZOC - A Zona para Implementação de Áreas Verdes com Controle de Ocupação, compreende as áreas em que há o interesse público de equilíbrio entre proteção ambiental e habitação social;

XI. ZVC – A Zona de Verticalização Controlada, compreende as áreas onde é incentivada a verticalização das construções com controle de ocupação;

XII. ZEU - Zona de Expansão Urbana, compreende as áreas ainda não parceladas em que se permitirá o uso e ocupação urbana, dando continuidade ao modelo de ocupação da vizinhança.

Em conjunto ao novo zoneamento apresentado, respeitando as características de cada área existente, foram projetados modelos de assentamentos correspondentes aos novos limites dos zoneamentos.

Figura 5 – Macrozoneamento Proposto.



Fonte: Elaboração própria

Para cada Modelo de Assentamento foram definidos os seguintes parâmetros urbanísticos:

- I. Área mínima do lote para novos loteamentos, remembramentos e desmembramentos;
- II. Testada mínima do lote para novos loteamentos, remembramentos e desmembramentos.
- III. Taxa de Ocupação máxima (TO), que corresponde à relação entre a área de projeção horizontal da edificação e a área do terreno e que deve ser conjugada com as exigências de recuos e afastamentos, prevalecendo o valor mais restritivo;
- IV. Taxa de Permeabilidade mínima (TP);
- V. Altura máxima da edificação;
- VI. Afastamentos mínimos, que são as faixas entre edificação e os limites laterais e de fundos do lote (afastamentos laterais e de fundos) e entre edificação e o alinhamento do lote no logradouro público (afastamento frontal ou recuo);
- VII. Áreas mínimas das Unidades residenciais;

Os modelos de assentamento são destinados a controlar a ocupação e o uso do solo em cada zona com o objetivo de garantir a preservação e qualidade do meio ambiente e do patrimônio histórico e cultural do conforto, da salubridade e o seu usufruto por todos os cidadãos.

A Tabela 1 apresentada na sequência resume a subdivisão da malha urbana em zonas e modelos de assentamento, bem como nos traz as diretrizes urbanísticas propostas como revisão do plano diretor municipal

Tabela 1 – Modelos de assentamentos e diretrizes urbanísticas.

ZONA	MODELO DE ASSENTAMENTO	ÁREA MÍNIMA	TESTADA MÍNIMA	TAXA DE OCUPAÇÃO MÁXIMA	TAXA DE PERMEABILIDADE	COEFICIENTE PARA CÁLCULO DE GABARITOS	AFAST. FRONTAL	AFAST. LATERAL	AFAST. POSTERIOR
ZPH 1	MA1	200 m ²	10 m	100%	10%	(A)*	–	–	1,50 m
ZPH 2	MA2	200 m ²	10 m	100%	10%	2,00	2,00 m	1,50 m	1,50 m
ZAR 1	MA3	200 m ²	10 m	100%	15%	1,50	1,50 m	1,50 m (podendo colar em uma divisa)	1,50 m
ZAR 2	MA4	200 m ²	10 m	100%	15%	2,00	3,00 m	1,50 m	2,00 m
ZCA 1	MA5	200 m ²	10 m	100%	15%	1,50	1,50 m	1,50 m (podendo colar em uma divisa)	1,50 m
ZCA 2	MA6	200 m ²	10 m	100%	15%	2,00	2,00 m	1,5 m	1,50 m
ZAE	MA7	400 m ²	15 m	100%	20%	2,00	3,00 m	2,00 m	2,00 m
ZAV	MA8	200 m ²	10 m	100%	35%	(B)*	2,00 m	1,50 m	1,50 m
ZOC	MA9	200 m ²	10 m	100%	60%	1 Pavimento	3,00 m	1,50 m	2,00 m
ZVC	MA10	200 m ²	10 m	100%	15%	2,50	3,00 m	1,50 m	1,50 m
ZEIS	MA11	200 m ²	10 m	100%	35%	(B)*	2,00 m	1,50 m	1,50 m

(A) * - Altura máxima de 12 metros de edificação definida pelo IEPHA (Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais) como área do perímetro do entorno do bem tombado Escola Estadual Professor Botelho Reis.

(B) * - Altura máxima definida por dois pavimentos, independente da altura do mesmo.

Com o intuito de preservar as iluminações e ventilações naturais, evitando os corredores construtivos, na definição da altura máxima das edificações, gabaritos, definiu-se um coeficiente baseado nas larguras dos logradouros existentes, vinculando assim a altura máxima da edificação com a largura do logradouro.

Gabarito é a altura máxima permitida para a edificação já determinada em metros, pavimentos ou pelo resultado de uma equação. Na última hipótese será obtido por meio do cálculo do coeficiente estabelecido pelo modelo de assentamento multiplicado pela soma da largura da via pública com a dimensão de afastamento frontal.

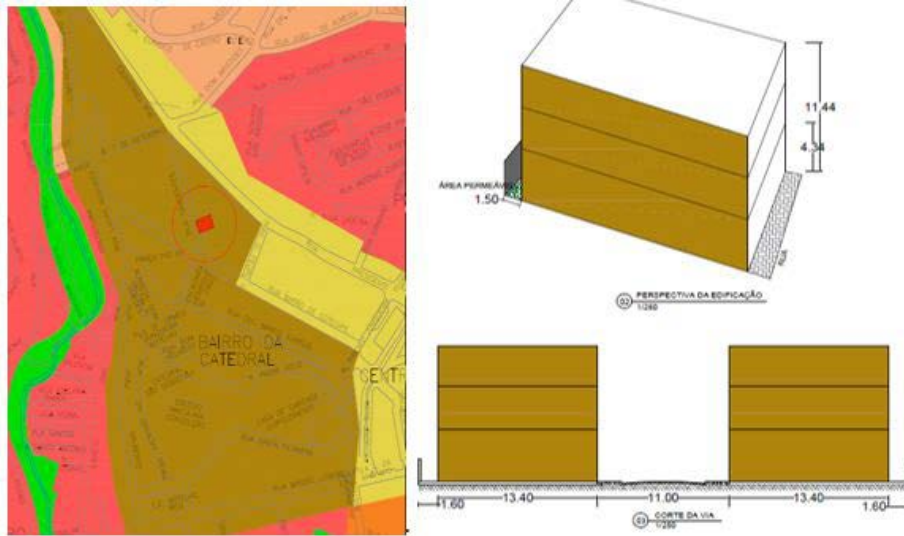
Vejamos uma definição de gabaritos em três zonas distintas da cidade:

I – ZPH 1 - Compreende a área onde existe o interesse público de conservação do conjunto urbano e arquitetônico do centro da cidade (figura 6).

II. ZCA 1 - Constitui áreas em que há interesse em ocupação específica de acordo com o uso e características topográficas predominantes (figura 7).

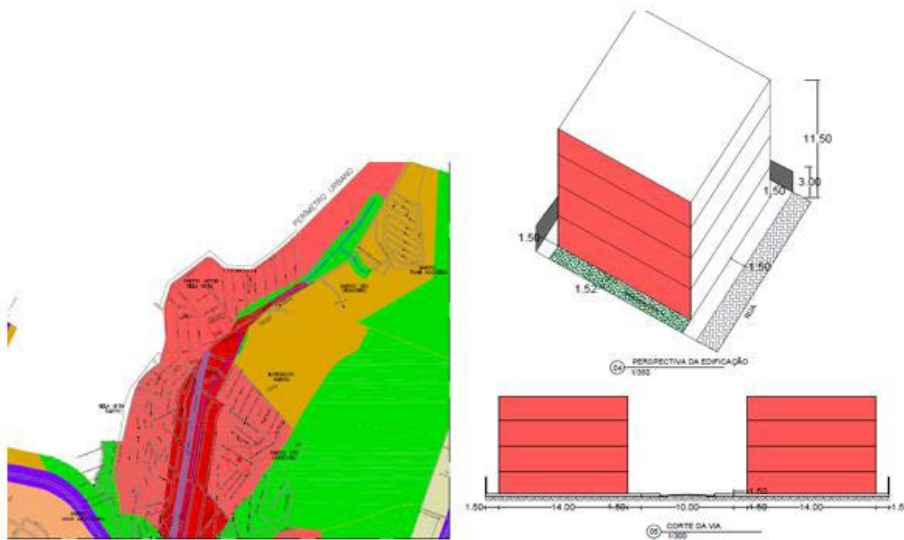
III. ZCA 2 - Constitui áreas de uso misto onde é incentivada uma ocupação menos restrita que a ZCA 1 (figura 8).

Figura 6 – Exemplo de ZPH 1: (A) Localização e (B) Gabarito máximo



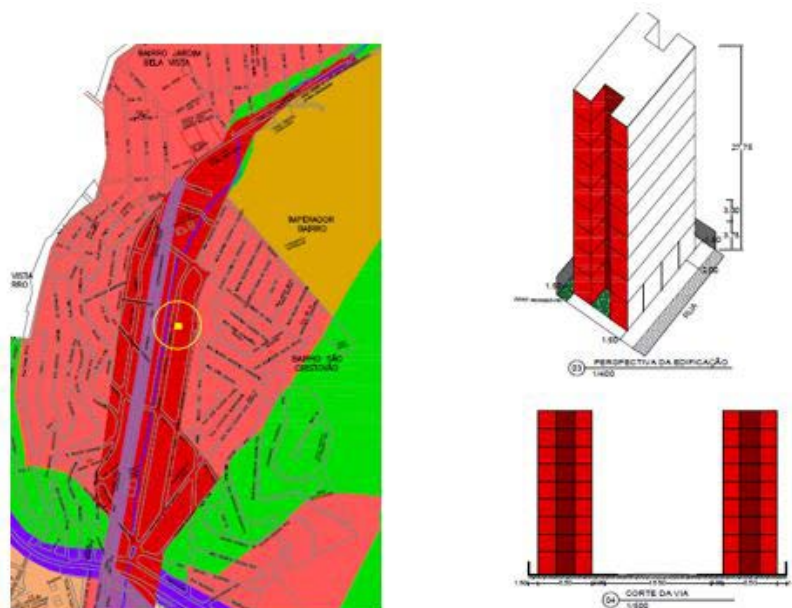
Fonte: Elaboração própria

Figura 7 – Exemplo de ZCA 1.



Fonte: Elaboração própria

Figura 8 – Exemplo de ZCA 2.



Fonte: Elaboração própria

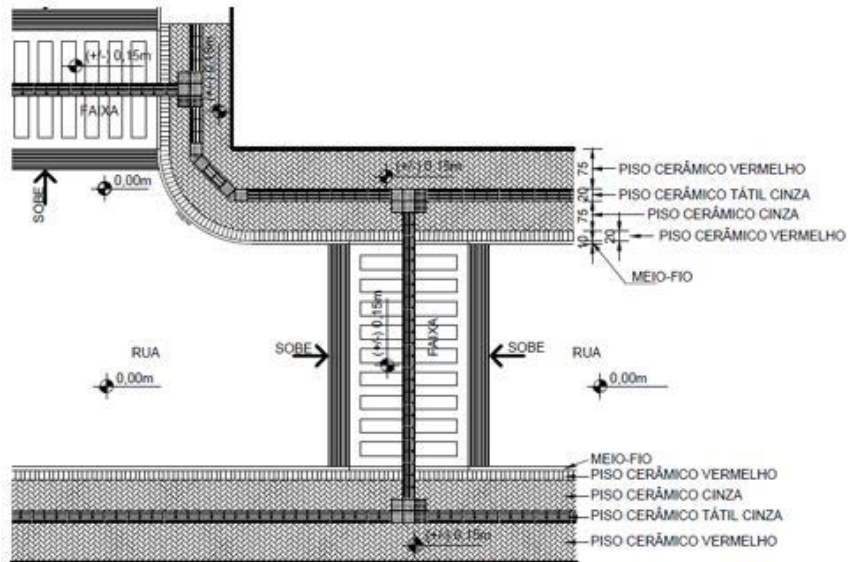
Acessibilidade

De acordo com a ABNT NBR – 9050:2020, a acessibilidade é definida como a *“possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como outros serviços e instalações abertos ao público...”*.

A realidade dos municípios brasileiros, mesmo com a existência de preocupação, de leis e normas voltadas à matéria, ainda é muito aquém do esperado, mesmo que de forma mínima. No município de Leopoldina, a dinâmica não é diferente, basta um passeio pelas calçadas da cidade para perceber a dificuldade de locomoção com a existência de obstáculos que impedem a locomoção de pessoas com algum tipo de mobilidade reduzida.

Desta forma, houve por parte do poder público municipal um início de trabalho, ainda muito distante do esperado, visando a melhoria da acessibilidade nas calçadas da cidade, foram projetadas as reformas das principais vias do Município com alargamento dos passeios, aplicação de pisos táteis, elevação das faixas de pedestres e construção de rampas acessíveis, como pode ser observado no croqui constante na Figura 9.

Figura 9 – Projeto de reformas das calçadas públicas.



Fonte: Secretaria de Obras - Prefeitura Municipal de Leopoldina - MG

Contudo este projeto somente foi concretizado em apenas um logradouro e somente em um dos lados de suas calçadas à Rua Barão de Cotegipe, Centro (figura 10).

Figura 10 – Calçada Rua Barão de Cotegipe, Centro – Leopoldina - MG.



Fonte: arquivo pessoal

Já nas praças do município foram feitas apenas algumas rampas de acessibilidade, sem padrões e muitas vezes fora das especificações técnicas de tratam da matéria.

Figura 20 – Praça Felix Martins, Centro – Leopoldina - MG.



Fonte: arquivo pessoal

Nesta prospecção em conjunto à revisão do Plano Diretor municipal, existe a necessidade de planejamento para se concretizar o direito dos cidadãos com mobilidade reduzida, com ações visando a melhoria da cidade em médio e longo prazo.

De modo inicial, a proposta consiste na inclusão da matéria e de modelos com esta obrigatoriedade para todas os novos logradouros que vierem a ser abertos, por particulares ou pelo próprio poder público, bem como a adequação por parte do poder público dos principais logradouros existentes, são ações simples que com o passar do tempo vão legitimando o direito das pessoas e melhorando a qualidade de vida da população.

Como exemplo apresente alguns croquis que servem como ilustração de calçadas mais acessíveis.

Figura 21 – Proposta para esquinas.

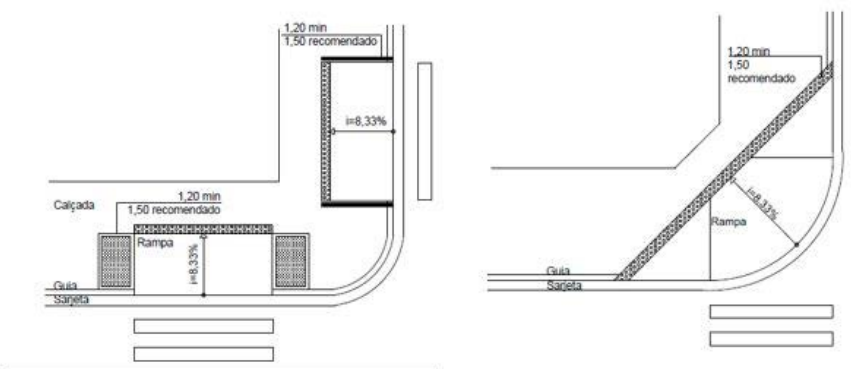
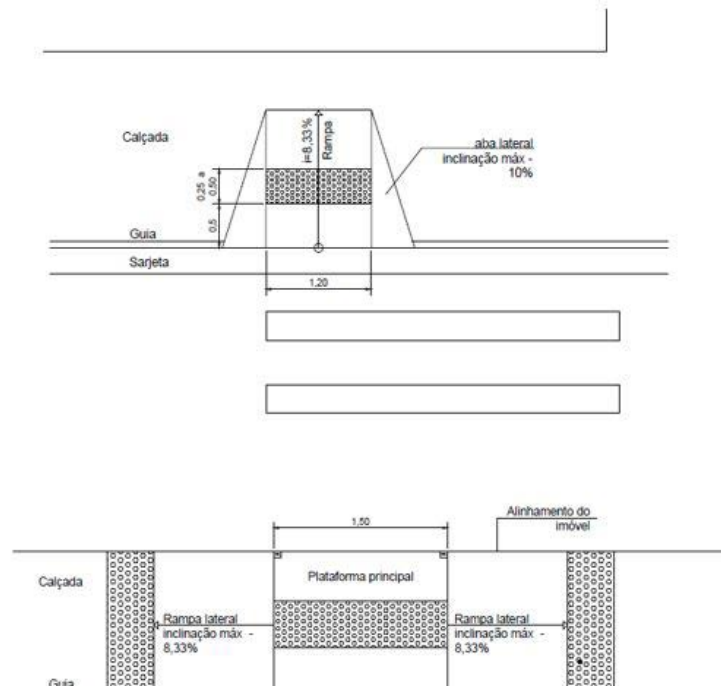


Figura 22 – Proposta para calçadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho se faz em razão da definição de normas gerais para a ordenação do desenvolvimento e expansão urbana do Município de Leopoldina. Nele se encontram reunidos os princípios e orientações para a utilização e a ocupação do espaço urbano, com o objetivo maior de garantir o desenvolvimento da cidade de forma equilibrada, sustentável e com o controle urbanístico adequado à realidade local.

Em linhas gerais, a definição de diretrizes norteadoras ao uso e ocupação do solo, permitem uma gestão sustentável e democrática da Cidade em função da ocupação territorial dinâmica observadas as potencialidades e restrições de cada zona.

Este instrumento de planejamento urbano foi instruído pelo Estatuto da Cidade, Lei Federal 10.257 de 2001. Trata-se do exercício da competência fixada pela Lei Complementar nº. 9 de 2006. O artigo 36 do Plano Diretor Participativo de Leopoldina estabelece que os Poderes Executivo e Legislativo deveriam aprovar, no prazo de um ano, a “Lei de Uso e Ocupação do solo”. Ou seja, o período previsto para a promulgação desse Projeto de Lei expirou em 2007.

Em nome do princípio constitucional da função social da propriedade, Lei de Uso e Ocupação do Solo dispõe sobre parâmetros urbanísticos de uso dos espaços públicos e atividades econômicas no geral e de ocupação do perímetro urbano. Dessa forma, a gestão pública define o que é mais adequado para cada área da cidade em função de sua infraestrutura, características ambientais, socioeconômicas, demandas de planejamento urbano e outros fatores.

Por esses motivos, a “Lei de Uso e Ocupação do Solo” é um dos instrumentos urbanísticos que proporcionam o planejamento urbanístico e ordenamento territorial, devendo estar em consonância com o Plano Diretor Municipal e as demais legislações urbanísticas básicas municipais.

REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. 30. ed. São Paulo: Saraiva, 2002.
- [2] MEIRELLES, Hely Lopes. Direito de construir. 7. ed. São Paulo: Malheiros, 1996.
- [3] BRASIL, Lei Federal nº. 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto das Cidades. Regulamenta os art. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília 10 jul. 2001.
- [4] PREFEITURA MUNICIPAL DE LEOPOLDINA. Plano Diretor Municipal. Leopoldina-MG: Disponível em: <https://www.leopoldina.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Plano_Diretor_Participativo_1257_2014?cdLocal=5&arquivo={1BDB2C1D-EB1D-AC4B-558B-0BD6E146E3C1}.pdf#search=plano%20diretor>. Acesso em: 25 outubro. 2021.
- [5] JUNIOR, Osmani Jurandy Vicente. Uma análise do Plano Diretor de Concórdia e suas proposições ambientais. Medianeira, 2014. Monografia de Especialização – Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR – Campus Medianeira.
- [6] CARVALHO, Camila Miranda. Acessibilidade e direito à cidade: Uma análise do Plano Diretor Municipal da Cidade de Arcos/MG. Porto, 2019. Dissertação Mestrado em Planejamento e Projeto Urbano – Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto – Portugal.
- [7] BRASIL, Decreto nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 de dezembro de 2004.
- [8] MELO, A. M. Acessibilidade e design universal. In: PUPO, D. T.; MELO, A. M.; FERRÉS, S. P. (Org.). Acessibilidade: discurso e prática no cotidiano das bibliotecas. Campinas, SP: UNICAMP, 2006.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. ABNT NBR 9050 - Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiência a edificações, espaço, mobiliário e equipamento urbano. Rio de Janeiro, 2020.
- [10] BRASIL. Lei nº 10.098 de 19 de dezembro de 2000. Promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida.
- [11] IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados. Online: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/leopoldina.html>. Acesso em: 29 set. 2022.



Uso de resíduo de osso animal em concreto de cimento Portland

Gabriel Pereira Gonçalves

Mestre, UENF, Engenharia Civil

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/5437028639526680>

Ismael Lima Poubel Boechat

Engenheiro, UniRedentor, Engenharia civil.

Patrick Miranda do Nascimento

Engenheiro, UniRedentor, Engenharia civil.

Ruthy Mery Rosa da Silva

Engenheira, UniRedentor, Engenharia civil.

Rafael Lima Oliveira

Mestre, PUC-Rio, Engenharia Elétrica

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6212659806406513>

DOI: 10.47573/aya.5379.2.141.13

RESUMO

O Concreto armado é o principal material com função estrutural utilizado no Brasil, sendo assim é de se esperar que os recursos utilizados para sua confecção se esgotem ao decorrer do tempo. Uma das alternativas para retardar este processo é a substituição dos componentes do concreto por materiais alternativos que possam aumentar a variabilidade de componentes utilizados, diminuir custos e influenciar positivamente no desempenho da mistura. Levando essas informações em consideração, este trabalho propôs a utilização de farinha de osso no concreto, visando uma influência positiva na trabalhabilidade e/ou na resistência a compressão, posto isso foi realizado a confecção de 4 traços com intuito de avaliar o impacto de um tipo de farinha produzida em um frigorífico da região. Este material foi adicionado no concreto substituindo o agregado miúdo nas porcentagens de 2%, 5% e 10%. Os ensaios utilizados para verificar a viabilidade do concreto foram o abatimento de tronco de cone, vulgo Slump test, absorção de água e resistência à compressão. A caracterização do resíduo demonstrou que o mesmo tem uma estrutura parecida com a de um agregado miúdo leve, porém com granulometria e módulo de finura médio. Os resultados do concreto foram satisfatórios para a porcentagem de 2% de resíduo utilizado, tornando este tipo de resíduo uma alternativa aplicável no futuro em concreto de cimento Portland.

Palavras-chave: concreto. farinha de osso. resíduo animal.

INTRODUÇÃO

O concreto é uma mistura de grande importância no ramo da construção civil, pois ao trabalhar com o aço ele pode resistir aos esforços de compressão, tração e flexão exercidos pelo peso da estrutura, a finalidade com a qual ela será usufruída e as cargas advindas de fatores climáticos ou excepcionais (TECNOSIL, c2020b). No Brasil o concreto é amplamente utilizado, já que a sua matéria-prima é bastante acessível na região (diferente de outras alternativas de materiais estruturais), a mão-de-obra usada não precisa ser especializada e sua produção é feita no próprio canteiro de obras, devido a isso os profissionais responsáveis devem estabelecer o traço (proporção de cada componente na mistura) e modo adequado que o concreto deve ser feito, para que junto do aço alcance a forma e a resistência exigida pelo projeto (ALLEN; IANO, 2013).

Usualmente este material é proveniente de uma mistura com uma proporção adequada de aglomerantes, agregados e água, sendo objeto de vários estudos para melhorar a sua aplicação. Atualmente faz-se necessário pesquisas que contribuam para redução do seu custo e aumento do seu desempenho melhorando assim sua aplicabilidade. Isso, muitas vezes, é possibilitado pela substituição ou adição de algum elemento à mistura (TECNOSIL, c2020a).

A indústria frigorífica é um importante setor do mercado brasileiro. Em dados de 2016, o Brasil produzia 26,35 milhões de toneladas de carnes, o equivalente a 27,2% do valor bruto da produção brasileira (EMBRAPA, 2017). Porém, o abate animal também gera diversos outros subprodutos não-comestíveis, constituídos em parte de ossos, causando contaminação do solo, ar e dos lençóis freáticos, tendo isso em vista vale ressaltar que de acordo com o IBGE (2021) nos anos de 2020 e 2021 foram produzidos cerca de 19,4 e 20 milhões respectivamente de carcaça de animais abatidos.

Diante disso, evitando tal contaminação, foi criada a FOA (farinha de origem animal) que

pode ser usada para a complementação alimentar na pecuária bem como fertilizante orgânico na agricultura (BELLAYER; ROSA; SCHEUERMANN, 2007).

O presente trabalho investigou os possíveis benefícios do uso da FOA como adição no concreto usado na construção civil, tendo como base estudos já publicados em meio internacional e nacional sobre o assunto.

Este trabalho tem como objetivo verificar se o resíduo de osso animal poderia gerar efeitos positivos ao ser usado no concreto substituindo parcialmente um de seus componentes.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A farinha ou pó de osso (FOA) é um subproduto da indústria frigorífica. Por ser um ramo industrial muito forte no Brasil, buscam-se alternativas para o descarte, tanto de ossos como de outros subprodutos que não são direcionados para o consumo humano. De acordo com Malagutti (2020), a reciclagem animal é uma importante ferramenta de sustentabilidade ambiental, visto que reaproveita grande parte dos insumos que seriam normalmente descartados, gerando benefícios à sociedade.

Com esse objetivo, os ossos podem ser calcinados, moídos e utilizados, muitas das vezes, como fertilizante orgânico, visto que possuem diversos nutrientes que podem melhorar o solo (ECYCLE, c2021). Podem ainda ser misturados com outros componentes para melhorar ainda mais seu efeito no solo. Existem diversos produtos comercializados que se utilizam desse princípio. Com isso, são reduzidos os gastos com outros produtos industrializados que podem ser prejudiciais à saúde.

Visando investigar o efeito do uso de FOA na pasta cimentícia, espera-se elevar o seu desempenho e reduzir o seu custo, pois a adição de farinha de osso como outro componente, se torna viável a partir do que se sabe sobre a exportação e importação da indústria frigorífica no Brasil, podendo desempenhar o mesmo papel e abaixando os custos.

Pesquisando-se na literatura, percebe-se que esse ainda é um tema pouco trabalhado, até mesmo no cenário internacional. Quanto ao aproveitamento desses resíduos animais, Vispute *et al.* (2018), Varma *et al.* (2016), Fapohunda *et al.* (2016) e Otunyo, Umenwo e Kingsley (2014) estudaram o uso de farinha de osso como substituto parcial de agregado fino ou cimento. Bhat, Qasab e Dar (2012) usaram osso animal triturado como substituto parcial de agregado graúdo. Ferreira (2018) usou farinha de osso como substituto parcial de agregado miúdo na argamassa. Ogarekpe *et al.* (2017) também propôs usar a farinha de osso como substituto parcial de agregado miúdo, como o osso é formado principalmente por material calcinado. Kaura, Singh e Kumar (2016), bem como Kotb, Assas e Abd-elrahman (2010) também estudam o concreto com farinha de osso, junto de outros materiais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Para a confecção do concreto, foram utilizados cimento, areia natural, brita e o resíduo

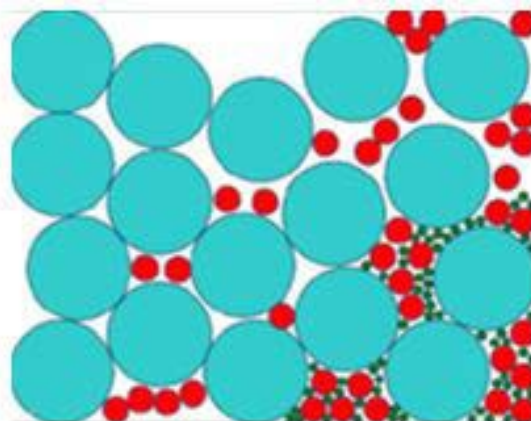
de farinha de osso.

O cimento Portland utilizado foi o CII E 32 da marca Alvorada, produzido na fábrica do município de Belo Horizonte com o número do lote 0 742832 594141, adquirido no mercado varejista em sacos de 50 kg, por ser um dos cimentos mais utilizados em obras da região.

O agregado miúdo utilizado neste trabalho foi uma areia de origem natural proveniente da bacia do Rio Muriaé, advindo de Campos dos Goytacazes (RJ). Em relação ao agregado graúdo foi empregado o uso da brita 1, o mesmo é oriundo da pedreira Apolo, localizada na cidade de Itaperuna-RJ.

Quanto ao resíduo utilizado, um efeito importante a se considerar na adição de materiais no concreto é o empacotamento. A ideia de empacotamento é a utilização de elementos com granulometrias complementares para preenchimento dos vazios no concreto, entre as partículas de cimento, como exemplificado na figura 1. Concretos com melhor empacotamento de partículas apresentam boa resistência mecânica, alteração na trabalhabilidade e melhora na durabilidade. Para se obter um melhor empacotamento, são adicionados elementos de granulometria menor que o cimento (LOPES, 2019). É possível citar alguns exemplos na literatura, onde foram testados materiais alternativos adicionados no cimento para gerar o efeito de empacotamento, como resíduo de mármore (GONÇALVES, 2011) e pó de pedra e sílica ativa (CAMPOS, 2019).

Figura 1 – Empacotamento de partículas.



Fonte: Guerra (c2010).

Neste artigo, foi utilizada uma farinha de origem animal como material alternativo, aqui chamada também de resíduo. O resíduo foi adquirido em um frigorífico localizado no município de Muriaé, no Estado de Minas Gerais, que processa restos animais e comercializa a farinha de osso.

O resíduo adquirido foi caracterizado nos laboratórios do Centro Universitário Redentor, onde foram determinadas as propriedades listadas abaixo para verificar a aplicação mais provável no concreto, podendo ser incorporado na forma de substituição em frações de areia ou até no próprio cimento, além de serem comparados entre si:

- a) análise granulométrica;
- b) determinação da porcentagem de vazios;
- c) determinação da massa específica;

- d) determinação da massa unitária no estado compactado e solto;
- e) teor de umidade.

A figura 2 apresenta o resíduo utilizado.

Figura 2 – Resíduo de farinha de osso animal.



Fonte: Autores (2021).

A análise granulométrica do resíduo foi feita de acordo com a metodologia da NBR NM 248 (ABNT, 2003), com as peneiras da série normal e intermediária. Sua distribuição granulométrica foi comparada com os padrões utilizados para areia.

Para a determinação da massa específica do material, dispôs-se de dois métodos, sendo eles, o uso do frasco de Chapman de acordo com a NBR 9776 (ABNT, 2012), seguindo a mesma metodologia utilizada para o agregado miúdo e o frasco do picnômetro, de acordo com a metodologia do DNER (1994).

Para determinação da porcentagem de vazios, foi utilizada a mesma metodologia usada por Margalha *et al.* (2007) para a determinação da porcentagem de vazios da areia.

Também foi determinada a massa unitária do material no estado solto e compactado pela metodologia da NBR NM 45 (ABNT, 2006).

A umidade foi determinada através do Anexo A da NBR 6457 (ABNT, 2016), metodologia também utilizada para agregado miúdo.

Preparo do concreto

Para que se possa fazer a verificação proposta foram usadas quatro amostras diferentes de concreto, sendo a primeira de concreto convencional (TC), feita com um traço calculado pela metodologia ABCP de 1:1,91:2,88:0,54 (Cc:Ca:Cb:Ch), em massa. Foram feitas três amostras com substituição em volume de areia por resíduo (TR) nas proporções de 2%, 5% e 8%. Foi escolhida a areia a ser substituída em vista dos resultados obtidos na granulometria do resíduo. Cada amostra passou por um ensaio de abatimento (Slump Test) de acordo com a NBR 16889 (ABNT-b, 2020). As amostras de concreto endurecido foram também verificadas quanto absor-

ção de água, adaptando-se o procedimento da NBR 9778 (ABNT, 2005). Por último foi realizado o ensaio para determinação da resistência a compressão seguindo a NBR 5739 (ABNT, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do resíduo

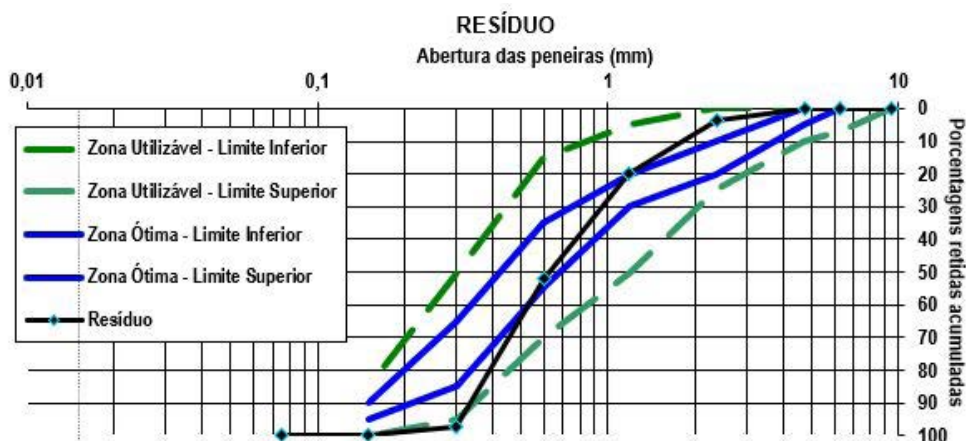
O quadro 1 a seguir apresenta os resultados do resíduo escolhido. Analisando a sua caracterização, percebe-se que este material tem uma textura parecida com a de um agregado miúdo (areia média) a ser usado em argamassas e concretos. A figura 3 apresenta a curva granulométrica do resíduo

Quadro 1 – Resultados para granulometria do resíduo.

Abertura da malha das peneiras (mm)	Massa retida (g)		Massa retida (%)		(Vr) Massa retida Variações + 4 %	(Mrm) Massa retida média (%)	(Mra) Massa retida acum. (%)
	Ensaio a	Ensaio b	Ensaio a	Ensaio b			
9,5	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
6,3	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4,75	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2,36	11,3	11,1	3,8%	3,7%	0,1%	3,8%	3,8%
1,18	49,5	47,9	16,6%	16,1%	0,5%	16,3%	20,1%
0,6	99,6	91,7	33,4%	30,7%	2,7%	32,1%	52,2%
0,3	134,5	136,6	45,1%	45,8%	0,7%	45,4%	97,6%
0,15	3,3	11,0	1,1%	3,7%	2,6%	2,4%	100,0%
Fundo	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
MT	298,2	298,3	Diâmetro máximo	2,36	Módulo de finura	2,74	

Fonte: Autores (2022).

Figura 3 – Curva granulométrica para o resíduo.



Fonte: Autores (2022).

O resíduo possui uma granulometria semelhante a areia, porém em granulometrias mais finas, encontra-se levemente abaixo da zona utilizável.

O teor de vazios para o resíduo foi obtido através da metodologia de Margalha *et al.* (2007), apresentada no quadro 2.

Quadro 2 – Resultados para teor de vazios do resíduo.

	Vágua (mL)	Vgasto (mL)	$e = \frac{V_{gasto}}{V_{água}} \times 100$
Amostra 1	250	70	$e = \frac{70}{250} \times 100 = 28 \%$
Amostra 2	250	65	$e = \frac{65}{250} \times 100 = 26 \%$
Média			27 %

Fonte: Autores (2022).

De acordo com Margalha *et al.* (2007), considera-se adequada a areia ou mistura de areias com percentagem de volumes vazios entre 30 e 35%. Sendo assim, o resíduo possui menor percentagem de vazios do que o agregado miúdo.

A massa específica do resíduo foi obtida de duas formas, para se obter um resultado mais próximo da realidade. O método do picnômetro (DNER, 1994) requer duas determinações, as quais não devem diferir entre si mais de 0,009. O quadro 3 mostra os resultados para a massa específica do resíduo.

Quadro 3 - Resultados para massa específica dos resíduos.

Frasco de Chapman NBR 9776 (ABNT, 1987)								
			Amostra 1			Amostra		
Leitura			383 mL			2 383 mL		
$\gamma = \frac{300}{L - 120}$			$\gamma = \frac{300}{390 - 120} = 1,45 \text{ g/cm}^3$			$\gamma = \frac{300}{390 - 120} = 1,45 \text{ g/cm}^3$		
Picnômetro (DNER, 1994)								
Amostra	m1 (g)	m2 (g)	m3 (g)	m4 (g)	Dt (g/cm³)	T (°C)	K20	D20 (g/cm³)
1	261,1	311,7	1262,4	1245,6	1,497	24	0,9991	1,496
2	260,6	360,8	1279	1245,8	1,496	22	0,9996	1,495
Média: 1,47 g/cm³								

Fonte: Autores (2022).

Percebe-se que o resíduo é menos denso do que a areia, possibilitando um concreto mais leve. De acordo com Neville (2016), o valor esperado para um agregado miúdo natural é entre 2,6 e 2,7 g/cm³.

A massa unitária obtida através da NBR NM 45 (ABNT, 2006) requer três determinações para se obter a média. O quadro 4 apresenta os resultados de massa unitária.

Quadro 4 - Resultados para massa unitária.

Massa unitária no estado compactado			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
mar (kg)	6,5079	6,5015	6,5120
pap (kg/m³)	624,59	620,51	627,20
pap média (kg/m³)	624,10		
Massa unitária no estado solto			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
mar (kg)	6,2990	6,3024	6,2893
pap (kg/m³)	491,53	493,69	485,35
pap média (kg/m³)	490,19		

Fonte: Autores (2022).

Também na massa unitária, o resíduo é mais leve do que o esperado para a areia, pois a mesma apresenta massa unitária na faixa de valores entre 1200 kg/m³ a 1400 kg/m³ (NEVILLE, 2016)

A umidade foi determinada através do Anexo A da NBR 6457 (ABNT, 2016). O quadro 5 apresenta os valores para o resíduo.

Quadro 5 – Resultados para teor de umidade do resíduo.

	m1 (g)	m2 (g)	m3 (g)	w (%)
Amostra 1	17,4	17	10,6	6,3
Amostra 2	15,3	14,9	9	6,8
Amostra 3	22,1	21,3	10,6	7,5
	Média			6,8

Fonte: Autores (2022).

Ensaio em concreto

Para que fosse possível encontrar o traço utilizado na confecção dos corpos de prova, foi adotada a metodologia ABCP. Após o cálculo do traço, o passo seguinte a ser dado foi a confecção dos corpos de prova seguindo as metodologias apresentadas no item 3. Para cada traço feito, foi obtido também seu abatimento.

Ao todo, foram confeccionados 1 amostra com 7 exemplares de concreto convencional (TC) e mais 3 amostras com diversos exemplares de CPs com substituição em volume de areia por resíduo nas proporções de 2%, 5% e 10%, sendo essas proporções definidas por TR2, TR5 e TR10, respectivamente.

Os corpos de prova (5 exemplares por amostra) produzidos foram deixados em cura úmida para serem rompidos aos 28 dias. No dia do rompimento, tiveram suas superfícies retificadas. Além da determinação da resistência à compressão, também foi determinado a absorção de água média em dois exemplares de cada traço confeccionado.

O Quadro abaixo apresenta os resultados dos ensaios realizados nestes CPs.

Quadro 6 - Resultados dos ensaios.

Amostras	Concreto fresco	Concreto endurecido	
	Abatimento (mm)	Res. Comp. (MPa)	A.A (%)
TC	25	21,72	6,46
TR2	20	22,335	6,6
TR5	5	17,644	7,16
TR10	0	20,2266667	6,93

Fonte: Autores (2022).

De acordo com o quadro 5, o concreto convencional registrou um abatimento de 25 mm e uma resistência à compressão compatível a classe C20. Foi possível perceber que os valores de resistência à compressão e abatimento corresponderam com que havia sido estabelecido na metodologia ABCP, logo pode ser afirmado que o concreto foi dosado, confeccionado e moldado conforme a norma NBR 5738 (ABNT-b, 2015).

O concreto com adição de resíduo em 2% (TR2) apresentou um abatimento ligeiramente menor que o concreto de referência, enquanto que o TR5 e o TR10 tiveram uma queda acentuada de sua trabalhabilidade, chegando ao abatimento nulo em TR10, ou seja, é observado nestes traços que utilizam do resíduo em sua composição que o abatimento foi diminuindo à medida que se aumentava a concentração da farinha de osso, se tornando bem inferior ao estabelecido na metodologia ABCP.

Quanto à resistência à compressão, TR2 e TR10 mantiveram a mesma classe de resistência C20, sendo que TR2 apresentou uma maior resistência, média de 0,60MPa. Por sua vez, TR5 apresentou uma queda significativa, média de menos 4 MPa.

Ao se comparar os valores de resistência registrados modelos de traço propostos é possível identificar que os CPs realizados com uma porcentagem de resíduo superior a 2% tiveram os menores valores de resistência, o que pode ser justificado pelo fato do produto não ser osso puro, logo possuindo diversas impurezas de origem desconhecida (importante ressaltar que a farinha detinha um forte odor) que acabam por desfavorecer uma homogeneidade do traço deixando o concreto poroso, logo impactando negativamente em sua resistência.

Outro dado analisado durante os procedimentos com o concreto foi a absorção de água por cada corpo de prova, em que se identificou que os modelos de CP's com resíduo detiveram valores maiores de absorção que o convencional, o que pode ser justificado pela própria absorção d'água do resíduo que naturalmente é mais elevada. Sendo assim pode ser constatado que para se obter um concreto realizado com essa farinha menos poroso e com um bom valor de abatimento seria necessária adicionar uma quantidade superior de água do que foi utilizado nas demais amostras, ou, beneficiar a farinha, a fim de deixa-la mais pura e com uma granulometria mais fina, tornando-se um filler.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Engenharia é um campo muito amplo, e as pesquisas com materiais alternativos são muito comuns atualmente. Percebe-se com essa pesquisa a possibilidade de uso na construção civil de um material comum, porém pouco explorado. Dessa forma o objetivo desse trabalho foi

analisar o efeito da farinha de osso animal no concreto usado na construção civil.

Tratando-se dos resíduos, percebeu-se que o resíduo é visualmente semelhante a areia, porém com menor massa específica e massa unitária. Com a realização dos ensaios, constatou-se que o resíduo possui granulometria mais grossa.

Nos casos dos concretos realizados com a farinha, mesmo que os resultados apresentados não tenham sido como o esperado, há soluções para alguns dos problemas encontrados na farinha, para o caso em que se deseja uma diminuição da massa específica do concreto uma alternativa seria o aumento da taxa de farinha no concreto, já que ela detém uma massa específica menor que a areia, porém teria que se ficar atento a como isso impactaria na resistência e abatimento deste concreto. Enquanto que para a questão do abatimento a solução mais viável seria a aplicação de um plastificante para melhorar a trabalhabilidade.

Com maiores estudos, pode-se considerar um uso de aditivo para correções no traço. Além disso, apesar da baixa resistência proporcionada pelo resíduo, esse concreto ainda pode ser considerado para uso em baixa resistência. Pesquisas futuras podem estudar outras características do concreto com farinha de osso, como permeabilidade, abrasão, e resistência a tração.

A presente pesquisa serve como um incentivo e direcionador para pesquisas futuras, visto que os mesmos resíduos podem ser utilizados também em outras áreas da Engenharia. Um estudo mais aprofundado desses resíduos também é necessário, de forma que se analise também seus efeitos químicos na mistura.

Espera-se que o uso por materiais alternativos na Engenharia seja cada vez mais incentivado, de acordo com as metas de desenvolvimento sustentável, assim garantindo um descarte sustentável do resíduo.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 11579:2012: Cimento Portland: Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 um (nº 200). Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó: Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 5739:2018: Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 6457:2016 Versão corrigida:2016: Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 7212:2021: Concreto dosado em central: Preparo, fornecimento e controle. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 9776:1987 Versão Corrigida:1988: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 9778:2005 Versão Corrigida 2:2009: Argamassa e concreto endurecidos: Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR NM 45:2006: Agregados: Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ABNT-a. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 12655:2015 Versão Corrigida:2015: Concreto de cimento Portland: Preparo, controle, recebimento e aceitação: Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT-a. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 16886:2020: Concreto: Amostragem de concreto fresco: Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ABNT-a. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 7211:2009: Agregados para concreto: Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT-a. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR NM 248:2003: Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABNT-b. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 16889:2020: Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ABNT-b. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 5738:2015 Versão Corrigida:2016: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT-b. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR NM 46:2003: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABNT-b. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR NM 53:2009: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT-c. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 8953:2015: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ALLEN, Edward; IANO, Joseph. Fundamentos da Engenharia de Edificações: Materiais e Métodos. São Paulo. Bookman Editora, 2013.

BAUER, L. A. Falcão. Materiais de construção – Vol.1. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 247-251, 2019.

BELLAVAR, Cláudio; ROSA, Paulo Sérgio; SCHEUERMANN, Gerson Neudí. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Resíduos Industriais. [2007?]. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/frango_de_corte/arvore/CONT000fy1j9mkl02wx5ok0pvo4k32v197ks.html. Acesso em: 24 mar. 2021.

BHAT, Javed Ahmad; QASAB, Reyaz Ahmad; DAR, A. R. Machine crushed animal bones as partial replacement of coarse aggregates in lightweight concrete. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Srinagar, Kashmir, India, v. 7, n. 9, p. 1202-1207, set. 2012. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1077.3593&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 24 mar. 2021.

CAMPOS, Heloisa Fuganti. Dosagem de concreto sustentável e de alta resistência, otimizada por modelos de empacotamento de partículas, com substituição parcial do cimento portland por pó de pedra e sílica ativa. 2019. 290 p. Tese (Doutorado) - Engenharia Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

CIMENTO ORG. O mundo do cimento. Cimento no Brasil. 2020. Disponível em: <https://cimento.org/cimento-no-brasil/>. Acesso em: 24 mar. 2021.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. Estrutura de concreto: concreto preparado na obra. [201]. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/3/concretopreparadonaobra/execucao/58/concretopreparadonaobra.htm>. Acesso em: 24 mar. 2021.

CURTI, Rubens. Propriedades e dosagem do concreto. 2017. p. 2-30

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER-ME 093/94: Solos – determinação da densidade real. Rio de Janeiro: DNER, 1994.

ECYCLE. Como fazer farinha de osso para plantas. c2021. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/6608-farinha-de-osso>. Acesso em: 24 mar. 2021.

EMBRAPA. Carne em números. [2017]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-em-numeros>. Acesso em: 24 mar. 2021.

FAPOHUNDA, Christopher A.; AKINSANYA, Abiodun Y.; ADEROJU, Samuel O.; SHITTU, Kamaru A. Suitability of Crushed Cow Bone as Partial Replacement of Fine Aggregates for Concrete Production. The West Indian Journal Of Engineering, Saint Augustine, Trinidad And Tobago, v. 39, n. 1, p. 25-31, July 2016. Semestral. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/5a7c/dc4ab8af980fc803056f41bad296302fb291.pdf?_ga=2.248268231.1942361039.15869830791687469547.1582304476. Acesso em: 24 mar. 2021.

FERRAMENTAS KENNEDY. Paquímetro: onde vou usar? Pra que serve? 2019. Disponível em: <https://www.ferramentaskennedy.com.br/blog/paquimetro-onde-vou-usar-para-que-serve>. Acesso em: 29 abr. 2021.

FERREIRA, Débora Brígida. Análise Comparativa Da Determinação Da Resistência À Compressão Em Argamassas Com Farinha De Osso Em Substituição Parcial À Areia Lavada. 2018. 20 f. Artigo de TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unicesumar – Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2018.

GONÇALVES, Gabriel Pereira. Estudo da substituição da cal hidratada por resíduo de mármore na produção de argamassa. 2011. 115 p. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Civil, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2011.

GUERRA, Ruy Serafim de Teixeira. Clube do Concreto. Porque reduzir os vazios no concreto? c2010. Disponível em: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2016/10/porquereduzirosvaziosnoconcreto.html>. Acesso em: 28 maio 2021.

IBGE. Número de animais abatidos por espécie e variação, segundo os meses - Brasil - 2020 - 2021. 15 nov. 2021.

INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO. Conheça os principais tipos de cimento e suas aplicações. [2019]. Disponível em: <https://www.institutodaconstrucao.com.br/blog/conheca-os-principais->

tipos-de-cimento-e-suas-aplicacoes/. Acesso em: 24 mar. 2021.

KALRA, Meenu; SINGH, N.b.; KUMAR, Mukesh. Properties Of Concrete Made From Ternary Blended Cement In The Presence Of Animal Bone Powder. *International Journal Of Civil Engineering And Technology*, India, v. 7, n. 6, p. 298-313, nov./dez. 2016. Bimestral. Disponível em: http://www.iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJCIET/VOLUME_7_ISSUE_6/IJCIET_07_06_032.pdf. Acesso em: 24 mar. 2021.

KOTB, M.; ASSAS, M.; ABD-ELRAHMAN, H. Effect of grounded bone powder addition on the mechanical properties of cement mortar. *Wit Transactions On Ecology And The Environment*, Southampton, Reino Unido, v. 138, n. 5, p. 201-212, 2010. Disponível em: <https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the-environment/138/21169>. Acesso em: 24 mar. 2021.

LOPES, Herbert Medeiros Torres. Aplicação do conceito de empacotamento de partículas na otimização de dosagem de concretos de cimento Portland. 2019. 173 p. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Civil (Estruturas), Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

MALAGUTTI, Cíntia. Food Safety Brazil. Você sabe o que é reciclagem animal? 2020. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/voce-sabe-o-e-reciclagem-animal/>. Acesso em: 24 mar. 2021.

MAPA DA OBRA. A importância dos aditivos de concreto. 2018. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/aditivos-concreto/>. Acesso em 24 mar. 2021.

MARGALHA, Maria Goreti; VEIGA, Maria do Rosário; DE BRITO, Jorge. Influência das areias na qualidade de argamassas de cal aérea. In: 2º Congresso Nacional de argamassas de construção. Lisboa. 2007. Disponível em: http://www.oasrn.org/3R/conteudos/areareservada/areareservada7/jose%20aguiar_GORETI_Areia_APFAC.pdf. Acesso em: 11 abr. 2021.

MOOSBERG-BUSTNES, Helena; LAGERBLAD, Björn; FORSSBERG, Eric. The function of fillers in concrete. *Materials And Structures*, Stockholm, v. 37, n. 2, p. 74-81, mar. 2004. Mensal.

NEVILLE, Adam M. Propriedades do concreto. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 912p, 2016.

OGAREKPE, N. M.; AGUNWAMBA, J. C.; IDAGU, F. O.; BEJOR, E. S.; ETENG, O. E.; NDEM, H. O.; OLOKO, E. O. Suitability of burnt and crushed cow bones as partial replacement for fine aggregate in concrete. *Nigerian Journal of Technology*, Nsukka, v. 36, n. 3, p. 686-690, jun. 2017. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/njt/article/view/159265>. Acesso em: 24 mar. 2021.

OLIVEIRA, Andréia; BRUNO, Luís; MARTINS, Elias; GARCIA, Elis; MONTEIRO, Ana; LEITE, Meiby; POZZA, Paulo; SANGALI, Cleiton. Efeito da densidade de criação e do grupo genético sobre a composição mineral e desenvolvimento de ossos longos de frangos de corte, *Ciências Agrárias*, v. 35, p. 3*10, 2 mar. 2014.

OTUNYO, Amaziah Walter; UMENWO, Lucky E.; KINGSLEY, Sam. Machine Crushed Cow Bones As A Partial Replacement Of Fine Aggregates In Lightweight Concrete. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, Srinagar, Kashmir, India, v. 9, n. 12, p. 2799-2806, dez. 2014. Disponível em: http://www.arnpjournals.com/jeas/research_papers/rp_2014/jeas_1214_1395.pdf. Acesso em: 24 mar. 2021.

PEREIRA, Caio. Escola Engenharia. O que é Slump do concreto e como fazer o teste? 2019. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/slump-test/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. Ensaio compressão concreto, 2017. Disponível em: <https://www.solucoesindustriais.com.br/lista/ensaio-compressao-concreto>. Acesso em: 9 maio 2021.

TECNOSIL. Aditivos para concreto: principais tipos e para que servem. c2020a. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/aditivos-para-concreto-principais-tipos-e-para-que-servem-2/>. Acesso em: 24 mar. 2021.

TECNOSIL. O que é o fck e sua importância para o concreto. c2020b. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/oqueefckeoqualsuaimportanciaparaoconcreto-2/>. Acesso em: 24 mar. 2021.

TOPÇU, İlker Bekir. Semi lightweight concretes produced by volcanic slags. *Cement and Concrete Research*, v. 27, n. 1, p. 15-21, 1997.

VARMA, Manikanta; MOHAN, Madan; NAIDU, Vasudeva; REDDY, Sreenatha. An Effective Study on Utilizing Bone Powder Ash as Partial Replacement of Construction Material. *International Journal of Innovative Technology and Research*, v. 4, n. 3, p. 3060-3062, 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/228547837.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2021.

VICTOR, João. Guia Da Engenharia. Abatimento do tronco de cone (Slump Test). 2020. Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/abatimentoslumptest/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

VISPUTE, Gaurav; SURYAWAD, Shubham; ADHORE, Akshay; TUPSOUNDARE, Prafull. Performance of Concrete By Using Animal Bone Powder And Fly Ash. *Internacional Journal Of Advance Research And Innovative Ideas In Education*, Ahmedabad, Gujarat, India, v. 4, n. 3, p. 1608-1617, maio/jun. 2018. Bimestral. Disponível em: http://ijariie.com/AdminUploadPdf/Performance_of_Concrete_By_Using_Animal_Bone_Powder_And_Fly_Ash_ijariie8658.pdf. Acesso em: 24 mar. 2021.



Polímeros na engenharia

Polymers in engineering

Leonardo Moraes Armesto
André Kazuo Kushiichi
Laura Nascimento Mazonni

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.141.14

RESUMO

Os materiais poliméricos aplicados na construção civil permitem redução de prazos e custos. Porém, eles podem sofrer degradações durante seu uso, então, esse estudo se propõe a verificar os mecanismos de degradação presentes em geomembranas de PEAD para impermeabilização de aterros sanitários.

Palavras-chave: PEAD. mecanismos de degradação. geomembranas. impermeabilização de aterros.

ABSTRACT

Polymeric materials applied in civil construction allow reduction of deadlines and costs. However, they may suffer degradation during their use, so this study proposes to verify the degradation mechanisms present in PEAD geomembranes for waterproofing of landfills.

Keywords: PEAD. degradation mechanisms. geomembranes. waterproofing of landfills.

INTRODUÇÃO

Atualmente, observa-se que a utilização de polímeros tem aumentado gradativamente, tendo em vista as propriedades que esses materiais oferecem, permitindo assim sua aplicação em diversos setores da economia. A aplicação de geomembranas de Polietileno de Alta Densidade - PEAD como material impermeabilizante de aterros sanitários, tem se tornado cada vez mais frequente, tendo em vista as propriedades vantajosas do polímero frente ao potencial de poluição dos resíduos sólidos de aterros.

O chorume, produzido da mistura da água de precipitação com os produtos da decomposição do lixo urbano nos aterros, é um líquido escuro com altas concentrações de substâncias orgânicas, inorgânicas além de metais pesados. Devido à elevada solubilidade dessas substâncias, o chorume pode percolar pelo solo e poluir os lençóis freáticos caso o sistema de impermeabilização seja inexistente ou ineficiente.

Assim, para garantir que o solo subjacente à geomembrana esteja impermeabilizado, a escolha do tipo de geomembrana deve ser feita avaliando suas propriedades mecânicas, físicas e químicas (LODI, 2003). Dentre os diversos tipos de polímero, o PEAD é frequentemente empregado como impermeabilizante de aterros sanitários devido à sua alta resistência química em relação a alguns dos componentes agressivos da lixívia produzida nos aterros (ROWE *et al*, 2001). Além disso, seu elevado grau de cristalinidade oferece resistência química à ação de benzenos e toluenos, além de aumentar sua resistência mecânica.

Apesar da resistência química e elevada cristalinidade do PEAD, diversos mecanismos de degradação podem comprometer seu desempenho. A oxidação do PEAD pode ocorrer por diferentes fatores, formando radicais livres em suas moléculas que aumentam a possibilidade de cisão de cadeias (LODI, 2003). O contato com os componentes químicos da lixívia do aterro,

pode também extrair aditivos do PEAD, deixando-o mais susceptível à deterioração por oxidação, além de mais rígido e frágil (ROWE *et al*, 2002; ARNEPALI *et al*, 2012).

Dessa forma, observa-se que os mecanismos de deterioração do PEAD abrangem assuntos que muitas vezes estão além do conhecimento técnico do engenheiro geotécnico. Porém, cabe a ele determinar e especificar os materiais escolhidos bem como a metodologia de execução, buscando soluções que aumentem a vida útil das geomembranas de maneira efetiva e sustentável.

Dentro deste cenário, o objetivo deste estudo é apresentar os diferentes mecanismos de degradação do PEAD aplicado como material de impermeabilização de aterros sanitários. Serão estudadas as causas principais de cada mecanismo, as principais propriedades do PEAD e quais os ensaios utilizados para especificação das geomembranas com o objetivo de garantir desempenho adequado durante sua vida de serviço.

POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE

Segundo Canevarolo (2006), existem três tipos principais de polietileno, os quais estão apresentados na Tabela 1.

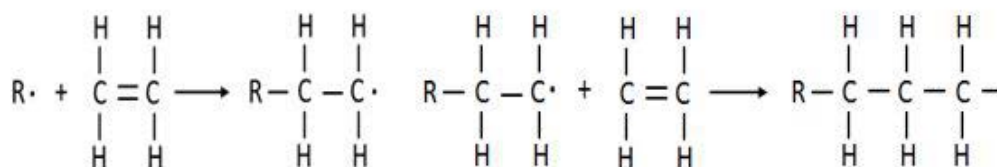
Tabela 1 - Tipos de polietileno e suas respectivas densidades

Nome	Sigla	Densidade (g/cm ³)
Polietileno de baixa densidade Polietileno linear de baixa densidade	PEBD PELBD	0,910 - 0,925
Polietileno de média densidade Polietileno linear de média densidade	PEMD PELMD	0,926 - 0,940
Polietileno de alta densidade	PEAD	0,941 - 0,965

Fonte: Canevarolo (2006)

Observa-se, portanto, que o PEAD corresponde a um dos tipos de polietileno produzidos atualmente, diferenciando-se dos demais por sua elevada densidade. O polietileno, por sua vez, é resultante da polimerização por adição em reator do monômero gasoso de etileno obtido da destilação seca da hulha (Canevarolo, 2006). A Figura 1 ilustra a reação de polimerização do monômero etileno (C₂H₄) com um iniciador ou catalisador (R·) e sua reação subsequente.

Figura 1 - Reação do catalisador com o primeiro monômero de etileno (a) e reação subsequente com outro monômero de etileno (b)



Fonte: Própria Autoria

É importante ressaltar que diferentes temperaturas, pressões de polimerização e catalisadores produzem diferentes tipos de polietileno com propriedades distintas. Enquanto o PEBD (polietileno de baixa densidade) é polimerizado a pressões de 1000 a 3000 atm e temperaturas de 100 a 300°C, o PEAD é polimerizado a baixas pressões (50 atm no processo Phillips e de 10

a 15 atm no processo Ziegler-Natta) e temperaturas (inferiores a 100°C), originando ramificações de cadeia em menores quantidades e comprimento do que o PEBD. Dessa forma, as ramificações do PEBD são tão longas quanto sua cadeia principal, sendo assim denominada ramificada (COUTINHO *et al.*, 2003). A cadeia polimérica do PEAD, por sua vez, é linear uma vez que as ramificações são desprezíveis e que a cadeia principal pode ser considerada a própria cadeia polimérica (CANEVAROLO, 2006).

Assim, devido à presença reduzida de ramificações, o PEAD é altamente cristalino. Segundo Mano (1999), quanto maior a cristalinidade, maior será a densidade, a rigidez e as resistências mecânica, térmica e química do polímero. Isto ocorre, pois a linearidade da molécula de PEAD garante que a orientação, alinhamento e empacotamento da cadeia em si favoreçam as ligações secundárias de Van der Waals entre as moléculas, aumentando assim sua cristalinidade (COUTINHO *et al.*, 2003). Por outro lado, as regiões amorfas reduzem a rigidez do material e aumenta sua flexibilidade, aspecto importante a depender da aplicação desejada (MANO, 1999).

Essa alta cristalinidade do PEAD confere propriedades características que permitem sua aplicação para confecção de diversos tipos de produtos, envolvendo métodos de processamento distintos como sopro, extrusão e injeção. Dentre os produtos originados do processamento por sopro, destaca-se os tanques, tambores e frascos que exigem alta resistência mecânica e química. O processamento por extrusão produz material isolante de fios telefônicos, sacos para congelados, revestimento de tubulações metálicas, tubos para rede de captação de esgoto, redes para embalagem de frutas, dutos para mineração e dragagem, sacolas de supermercado, entre outros. O processamento por injeção, por sua vez, permite a produção de baldes, bacias, brinquedos, tampas de garrafa e potes, caixas d'água, e outros (COUTINHO *et al.*, 2003).

Vale destacar ainda que, apesar das inúmeras propriedades vantajosas, os mecanismos de degradação do PEAD devem ser avaliados para que sua aplicação em diferentes cenários e condições climáticas seja adequada. Sua estabilidade termo-mecânica e termo-oxidativa são variáveis a depender do método de produção. De acordo com Nascimento (2009), diferentes meios de polimerização geram tipos e concentrações distintas de grupos insaturados, interferindo assim nos mecanismos de degradação. As causas e consequências de cada tipo de degradação serão abordados mais detalhadamente no item 4.

IMPERMEABILIZAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS

As geomembranas, instaladas na base e laterais dos aterros sanitários, confinam os resíduos e impermeabilizam o solo subjacente. Dessa forma, os contaminantes provenientes do lixo depositado são impedidos de percolar pelo subsolo e atingir os lençóis freáticos (BUENO *et al.*, 2004 *apud* LOCASTRO e DE ANGELIS, 2016). Segundo Lange *et al.* (2008), para que estes devidos sistemas funcionem de forma correta e promovam realmente suas funções, são necessárias ainda as obtenções de algumas características presentes em materiais de impermeabilização, tais como: estanqueidade; durabilidade; resistência mecânica; resistência a intempéries e compatibilidade físico-químico-biológica com os resíduos a serem aterrados.

Uso de geossintéticos

A utilização de geossintéticos apresentam desenvolvimento tecnológico e ascendência.

Isso se deve por fatores como durabilidade, facilidade de uso, tanto como qualidade e custo. (BUENO *et al*, 2004 *apud* LOCASTRO e DE ANGELIS, 2016).

As geomembranas são definidas como mantas poliméricas flexíveis com permeabilidade baixa, na ordem de 10^{-10} m/s (Pimentel e Palmeira, 2011). São fabricadas principalmente de PEAD (polietileno de alta densidade), PVC (polivinil clorado) e PELBD (polietileno linear de baixa densidade), contudo, os dois primeiros tipos são os mais utilizados no Brasil, e, na Tabela 2 são dadas as principais vantagens e desvantagens de cada uma delas.

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens de geomembranas de PEAD e PVC

Tipo de Geomembrana	Vantagem e Desvantagem
PEAD	<ul style="list-style-type: none"> • Boa resistência contra diversos agentes químicos; • Boas características de resistência e solda; • Boas características de resistência mecânica; • Bom desempenho a baixas temperaturas; • Baixa resistência ao puncionamento; • Baixo atrito de interface; • Formação de rugas; Dificil conformação ao sub-leito.
PVC	<ul style="list-style-type: none"> • Boa trabalhabilidade; • Facilidade de soldagem; • Bom atrito de interface; • Boas características de resistência mecânica; • Baixa resistência aos raios UV e alguns elementos químicos; • Baixo desempenho a altas e baixas temperaturas.

Fonte: Bueno *et al* (2004)

Membranas PEAD

De maneira geral, as membranas de PEAD consolidam-se como um dos principais mecanismos de impermeabilização em aterros sanitários. A aplicação das geomembranas de PEAD na base ou na lateral do aterro pode ser feita com auxílio de maquinário ou manualmente, e deve-se identificar e mapear cada bobina para monitoramento do material. Na Figura 2 é possível ver o posicionamento das geomembranas sobre as superfícies.

Figura 2 - Disposição das bobinas de geomembrana - Aterro sanitário de Vila Velha



Fonte: Feldkirsher *et al*. (2008)

De acordo com Lange *et al*. (2008), os aterros sanitários devem possuir uma vida útil em torno de 20 a 25 anos. Após esse tempo, eles são encerrados, e inicia-se o processo de busca de novas áreas, licenciamento ambiental, projeto, implantação, operação e monitoramento de

novos aterros.

Desta forma, se levada em consideração as premissas de utilização, compreende-se que ao longo do uso, o PEAD é exposto a agentes de agressivos que possam vir a degradar a matriz polimérica. Entende-se como degradação, qualquer reação destrutiva do material polimérico, e, em geral, é ocasionada pela ação de agentes físicos, químicos ou biológicos e gera modificações irreversíveis nas propriedades do material, podendo incluir a perda de plasticidade. A Tabela 2 apresenta alguns mecanismos de degradação. Caso a degradação seja muito severa, é possível notar o clareamento da geomembrana, bem como o comprometimento de suas propriedades mecânicas.

Tabela 2 - Mecanismos de degradação de PEAD em Aterros Sanitários

Agente	Principais Degradantes
Físicos	<ul style="list-style-type: none"> • Elevação de temperatura; • Atrito mecânico intenso.
Químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Ácidos, bases e solventes; • Oxigênio, Ozônio e outros poluentes atmosféricos.
Biológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Insetos; • Fungos e bactérias. (Advindo de natureza química)

Fonte: Lange et al. (2008)

MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO

As geomembranas são materiais que trabalham como barreiras de contenção de resíduos para solos ou lençóis freáticos expostos à ambientes agressivos. Por ter função impermeabilizante, é extremamente importante estudar como acontece a degradação do material durante sua vida útil, material este que sofre com os efeitos da temperatura, radiação UV, oxidação, agentes químicos e biológicos. Além disso, a composição é extremamente importante para avaliar como cada um dos processos poderá ocorrer. Hsuan *et al.* (1995) dizem que, geralmente, 96-97,5% da geomembrana é de resina de polietileno, 2-3% de negro de fumo e 0,5-1,0% são aditivos antioxidante e estabilizantes. (ROWE *et al.*, 2001)

O envelhecimento pode ocorrer por processos físicos, químicos ou pela combinação dos dois. O envelhecimento físico acontece com o polímero tentando estabelecer suas condições de equilíbrio, o que gera o aumento de cristalinidade, sem quebra de ligações covalentes. Já o envelhecimento químico tem quebras de ligações covalentes, fazendo com que o polímero perca algumas de suas propriedades de engenharia, sendo assim, é mais importante avaliar a degradação química que requer uma atenção especial. (ROWE *et al.*, 2001; LODI, 2003)

As membranas poliméricas utilizadas em barreiras podem romper por amolecimento e perda de propriedades físicas devido à despolimerização, cisão molecular, enrijecimento e fragilização pela perda de plastificantes e aditivos, redução de propriedades mecânicas, aumento de permeabilidade e ruptura das emendas de membrana. (HAXO *et al.*, 2005; *apud* LODI, 2003).

Degradação biológica

A degradação biológica acontece pela ação de seres vivos em contato ou próximo das geomembranas. Os microorganismos estão presentes em toda a extensão das geomembranas,

tanto no contato com o solo, quanto com os resíduos. Porém, devido aos elevados pesos moleculares das geomembranas de PEAD (entre 20.000 e 80.000 g/mol), a degradação por esses agentes é considerada negligenciável (ROWE *et al.*, 2001; *apud* SANTOS, 2014).

Degradação ultravioleta

A degradação por radiação UV, ou fotodegradação, ocorre quando as geomembranas estão expostas à luz solar ou luz visível durante a construção ou operação do aterro, e até quando estocados inadequadamente em obra. (ROWE *et al.*, 2001; ARNEPALLI *et al.*, 2012) A longo prazo, o material exposto à radiação UV pode sofrer descoloração, fissuras superficiais, perda de propriedades mecânicas e enrijecimento. (ROWE *et al.*, 2001; ARNEPALLI *et al.*, 2012).

Esses processos ocorrem pela cisão das cadeias de moléculas e pela perda do seu grau de polimerização e conseqüente redução de peso molecular. Segundo Dominique *et al.* (2004), a quantidade de cisão de cadeias será maior quanto maior a energia da radiação. Tendo em vista que esta energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda, radiações UV (295 - 495 nm) representam um grande potencial para degradação do PEAD.

Sendo assim, a fotodegradação é um mecanismo de degradação presente em geomembranas de PEAD, e que podem ser evitados com a adição de negro-de-fumo e estabilizadores específicos. Vale acrescentar que uma camada de 15 cm de solo é suficiente para impedir a ação dos raios UV no material. (KOERNER *et al.*, 1990 *apud* ROWE *et al.*, 2001)

Degradação térmica

A exposição do material ao calor pode alterar suas propriedades físicas, químicas e mecânicas, devido a perda de substâncias voláteis como solventes e plastificantes aumentando a cristalinidade do polímero, e conseqüentemente a densidade. (ROWE *et al.*, 2009). O aumento de temperatura gera dilatações e cria rugas, já a diminuição causa contrações do material e aumenta as tensões internas. Koerner (2005) *apud* Santos (2014) diz que é pior quando há o aumento de temperatura, pois o material apresenta mudança de aparência, peso, dimensões, alterando-o para um grau que não é aceitável, além de ocasionar a reorganização das cadeias.

As principais ligações ocorrentes nos polímeros são do tipo C-C e C-H, com diferentes energias de ligações. O aumento de temperatura altera a distância interatômica nas ligações e aumenta a vibração que pode atingir a energia de ligação e gerar a cisão molecular, resultando na formação de radicais livres, os quais podem reagir com os polímeros e propagar rapidamente a degradação. Esse processo reorganiza as cadeias poliméricas que causam rugas em altas temperaturas, e tensões em baixas temperaturas (SURMANN *et al.*, 2004).

Degradação química

A resistência química de uma geomembrana faz parte das etapas preliminares de um projeto, pois o contato com rejeitos domésticos ou industriais podem afetar o seu comportamento, alterando espessuras ou estanqueidade da geomembrana. Portanto, deve-se sempre verificar a compatibilidade química de uma geomembrana com o seu uso. (ROWE, 1998 *apud* LODI, 2013)

Carvalhosa (2011 *apud* SANTOS, 2014) cita que a degradação química pode ocorrer pelo oxigênio presente nas lixívias, solo ou água, e dependem da natureza química do polímero

para causar danos. A degradação química causa profundas alterações nas cadeias moleculares, como quebra de ligações químicas, diminuindo as cadeias, que podem incorporar íons alheios, e formar espécies quimicamente ativas, e, como esperado, alteram as propriedades do polímero.

Dudzik *et al.* (1990 *apud* SANTOS, 2014) submeteram duas amostras de geomembranas de PEAD à lixívia de um aterro por 30, 60, 90, 120 e 365 dias, e concluíram que nenhuma amostra apresentou desgaste pela lixívia. Surmann *et al.* (1995 *apud* SANTOS, 2014) envelheceu geomembranas de PEAD por imersão em lixívia e a irradiação, e concluiu que as amostras expostas somente a lixívia não sofreram alterações em suas propriedades, enquanto as expostas a irradiação sofreram quebra de cadeias.

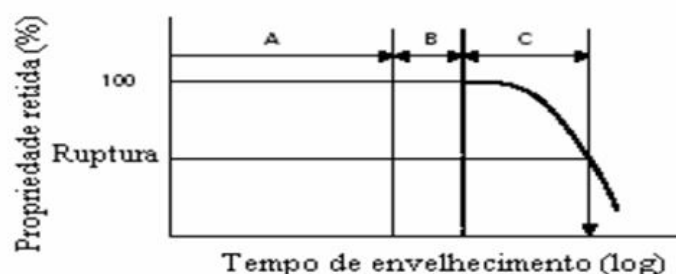
Além disso, vale destacar que as geomembranas de PEAD são resistentes ao álcool, éter e acetona, e, pela não polaridade de suas moléculas, deveriam ser pouco resistentes a solventes não polares. Porém, devido ao seu elevado grau de cristalização, tais substâncias não alteram o comportamento do material, fazendo dele uma opção vantajosa para aterros sanitários. (VAN ZANTEN, 1986; *apud* SANTOS, 2014)

Degradação por oxidação

As geomembranas de PEAD sofrem muito com a oxidação, pois suas cadeias poliméricas reagem facilmente com o oxigênio, alterando sua estrutura molecular, e, conseqüentemente, as propriedades mecânicas. O início das reações se dá pela quebra de ligações C-C ou C-H pela ação do calor, fricção durante o processamento, oxigênio ou contaminantes no polímero (ROWE *et al.*, 2001; *apud* LODI, 2003).

Grassie *et al.* (1985 *apud* ROWE *et al.*, 2001) explicam que a oxidação acontece pela interação de duas reações cíclicas. No primeiro deles, há a reação das cadeias de peróxido de alquila, e no segundo ciclo, acontece a homólise dos hidroperóxidos, que alimentam a reação em cadeia com a formação de novos radicais livres. Se a interação entre os dois ciclos for quebrada, a oxidação pode ser retardada, sendo esta a função dos antioxidantes. Como a energia necessária para formar radicais livres é menor do que a energia para quebrar cadeias, aumenta-se a susceptibilidade de reação do oxigênio com tais radicais. Esta reação forma o radical hidroperóxido, causando a cisão de cadeias do PEAD (LODI, 2003; DAS, 2011). A degradação por oxidação acontece em três estágios, conforme indicado na Figura 4.

Figura 4 – Fases de degradação de geomembranas de PEAD por oxidação



Fonte: Adaptado de Lodi (2003)

O período representado pela letra (A) corresponde ao esgotamento de antioxidantes resultante das reações com o oxigênio, radicais livres e peróxido de alquila. Então, inicia-se o período (B), no qual o polímero reage com o oxigênio, formando os hidroperóxidos (HSUAN e

KOERNER, 1998; LODI, 2003).

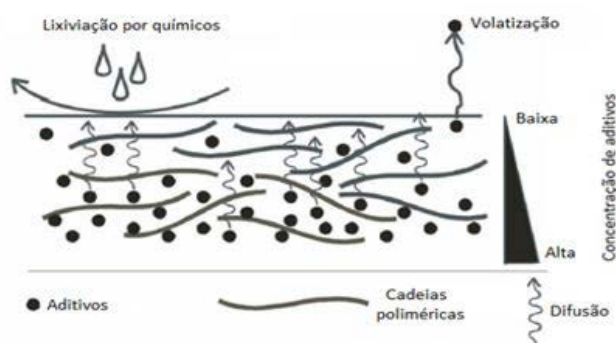
Quando a concentração de hidroperóxidos atinge um valor crítico, os mesmos hidroperóxidos começam a se decompor, aumentando substancialmente a quantidade de radicais livres (radicais alquilas), que por sua vez irão atacar o polímero (período C). Tais radicais dão seguimento a um processo de degradação por oxidação acelerada, gerando tanto ligações cruzadas quanto cisões de cadeia. Dessa forma, o peso molecular do polímero se altera, modificando as propriedades de engenharia do PEAD e comprometendo, portanto, seu desempenho em campo (HSUAN *et al.*, 1998).

Degradação por extrusão

A degradação por extrusão acontece quando um ou mais componentes da geomembrana são extrudados (ou perdidos) devido a longos períodos de exposição a produtos químicos e outros líquidos. (KOERNER *et al.*, 1990 *apud* ROWE *et al.*, 2001). No PEAD, a extrusão faz com que o material perca seus aditivos incorporados, como os estabilizantes e os antioxidantes, propiciando o aumento de rigidez do material e deixando-os desprotegidos e susceptíveis aos ataques por oxidação. (DOYLE *et al.*, 1989 *apud* ROWE *et al.*, 2001).

Os aditivos incorporados nas geomembranas são fortemente influentes no seu desempenho de longo prazo e a extração desses componentes acontece quando o material fica exposto a ambientes agressivos (SURMANN *et al.*, 1995), como ilustra a Figura 5.

Figura 5 - Extração de aditivos devido a lixívia e volatilização



Fonte: Adaptado de Surmann *et al.* (1995)

A água e alguns componentes químicos podem lixiviar aditivos da superfície de geomembranas, e ocorrem mais em dependência do grau de interação entre aditivos e solventes do que aditivo e cadeias poliméricas. A perda de aditivos acontece pela sua difusão do centro do material até a superfície. A taxa da perda de aditivos em uma dada resina polimérica é caracterizada pelo peso molecular do aditivo, a interação entre o aditivo e a cadeia polimérica, a morfologia do polímero e a mobilidade das cadeias. Quando os aditivos perdidos são estabilizantes, o nível de proteção da superfície é alterado, o que pode levar a mudança de coloração ou microfissuras (SURMANN *et al.*, 1995 *apud* ARNEPALLI *et al.*, 2012).

EFEITO DA DEGRADAÇÃO NAS PROPRIEDADES DO PEAD

Com o objetivo de avaliar o efeito da degradação do PEAD nas propriedades mecânicas e térmicas, diferentes condições de exposição podem ser utilizadas.

Resistência à exposição a intempéries

Para análise da resistência do PEAD a intempéries, Lodi (2003) expôs placas de PEAD de 21 x 30 cm ao ar livre, sujeitas a diversas variações climáticas, como descrito pela norma ASTM D1435. O tempo de exposição foi de 2,5 anos acompanhada por um monitoramento local com levantamento contínuo de temperatura do solo, umidade relativa do ar, fluxo de calor do solo, velocidade do vento, entre outros. Ao longo do período de exposição, a temperatura média foi de 25°C com pluviosidade média de 93 mm/mês.

Segundo o autor, propriedades térmicas evidenciam mais o efeito do envelhecimento no PEAD. O índice de fluidez, parâmetro inversamente proporcional à viscosidade do polímero, apresentou um decréscimo expressivo após a exposição à intempérie. Isto se deve à formação de ligações cruzadas decorrente da degradação superficial nas placas dos polímeros. Essas ligações possuem elevada densidade de ligações primárias fortes, aumentando o peso molecular do polímero (BEYLER *et al.*, 2008) e conseqüentemente reduzindo seu índice de fluidez (LODI, 2003).

Com o objetivo de avaliar os efeitos do envelhecimento do PEAD aos ciclos de exposição ao sol e à chuva em laboratório, Lodi (2003) expôs as amostras à radiação UV e à condensação de água. Os ciclos de exposição seguiram recomendações da norma ASTM G53, com exposição durante 4h à radiação UV e 4h de condensação da água a 50°C.

Dos resultados obtidos, Lodi (2003) observou que as amostras com menor espessura apresentaram um efeito mais pronunciado à exposição à radiação UV, tendo em vista que os valores de tempo de oxidação foram bastante reduzidos em comparação a outros métodos de envelhecimento. Portanto, esse resultado corrobora a possibilidade de aumentar-se a espessura da geomembrana de PEAD com o objetivo de reduzir os efeitos causados pelo envelhecimento devido à exposição à radiação UV.

Resistência química

Para avaliar a resistência química das geomembranas de PEAD, Lodi (2003) expôs amostras de PEAD no interior de tanques de 1000L com circulação de esgoto (pH = 6,9) por um período de 2,5 anos, seguindo as normas ASTM D5747 e D5322. Durante o período de análise, parâmetros como demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, amônia, entre outros, foram levantados continuamente. De acordo com Lodi (2003) o contato do PEAD com o esgoto também foi causador do aumento do índice de fluidez devido à formação de ligações cruzadas por degradação superficial. Além disso, a exposição a componentes químicos extrai os aditivos presentes no PEAD tornando-o mais frágil devido ao aumento significativo da rigidez.

Overmann *et al.* (1993) observaram uma correlação entre a espessura da geomembrana de PEAD com a resistência química. Após o período de 24 meses, as amostras de PEAD expostas à uma lixívia de aterro com pH de 8,8 apresentaram pequenas variações de propriedade em relação às amostras intactas. Overmann *et al.* (1993) constatou que as amostras mais espessas apresentaram menor perda de massa e, portanto, maior resistência química, decorrente da maior quantidade de aditivos no interior das geomembranas. Dessa forma, as amostras mais espessas se tornaram menos frágeis que as menos espessas sendo, portanto, menos susceptíveis ao trincamento.

Resistência termo-oxidativa

O processo de oxidação, por sua vez, também resulta em variações de propriedades do PEAD. Lodi (2003) envelheceu termicamente as amostras de PEAD em duas condições distintas: (i) estufa convencional sem circulação de ar a 85°C (GM13) e (ii) estufa com circulação de ar a 75°C (ASTM E145).

Como descrito anteriormente, a degradação por oxidação do PEAD ocorre com a perda de antioxidantes ao longo do tempo, fazendo com que o material se torne mais frágil devido ao aumento da rigidez (SANGAM, 2001). Esse aspecto pode ser evidenciado pelo resultado dos ensaios de tempo de oxidação e índice de fluidez. Tendo em vista que os antioxidantes são consumidos no estágio B da degradação por oxidação, esta redução pode ser medida pelo tempo de oxidação da amostra. Para os dois tipos de estufa utilizados, observou-se uma redução bastante significativa do tempo de oxidação (OIT) em comparação com as amostras não-envelhecidas (LODI, 2003).

Vale destacar que para o caso de envelhecimento com circulação de ar, a presença de oxigênio é maior, aumentando assim a taxa de oxidação do PEAD. Dessa forma, ao final do estágio C de oxidação, a rigidez do polímero aumenta, elevando sua viscosidade. Assim, observa-se uma maior redução do índice de fluidez com circulação de ar (-13,16%) do que sem circulação (-7,76%). Novamente, o aumento de rigidez é indesejável, pois o PEAD torna-se mais frágil, aumentando a possibilidade de ocorrência de trincamentos que comprometerão a estanqueidade do solo subjacente à ação do chorume produzido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É muito difícil imaginar a sociedade moderna sem o uso de polímeros, e o crescente número de pesquisas e alternativas para o uso desse material. Uma grande preocupação atual é o crescimento das cidades e a necessidade de descartar os resíduos em locais adequados, como os aterros sanitários. Estes devem possuir impermeabilização de solo adequada, para evitar a contaminação de solo e lençóis freáticos, cada vez mais escassos. Frente a isso, as geomembranas de PEAD tem-se apresentado como uma alternativa viável à impermeabilização de aterros sanitários, pois estas possuem boa resistência mecânica e química, facilidade em manuseio e estanqueidade adequada.

Como visto ao longo do trabalho, para que as geomembranas de PEAD atendam satisfatoriamente todos os critérios, é importante atentar aos cuidados adequados para que os mecanismos de degradação presentes no meio ambiente a que as geomembranas estão expostas não afetem sua integridade. Mecanismos de degradação causados por fenômenos químicos e oxidativos apresentaram influência significativa nos resultados mecânicos e propriedades térmicas do PEAD, tais como aumento de rigidez (potencializando a susceptibilidade ao trincamento), perda de resistência à oxidação, aumento do peso molecular, redução do potencial de estanqueidade, entre outros. A degradação por radiação UV ou térmica, por sua vez, apresentam efeito reduzido, tendo em vista o curto tempo de exposição durante construção e operação do aterro. Ensaios mecânicos e físicos são realizados com o objetivo de avaliar o efeito de cada um desses mecanismos nas propriedades do material.

Portanto, observa-se que as geomembranas de PEAD representam uma solução eficiente para a impermeabilização de aterros sanitários. Porém, tendo em vista que estão sujeitas a um ambiente agressivo, deve-se avaliar o material com o objetivo de garantir o seu desempenho ao longo de sua vida de serviço.

REFERÊNCIAS

ABIPLAST - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. Perfil 2015, São Paulo. São Paulo, 2015.

ABIPLAST - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. Preview Perfil 2016, São Paulo. São Paulo, 2016.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010. NBR 15849: Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.

ARNEPALLI, D. N., REJOICE, A. A. Durability and Long-Term Performance of High Density Polyethylene Geomembranes, *The Master Builder*, p. 92-106, 2012.

BEYLER, C. L.; HIRSCHLER, M. M. Thermal Decomposition of Polymers. In: National Fire Protection Association (Org.). *SFPE handbook of fire protection engineering*, 4^a ed., 2008.

BUENO, B. S.; BENVENUTO, C.; VILAR, O. M. Aplicações em Barreiras Impermeabilizantes: Manual Brasileiro de Geossintéticos. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

CANDIAN, L. M. Estudo do polietileno de alta densidade reciclado para uso em elementos estruturais, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos USP, São Carlos. São Paulo, 2007.

CANEVAROLO JR, S. V. Ciência dos polímeros - Um texto básico para tecnólogos e engenheiros, 2^aed. revisada e ampliada, Editora Artliber, São Paulo, 280p., 2006.

COUTINHO, F. M. B.; MELLO, I. L. e SANTA MARIA, L. C. Polietileno: Principais Tipos, Propriedades e Aplicações, *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 3, n. 1, pp. 1-13, 2003.

DAS, B. M. *Geotechnical Engineering Handbook*. J. Ross Publishing, Estados Unidos, 2011

DOMINIQUE, K. E; BLOND, J. M. Geosynthetics Durability: A Polymer Chemistry Issue. 57th Canadian Geotechnical Conference 5th Joint Cgs/lah-CncConference, Canada, Section 4, 1-14, 2004.

FELDKIRCHER, W. Impermeabilização de aterro sanitário com geomembrana. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade de São Francisco, Itatiba, 62p, 2008.

HSUAN, Y. G., KOERNER, R. M. Antioxidant de pletionlife time in high density polyethylene geomembranes. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering ASCE*, p532-541, 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. Diretrizes para consolidação dos taludes adjacentes o aterro sanitário do Jacuí, localizado em São Miguel Paulista, Município de São Paulo. Relatório nº 18.893. 1983. 17 p.

LANGE, L. C; SIMÕES, G, F. Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: guia do profissional em treinamento: nível 2 /Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte: ReCESA, 120 p. 2008.

LOCASTRO, J, K; DE ANGELIS, B, L, D. Barreiras de impermeabilização: configurações aplicadas a aterros sanitários, Revista Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Maringá, 200-210p., 2016.

LODI, P. C; Aspecto de Degradação de Geomembranas Poliméricas de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e de Poli Cloreto de Vinila (PVC). Tese Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, 284 p. 2003.

MANO, E. B; MENDES, L. C. Introdução a polímeros, 2ª ed. revista e ampliada, Editora Edgard Blücher, São Paulo, 191p, 2004.

NASCIMENTO, E; PINHEIRO, L. Estudo da degradação termo-oxidativa do polietileno de alta densidade, Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros, Foz do Iguaçu, Paraná, 10p., 2009.

OVERMANN, L. K; COWLAND, J. W; MATTRAVERS, N. K; SHUNG, W. K; LEE, B. S; WAN, C. H. Chemical Resistance Testing of Liner Materials for Hong Kong Landfills. Proceedings Sardina, Fourth International Landfill Symposium, p. 333- 347, 1993.

PIMENTEL, K. C. A; PALMEIRA, E. M. Reabilitação de barreiras impermeabilizantes com geossintéticos, Anais do 7º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental/ Simpósio Brasileiro de Geossintéticos - REGEO/Geossintéticos, Belo Horizonte, 2011.

ROWE, R. K; SANGAM, R. H. Durabilityof HDPE geomembranes, Geotextiles and Geomembranes, v. 20, pp. 77-95, 2001.

ROWE, R. K; SANGAM, R. H. A geing of HDPE geomembrane exposed toair, water and leachate at different temperatures, Geotextiles and Geomembranes, v. 27, pp. 137-151, 2009.

SANGAM, H.P., Performanceof HDPE geomembraneliners in landfillapplications. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. The Universityof Western Ontario, Ontario, Canada, 400p, 2001.

SANTOS, L. S. Estudo da durabilidade de geomembranas utilizadas na impermeabilização de reservatórios das barragens de rejeito de ouro. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2014.

SURMANN, R; PIERSON, P; COTTOUR, P. Geomembrane Liner Performance and Long Term Durability. In: Fifth International Landfill Symposium. Proceedings of the Sardina 95, pp. 405-414. Italy, 1995.

Organizadores

Rafael Lima de Oliveira

Mestre em Engenharia Elétrica na área de Inteligência Computacional Aplicada pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e graduado em Engenharia Elétrica com Ênfase em Sistemas e Computação pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). É proprietário, responsável técnico e de P&D da empresa ERLO TECH Engenharia Inteligente, atuando em projetos Elétricos, Eletrônicos, Automações, Internet das Coisas (IOT), Sistemas De Geração de Energia Elétrica baseados em placas fotovoltaicas (Energia Solar) e projetos de pesquisa e desenvolvimento. No Centro Universitário Redentor-RJ compartilha conhecimento como professor nos cursos de Engenharia Elétrica e Civil, atuando tanto no ciclo básico quanto específico, além de desenvolver projetos de pesquisa e desenvolvimento e de iniciação científica. Tem experiência como pesquisador-colaborador no Laboratório de Inteligência Computacional Aplicada da PUC-Rio, atuando em projetos de pesquisa e desenvolvimento de sistemas especialistas de apoio à decisão aplicados nas áreas de exploração e produção de petróleo e de energia elétrica. Também atuou como professor no curso de pós-graduação Business Intelligence Master (BI MASTER) do CCE-PUC-Rio. Adora desenvolver projetos, aprender e compartilhar conhecimento, principalmente, nos seguintes temas: Inteligência Artificial, Algoritmos Evolutivos, Otimização, Computação de Alto Desempenho, Eletrônica Aplicada, Projetos Makers, Automação Residencial e Industrial, Projetos Elétricos e Eletrônicos, Sistemas Especialistas de Controle, Indústria 4.0, Internet das Coisas (IOT), Exploração e Produção de Petróleo, Desenvolvimento de Campos Petrolíferos, Simulação e Gerenciamento de Reservatórios.

Gabriel Pereira Gonçalves

Possui graduação em Engenharia Civil pela Faculdade Redentor (2008), especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (2009) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF (2011). Professor do Centro Universitário Redentor desde 2011 na modalidade presencial, e na modalidade à distância, desde 2015. É professor conteudista do curso de pós-graduação em Orçamentação, Planejamento e Controle na Construção civil pela Faculdade Descomplica. Foi coordenador e professor do curso técnico de nível médio em Edificações do Centro de Ensino Técnico Redentor (CETER). Está como Inspetor Regional do CREA-RJ e diretor da Associação de Profissionais de Engenharia do Noroeste Fluminense (APENF). Elabora questões para Concursos públicos desde 2019. É consultor da área de Engenharia Civil e de Segurança do Trabalho elaborando laudos e pareceres técnicos. Trabalhou por 5 anos prestando serviços à empresas e prefeituras elaborando projetos, orçamentos de obras e medições.

Índice Remissivo

A

abastecimento 92, 106, 109, 110, 111, 116
acessibilidade 157, 187, 188, 191, 192, 197, 198, 201
acidentes 10, 11, 12, 14, 15, 20, 22, 23
aço 78, 79, 80, 81, 83, 86, 87, 88, 89, 90
água potável 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 115, 116
arduino 92, 104
aterros 217, 218, 219, 220, 221, 223, 226, 227, 228
automação 20, 21, 91, 92, 94, 101

C

comercialização 27, 28, 30, 31, 32, 35, 36, 38, 44
compatibilização 124, 125, 126, 128, 129, 133, 134
concreto 48, 50, 52, 53, 55, 56, 57, 65, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 84, 86, 87, 88, 90, 131, 133, 139, 141, 143, 153, 154, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215
conhecimento 11, 13, 14
construção civil 47, 50, 54
corrosão 78, 79, 80, 81, 87, 88, 89, 90

D

degradação 217, 218, 219, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 228
degradações 217
durabilidade 74, 75, 78

E

edificação 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53
elétricas 11, 12, 13, 14, 16, 19, 20, 22, 23
eletricidade 11, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 22
eletricista 10, 11, 18, 20, 21, 22
elétricos 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 22
eletrônica 171, 175, 184
energia 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45
engenheiro 10, 11, 18, 20, 21, 22
equipamentos 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 23
estudo 106, 108, 109, 110, 111, 112, 116, 123, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 137, 139, 142, 157,

158, 159, 160, 163, 164, 167, 168, 171, 172, 173,
174, 175, 186, 192, 211, 217

F

fachadas 136, 137, 138, 139, 140, 145, 149, 151, 152,
154, 155

farinha de osso 203, 204, 205, 206, 210, 211, 213

G

geomembranas 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224,
225, 226, 227, 228,

geossintéticos 219, 228

geração 13, 19, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 38, 44, 47, 62, 63,
67, 68, 73, 92, 93, 95, 99, 103

H

hidrelétrica 92, 93, 94, 99, 101, 103

I

impermeabilização 217, 218, 219, 220, 226, 227, 228,
incêndio 15, 56, 65, 137, 138, 139, 141, 142, 144, 145,
147, 149, 151, 153

instalações 11, 12, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 23

L

legislação 27, 28, 29, 35, 38, 42

loteamento 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113,
114, 115

M

mecanismos 158, 192, 217, 218, 219, 220, 221, 226

metodologia 12

microgeração 92, 93

mobilidade 158, 187, 188, 197, 199, 201

N

normatização 11

O

órtese 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 167, 168

P

periculosidade 11

poliméricos 217

prevenção 10, 11, 12

produtos 151, 152, 191, 192, 204, 217, 219, 224

projeto elétrico 47, 50, 52, 54, 55, 60

projeto estrutural 46, 47, 48, 54, 55

proteção 11, 15, 16, 17, 18, 19, 20

Q

qualidade de vida 157, 158, 167, 192, 199

R

reabilitação 156, 157, 158, 159, 160, 167

reciclagem 62, 63, 64, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76

resíduo 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 213

resíduos 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76

reutilização 62, 63, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74

revestimentos 136, 137, 138, 139, 140

S

sanitários 217, 218, 219, 220, 223, 226, 227, 228

saúde 4

semáforo 171, 172, 173, 183, 184

sólidos 14, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76

T

trânsito 171, 172, 173, 174, 182, 183, 184

V

vida 106, 107, 108, 110, 111, 125, 137, 152, 157, 158, 167, 178, 192, 199, 218, 220, 221, 227



AYA EDITORA
2022