

REVISTA ELETRÔNICA

ENGENHARIA, MEIO AMBIENTE & INOVAÇÃO

ISSN 2595-5616

VOLUME 09 • Nº 2 • 2022

Engenharia Civil

Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas – FaCET

UNIG
UNIVERSIDADE IGUAÇU

Editorial

A Revista Engenharia, Meio Ambiente e Inovação é a concretização de um anseio de uma equipe, que se iniciou nos primeiros resultados das pesquisas do Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade do curso de Engenharia Civil. Neste anseio, buscamos continuamente realizar o compartilhamento das iniciativas científicas realizadas com o meio acadêmico e a sociedade, assim como, fortalecer o incentivo ao desenvolvimento de estudos interdisciplinares. Esta edição contempla os esforços do Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade para a difusão do conhecimento de pesquisas científicas direcionadas para desenvolvimento científico e regional.

A revista aborda temáticas concernentes a um abrangente enfoque sobre as inter-relações entre Engenharia e sociedade, seja pela interação, seja pelas relações com meio ambiente e soluções inovadoras, seja por sua relação com o processo de desenvolvimento, a partir de resultados de pesquisas e reflexões teóricas e empíricas sobre as áreas temáticas descritas em seu escopo. A Revista visa se tornar um facilitador para os trabalhos científicos das áreas de Engenharia e afins servindo a todos que pretendam aumentar a produção científica com a chancela da UNIG sendo este o papel das Instituições de Ensino, apoiar e colocar à disposição de docentes, discentes e da sociedade as condições para a divulgação das pesquisas e dos trabalhos e ideias.

Gisele Dornelles Pires

Editora chefe

Fabricio Polifke da Silva

Editor associado

ASSOCIAÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DE NOVA IGUAÇU UNIVERSIDADE IGUAÇU –UNIG

DIRIGENTES- CAMPUS NOVA IGUAÇU

Fábio Raunheitti

Chanceler “In memoriam ”

Prof. Marcelo Gomes da Rosa

Reitor

Paulo César Ribeiro

Pró-Reitor Acadêmico

Paula Guidone Pereira Sobreira

Coordenadora de Extensão e Assuntos Comunitários

Adalgiza Mafra Moreno

Coordenadora de Pesquisa

Claudia Antunes Ruas

Coordenadora do Núcleo de Educação a Distância

Nathalia de Oliveira Jorge

Secretária Geral

Universidade Iguaçu

Av. Abílio Augusto Távora, 2134–CEP 26.260-000

Nova Iguaçu–RJ–Brasil–Tel.:27654051

www.unig.br

CORPO EDITORIAL

Editora-Chefe

Gisele Dornelles Pires (UNIG)

Editor Associado

Fabricio Polifke da Silva (UFRJ)

Conselho Editorial

Alexandre Luis Belchior dos Santos (UFF)

Carlos Eduardo Moreira da Silva (UNIG)

Carlos Rogerio Domingos Araújo Silveira (UNIG)

Claudia Daza Andrade (UFRRJ)

Giana Laport Alves de Souza (UNIG)

Juliana Hermsdorff Vellozo de Freitas (ALERTA RIO)

Ligia Maria Nascimento De Araújo (ANA)

Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva (UENF)

Paula Fernanda Chaves Soares (UFRRJ)

Thábata Teixeira Brito (INCAPER)

Wanderson Luiz Silva (CEPEL)

REVISTA ENGENHARIA, MEIO AMBIENTE & INOVAÇÃO / Universidade Iguaçu, v.09, n.2 (julho 2022).
Nova Iguaçu – Rio de Janeiro

ISSN 2595-5616

Semestral

FOCO E ESCOPO

A REVISTA ENGENHARIA, MEIO AMBIENTE & INOVAÇÃO é o periódico oficial da Universidade Iguaçu (UNIG), uma publicação semestral gratuita. A Revista esforça-se para publicar estudos de alto padrão científico e que tenham o objetivo de divulgar as produções nas áreas da *Engenharia* com ênfase *Meio ambiente, Engenharia, Recursos Hídricos, Geociências, Meteorologia, Sensoriamento Remoto e Defesa Civil*. A revista aborda temáticas concernentes a um abrangente enfoque sobre as inter-relações entre tecnologia e sociedade, seja pela interação, seja pelas relações de trabalho e de educação, seja por sua relação com o processo de desenvolvimento, a partir de resultados de pesquisas e reflexões teóricas e empíricas sobre as áreas temáticas descritas acima.

Sumário

Análise de armazéns de estoques de papel às normas de prevenção de combate a incêndios e pânico.....	6
Yuri Santos de Lira ¹ ; Roberto Martins Louzada ² , Ronaldo Paulluci de Assis ² , Bruno Lucio Moura da Silva ²	6
Dimensionamento de Superestruturas em Concreto Armado	22
Emanuel Rodrigues Fortunato ¹ ; Roberto Martins Louzada ² ; Bruno Lúcio Moura da Silva ³ ; Ronaldo Paulucci de Assis ⁴	22
Gestão de projetos - estudo de caso: Centro de logística RIO II – Rio de Janeiro - RJ.....	35
Suami Brandão Rodrigues ¹ ; Gisele Dornelles Pires ² ; Paula Fernanda Chaves Soares ³ , Cassia Maria Soares de Souza Paula ⁴	35
Introdução de métodos geofísicos no auxílio de mapeamento de áreas de risco	55
Érika Damazio da Silva ¹ ; Manoel Isidro de Miranda Neto ² ; Vitor Souza Pontes ³	55
Influência das Metodologias de Dimensionamento sobre os Sistemas Elevatórios.....	73
Jorge Trota Filho ¹ ; Ramon de Souza Lecker ²	73
Tijolo Ecológico – Fabricação e Análise das Propriedades	73
Camilla Clemente de Souza Zacarias ¹ ; Jorge João Ferreira de Souza Junior ² , Camilla Santos do Nascimento Condack Pereira ³ , Larissa Abreu de Sousa Cardoso ⁴ ; Ricardo Abreu Lima de Souza ⁵	95

Análise de armazéns de estoques de papel às normas de prevenção de combate a incêndios e pânico

Yuri Santos de Lira¹; Roberto Martins Louzada², Ronaldo Paulluci de Assis², Bruno Lucio Moura da Silva²

¹Aluno Graduação curso de Engenharia Civil, ^{2,3,4} Docente curso Engenharia Civil

^{1,2,3,4} Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu – UNIG, Av. Abílio Augusto Távora – Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu - RJ

Yurilira18@gmail.com¹, 0161008@professor.unig.edu.br², 0164046@professor.unig.edu.br³; 01673029@professor.unig.edu.br

Resumo - O presente estudo visou demonstrar a importância de um sistema de combate a incêndio e pânico em edificações, especialmente naquelas consideradas de uso coletivo, ou que armazenam materiais que podem ser considerados como combustíveis, como no caso de papéis. Diante deste contexto o presente estudo teve como principal objetivo analisar a importância da adequação de Armazéns de estoque de papel às normas de prevenção e combate a incêndio e pânico, para assim assegurar a vida dos funcionários e das pessoas que vivem ao entorno destas edificações. Para a construção do presente estudo em um primeiro momento foi realizada uma revisão integrativa da literatura cujo principal objetivo foi identificar as novas leis e as normas que regulamentam os projetos de prevenção a incêndio e pânico no Estado do Rio de Janeiro, que servirão como base principal deste trabalho, destacando ainda as principais características do fogo e os principais meios de eliminá-los, além de salientar como ocorre o desenvolvimento de incêndios, suas fases e classes. Busca-se com o presente estudo buscou avaliar ainda os principais equipamentos utilizados no combate a incêndio, os procedimentos que devem ser realizados em locais com materiais combustíveis, demonstrando ainda as técnicas utilizadas para prevenção de incêndios, suas peculiaridades de instalação e elaboração, demonstrando para tanto um estudo de caso em um armazém localizado no Estado, no qual são armazenados uma grande quantidade de papel, demonstrando assim a importância de adequação as normas vigentes. Através de uma coleta de dados foi possível observar que a responsabilidade principal das autoridades consistia em fiscalizar o cumprimento das normativas. A partir do presente estudo foi possível identificar que a presença de um sistema de combate a incêndio e pânico faz-se necessário em todas as edificações em que trabalham um número maior de funcionários, aumentando consideravelmente a segurança dos colaboradores e/ou ocupantes.

(Palavras-chave: Combate. Incêndio e Pânico. Controle. Armazéns. Depósito de Papel.)

Abstract - This study aims to demonstrate the importance of a fire fighting and panic system in buildings, especially in those considered collective use, or that store materials that can be considered as fuels, as in the case of papers. In this context, the present study has as main objective to analyze the importance of suitability of paper stock warehouses to the standards of prevention and fight of fire and panic, in order to ensure the lives of employees and people living around these buildings. For the construction of the present study at first, an integrative review of the literature was carried out whose main objective was to identify the new laws and norms that regulate fire and panic prevention projects in the State of Rio de Janeiro, which will serve as the main basis of this work, highlighting the main characteristics of the fire and the main means of eliminating them, besides highlighting how the development of fires, their phases and classes occurs. The present study also seeks to evaluate the main equipment used in firefighting, the procedures that should be performed in places with combustible materials, also demonstrating the techniques used for fire prevention, their peculiarities of installation and elaboration, demonstrating for such a case study in a warehouse located in the State, in which a large amount of paper is stored, thus demonstrating the importance of adapting the current standards. Through data collection, it was possible to observe that the main responsibility of the authorities is to monitor compliance with the regulations. From the present study, it was possible to identify that the presence of a fire fighting and panic system is necessary in all buildings where a larger number of employees work, increasing the safety of employees and/or occupants.

Keywords: Combat. Fire and Panic. Control. Warehouses. Paper Deposit.

1 Introdução

Nos últimos anos incêndios de grandes proporções ocorreram em nosso país, que resultaram no óbito de milhares de pessoas, o que poderia ser evitado caso as edificações possuísem sistemas de combate e controle a incêndio eficientes. Logo, devido a observação deste fato, que nasceu a vontade de discorrer sobre a presente temática, salientando a importância da presença desse sistema especialmente em ambientes onde o incêndio pode tomar proporções ainda maiores, devido a presença de materiais combustíveis. Acidentes relacionados à incêndios continuam a fazer vítimas ao redor do mundo, mesmo com a implementação das tecnologias mais avançadas de prevenção, combate e controle de incêndio. Em casos como esse, um dos maiores violões é a fumaça, originada pela queima de materiais presentes no ambiente. Assim, podemos dizer que modificar elementos estruturais aprovados previamente em projetos, podem resultar em sérios riscos a integridade dos ocupantes das edificações. Materiais altamente inflamáveis e tóxicos devem ser aplicados em locais apropriados por pessoas habilitadas para tanto e mais importante deve ser aprovado por órgãos competentes, para que os riscos sejam os mínimos possíveis.

No Brasil, existem normas e instruções técnicas específicas voltadas a prevenção, controle e combate a incêndio. Posteriormente as últimas tragédias no território nacional, notou-se a carecimento de atualização e modernização da legislação vigente atualmente, identificando soluções e novas sugestões para que vidas humanas não sejam perdidas, e que os danos patrimoniais sejam reduzidos.

Com o intuito de proteger-se, certas medidas de combate ao fogo foram adotadas, bem como o desenvolvimento de novos equipamentos, novas técnicas e o mais importante, novas legislações e constantes atualizações das mesmas. Para conseguirmos as legislações de prevenção contra incêndio fossem criadas, infelizmente, foram necessários muitas tragédias e perdas.

Na atualidade há uma grande quantidade de normas e leis que devem ser cumpridas, nos níveis federal, estadual e municipal, sobre os mais variados tipos de edificações, que detalham todos os equipamentos necessários, manutenção, bem como cuidados já na elaboração de projetos e construção.

As empresas que possuem o CA (Certificado de Aprovação), comprovam estar com a instalações mais seguras do que as demais, e tem por direito solicitar descontos nas taxas de seguros. Porém só consegue, tal desconto (isso desde que) a empresa que esteja com o CA em dia sem não conformidades. Com a inserção de sistemas de qualidade total, cada vez mais, os fornecedores são pleiteados pelos clientes no comprimento da legislação ambiental e de segurança para disponibilizar a certificação. Esse documento também é de exigência das prefeituras dos municípios para ter a concessão do alvará das edificações que fazem parte das legislações.

2 Objetivo Geral

O principal propósito desse trabalho apresentar as principais normas de Prevenção de Combate a Incêndio e Pânico em um galpão de armazenamento de papel de grande porte.

3 Metodologia

A presente pesquisa caracteriza-se, essencialmente, como um estudo qualitativo, exploratório e bibliográfico. Inicialmente foi realizada uma revisão da literatura sobre a importância da existência de sistemas de controle de combate a incêndio e pânico em edificações, especialmente em galpão de armazenamento de papel de grande porte, demonstrando as principais características relacionadas a fumaça, riscos que a mesma pode trazer a integridade física dos ocupantes, bem como a principal forma de combater tanto o incêndio quanto lidar com a presença de partículas de fumaça.

A seguir, foi demonstrado o estudo de cujo principal objetivo foi analisar se filial da Suzano SA. estava adequada as normas de controle e combate a incêndio e pânico atualmente vigentes (COSCISP 2018).

4. Introdução Desafios de Prevenção, Mitigação e Tratamento do Fogo na Construção Civil

De acordo com Brentano (2011), os principais objetivos do Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio devem ser a proteção da vida humana, a proteção do patrimônio e, por último, a continuidade do processo produtivo.

A elaboração do PPCI de uma edificação deve ser focada em dois princípios básicos: - evitar o início do fogo; - havendo a ocorrência de foco de fogo, devem ser previstos meios apropriados para confinar o fogo no seu local de origem, permitir a desocupação da edificação com segurança e rapidez e facilitar o acesso e o combate ao fogo de forma rápida e eficaz.

4.1 Incêndios Recentes Ocorridos no Brasil

De acordo com Marcelli (2007, p. 223), um pequeno incêndio acontece quando alguma coisa está inadequada, assim como um grande incêndio acontece quando diversas coisas estão inadequadas. Incêndios de grande magnitude que aconteceram nos últimos anos no Brasil, reavivaram debates acerca das normas necessárias para a prevenção e combate a incêndio bem como o pânico em diversos estados.

Segundo Seito et. al. (2008), as incidências mais repetidas de incêndios, pequenos ou grandes, são em edificações. Alguns casos de início de ignição são: vazamento de gás de bujões com explosões, curtos-circuitos em instalações elétricas, manuseio de explosivos e outros produtos perigosos em regiões não adequados, além de exemplos de acidentes domésticos, como esquecimento de utensílios como fogões e eletrodomésticos ligados.

De acordo com Marcelo L. (2021), o motivo de termos um aumento considerável nos números de incêndios estruturais por causa de falhas nas medidas de prevenção. E expõe ainda que os incêndios tradicionalmente acontecem por problemas de qualidade em equipamentos, falta de manutenção, erros de projetos e de instalação, problemas de treinamento da mão de obra e/ou falta de interesse, de modo geral, dos proprietários na proteção contra incêndio, que fazem somente o mínimo necessário para ser aprovado no corpo de bombeiros.

Abaixo o gráfico mostra uma alta progressiva em comparação com 2018, quando foram capturadas 531 reportagens relacionadas a incêndios estruturais:

Comparativo - Notificações de incêndio (2018 - 2020)

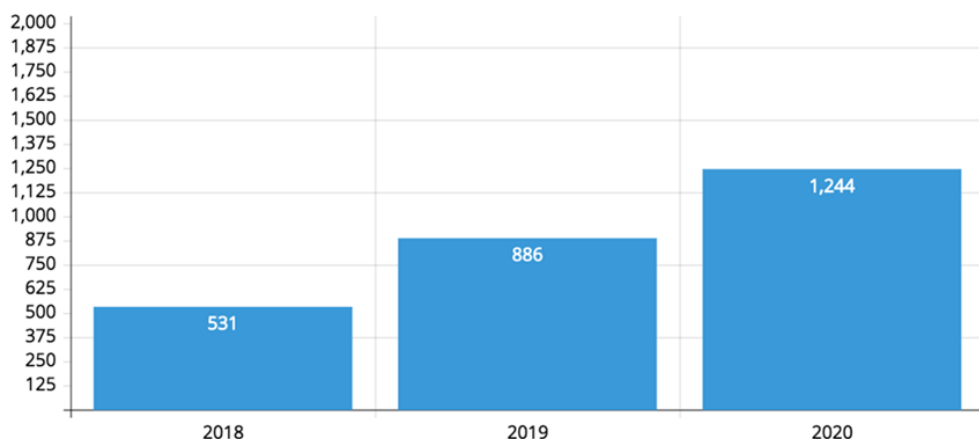


Grafico 1 notificação de Incêndio (2018 – 2020)

4.2 Sistemas de Proteção Contra Incêndio

SPCI – Sistema de Proteção Contra Incêndio, é um sistema de proteção da edificação, construídos de elementos planejadamente dispostos devidamente interligados que captam e oferecem dados de princípios de incêndio através de indicações sonoras e visuais, localizando o setor afetado e propiciando a tomada de medidas com o tempo necessário para diminuir ao máximo os prejuízos causados.

Segundo Antunes (2011), há dois tipos de proteção:

Ativas: Essas medidas têm o objetivo de agir sobre o fogo já existente, para extingui-lo ou, então, controlá-lo até à chegada do corpo de bombeiros ao local, criando facilidades para que este combate seja o mais eficaz possível.

Passivas: Essas medidas têm por finalidade reduzir as chances do surgimento de um princípio de fogo, bem como diminuir a probabilidade de seu alastramento.

- ✓ As principais medidas de proteção ativas nas edificações são:
- ✓ Sistema de sinalização de emergência;
- ✓ Sistema de iluminação de emergência;
- ✓ Sistema de detecção de alarme de incêndio;
- ✓ Sistema de extintores de incêndio;
- ✓ Sistema de hidrantes ou de mangotinhos;
- ✓ Sistema de chuveiros automáticos;
- ✓ Sistema de espuma mecânica para combate em alguns tipos de riscos;
- ✓ Sistema fixo de gases limpos ou CO₂ para combate a incêndio.

O objetivo da proteção passiva é minimizar danos, pois não trabalha ativamente na contenção do princípio de incêndio, ela trabalha com a resistência dos materiais ao fogo, para conter a crise durante um tempo determinado de acordo com as características de cada

ambiente e cada material aplicado, seguindo a NBR 14432 que cita as exigências de resistência ao fogo de elementos estruturais construtivos de edificações. Segue alguns exemplos:

- ✓ Compartimentações horizontais e verticais;
- ✓ Segurança estrutural de edificações;
- ✓ Afastamento entre edificações;
- ✓ Saídas de emergências;
- ✓ Sistema de controle de detecção de fumaça de incêndio;
- ✓ Sistema de detector de calor;
- ✓ Instalação de sistema DRR – Disjuntor referencial residual;
- ✓ Controle dos materiais de revestimento e acabamento;
- ✓ Controle das passíveis fontes de incêndio;
- ✓ Sistema de proteção contra descargas atmosféricas;
- ✓ Central de gás;
- ✓ Acesso a viaturas de corpo de bombeiros junto a edificação;
- ✓ Brigada de incêndio.

4.3 Certificado De Aprovação

É um documento gerado pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) o qual atesta que, durante a vistoria, a edificação possui as condições ideais de segurança contra incêndio. São medidas estruturais, técnicas e organizacionais integradas que formam um conjunto para certificar a edificação um nível excelente de proteção na segurança contra incêndios e pânico, onde estão previstas pela legislação e constantes no processo, estabelecendo um período de revalidação.

Do decreto nº42/2018, realizado pelo interventor na área de Segurança Pública do Estado do Rio de Janeiro, Walter Souza Braga Netto, no uso de suas atribuições legais, institui através de quinze capítulos o “Código de Segurança Contra Incêndio e pânico”, onde o mesmo retrata as disposições preliminares, as definições, aplicação, o serviço de Segurança contra incêndio, os procedimentos administrativos, as responsabilidades, a altura e a área das edificações, a classificação das edificações e áreas de riscos, as medidas de segurança contra incêndio, o comprimento das medidas de segurança contra incêndio, o tratamento às empresas de pequeno porte e aos microempreendedores individuais e, as disposições finais.

Tem-se algumas normas para a regularização dessas exigências que auxiliam no processo de CA uma vez que, todas as edificações e áreas de risco por ocasião de construção, da reforma ou ampliação, regularização e mudanças de ocupação, tem a necessidade de estar aprovado no Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ), havendo exceção para dois tipos como “atividades econômicas desenvolvidas em edificações e áreas de risco classificadas como baixo risco (item 6.2 da Nota Técnica nº 1-07 / 2020 – Atividades econômicas de baixo risco) e para atividades econômicas desenvolvidas em unidade exclusivamente residencial privativa. (item 6.5 da Nota Técnica nº 1-07 / 2020 – Atividades de baixo risco).

Cabe ao Corpo de Bombeiros da Militar do Estado do Rio de Janeiro, CBMERJ, regulamentar, analisar a vistoriar todas as medidas de segurança cabíveis contra incêndio nas áreas de risco e edificações, e também, pode fazer pesquisa sobre incêndio, principalmente,

Tabela 23 – Exigências para edificações do grupo J (divisões J-3 e J-4) com área superior a 900m ² ou superior a 02 pavimentos												
Grupo de ocupação e uso	GRUPO J – DEPÓSITOS											
Divisão	J-3 (risco médio 2)						J-4 (risco grande)					
Medidas de Segurança contra Incêndio e Pânico	Classificação quanto ao nº de pavimentos e à altura (em metros)						Classificação quanto ao nº de pavimentos e à altura (em metros)					
	Térrea	2pav	3pav	4, 5 e 6pav	Acima de 6pav com H ≤ 30m	H > 30m	Térrea	2pav	3pav	4, 5 e 6pav	Acima de 6pav com H ≤ 30m	H > 30m
Extintores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hidrantes e mangotinhos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chuveiros automáticos	X1	X1	X1	X1	X	X	X1	X1	X1	X	X	X
Sinalização de segurança	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Iluminação de Emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alarme de Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Deteção de Incêndio	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Saídas de Emergência	X	X2	X2	X3	X3,4	X3,4,5	X	X2	X2	X3	X3,4	X3,4,5
Plano de emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Controle de fumaça	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X
Hidrante urbano	X6	X6	X6	X6	X6	X6	X6	X6	X6	X6	X6	X6
Acesso de viatura em edificações	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Compartimentação Vertical	-	-	-	X7	X7	X	-	-	-	X7	X7	X
Segurança Estrutural contra Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Controle de Materiais de Acabamento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
OBSERVAÇÕES ESPECÍFICAS:												
1- Exigido para os galpões com somatório de áreas destinadas a estoque ou industrialização superior a 1.500m ² . A exigência de chuveiros automáticos poderá ser substituída por compartimentação horizontal em células com área máxima de 1.500m ² , conforme regulamentação do CBMERJ. 2- A escada de emergência da edificação deve ser do tipo Não Enclausurada, conforme NT específica 3- A escada de emergência da edificação deve ser do tipo Enclausurada, conforme NT específica 4- As edificações com 15 ou mais pavimentos, qualquer que seja a área construída, devem possuir no mínimo duas escadas de 5- Deve haver Elevador de Emergência para altura maior que 60m 6- Exigido apenas para as edificações com ATC igual ou superior a 1.500m ² 7- Pode ser substituída por sistema de controle de fumaça, detecção de incêndio e chuveiros automáticos, exceto para as compartimentações das fachadas e selagens dos shafts e dutos de instalações.												
OBSERVAÇÕES GERAIS:												
a) No cômputo do número de pavimentos e definição da altura e área das edificações, observar as prescrições da Seção II do b) As instalações elétricas devem estar em conformidade com as normas técnicas oficiais; c) Observar ainda as exigências para os riscos específicos das respectivas Notas Técnicas.												

Tabela 1: Edificação de divisão J-3 e J-4 com área superior 900m² ou superior a 2 pavimentos.

5.1 Análise de Sistemas Existentes na Empresa

5.1.1 Hidrante

Os hidrantes são do tipo duplo, com uma saída controlada por registro globo e adaptação junta “storz”, com diâmetro de 63mm. Altura de registro no hidrante em relação ao piso será de 1,2 m (um metro e vinte centímetros). Nas situações em que ele se posicione dentro do abrigo de mangueiras, a altura do registro em relação ao piso deverá ser a mesma citada anteriormente. Os hidrantes também são pintados em vermelho de forma a serem localizados com facilidade. Dispostos de modo a evitar que, em caso de sinistro, fiquem bloqueados, podendo ficar também no interior do abrigo das mangueiras ou externamente ao lado deste. Serão do tipo externo às paredes, conforme especificados em projeto. É recomendada a instalação de um tampão para sua proteção.



Figura 2: Hidrante

O galpão é disposto de 22 hidrantes divididos entre a área de armazém, administrativa e externa.

Tabela 1: Quantidade de Hidrantes por Área

Área	Quantidade
Armazém	8
Administração	2
Mezanino	1
Externa	1

5.1.2 Hidrante de Recalque, Passeio ou Fachada

Localizado junto à via de acesso de viaturas de Corpo de Bombeiros, sobre o passeio e afastado dos prédios, de modo que possa ser operado com facilidade. Conforme imagem abaixo:



Figura 3: Hidrante de Recalque

5.1.3 Extintores

Os extintores foram dimensionados da seguinte forma:

EQUIPAMENTOS DE COMBATE A INCÊNDIO		
SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	QUANT.
	Extintor portátil com carga d'água com capacidade extintora 2 - A -10 litros	15
	Extintor portátil com carga de dióxido de carbono com capacidade extintora 5-B:C - 6 kg	02
	Extintor portátil com carga de pó químico seco com capacidade extintora 40 -B:C - 6 kg	05

Tabela 2: Quantidade de Equipamento de Combate a Incêndio

Todos os extintores possuem sinalizações de segurança conforme imagem abaixo:



Figura 4: Extintores de portáteis

5.1.4 Reservatórios e Reserva Técnica e Incêndio (RTI)

A área em lide, não possui reservatórios d'água em seu interior para atendimento às Reservas Técnicas de Incêndio.

O condomínio possui 02 (dois) reservatórios com 387.000 litros cada, perfazendo 774.000 litros com RTI = 537.750 litros.

O cálculo da RTI foi feito da seguinte forma, a saber: somatório entre as reservas técnicas destinada ao suprimento da rede preventiva, que valerá 30.000 litros d'água e a reserva técnica destinada ao suprimento da canalização de chuveiros automáticos do tipo sprinklers, que valerá 507.750 litros d'água (vazão de 8.462,50 L/min em 60 minutos do funcionamento do sistema de SPK), perfazendo assim uma reserva técnica de incêndio com o total de 537.750 litros d'água.



Figura 5: Reservatórios d'água

5.1.5 Casa de Máquinas de Incêndio

A área em lide não possui CMI independente. O sistema é alimentado pela rede do condomínio para toda a edificação.

Tipos de bombas dispostas no condomínio para as empresas:

- ✓ Eletrobomba: é a principal de 300,0 CV:



Figura 6: Bomba elétrica

- ✓ Motobomba: é a reserva de 360,0 CV e AMT de 103,20 mca:



Figura 7: Bomba a Explosão

- ✓ Eletrobomba tipo jockey: é de multe estágios de 5,0 CV e AMT de 113,0 mca.



Figura 8: Bomba Jockey

5.1.6 Sistema de Chuveiro Automático – Sprinklers

Nas redes de Sprinklers possuem tubo em aço e carbono com diâmetro entre 25mm e 200mm, classe SCH40, sem costura, galvanizados, extremidades roscadas para pressão de trabalho de 15Kg/cm² e pressão de ensaio para o dobro da pressão de trabalho.

As conexões com diâmetro entre 25mm e 200mm serão em ferro maleável, galvanizado com extremidades roscadas para pressão adequada as tubulações específicas.

Nos chuveiros automáticos constam a gravação da marca, acompanhado de certificado de conformidade a EB-152, conferidos por entidades reconhecida pelo Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade industrial – INMETRO. Os bicos dos Sprinkles não estão obstruídos por divisórias, iluminarias, dutos de ar-condicionado etc. Os bicos estão do tipo pendentes (defletor para baixo).



Figura 9: Sprincker - Área de Armazenagem

5.1.7 Sinalização de Emergência

Na edificação é disposto de mensagem geral específica pela combinação de cores e formas geométricas aplicada às placas de sinalização.

- ✓ A sinalização de segurança contra incêndio e pânico é para:
- ✓ Alertar para riscos potências;
- ✓ Requerer atenções que contribuam para segurança contra incêndio;
- ✓ Proibir ações capazes de afetar o nível de segurança;
- ✓ Garantir que sejam adotadas ações adequadas a situações de risco;
- ✓ Orientar as ações de combate;
- ✓ Facilitar a localização dos equipamentos e rotas de saída para escape seguro da edificação, no caso de incêndio.

5.1.8 Iluminação de Emergência e Saída de Emergência

Conforme analisamos no presente trabalho, esta norma fixa as características exigíveis para a instalação do sistema de iluminação. Deve clarear as áreas escuras de passagem, na falta da iluminação normal. De forma que os ocupantes possam seguir para evacuar a área em situações pertinentes.

E por toda a edificação possui a iluminação de emergência, inclusive nas rotas de fuga e nas portas de saída de emergência.

Na edificação que está sendo estudada, possuem três saídas de emergências, sendo que duas dessas são de porta corta fogo.

- ✓ Recomendações e orientação técnica:
- ✓ Toda saída de emergência é inspecionada rotineiramente;
- ✓ Toda iluminação e sinalização são inspecionadas e testadas, de acordo com as recomendações dos fabricantes e/ou utilização;
- ✓ O conjunto porta corta-fogo e o piso ao redor não são lavados com água ou qualquer produto químico; a limpeza deve ser feita com pano úmido em água e em seguida utilizado um pano seco para a remoção, a fim de preservar o aço e a pintura que compõe o conjunto;
- ✓ Todas as portas devem ser inspecionadas, aplicando óleo lubrificante nas dobradiças.



✓ **Figura 10:** Saída de Emergência

5.1.9 Sistema de Proteção Contra Descarga Atmosférica

O SPDA (para-raios), foi construído conforme o projeto de um subsistema de captação natural, através de telhas metálicas com espessura de 0,50mm, sendo interligados a 44 (quarenta e quatro) condutores de descidas, através de ferro CA-25 inseridos na própria estrutura do pilar.

Cada condutor de descida está conectado a uma caixa de inspeção e medição. O sistema de aterramento é dotado de hastes de aterramento do tipo Copperwel com descritivo. Sendo assim, atendendo o capítulo XVII do COSCIP, NBR 5419 e Lei nº 1587, de 14/dez/89.



Figura 11: Caixa de inspeção

5.1.10 Alarme de Incêndio

Em todos os pontos onde há um hidrante, logo ao lado há uma botoeira, que quando acionado em qualquer das hipóteses, a orientação é que os ocupantes da edificação saiam imediatamente do local, seguindo sempre pelas rotas de fuga e se direcionando ao ponto de encontro.

Pelo menos uma vez no ano é realizado o teste de alarme de incêndio, a fim de simular e identificar como seria em casos de sinistros.

Todas as 22 botoeiras em seu acionamento, possui tanto a sinalização sonora quanto a visual e os mesmos são apresentados com as seguintes identificações retratadas na Figura 12:



Figura 12: Alarme de incêndio

5.1.11 Plano de Emergência

O Plano de Ação e Emergência visa descrever orientações e procedimentos a serem seguidos pelos colaboradores da Empresa: SUZANOS/A. Quando tiver alguma ocorrência de acidentes e ou sinistros nas dependências da Empresa.

O documento tem o objetivo de informar aos colaboradores e clientes da empresa, o que deve ser feito em casos de acidente no trabalho. A quem comunicar, onde levar o colaborador ferido e demais situações.

Nesse documento, possui endereço e o tempo estimado até o pronto atendimento, tempo de atendimento em caso de sinistro pelo Corpo de Bombeiros, o mais próximo fica a 7 minutos.



Figura 13: Ponto de encontro

5.1.12 Brigada de Incêndio

O dimensionamento da brigada de emergência foi realizado com base na população fixa que trabalham na edificação, com o total de 25 pessoas. Segundo a Tabela 4, é necessário obter 10% dessa população na brigada de incêndio.

Grupo	Ocupação/Uso	Divisão	Descrição	Composição da Brigada de Incêndio Voluntária *	
				Funcionários por turno (incluindo terceirizados)	
				1 A 20	Acima de 20
J	Depósito	J-1	Depósitos de material incombustível	2	10% da população fixa***
			Edificação histórica com isenção de canalização ****	2	10% da população fixa***
		J-2	Todo tipo de Depósito	2	10% da população fixa***
			Edificação histórica com isenção de canalização ****	2	10% da população fixa***
		J-3	Todo tipo de Depósito	2	10% da população fixa***
			Edificação histórica com isenção de canalização ****	2	10% da população fixa***
		J-4	Todo tipo de Depósito	2	10% da população fixa***
			Edificação histórica com isenção de canalização ****	2	10% da população fixa***

Tabela 3: ANEXO C – Dimensionamento para Brigadista Voluntário de Incêndio

A seguinte tabela, mostra a composição da brigada de combate a emergência no CDL Rio de Janeiro, pode ser observado que, foi colocado brigadista a mais caso aumente o número da população fixa, a empresa continuará em conformidade.

Os colaboradores realizaram o treinamento prático e teórico em uma empresa credenciada no CBMERJ e foi disponibilizado pela empresa os certificados, lista de presença e evidências de que foi realizado os treinamentos.

7 Conclusões

Em conformidade com os objetivos disposto, foram apresentadas noções básicas sobre fogo e incêndio, dotado com os métodos de extinção de cada tipo de classe e gerando um projeto preventivo para a edificação analisada, em concordância com todas as Normas da ABNT, e utilizando o COSCIP, atendendo todas as Normas Técnicas específicas para o estado do Rio de Janeiro conforme elaborado pelo Corpo de Bombeiros.

A prevenção e o combate a incêndio nas edificações não só abrangem a atuação dos profissionais de Engenharia e Arquitetura no dimensionamento do sistema, mas também precisa contar com o comprometimento e constante aperfeiçoamento dos órgãos públicos de fiscalização e normatização, e, principalmente, com o interesse e participação da sociedade em geral, a fim de garantir a prevenção de Vidas.

No Brasil tivemos muitos avanços nas últimas décadas. Infelizmente, a maioria desses avanços foram resultados de grandes catástrofes.

O galpão de armazenamento de papel, fonte desse estudo, apresenta todas as medidas de prevenção de combate a incêndio e pânico, estando de acordo com sua classificação, altura e o número de pavimentos. Podendo ser observado que a empresa se adequou às solicitações exigidas pelo Corpo de Bombeiros, e obteve o Certificado de Aprovação com validade até o dia 07/07/2026, estando apta para a solicitação do Alvará de Funcionamento à Prefeitura Municipal de Duque de Caxias emitido pelo Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro.

É notável que este estudo de caso contribuiu de forma abundante para aprendizado e para execução de projetos cumprindo as exigências descritas nos projetos, cumprindo as exigências descritas nos decretos, normas técnicas e leis de cada estado, com o intuito de

contribuir para que o princípio básico seja a prevenção e combate a incêndio e pânico em edificações, visando sempre a segurança para todos os ocupantes.

8 Agradecimentos

Agradeço a Deus, por todas as bênçãos concedidas. Ao meu orientador Prof. Dr. Roberto Martins Louzada por disponibilizar uma parte de seu tempo para esclarecer todas as dúvidas e dificuldades geradas com tema proposto. A Coordenação do curso de Engenharia Civil por todo o suporte. A Empresa Suzano, em especial ao time do CDL RJ, e a toda equipe de segurança que de alguma forma me incentivou.

9 Referências

ANVISA. Segurança contra Incêndios em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. Brasília, DF: All Type Assessoria, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14432: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimentos. Rio de Janeiro, 2001. 14p.

BRENTANO, Telmo. Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações. 4. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2011.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Decreto Estadual N° 35.671 de 09/06/2004 – Segurança Contra Incêndio e Pânico nas Edificações anteriores ao Decreto nº 897/76. Rio de Janeiro, Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2004.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Lei Estadual Nº 7355 de 14 de julho de 2016 – Dispõe sobre a realização do serviço particular denominado brigadas de incêndio por bombeiro profissional civil (BPC). Rio de Janeiro, Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2016.

MARCELLI, M. Sinistros na Construção Civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras. São Paulo: Pini, 2007.

MARCELO, L. Incêndios estruturais: Causados por negligencias. JRS.Digital, 2021.

O GLOBO. STJ decide que acusados do incêndio na boate Kiss vão a júri popular. 2019. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/stj-decide-que-acusados-do-incendio-naboate-kiss-vao-juri-popular-23748917>>. Acesso em: 30 abr. 2021.

SEITO, Alexandre I.; GILL, Alfonso A.; PANNONI, Fabio D.; ONO, Rosario.; SILVA, Silvio B da.; CARLO, Ualfrido D.; SILVA, Valdir P. A Segurança Contra Incêndio no Brasil. São Paulo, 2008.

Dimensionamento de Superestruturas em Concreto Armado

Emanuel Rodrigues Fortunato¹; Roberto Martins Louzada²; Bruno Lúcio Moura da Silva³; Ronaldo Paulucci de Assis⁴

¹Graduando em Engenharia Civil. ^{2,3,4}Graduação Engenharia Civil – Faculdade de Ciências Exatas E Tecnológicas, Universidade Iguaçu (UNIG), Av. Abílio Augusto Távora, 2134 – Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

erodriguesfortunato@gmail.com¹; 0161008@professor.unig.edu.br²; 0164046@professor.unig.edu.br³; 01673029@professor.unig.edu.br⁴

Resumo - O uso de softwares de cálculo e análise estrutural é algo que se tornou um padrão inquestionável na engenharia civil, pela agilidade, economia e possibilidades que geram, permitindo que o profissional dedique mais tempo para o estudo das alternativas e inovações no projeto. Em meio a esta evolução tecnológica, a importância do aprendizado dos métodos tradicionais de cálculo é posta em xeque pelos alunos. Porém não se deve confiar totalmente em softwares, os seus resultados devem sempre ser avaliados de forma crítica por profissionais que tenham sensibilidade sobre os cálculos e suas aplicabilidades nas situações reais. Esta sensibilidade e domínio sobre os conceitos é adquirida pelo aprendizado dos métodos tradicionais de análise estrutural e de dimensionamento estrutural. Este trabalho teve o objetivo de demonstrar os procedimentos de cálculo para cada elemento que compõe a superestrutura de um imóvel residencial unifamiliar, respeitando o projeto de arquitetura (que está segundo as preferências do cliente final); expondo algumas das diferentes maneiras de se chegar a resultados corretos pela norma, mas que devem ser avaliados em cada situação, a respeito de seu custo e a melhor eficiência do material. Os procedimentos e cálculos realizados estão embasados na NBR 6118/2014 e em renomadas bibliografias, assim como os carregamentos foram obtidos por meio da NBR 6120/2019.

Palavras-chave: superestrutura, concreto armado, dimensionamento.

Abstract - The use of structural analysis and calculation software is something that has become an unquestionable standard in civil engineering, due to the agility, economy, and possibilities they generate, allowing the professional to dedicate more time to the study of alternatives and innovations in the project. In this technological evolution, the importance of learning traditional methods of calculation is questioned by students. However, software should not be completely trusted, its results must always be critically evaluated by professionals who are sensitive to the calculations and their applicability in real situations. This sensitivity and mastery over the concepts are acquired by learning the traditional methods of structural analysis and structural design. This work aimed to demonstrate the calculation procedures for each element that makes up the superstructure of a single-family residential property, respecting the architectural project (which is according to the preferences of the final customer); exposing some of the different ways to arrive at the correct results by the standard, but which must be evaluated in each situation, regarding their cost and the best efficiency of the material. The procedures and calculations performed are based on NBR 6118/2014 and renowned bibliographies, as well as the loading were obtained through NBR 6120/2019.

Keywords: superstructure, reinforced concrete, dimensioning.

1 Introdução

As estruturas de concreto armado são as mais tradicionais e numerosas no Brasil. Apesar desse sistema construtivo aparentar não ter evoluído ao longo do tempo, mudanças significativas ocorreram na tecnologia de materiais e procedimentos, possibilitando vão cada vez maiores e mais esbeltos, viabilizando projetos arquitetônicos incríveis.

Com a evolução das aplicações e softwares de cálculos, os engenheiros passaram a otimizar melhor seu tempo, podendo se dedicar mais à elaboração de soluções estruturais que favoreçam o custo sem renunciar à segurança. Neste cenário, muitos estudantes passam a questionar a necessidade de aprender os procedimentos de cálculo da teoria das estruturas e dimensionamento estrutural, e qual aplicação prática tais aprendizados teriam. A importância fundamental do método tradicional está em criar uma sensibilidade nos engenheiros à cerca dos cálculos e resultados obtidos pelo software, possibilitando um olhar crítico sobre todo o processo e facilitando o reconhecimento de erros.

Durante o decorrer deste trabalho foram apresentados conhecimentos sobre os métodos tradicionais de dimensionamento estrutural em concreto armado e os conceitos mecânicos dos elementos estruturais, adquiridos no decorrer do curso de engenharia civil. Este trabalho não gira em torno de negar a funcionalidade da tecnologia nos cálculos, mas sim mostrar a base fundamental para compreendê-la. Os estudos apresentados têm base na NBR 6118/2014 e foram desenvolvidos sobre as bases das disciplinas de teoria das estruturas e concreto armado.

2 Área de Estudo

O estudo de caso foi baseado em um terreno localizado no bairro da Luz, em Nova Iguaçu, faz parte do loteamento Pedreira e compreende 8 lotes da quadra “E”, sendo os números 01, 02, 03, 04, 05, 06, 31 e 32; tendo saída as ruas Emília Marques, Lauro e Hilton, foi arbitrada como frente o lado sul, e o lado norte possui uma bela vista da cidade.

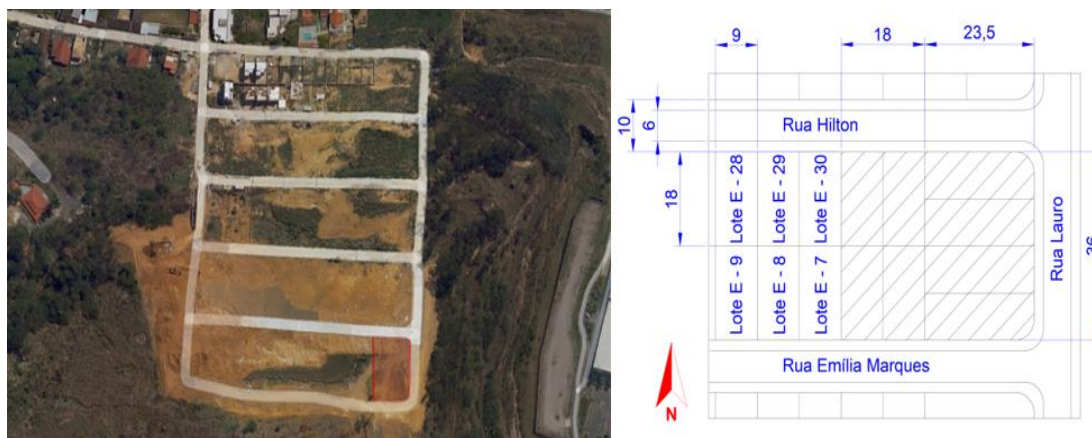


Figura 1: local de estudo Fonte: Google Earth (2022) e elaborado pelo autor (2022)

Lote com frente de 41,5 metros para a rua Emília Marques e 36 metros de profundidade. Como dados do terreno foram adotados: taxa de ocupação de 50%, coeficiente de aproveitamento de 1 e altura máxima da edificação de 15m; terreno plano; elevado 50 cm em relação ao nível da rua; com frente para o sul e fundos com vista para a cidade; solo estável (resistência de 4 MPa), bem compactado. Sistemas de fornecimento de energia, água, internet, telefone, drenagem pluvial e esgoto passando pela frente do terreno. A residência está alocada com afastamentos de 5 metros em relação aos limites frontal e lateral esquerdo, deixando espaço suficiente para uma futura expansão à direita da casa.

3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é entender a mecânica e os procedimentos de cálculo e dimensionar a superestrutura de um imóvel residencial unifamiliar localizado no bairro da Luz, Nova Iguaçu.

Os objetivos específicos são: entender as forças que atuam em cada elemento que compõe uma superestrutura; avaliar as diferentes relações possíveis entre os elementos estruturais e seus resultados; entender os procedimentos de dimensionamento de cada elemento da superestrutura; dimensionar a superestrutura de um imóvel residencial unifamiliar.

4 Metodologia e Materiais

O trabalho foi realizado a partir das plantas de um imóvel residencial unifamiliar, que foi elaborado para fins de estudo. Partindo principalmente da planta de formas, foi realizada a análise da estrutura em cada ponto, de acordo com os métodos e procedimentos necessários em cada caso, por meio dos conhecimentos adquiridos majoritariamente na disciplina de teoria das estruturas. Os parâmetros de cálculo para estruturas de concreto armado são estabelecidos pela NBR 6118/2014, onde são estabelecidas diretrizes de cada elemento estrutural, de acordo com suas características. Os carregamentos e pesos específicos foram obtidos por meio da NBR 6120/2019, de acordo com as características estabelecidas nas plantas de arquitetura. Grande parte da análise estrutural e procedimentos de cálculo foram estabelecidos por Botelho e Marchetti (2019), inteiramente de acordo com a norma, porém de forma mais simplificada. O procedimento de dimensionamento da laje treliçada é lecionado por Rodrigues (2017), professor do curso Canal da Engenharia; o método utilizado é confirmado por Botelho e Marchetti (2019) ao afirmarem que as lajes são calculadas como vigas.

5 Resultados

5.1 Dimensionamento de lajes

As lajes foram dimensionadas admitindo como características: laje nervurada em um sentido; biapoiadas sem vínculos entre si; treliças TR 12645 e aço CA-60; preenchimento de lajota 12 cm x 30 cm x 20cm com 4,02 kg por unidade; concreto de 25 mPa. Paredes sobre vigas não foram consideradas no cálculo das lajes, enquanto as paredes sobre as lajes tiveram seus carregamentos devidamente considerados. Os procedimentos de cálculo estão de acordo com a NBR 6118/2014, assim como todos os carregamentos não conhecidos estão de acordo com os propostos pela NBR 6120/2019.

Cálculo do peso próprio pela área de influência e armadura mínima

O peso próprio da seção de concreto por metro de vigota é calculado pela área total da seção transversal de concreto, multiplicado pelo peso específico do concreto armado (25 kN/m³, segundo a NBR 6120/2019).

As áreas A1 e A2 são retangulares e foram obtidas por meio da fórmula da área do retângulo (equação 1).

$$A = b \times h \dots\dots\dots \text{Eq (1)}$$

Logo:

$$A1 = 0,06 \times 0,42 = 0,0252 \text{ m}^2 \dots \text{Eq (1)}$$

$$A2 = 0,12 \times 0,03 = 0,0036 \text{ m}^2 \dots \text{Eq (1)}$$

A área de A3 é trapezoidal e foi obtida por meio da fórmula da área do trapézio (equação 2).

$$A = [(B + b) \times h] \div 2 \dots\dots\dots \text{Eq (2)}$$

Logo:

$$A3 = ((0,12 + 0,09) \times h) / 2 = 0,00945 \text{ m}^2 \dots \text{Eq (2)}$$

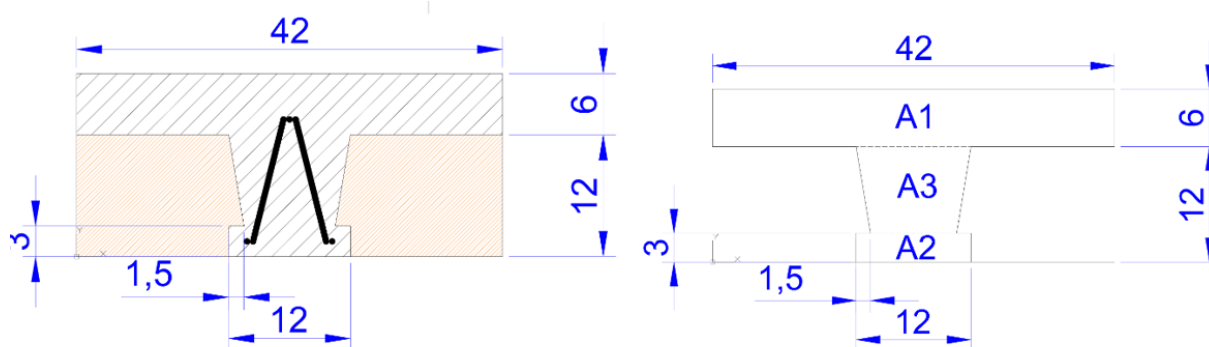


Figura 2: Seção transversal da área de influência Fonte: elaborado pelo autor (2022)

Pelo somatório das áreas encontradas anteriormente, obtivemos um valor de $0,03825 \text{ m}^2$, que multiplicado pelo peso específico do concreto armado (25 kN/m^3) resulta no valor de $0,95625 \text{ kN/m}$. O carregamento das lajotas é definido usando a lógica de que: cada lajota ocupa 20 cm, para preencher um metro linear de laje serão necessárias cinco lajotas. Cada uma pesa 4,02 kgf, logo o total por metro linear é de 20,1 kgf ou $0,201 \text{ kN}$. O peso próprio (PP) por metro de vigota é o somatório dos dois carregamentos encontrados anteriormente, logo $1,15725 \text{ kN/m}$.

A armadura mínima estabelecida pela NBR 6118/2014 é de 0,15 % da seção transversal da vigota. Tendo os valores de $b = 9 \text{ cm}$ e de $h = 18 \text{ cm}$, encontramos uma armadura mínima de 0,0243 para cada vigota. A seção útil da vigota será de $9 \text{ cm} \times 16,5 \text{ cm}$. A treliça adotada (TR 12645) possui duas varas de ferro de 5mm na armadura positiva, totalizando uma área de $0,392 \text{ cm}^2$, logo, esta será adotada como as min.

Laje L3-6

A laje L3 – 6 é a única laje que compõe o terceiro plano de laje, também possui o maior carregamento por metro quadrado, justamente por abrigar a caixa d'água. As cargas aplicadas sobre essa laje são: carregamento de telhado (TL) $0,4 \text{ kN/m}^2$; sobrecarga (SB) da caixa d'água 9 kN/m^2 e peso próprio da laje (PP) $1,15725 \text{ kN/m}^2$. Assim como o peso próprio, os demais carregamentos devem ser adaptados para a área de influência de cada vigota, que possui 42 cm. O somatório das cargas multiplicado pela área de influência foi somado ao peso próprio, gerando o valor do carregamento total (equação 3).

$$q_{total} = q_1 + q_2 + [...] q_n \dots \dots \dots \text{Eq (3)}$$

$$q_{total} = [(9 + 0,4) \times 0,42] + 1,15725 = 5,11 \text{ kN/m} \dots \dots \dots \text{Eq (3)}$$

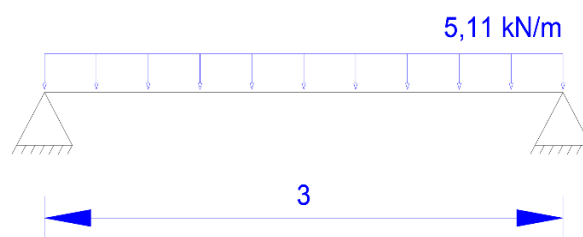


Figura 3: Carregamento Laje L3-6 Fonte: elaborado pelo autor (2022)

Por se tratar de uma viga submetida a um carregamento uniforme distribuído por todo seu comprimento, os cálculos para obtenção dos valores de momento fletor máximo e cortante máxima se tornam bem mais simplificados. O esforço cortante máximo se encontra nos apoios e é obtido por meio da equação 4.

$$V_a = V_b = (q \times L) \div 2 \dots \dots \dots \text{Eq (4)}$$

$$(5,11 \times 3) \div 2 = 7,665 \text{ kN} \dots \dots \dots \text{Eq (4)}$$

O momento fletor máximo se encontra no centro da viga e é obtido por meio da equação (5).

$$M_{\max} = (q \times L^2) \div 8 \dots \dots \dots \text{Eq (5)}$$

$$M_{\max} = (5,11 \times 3^2) \div 8 = 5,749 \text{ kNm} \dots \text{Eq (5)}$$

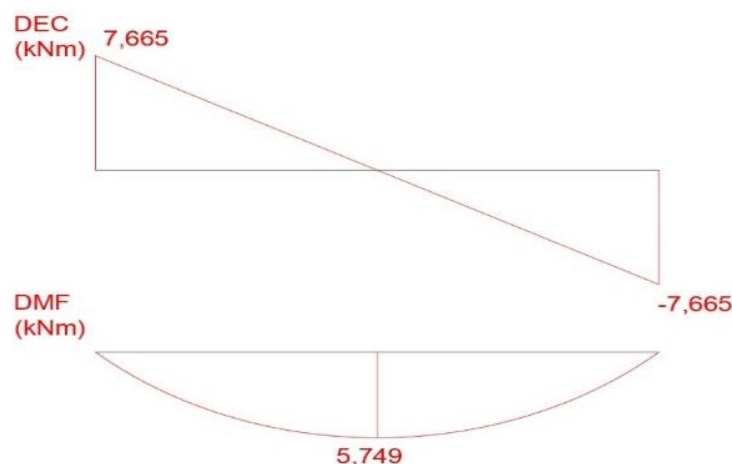


Figura 4: diagramas L3-6 Fonte: elaborado pelo autor (2022)

Com os dados do DMF e DEC em mãos, podemos usar o procedimento de dimensionamento descrito por Botelho e Marchetti (2019), começando pela fórmula do K_6 .

$$K_6 = (10^5 \times b \times d^2) \div M \dots \dots \dots \text{Eq (6)}$$

$$K_6 = (105 \times 0,09 \times 0,165^2) \div 5,749 = 42,62$$

Com o auxílio da tabela 13 do livro de Botelho e Marchetti, entramos com o valor de K_6 na coluna do concreto utilizado (25 mPa) e obtemos o valor de ξ e o valor de K_3 para o aço utilizado (CA 60). Com o valor de ξ calculamos a altura da região comprimida da viga, caso esteja dentro da mesa de concreto (6 cm), podemos dimensionar esta viga como uma seção retangular.

$$\xi = \frac{x}{d} \dots \dots \dots \text{Eq (7)}$$

$$x = 0,31 \times 16,5 = 5,115 \text{ cm}$$

Com este resultado podemos calcular a área de aço (A_s) pela equação (8).

$$A_s = (K_3 \times M) \div (10 \times d) \dots \dots \dots \text{Eq (8)}$$

$$A_s = (0,306 \times 5,749) \div (10 \times 0,165) = 1,066 \text{ cm}^2.$$

Encontrada a área de aço necessária, vemos que a bitola de aço presente na treliça não foi o suficiente, então prescrevemos uma área complementar, por meio da adição de duas varas de 8 mm, resultando em uma área de 1,392 cm².

Os dados de esforços cortantes e momento fletor podem ser obtidos por meio das condições de estabilidade da estrutura (equações 9 e 10), o ponto onde o DEC é zero representa o local onde o momento é máximo e pode ser obtido por semelhança de triângulos (Eq 11).

$$\Sigma F_v = 0 \dots \dots \dots \text{Eq (9)}$$

$$\Sigma M = 0 \dots \dots \dots \text{Eq (10)}$$

$$(c1 \div c2) = (yx \div x) \dots \dots \dots \text{Eq (11)}$$

As áreas de aço, resultante dos cálculos de dimensionamento de cada laje, foram dispostas na tabela 1 onde são classificadas em quatro grupos (A, B, C e D), de acordo com a quantidade e bitola das varas de aço

adotadas. O grupo “A” representa a amadura mínima da treliça, que é composta por duas varas de 5 mm e uma área de 0,392 cm²; o grupo “B” representa a adição de mais uma vara de 5 mm à treliça, gerando uma área de 0,588 cm²; o grupo “C” representa a adição de mais três varas de 5 mm à treliça, gerando uma área de 0,980 cm²; o grupo “D” representa a adição de mais duas varas de 8 mm à treliça, gerando uma área de 1,392 cm².

Pavimento	Laje	Comprimento da Vigota (m)	Área de Aço (cm ²)	Área de Aço Adotada (cm ²)	Grupo
Terceiro	L3-6	3,00	1,066	1,392	D
Segundo	L2-1	4,10	0,772	0,980	C
	L2-3	4,80	1,240	1,392	D
	L2-4	4,90	1,165	1,392	D
	L2-5	4,90	1,165	1,392	D
	L2-6	2,80	0,312	0,392	A
	L2-7	2,00	0,170	0,392	A
	L2-8	3,00	0,397	0,588	B
	L2-9	3,00	0,397	0,588	B
	L2-10	3,30	0,483	0,588	B
	L2-11	3,10	0,424	0,588	B
	L2-12	3,00	0,397	0,588	B
	L2-13	3,10	0,424	0,588	B
Primeiro	L1-a	2,10	0,240	0,392	A
	L1-b	2,00	0,312	0,392	A
	L2	2,10	0,213	0,392	A
	L3-a	2,40	0,280	0,392	A
	L3-b	2,40	0,280	0,392	A
	L4-a	1,00	0,048	0,392	A
	L4-b	1,00	0,048	0,392	A
	L5-a	2,40	0,335	0,392	A
	L5-b	2,40	0,280	0,392	A
	L6	2,80	0,390	0,392	A
	L7	2,00	0,317	0,392	A
	L9	3,00	0,448	0,588	B
	L10	3,30	0,900	0,980	C
	L12	3,00	0,739	0,980	C
	L13	3,10	0,735	0,980	C

Tabela 4: Prescrição de Armadura para Lajes Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Verificação do Cisalhamento

O dimensionamento das lajes foi feito entendendo seu comportamento como vigas dispostas paralelamente, devido a isso verificamos a resistência ao cisalhamento oferecida pela seção de concreto da vigota (VRd1), esta deve ser maior que a força cortante de cálculo na seção (VSd). O procedimento de cálculo utilizado está descrito no item 19.4.1 da NBR 6118:2014. Adaptando a equação para nossas lajes, temos:

$$V_{rd1} = \{0,04592 \times [1,2 + 40 \times (A_s \div 148,5) \times 148,5]\} \dots \dots \dots \text{Eq (12)}$$

Logo, a cortante resistente de cálculo fica dependendo exclusivamente da área de aço que será de fato utilizada na vigota, nos dando 4 possibilidades dentro das nossas lajes. Para cada grupo foi calculado o VSd, com base no maior cortante apresentado no grupo, e o VRd1 com base na área de aço do grupo.

Grupo A temos as = 0,392 cm² e cortante de 3,7 kN na laje L1-b; grupo B temos as = 0,588 cm² e cortante de 3,6 kN na laje L7; grupo C temos as = 0,980 cm² e cortante de 6,06 kN na laje L10; grupo D temos. As = 1,392 cm² e cortante de 7,665 kN na laje L3-6.

Grupo A:

$$V_{Sd} = 3,7 \times 1,4 = 5,2 \text{ kN}$$

$$V_{Rd1} = [0,04592(1,2 + 40 \times 0,392/148,5)148,5] = 8,90 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{Eq (12)}$$

Repetindo os cálculos para todos os grupos, podemos afirmar que nossos tramos resistem aos esforços cortantes solicitados. A armadura de distribuição necessária é prescrita de acordo com uma regra de aço mínima da NBR 6118/2014 que prevê uma área de aço mínima de $0,6 \text{ cm}^2/\text{m}$ no aço CA 50 e CA 60. Com isso, uma tela pop $15\text{cm} \times 15\text{cm}$ com fio de $4,2\text{mm}$ se faz suficiente para cumprir este propósito, visto que possui uma área de $0,92 \text{ cm}^2/\text{m}$.

5.2 Dimensionamento de Vigas

As vigas foram dimensionadas admitindo como características: aço CA-60; concreto de 25 mPa; dimensões $20\text{cm} \times 40 \text{ cm}$; cobrimento de 3 cm; condições de apoio de acordo com cada caso. Paredes sobre vigas foram consideradas no cálculo, enquanto as paredes sobre as lajes tiveram seus carregamentos devidamente considerados no cálculo das mesmas e suas reações foram transmitidas em conjunto. Estabelecemos que os apoios e tramos serão nomeados de acordo com sua posição e em ordem crescente, começando pela frente da casa ou pelo lado esquerdo (de acordo com a necessidade), sendo os apoios nomeados por letras e os tramos por números. Os procedimentos de cálculo estão de acordo com a NBR 6118/2014, assim como todos os carregamentos não conhecidos estão de acordo com os propostos pela NBR 6120/2019.

Viga Contínua V2 – 3 (a, b, c)

Esta viga está localizada no segundo plano de laje, ela suporta parte das cargas das lajes L2-1, L2-3, L2-4 e L2-5 (inclusive o carregamento de telhado), além da carga da meia parede que faz o fechamento em torno do telhado. A reação de cada vigota da laje, dividida pela área de influência da mesma, resulta no carregamento da viga que à suporta.

No carregamento do primeiro tramos temos as reações das lajes L2-1 e L2-3 pelos respectivos apoios A e B. O resultado da soma das duas reações é de $9,403 \text{ kN}$, que ao ser dividido pela área de influência da vigota (42 cm), resulta em um carregamento distribuído de $22,40 \text{ kN/m}$. O peso próprio da viga corresponde às suas medidas ($0,2 \text{ m} \times 0,4\text{m}$) multiplicadas pelo peso específico do concreto armado, o que resulta em uma taxa de carregamento distribuído de $2,0 \text{ kN/m}$, com isso obtivemos o carregamento uniforme de $24,40 \text{ kN/m}$ no tramo 1.

No carregamento do segundo e terceiro tramos temos as reações das lajes L2-4 e L2-5 que possuem carregamentos iguais, com isso os dois tramos estão submetidos à mesma taxa. A reação das vigotas das lajes no apoio é de $5,047 \text{ kN}$ por vigota, que ao ser dividido pela área de influência da vigota (42 cm), resulta em um carregamento distribuído de $12,017 \text{ kN/m}$. O peso próprio da viga corresponde às suas medidas ($0,2 \text{ m} \times 0,4\text{m}$) multiplicadas pelo peso específico do concreto armado, o que resulta em uma taxa de carregamento distribuído de $2,0 \text{ kN/m}$. A carga de parede é obtida multiplicando as suas dimensões pelo seu peso próprio, obtendo uma taxa de carregamento de $2,99 \text{ kN/m}$, para uma parede de $1,3\text{m}$ de altura. Com isso obtivemos o carregamento distribuído de $17,007 \text{ kN/m}$.

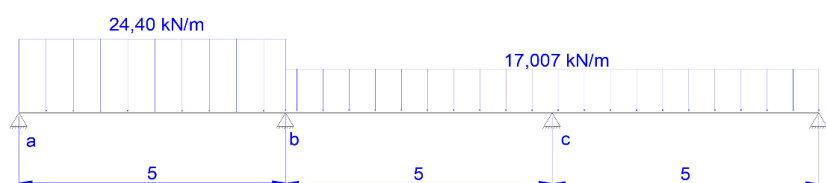


Figura 5: Carregamento Viga V2-3 Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Esta é uma viga contínua, os apoios funcionam como semiengastes, devido a isso não podemos calcular pelas equações de vigas isostáticas, nem pelas equações de vigas hiperestáticas, usamos então o método de Cross, indicado por Botelho e Marchetti. Partimos pelo cálculo do momento de inércia, por meio da equação 13; e logo depois o conceito W em cada tramo, por meio da equação 14.

$$I = (b \times h^3) \div 12 \dots \text{Eq (13)}$$

$$I = (0,2 \times 0,4^3) / 12 = 10,6667 \times 10^{-4} \text{ m}^4 = 106.667 \text{ cm}^4 \dots \text{Eq (13)}$$

$$W1 = W2 = W3$$

$$W = \frac{I}{L} \dots \text{Eq (14)}$$

$$W1 = 106.667 / 500 = 213 \text{ cm}^3 \dots \text{Eq (14)}$$

Devemos assumir a hipótese de que cada apoio intermediário é um engaste para seu tramo, assim podemos usar as equações das vigas hiperestáticas para descobrir os momentos em cada lado desses apoios. Para esta viga precisamos das equações 15 e 16 de acordo com a condição dos apoios do tramo.

$$M = (q \times L^2) \div 8 \dots \text{Eq (15)}$$

$$M = (q \times L^2) \div 12 \dots \text{Eq (16)}$$

Tramo 1:

$$M_b = - (24,40 \times 5^2) / 8 = - 76,25 \text{ kNm} \dots \text{Eq (15)}$$

Tramo 2:

$$M_b = M_c = - (17,007 \times 5^2) / 12 = - 35,43 \text{ kNm} \dots \text{Eq (16)}$$

Tramo 3:

$$M_c = - (17,007 \times 5^2) / 8 = - 53,15 \text{ kNm} \dots \text{Eq (15)}$$

Os apoios b e c apresentaram momentos diferentes nos dois lados, que devem ser equilibrados. Para isso calculamos os quinhões de cada apoio a ser equilibrado em referência aos seus apoios solidários, por meio da equação 13, onde $i = 3$ para onde não há transferência de momento e $i = 4$ para onde há transferência de momento.

$$\beta_{yx} = - (ix \times Wx) / (ix \times Wx + iz \times Wz) \text{ ou } \beta_{yz} = - (iz \times Wz) / (ix \times Wx + iz \times Wz) \dots \text{Eq (17)}$$

$$\beta_{ba} = - (3 \times 213) / (3 \times 213 + 4 \times 213) = - 0,43 \dots \text{Eq (17)}$$

$$\beta_{bc} = - (4 \times 213) / (3 \times 213 + 4 \times 213) = - 0,57 \dots \text{Eq (17)}$$

$$\beta_{cb} = - (4 \times 213) / (3 \times 213 + 4 \times 213) = - 0,57 \dots \text{Eq (17)}$$

$$\beta_{cd} = - (3 \times 213) / (3 \times 213 + 4 \times 213) = - 0,43 \dots \text{Eq (17)}$$

Para fazer o equilíbrio das forças colocamos os momentos gerados pelas cargas em uma tabela, assumindo os momentos positivos no sentido horário. Para fazer o equilíbrio das forças somamos os momentos e distribuímos o resultado de acordo com o valor do respectivo quinhão. O valor que resulta da soma algébrica multiplicada pelo quinhão foi transmitido para os apoios solidários, sendo 50% para engastes e 0% para apoios simples. O processo foi repetido até que valores próximos de 0 fossem transmitidos. O resultado são os momentos em cada apoio, que foram aplicados nos tramos para que fosse possível calcular as reações.

Tramo 1:

$$R_a + R_b = 24,40 \times 5 = 122 \text{ kN} \dots \text{Eq (9)}$$

$$\sum M_b = R_a \times 5 - (122 \times 2,5) + 54,81 \Rightarrow R_a = 50,04 \text{ kN} \dots \text{Eq (10)}$$

$$R_b = 71,96 \text{ kN} \dots \text{Eq (9)}$$

Tramo 2:

$$R_b + R_c = 17,007 \times 5 = 85,04 \text{ kN} \dots \text{Eq (9)}$$

$$\sum M_b = R_c \times 5 + 54,81 - (85,04 \times 2,5) - 39,49 \Rightarrow R_c = 39,46 \text{ kN} \dots \text{Eq (10)}$$

$$R_b = 45,60 \text{ kN} \dots \text{Eq (9)}$$

Tramo 3:

$$R_d + R_c = 17,007 \times 5 = 85,04 \text{ kN} \dots \text{Eq (9)}$$

$$\sum M_c = R_d \times 5 + 39,49 - (85,04 \times 2,5) \Rightarrow R_d = 34,62 \text{ kN} \dots \text{Eq (10)}$$

$$R_c = 50,42 \text{ kN} \dots \text{Eq (9)}$$

Com as reações definidas expressamos o diagrama de esforço cortante.

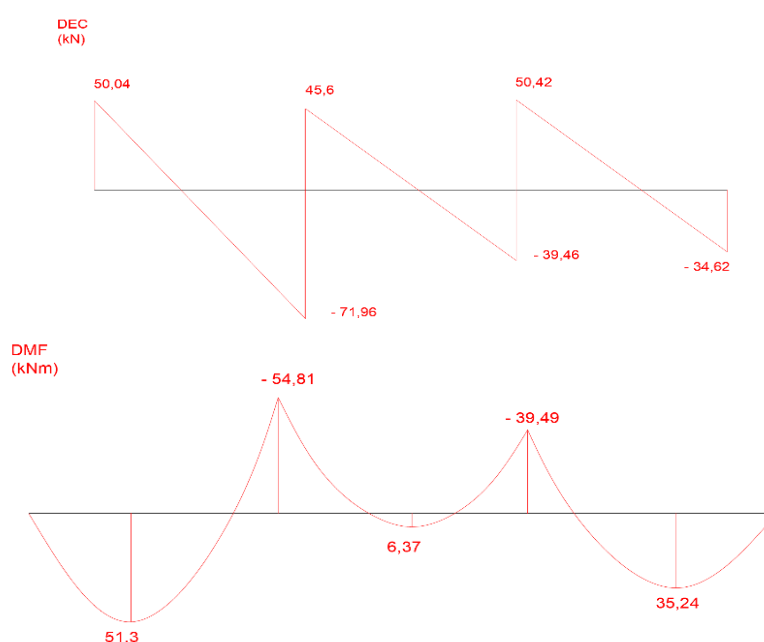


Figura 6: Diagramas Viga V2-3 Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Assumindo que o momento é máximo onde o esforço cortante é zero, encontramos os pontos de momento máximo aplicando semelhança de triângulos nos tramos do diagrama DEC. Dispostos dos pontos onde os momentos são máximos, pudemos calcular os mesmos por meio de uma variação da equação 10, onde somamos os momentos por apenas um dos lados do ponto.

Tramo 1:

$$M_{\max} = (50,04 \times 2,05) - (24,40 \times 2,05 \times 1,025) = 51,3 \text{ kNm} \dots \text{Eq (10)}$$

Tramo 2:

$$M_{\max} = (89,88 \times 2,34) - (17,007 \times 2,34 \times 1,17) - (17,007 \times 5 \times 4,84) + (34,63 \times 7,34) = 6,37 \text{ kNm} \dots \text{Eq (10)}$$

Tramo 3:

$$M_{\max} = (34,62 \times 2,03) - (17,007 \times 1,015 \times 2,03) = 35,24 \text{ kNm} \dots \text{Eq (10)}$$

Tendo os momentos máximos em mão, pudemos traçar o diagrama de momento fletor e calcular a área de aço necessária em cada ponto da viga.

Obtidos os momentos, as áreas de aço foram calculadas da mesma forma que calculamos nas vigas anteriores, encontrando o valor de K6, buscando o K3 referente na tabela 13 do livro de Botelho e Marchetti (2019) e por fim calculando a área de aço.

A área de aço mínima foi definida em 1,20cm², que resultou em 3 varas de 8mm (1,50 cm²). Encontrada a área de aço necessária, fizemos a escolha da bitola de aço e quantidade de varas mais adequadas ao nosso caso, o que resultou em 6 varas com diâmetro de 10 mm (4,80cm²) no tramo 1; em 3 varas com diâmetro de 8 mm (1,50cm²) no tramo 2; em 6 varas com diâmetro de 8 mm (3,00cm²) no tramo 3. Para as armaduras negativas adotamos 6 varas de 10 mm (4,8cm²) para o apoio b; 4 varas de 10 mm (3,6cm²) para o apoio c; para o restante da face negativa foi adotado um porta-estribo de 2 varas com 6,3 mm cada (0,630 cm²). Os transpasse foi adotado o comprimento de 0,50 m, respeitando a mínima regra de 46Ø da maior bitola de aço. Os Resultados obtidos para todas as vigas do imóvel estão dispostos na tabela 2.

Estribos V2-3

O procedimento de cálculo a seguir foi passado por Botelho e Marchetti. Verificamos se a seção de concreto resiste ao cortante de cálculo (Vsd), que é o cortante máximo da viga majorado em 40%. Podemos fazer esta verificação por meio da equação 18 que dever ser maior que a equação 19.

$$V_{rd2} = 0,27 \times \alpha_v \times b_w \times d \dots \dots \dots \text{Eq (18)}$$

$$V_{sd} = V_{co} + V_{sw} \dots \dots \dots \text{Eq (19)}$$

$$V_{rd2} = 0,27 \times 0,9 \times 0,2 \times 0,37 = 321,09 \text{ kN} \dots \text{Eq (18)}$$

$$V_{sd} = 71,96 \times 1,4 = 100,74 \text{ kN} < V_{rd2} \text{ (ok!)}$$

Por meio do resultado de Vco temos a parte do esforço cortante que será absorvido pela seção de concreto.

$$V_{co} = 767 \times b_w \times d \dots \dots \dots \text{Eq (20)}$$

$$V_{co} = 767 \times 0,2 \times 0,37 = 56,76 \text{ kN} \dots \dots \dots \text{Eq (20)}$$

$$V_{sw} = 100,74 - 56,76 = 43,98 \text{ kN} \dots \dots \dots \text{Eq (19)}$$

Com o Vsw encontramos a área de aço necessária por meio da equação 21.

$$A_s = V_{sw} / (\alpha_v \times d \times f_{yd}) \dots \dots \dots \text{Eq (21)}$$

$$A_s = 43,98 / (0,9 \times 0,37 \times 52,17) = 2,53 \text{ cm}^2/\text{m} \dots \dots \text{Eq (18)}$$

Considerando que este resultado é maior que a área mínima de 2 cm²/m, prescrevemos estribos de 5 mm de diâmetro, espaçados em 15 cm, o que resulta em uma área de 2,67 cm²/m.

Viga	Tramo (Tr) ou Apoio (M)										
	Aço Prescrito (x Ø y mm)										
	M _a	Tr ₁	M _b	Tr ₂	M _c	Tr ₃	M _d	Tr ₄	M _e	Tr ₅	M _f
V1	2Ø6,3	3Ø12,5	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V2-a	2Ø6,3	6Ø10	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V2-b	2Ø6,3	3Ø10	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V3	2Ø6,3	6Ø10	3Ø12,5	3Ø8	3Ø12,5	6Ø10	2Ø6,3	-	-	-	-
V4	2Ø6,3	4Ø8	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V5-a	2Ø6,3	5Ø10	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V5-b	2Ø6,3	5Ø10	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V6	2Ø6,3	4Ø8	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V7	2Ø6,3	3Ø8	3Ø8	3Ø8	3Ø8	3Ø8	6Ø8	6Ø8	2Ø6,3	-	-
V8	3Ø8	3Ø8	3Ø8	3Ø8	3Ø8	-	-	-	-	-	-
V9-b	2Ø6,3	5Ø10	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V10	2Ø6,3	3Ø8	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V11-a	2Ø6,3	3,84	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V11-c	2Ø6,3	4Ø16	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V12	2Ø6,3	3Ø12,5	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V13	2Ø6,3	3Ø8	4Ø8	3Ø8	4Ø8	6Ø8	5Ø12,5	6Ø10	2Ø6,3	-	-
V14	2Ø6,3	4Ø8	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V15	2Ø6,3	3Ø8	3Ø12,5	3Ø8	3Ø12,5	3Ø12,5	5Ø12,5	6Ø8	2Ø6,3	-	-
V16	2Ø6,3	3Ø8	3Ø8	3Ø8	5Ø10	3Ø8	5Ø10	6Ø10	6Ø10	3Ø8	6Ø10
V17	2Ø8	3Ø8	2Ø8	3Ø8	6Ø8	3Ø8	6Ø8	3Ø12,5	6Ø8	3Ø8	6Ø8
V2-1	2Ø6,3	3Ø12,5	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V2-3	2Ø6,3	6Ø10	6Ø10	3Ø8	4Ø10	6Ø8	2Ø6,3	-	-	-	-
V2-7	2Ø6,3	3Ø8	2Ø12,5	3Ø8	2Ø12,5	3Ø10	4Ø12,5	6Ø8	2Ø6,3	-	-
V2-8	2Ø6,3	3Ø8	4Ø6,3	3Ø8	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-
V2-9	2Ø6,3	3Ø10	6Ø10	6Ø8	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-
V2-11	2Ø6,3	4Ø8	3Ø10	3Ø8	6Ø8	6Ø8	2Ø6,3	-	-	-	-
V2-12	2Ø6,3	4Ø10	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V2-13	2Ø6,3	3Ø8	3Ø8	3Ø8	3Ø8	3Ø8	4Ø8	3Ø8	2Ø6,3	-	-
V2-14	2Ø6,3	3Ø8	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V2-15	2Ø6,3	3Ø8	4Ø8	3Ø8	4Ø8	2Ø10	3Ø10	3Ø8	2Ø6,3	-	-
V2-16	2Ø6,3	3Ø8	3Ø6,3	3Ø8	3Ø10	3Ø8	3Ø10	3Ø10	2Ø6,3	-	-
V2-17	2Ø6,3	3Ø8	2Ø8	3Ø8	2Ø8	3Ø8	4Ø8	4Ø8	2Ø6,3	-	-
V3-5a	2Ø6,3	4Ø8	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V3-6a	2Ø6,3	4Ø8	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V3-10	2Ø6,3	3Ø8	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-
V3-11	2Ø6,3	3Ø8	2Ø6,3	-	-	-	-	-	-	-	-

Obs.: anotação do aço em vermelho representa que este material nobre está na face negativa da viga.

Tabela 5: Prescrição de Armaduras Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

5.3 Dimensionamento de Pilares.

Pilar P6

O pilar P6 é um dos pilares centrais da casa, localizado no primeiro andar, e está submetido ao maior carregamento dentre todos os pilares. Recebe cargas do pilar imediatamente acima, duas vigas contínuas que passam por ele, além de seu peso próprio. A carga total é de 430 kN que majorada em 40% (Nd) se torna 602 kN. O procedimento de cálculo é baseado na NBR 6118 e prescrito por Botelho e Marchetti. A altura equivalente do pilar (L) é de 3,00 metros, a seção transversal é de 0,2 m (no eixo x) por 0,4 m (no eixo y), concreto de 25 mPa (fcd = 17,85 mPa) e aço CA 50. Começamos pelo cálculo do índice de esbeltez nos dois eixos por meio da equação 22. O pilar é semi-esbelto em y e não esbelto em x.

$$\lambda = 3,46 \times (L / h) \dots\dots\dots \text{Eq (22)}$$

Cálculo do momento mínimo (equação 23)

$$M1d, \min = [0,015 + (0,03 \times h)] \times Nd \dots\dots\dots \text{Eq (23)}$$

$$M1xd, \min = [0,015 + (0,03 \times 0,4)] \times 602 = 16,3 \text{ kNm} \dots\dots \text{Eq (23)}$$

$$M1yd, \min = [0,015 + (0,03 \times 0,2)] \times 602 = 12,64 \text{ kNm} \dots\dots \text{Eq (23)}$$

Cálculo do Índice de resistência (equação 24)

$$v = Nd / (Ac \times fcd) \dots\dots\dots \text{Eq (24)}$$

$$v = 602 / (0,08 \times 17850) = 0,42 \dots\dots \text{Eq (24)}$$

Como o pilar é semi-esbelto em relação ao eixo y, calculamos os momentos de segunda ordem por meio da equação 26.

$$(1 / r-y)_{\max} = 0,005 / [(1 \leq v + 0,5) \times h] \dots\dots\dots \text{Eq (25)}$$

$$(1 / r-y)_{\max} = 0,005 / [(1 \leq v + 0,5) \times h] \dots\dots\dots \text{Eq (26)}$$

$$(1 / r-y)_{\max} = 0,005 / [(1 \leq 0,41 + 0,5) \times 0,2] = 0,025 \dots\dots \text{Eq (25)}$$

$$M2yd = 602 \times (3^2 / 10) \times 0,025 = 13,55 \dots\dots\dots \text{Eq (26)}$$

Calculamos as armaduras por meio das equações 24, 27 e 28 em associação com o ábaco do livro de Botelho e Marchetti (2019). No caso do eixo y somamos $M1yd, \min + M2yd$, enquanto em x somente $M1xd, \min$ atua.

$$\mu = M / (Ac \times h \times fcd) \dots\dots\dots \text{Eq (27)}$$

$$\mu_x = 16,3 / (0,08 \times 0,4 \times 17850) = 0,029 \dots\dots \text{Eq 27}$$

$$\rho = 0,4 \%$$

$$\mu_y = 26,19 / (0,08 \times 0,2 \times 17850) = 0,09 \dots\dots \text{Eq 27}$$

$$\rho = 0,4 \%$$

$$As = Ac \times \rho \dots\dots\dots \text{Eq (28)}$$

$$As = 800 \times 0,4 \% = 3,2 \text{ cm}^2$$

Obtivemos como resultado uma armadura mínima que corresponde a 0,4% da área de concreto, o foram prescritas 4 varas de 10 mm, uma em cada extremidade.

Como resultado de todos os pilares da casa, obtivemos a armadura mínima de 4Ø10mm, exceto nos pilares P3 e P4. O pilar P4 está submetido a esforços menores que o pilar P3, porém, por motivos de segurança e de equilíbrio prescrevemos a mesma armadura de 12Ø12,5 mm para ambos. Estribos simples com Ø 5 mm espaçados em 12 cm serão suficientes para todos os pilares, respeitando as especificações da NBR 6118/2014.

6 Conclusão

Conclui-se que o objetivo inicial de compreender a mecânica estrutural e os procedimentos de cálculo foi atingido, por meio do dimensionamento de lajes, vigas e pilares, utilizando conceitos mecânicos variados para obter uma boa relação de armaduras, sem tornar os cálculos extremamente complexos. Utilizando formas de calcular diferentes em vários elementos, mostrando as possibilidades dos cálculos isostáticos (mais simples e seguros) e hiperestáticos (mais complexos e econômicos) que geram muitas possibilidades para os engenheiros. Foi demonstrado a importância da interdisciplinaridade do curso, unido principalmente os conceitos de teoria das estruturas, os princípios da matemática para resolução dos cálculos e os procedimentos de cálculo das disciplinas de concreto armado. Este trabalho demonstrou que com o método de cálculo tradicional é possível viabilizar a superestrutura de um imóvel residencial atualmente, porém demandando uma quantidade de tempo bem maior do que seria necessário para o desenvolvimento por meio de software. Ressaltando que todos os procedimentos

de cálculo e carregamentos estão de acordo com a NBR 6118/2014 e NBR 6120/2019 respectivamente. Estima-se que este trabalho seja utilizado como base para o desenvolvimento de outros estudos, assim como sirva de ajuda para a formação de futuros colegas de profissão.

7 Referências Bibliográficas

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

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

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O., Concreto armado eu te amo, vol. 1, 10ª Edição, Blucher, São Paulo, 2019.

RODRIGUES, F, Dimensionamento de laje treliçada!, O Canal da Engenharia, 2017, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=EIM9Z_NJJ7A>. Acesso em 25 de outubro 2021.

Gestão de projetos - estudo de caso: Centro de logística RIO II – Rio de Janeiro - RJ

Suami Brandão Rodrigues¹; Gisele Dornelles Pires²; Paula Fernanda Chaves Soares³, Cassia Maria Soares de Souza Paula⁴

¹ Aluno Graduação Engenharia Civil, ^{2,3,4} Docente Engenharia Civil
^{1,2,3,4} Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade-Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto
Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

190025715@aluno.unig.edu.br¹; 0136072@professor.unig.edu.br²; 0167018@professor.unig.edu.br³;
0149013@professor.unig.edu.br⁴

Resumo - Atualmente a demanda do mercado da construção civil ao deparar-se com os novos desafios, principalmente no que diz respeito a velocidade construtiva, controle de custos e complexidade construtiva necessita de um estudo voltado para o gerenciamento de projetos, principalmente no segmento escolhido como o industrial, que se defrontam com diversas exigências e demandas que o mercado atual exige. Isso, obviamente, se deve pelos processos gestão serem, em alguns casos, critério de segundo plano, e não o principal meio de desenvolvimento de um projeto de engenharia. Por meio de um estudo de caso esse trabalho tem como objetivo investigar o processo de gestão e implementação de um projeto de nível industrial, todas as suas demandas, etapas, dificuldades, conceitos e diretrizes aplicadas no decorrer da implementação de um empreendimento industrial como também cada função e área de atuação dos responsáveis. Tem-se como principal alvo a área operacional, onde todas as outras áreas de gestão culminam e complementam no desenvolvimento do projeto com suas respectivas ferramentas e conceituações. Como resultado espera-se um conteúdo de ordem pragmática que visa colaborar com a resolução das adversidades dos projetos industriais, necessitando obviamente, de informações bem definidas para a análise e comentário. Tudo isso coopera para uma gestão de projetos de alta qualidade. Onde todos os processos são minuciosamente fiscalizados e as partes envolvidas cooperam no processo construtivo, contribuindo com todas as etapas do projeto, desde a concepção até seu checklist e entrega. Somente através de todos esses processos alinhados e desenvolvidos, baseados em um material de alta competência como o PMBOK, que a gestão terá sucesso em todas as áreas que contemplar.

Palavras Chaves: Construção Civil, Gestão, Projetos.

Abstract - Currently, the demand of the civil construction market when facing new challenges, especially with respect to construction speed, cost control, and construction complexity requires a study focused on project management, especially in the chosen segment such as the industrial one, which is faced with various requirements and demands that the current market requires. This, obviously, is due to the management processes being, in some cases, second plan criteria, and not the main means of development of an engineering project. Through a case study, this work aims to investigate the process of management and implementation of an industrial level project, all its demands, stages, difficulties, concepts, and guidelines applied during the implementation of an industrial enterprise, as well as each function and area of activity of those responsible. The main target is the operational area, where all the other management areas culminate and complement the development of the project with their respective tools and concepts. As a result, it is expected pragmatic content that aims to collaborate with the resolution of the adversities of industrial projects, obviously requires well-defined information for analysis and comment. All this contributes to high-quality project management. Where all processes are thoroughly supervised and the parties involved cooperate in the constructive process, contributing to all stages of the project, from conception to its checklist and delivery. Only through all these aligned and developed processes, based on a material of high competence such as the PMBOK, will the management be successful in all areas it contemplates.

Keywords: Civil Construction, Management, Projects.

1 Introdução

Projetos de engenharia, em suma, são centrados em componentes e técnicas econômicas ligadas aos processos, equipamentos e ao produto. São especificadas, precisamente, o quantitativo desejado de produção e as normas de qualidade. Entretanto, muito poucas indicações são fornecidas sobre as características pretendidas em termos de organização do trabalho. Assegurar o controle do sistema é o objetivo do projeto. Dessa maneira tal feito só será totalmente realizado se os componentes para a gestão forem dispostos desde o início do projeto.

No entanto, na realidade grande parte dos episódios vivenciados no trabalho estão situados em situações que possivelmente poderiam ser evitadas. São eventos que abrangem desde pequenos problemas de certos equipamentos, mudanças nas especificações dos produtos, variações e anormalidades dos sistemas de utilidades, até eventos mais complexos como quedas de energia ou a soma de diferentes incidentes. Todos esses incidentes mesmo sendo, na maioria das vezes, inesperados precisam ter uma análise rápida e uma resposta cirúrgica para a solução, mantendo assim o processo de implementação em constância. A gestão de projetos entra exatamente nesse ponto com a solução definitiva, mas para isso ela abrange todo o empreendimento.

Apesar da crescente demanda de empreendimentos industriais atualmente, o Brasil possui poucos estudos voltados para os projetos industriais. Tais projetos necessitam de um escopo de desenvolvimento bem definido de maneira a facilitar a implantação. O que pode parecer obvio, entretanto, diversas incompatibilidades surgem, as vezes no que tange controle de qualidade ou as crescentes exigências de mercado que são inviáveis em alguns momentos na implantação.

1.1 Gestão e a construção Civil

A Construção civil e os parâmetros de gestão sempre andaram interligados e com o avanço dos processos construtivos para auxiliar no controle da obra esses parâmetros foram sendo desenvolvidos sobre a ótica da Engenharia Civil. Tudo isso para que os projetos, que atualmente são mais extensos e complexos, fossem gerenciados com as ferramentas certas, culminando no objetivo final: a entrega do projeto previsto e elaborado.

“Obviamente, o sucesso de qualquer empreendimento imobiliário depende não apenas da viabilidade econômica, mas fundamentalmente de um planejamento orçamentário da obra e de uma elaboração mais aprofundada de cronogramas que possam servir de parâmetros para o acompanhamento do desempenho de qualquer atividade, seja ela física ou financeira. A elaboração orçamentária e o controle de custos de qualquer atividade colaboram não apenas para um bom resultado, mas ordena, classifica e seleciona parâmetros dentro da própria construção civil que visa viabilizar economicamente qualquer tipo de construção. As boas práticas para obter um controle dos processos é uma rastreabilidade dos serviços executados vem sendo cobrada a cada dia mais pelo mercado, principalmente obras residenciais. O país passa por grandes transformações relacionadas à gestão destes projetos e a forma como são desenvolvidos (escopo, desenvolvimento do produto, planejamento da obra, execução, entrega e pós entrega), mas ainda encontra problemas com a falta de mão de obra especializada.” Borges (2013)

Logo, observa-se que o alto desempenho só é alcançado quando o acompanhamento do projeto é realizado de maneira minuciosa, não somente pelos gestores e responsáveis mais importantes, mas por toda a equipe que será preparada para compreender todo o controle de gestão do empreendimento, suas ferramentas, parâmetros e objetivos. Sendo esse último não somente o final, mas também os marcos que a obra possui para definir o status de seu desenvolvimento. Tudo isso se deve pela compreensão da necessidade de uma melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade, que é um dos parâmetros principais de uma gestão completa na construção civil.

4.1 Gestão de Projetos

O gerenciamento de projetos pode ser conhecido como a aplicação de conhecimentos, métodos e habilidades às atividades do projeto com a intenção de atender às urgências do projeto como um todo. A Gestão de Projetos visa tornar a implementação de projetos mais segura, rápida e eficiente. É o conjunto de ideias e práticas que servem para planejar, executar, monitorar e finalizar um projeto. Dessa forma, o gerenciamento serve para auxiliar no gerenciamento de escopo, gerenciamento de informações e vários outros elementos importantes, como a figura 1 exemplifica o modelo de gestão. Tudo isso contribui para a obtenção de um resultado de qualidade.

São vários os desafios na construção civil que fazem parte de sua característica e atuação no modelo construtivo tradicional, que passa pelas fases de viabilidade, elaboração do projeto, projeto e execução. Quando o produto da construção civil, em fase de execução, ocorre na própria obra, geralmente a mão de obra empregada é em grande quantidade e com pouca competência, dificultando a aplicação de novos métodos e potencializando o não cumprimento de prazos, favorecendo o desperdício de matérias-primas, insumos etc. Existem muitos erros e falhas em um projeto de construção civil. Borges (2013).

O uso de ferramentas de gestão e áreas de conhecimento bem alinhadas pode: minimizar custos e tempo, reduzir riscos, melhorar a comunicação com clientes, logística e pessoas, tudo isso proporciona novas possibilidades de processos construtivos e linhas de pensamento na construção civil.

A gestão de projetos tornou-se recentemente um fator de grande importância no campo da engenharia. O surgimento de grandes projetos no mundo devido aos últimos avanços tecnológicos trouxe consigo a necessidade de novos e melhores métodos de gerenciamento de projetos para lidar com esse rápido crescimento. A gestão de projetos vem sendo destacada por diversos autores como um fator importante no aprimoramento das áreas de engenharia. Tendo como princípio os conceitos envolvidos, através dos quais muitas decisões erradas e falhas podem ser evitadas, reduzindo o custo. Segundo Liu, Oliveira e Melhado (2011), *“a gestão se inicia com o planejamento do processo de projeto, estabelecendo-se os objetivos e parâmetros para o desenvolvimento do projeto, seu escopo, o planejamento dos recursos, das etapas e dos prazos para as diversas especialidades.”*

1.2 Ciclo de vida do projeto

Ciclo de vida do projeto é a série de fases pelas quais um projeto passa, do início a conclusão. A fase de um projeto é um conjunto de atividades relacionadas de maneira lógica que culmina na conclusão de uma ou mais entregas. As fases podem ser sequenciais, iterativas ou sobrepostas. Os nomes, a quantidade e a duração das fases do projeto são determinadas pelas necessidades de gerenciamento e controle das organizações envolvidas no projeto, pela natureza do projeto em si e sua área de aplicação.

“Entender as fases de desenvolvimento do projeto, permitirá a sua equipe maior acuidade no controle dos gastos o que facilitará o atingimento dos objetivos pré-determinados do projeto. Além disso, os custos da implementação das mudanças

nas fases iniciais do projeto, custam até 5 vezes menos que os custos das mudanças implementadas nas fases finais. Em alguns casos, o custo das mudanças nas fases finais de um projeto chega a superar os custos decorridos em todo o projeto. As fases do ciclo de vida de um projeto, bem como o tempo de duração de cada fase, variam de projeto para projeto. Existem projetos difíceis de serem planejados e fáceis para serem implementados e projetos que podem apresentar elevado grau de complexidade do início ao fim. Em geral, um projeto parte de uma ideia para a solução de um problema ou uma oportunidade e pode ser objeto de uma solicitação de um cliente, identificação de necessidade pela área de marketing, ou ainda uma oportunidade de empreender vislumbrada por um cliente ou por alguém do grupo de pessoas ligadas a empresa.” Biagio (2020)

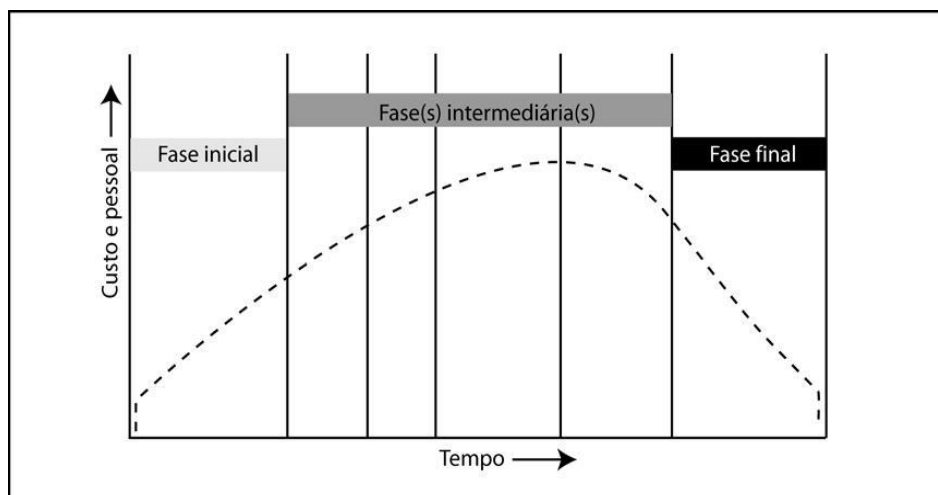


Figura 1 Ciclo de Vida do Projeto Fonte: Espinha (2021)

1.3 Fases de Projeto

Segundo Biagio (2020) é importante que cada fase do projeto defina o trabalho técnico que será realizado e quem são os envolvidos. Assim, as fases do projeto são caracterizadas como segue:

- Fase de iniciação: como o próprio nome diz, é a fase inicial do projeto, quando as necessidades são identificadas, o problema é estruturado e a decisão de levar adiante o projeto ou não, é tomada. Nessa fase, define-se o objetivo e a missão do projeto e feito um estudo da viabilidade técnico econômico do investimento, ou seja, verifica-se, ainda de forma primitiva, se existe alguma possibilidade do projeto se tornar uma realidade, principalmente oferecendo retorno para o investimento, seja este retorno financeiro ou social.

- Fase de planejamento: é a fase em que se detalha o que será realizado, sendo onde desenvolve-se a solução do problema. Nesta fase, os cronogramas são elaborados, os recursos são atribuídos, os custos são analisados, as inter-relações entre as atividades são explicitadas, os controles e as entregas são definidos, os riscos são identificados etc. Lembre-se que maiores esforços nesta fase, representam maiores facilidades na fase de execução.

- Fase de execução: é a fase em que se consome a maior parte dos recursos do projeto, sejam recursos financeiros, humanos, ou materiais e insumos. É a fase em que o projeto se transforma em solução para o problema do cliente. É a fase de materialização de tudo o que foi planejado. É uma fase em que o gerente de projetos tem os maiores problemas, especialmente no Brasil, império do “jeitinho”. Arranjar uma alternativa improvisada para uma tarefa na fase da execução é fazer algo que não foi planejado. É claro que não é proibido ser criativo e ter uma ideia melhor daquela que foi inicialmente planejada é uma situação bem-vinda, mas mudanças representam custos elevados nesta fase e a boa ideia poderá não ser tão boa assim no final. O ideal é replanejar antes de implementar soluções alternativas. Agir por conta própria nesta fase é muito perigoso para o sucesso do projeto.

- Fase de controle: esta fase ocorre concomitantemente com a fase de execução. Tem como objetivo garantir que aquilo que foi planejado está sendo executado. Se algo acontecer e o rumo da execução do projeto estiver sendo desviado, o controle deve identificar rapidamente as causas do desvio e propor ações corretivas no sentido de alinhar novamente a execução com o planejamento e ações preventivas para evitar que o desvio se repita. Cuidado, a frase atribuída a Willian Edwards Deming “Quem não controla, não gerencia” é válida nesta fase do projeto, afinal sua função é gerenciar o projeto.

- Fase de encerramento: é a última fase do ciclo de vida de um projeto. É onde o resultado dos trabalhos são avaliados, geralmente por uma equipe de auditoria, os documentos e contratos são encerrados e os pagamentos são finalizados. Nesta fase, os erros e acertos são discutidos entre toda a equipe do projeto e servirão como “lições aprendidas” dentro de um contexto de gestão do conhecimento. O conhecimento das fases do ciclo de vida do projeto, permite que a equipe gestora avalie o desempenho do projeto em cada troca de fase e desta forma, consiga determinar a continuidade do projeto ou a detecção e correção de erros. Biagio, Luiz Arnaldo (2020).

Todo projeto para que seja considerado assim deve ter início, meio e fim, esse último muito bem definido pela equipe de gestão que realizará o empreendimento. Segundo Montes, Eduardo (2017) “As fases do projeto são as divisões feitas visando um melhor controle gerencial e adequação aos processos da organização. Elas podem ser sequenciais ou sobrepostas.”

Isso se expressa no processo de construção de fases e serviços necessários para a construção do projeto, que começa com o dimensionamento, orçamento, estudo de viabilidade, e segue nas fases de construção até a entrega, tudo programado conforme o cronograma já criado desde o início e verificado e atualizado a cada fase realizada. Eduardo (2017).

Em projetos mais complexos tanto a viabilidade como a entrega do projeto, que possuem datas bem mais específicas que qualquer outro marco dentro dos processos do projeto, podem ser gerenciados como projetos específicos.

1.4 Níveis de Planejamento

Em suma, o planejamento de projetos se encontra dividido em 3 níveis: Estratégico (longo prazo), Tático (médio prazo) e operacional (curto prazo). Chiavenato (2003, p. 167) descreve: “o planejamento é a função administrativa que determina antecipadamente quais são os objetivos a serem atingidos e como se deve fazer para alcançá-los”. É através do planejamento que se definem os objetivos e os meios para alcançá-los.

“Embora não garanta o sucesso da empresa, o processo de planejar é indispensável, através dele o empreendimento terá um rumo, objetivos definidos, recursos e esforços direcionados, o que possibilitará que ela alcance todos os seus objetivos” Bernardi (2008).



Figura 2 Níveis de Planejamento Fonte: Gordeeff (2020)

Planejamento Estratégico

Nesse nível de planejamento as decisões são tomadas pela parte mais alta da direção da empresa, pois envolve planos e estratégias para alcançar os objetivos do empreendimento. São responsáveis por definir os objetivos do projeto, à exemplo: Impacto do empreendimento na empresa, parcerias, financiamentos etc. “O planejamento estratégico está relacionado com os objetivos de longo prazo e com os meios para alcançá-los que afetam o empreendimento em sua totalidade.” Oliveira (2008)

Segundo Chiavenato (2003), o planejamento estratégico é um planejamento projetado em longo prazo, que abrange toda a empresa e todos seus recursos e atividades disponíveis, buscando atingir os objetivos em nível organizacional.

Planejamento Tático

No nível tático se encontra um planejamento mais específico, tais decisões podem ser tomadas tanto pelos cargos de alta direção quanto pelos cargos operacionais, como executivos da diretoria e gerentes. Pode ser definido como o desenvolvimento do nível estratégico, que culminará na execução e concretização do projeto. “O planejamento tático é o planejamento focado no médio prazo, que abrange cada departamento do empreendimento, buscando alcançar os objetivos departamentais no decorrer de um ano.” Chiavenato (2003).

Para Oliveira (2008) planejamento tático: “é a metodologia administrativa que tem por finalidade otimizar determinada área de resultado e não a empresa como um todo”.

Planejamento Operacional

Nesse nível chega-se na área onde a execução é o objetivo, tudo planejado antes culmina no nível operacional. Onde o objetivo, já antes traçado, seja alcançado com organização, alto desempenho e dentro do prazo estipulado. O planejamento operacional é desenvolvido dentro de um departamento específico, as atividades detalhadas devem proporcionar uma análise constante das ações. Chiavenato (2003), define o planejamento operacional como: “um planejamento de curto prazo, que abrange cada uma das tarefas ou operações individualmente.”

1.5 PMBOK Project Management Body of Knowledge

Conhecido mundialmente pelos melhores gestores de projetos e altamente recomendado. O PMBOK é considerado com o guia principal de qualquer gestor de projetos, independente do projeto.

Segundo Montes (2017): “O maior exemplo na área de gerenciamento de projetos é o Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®, do Inglês, Project Management Body of Knowledge) que identifica um subconjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos geralmente reconhecidos como boas práticas. O Guia PMBOK® contribui de forma direta no aperfeiçoamento do gerenciamento de projetos. Já são mais de 5 milhões de cópias em circulação comprovando o sucesso e a importância do livro na área de gerenciamento de projetos. Além disso, ele já está na sua sétima edição e é revisado de forma contínua com uma nova edição de quatro em quatro anos aproximadamente, aperfeiçoando essas melhores práticas de gerenciamento de projetos.”

Segundo o próprio PMBOK em sua 6ª edição: “Em meados do século XX, os gerentes de projeto começaram a buscar o reconhecimento do gerenciamento de projetos como profissão. Um aspecto desse trabalho envolveu obter um acordo sobre o conjunto de conhecimentos (BOK, sigla em inglês de “body of knowledge”) em gerenciamento de projetos. Este conjunto de conhecimentos acabou ficando conhecido como Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (PMBOK). O Project Management Institut (PMI) produziu uma linha de base de gráficos e glossários para o PMBOK. Os gerentes de projeto logo perceberam que nenhum livro sozinho poderia conter o PMBOK inteiro. Portanto, o PMI desenvolveu e publicou Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®).”

1.6 Gestor de Projetos

Em um empreendimento, todos os processos por mais alinhados que estejam precisam passar por uma avaliação e atualização, geralmente as frentes de serviço possuem seus responsáveis e essa quantidade de responsáveis com o tamanho, cronograma ou desenvolvimento da obra se torna cada vez maior. Tudo isso deve ser gerenciado por uma equipe de engenheiros, que gerenciarão em pequenas quantidades os conjuntos de serviço dos empreendimentos necessitam de um ponto unificador: O gestor, o responsável por toda a obra. “No gerenciamento de projetos, a peça fundamental é o papel do gerente de projeto, ele que vai administrar todos os processos, e as atividades que o projeto necessita, porém em empreendimento de médio e pequeno porte essa tarefa é realizada pelo engenheiro residente da obra, em grande escala, partindo deste cenário, a gestão do empreendimento já fica comprometida, pois no canteiro de obras, que é mais um organismo vivo, onde tudo muda a cada instante, por estar exposta a tantas interferências não só internas, mas também externas que pode intervir muito no andamento do projeto, como por exemplo o período de chuva, que pode mudar total o cronograma de entrega do empreendimento.” HERRERA & RODRIGUES

Todo o Gerente de projetos, para que desempenhe o papel com qualidade o Guia PMBOK é um material altamente recomendado. Conhecido como o guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Project Management Body of Knowledge - PMBOK), onde fornece diretrizes para o gerenciamento de projetos individuais. sugere três competências essenciais para o bom serviço da gerência de projetos.

- Competência de Conhecimento: Todo gerente de projetos deve saber sobre as práticas de gerenciamento de projetos. Experiencia de outros projetos.
- Desempenho: Refere-se à capacidade do gerente de projetos em aplicar seus conhecimentos sobre gerenciamento de projetos.
- Pessoal: Essa competência refere-se ao comportamento do gerente de projetos (atitudes, personalidade, liderança).

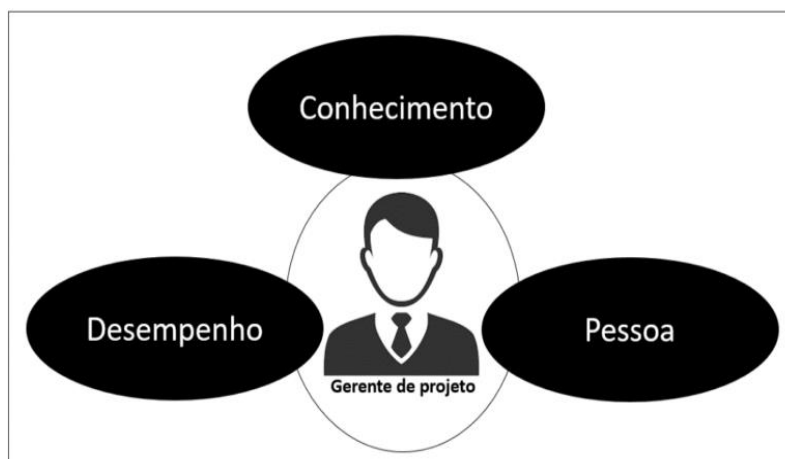


Figura 3 Competências do Gestor de Projetos Fonte: Fonseca (2019)

Todas essas competências se desenvolvem na persona do gerente de projetos que deve, através delas, desenvolver as habilidades que o competem para comandar um projeto. Não somente o desenvolvimento próprio é recomendado, mas o desenvolvimento de toda sua equipe que geralmente é preparada pelo próprio gestor, já que o ele deve ter a experiência para comandar todas as áreas do projeto, organizando tudo de acordo com os seus conhecimentos passados. Isso também se imprime nas pessoas em que ele escolhe para desempenhar os papéis importantes na sua equipe, nesse momento suas habilidades pessoais e de liderança são necessárias para entender quem fará o que.

“Os gerentes de projetos são responsáveis pelo atendimento de necessidades: de tarefas, necessidades de equipe, e necessidades individuais. Como o gerenciamento de projetos é uma disciplina estratégica crítica, o gerente de projetos torna-se o elo entre a estratégia e a equipe. Os projetos são essenciais para o crescimento e sobrevivência das organizações. Os projetos criam valor na forma de processos de negócios melhorados, são indispensáveis no desenvolvimento de novos produtos e serviços, e tornam mais fácil para a companhia responder às mudanças relativas ao ambiente, à concorrência, e de mercado. Assim sendo, o papel do gerente de projetos torna-se cada vez mais estratégico.” PMBOK (2013).

“Gerenciar não é uma tarefa fácil. Significa dar suporte, alcançar e manter a motivação da equipe, acompanhar, cobrar, interagir, prover treinamento ou qualificação, ter a mente aberta para receber e acatar as críticas, fazer e deixar fluir a criatividade no grupo, ao mesmo tempo em que atua como participante ativo desse mesmo grupo.

O gerente funciona como uma interface entre a equipe e o cliente. Ele é cobrado pelos resultados e precisa

ser ágil na solução dos problemas que possam ocorrer no desenvolvimento do trabalho.” Daychoum (2019)

Todo o gestor de projetos deve através de métodos, ferramentas e experiência alcançar domínio sobre as 7 principais áreas da gerência, somente com o desenvolvimento dessas áreas obtém-se o controle do projeto. Entendendo a necessidade de cada área e solucionando as dificuldades inerentes a cada lugar do projeto. Segundo Daychoum (2019): Para o auxílio desta árdua tarefa que é o gerenciamento existem inúmeros instrumentos desenvolvidos geralmente por grandes autores e estudiosos. Sempre que possível o gestor deve recorrer a esses instrumentos, que servem para apoiar a tomada da decisão e reduzir a incidência de erros provenientes de ações mal planejadas”. Melhado (1998) Complementa: “A qualidade de projeto será sempre fruto de vários fatores, tanto intrínsecos quanto extrínsecos. São fatores intrínsecos: a competência dos profissionais de projeto; a existência de profissionais especializados para problemas específicos; a padronização da apresentação das informações; a observação às necessidades/expectativas do empreendedor; a consideração das necessidades da produção e controle; a coordenação das atividades e controle das interfaces.”

2 Objetivos e Metodologia

2.1 Objetivo Geral

Apresentar os conceitos e fundamentos da gestão de projetos, aplicado no planejamento operacional da construção civil e suas influências.

2.2 Objetivo específico

Analisar os processos de gestão de um projeto de grande porte, investigando os métodos e analisando as dificuldades inerentes à área operacional na implementação da obra do Centro De Logística Rio II, situado na Estrada Rio D’ouro, nº.: 1586 – LT.: 04, na Pavuna/RJ

2.3 Metodologia

Para a realização deste trabalho utilizou-se uma revisão de literatura com consultas em monografias, teses, dissertações, artigos, normas e legislações e a apresentação de um estudo de caso.

3 Estudo de caso

3.1 Apresentação

O estudo de caso foi realizado da construção do Centro de Logística Rio II, uma das maiores obras da Telmec Engenharia. Através das informações obtidas em campo e material de gestão adquirido com a equipe de planejamento foi criado, precisamente para a parte de Gestão Operacional, um organograma que compreende todos os serviços e onde seriam realizados, além dos detalhes de construção, auxiliando a execução da obra.

3.2 Apresentação e Localização

3.2.1 Apresentação da empresa Telmec Engenharia

Em três décadas de atuação, a Telmec já atendeu diferentes tipos de clientes, com obras de complexidade variada. Independentemente da finalidade da edificação a ser construída. No segmento de atacarejo, está concentrada a maior parte de seus últimos

projetos. As redes Assaí Atacadista, Makro, Costa Atacadão, Barcelos Atacadista, Atacadão, Grupo Muffato e o GPA com as marcas Pão de Açúcar e Mercado Extra. A Telmec faz parte da história das principais empresas do setor supermercadista do Brasil. Embora cada uma tenha suas próprias características e particularidades, em todas elas nossa atuação teve em comum o comprometimento com um tripé fundamental: preço, prazo e qualidade. Estes três elementos fazem parte dos valores da empresa, desde a fundação pelo engenheiro Dr. Renato Pupo. A escolha pelo processo de verticalização das obras, inclusive, é um posicionamento para garantir que a obra será construída com a velocidade esperada e o alto padrão de qualidade.

3.2.2 Localização do estudo de caso.

O estudo de caso foi realizado na obra do Centro De Logística Rio II, situado na, na Pavuna/RJ. Abaixo vista panorâmica de localização.

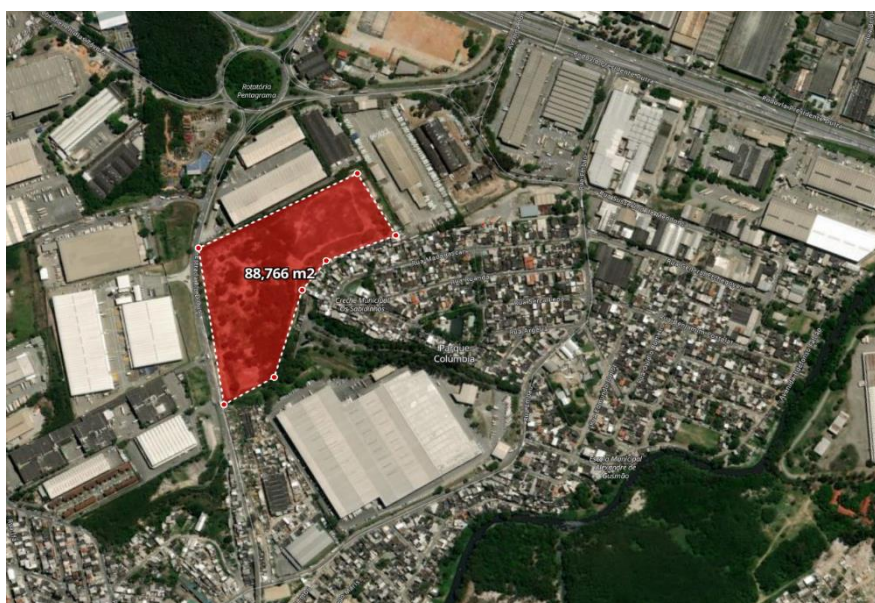


Figura 4 Vista Panorâmica Fonte: TELMEC Engenharia (2021)

3.2.3 Descrição do Centro de Logística Rio II

O condomínio industrial da Unilogística tem um galpão de 37 mil metros quadrados de área coberta, 42 mil metros de área construída e uma estrutura de 12 metros de pé direito. Nele, será possível acolher até oito armazéns diferentes. Além da área coberta, que conta com mezaninos para área administrativa das empresas, o empreendimento também tem um pátio operacional.



Figura 5 Centro de Logística Rio II Fonte: O Autor (2021)

3.2.4 Estrutura

Para a obra, foram usadas 852 unidades de estacas do tipo Trado, 220 pilares e 926 peças de pré-moldados, entre elas: vigas cobertura, lajes, arrimo e painéis de fechamento lateral. Toda a cobertura é protegida termo e acusticamente com isolamento do tipo Facefelt. O piso, de 33 mil metros quadrados, é feito em concreto protendido. As maiores vantagens desse material são: pisos com alta capacidade de carga com redução no número de fissuras e juntas - mesmo em espaços maiores. O terreno em que hoje está localizado o condomínio industrial da Unilogística tem 101.570 metros quadrados.

3.2.5 Espaço

Além da área do galpão, o terreno também abriga dois estacionamentos. O interno, com 194 vagas, e um externo com 276 vagas. Esses espaços consideram vagas exclusivas para veículos leves e veículos pesados. O condomínio fará a captação de águas pluviais. O material será encaminhado para um reservatório de reuso para descargas de vasos sanitários, pontos de lavagem de pátio de estacionamento e manobras de carretas.

Características do condomínio industrial da Unilogística:

Área do terreno: 101.570 m²
Área de estrutura metálica: 35.680 m²
Número de peças metálicas: 121.700 peças
Peso de estrutura metálica: 690.77 kg
Número de vagas de estacionamento: 470
Piso protendido: 33.815 m²



Figura 6 Terreno nu Fonte: TELMEC Engenharia (2021)

3.3 Etapas da construção

A Telmec trabalha com o processo de Verticalização que se desenvolve desde a prospecção do terreno a entrega final da obra. Através de um plano de ação personalizado, baseado na demanda, é executado todas as etapas. Essas etapas são baseadas no plano base de gerenciamento de projetos:

Prospecção do Terreno

Pesquisa extensiva da opção de local adequado para o empreendimento, e que se adeque às condições de projeto e custo para o cliente. São diversos os terrenos estudados antes da decisão final.

Projeto e Licenciamento

A assessoria para o cliente começa desde o projeto de arquitetura legal e executivo. A Telmec propõe adequações técnicas que otimizam a relação custo-benefício da obra, reduzem o tempo de construção e o custo final do empreendimento. Através do trabalho da equipe interna de responsáveis técnicos, o acompanhamento junto aos órgãos governamentais trazendo mais rapidez e economia.

Terraplanagem e Fundações

Uma base sólida e confiável é o compromisso da qualidade estrutural de um empreendimento Telmec. Por isso emprega-se os recursos necessários na construção das fundações da obra. Trabalhando com controle e agilidade nesta etapa, buscando as melhores soluções para viabilizar a execução dos projetos

. Estrutura Metálica e Pré-moldado

A estrutura metálica utilizada nas obras é de fabricação própria. Na metalúrgica, as peças são jateadas e recebem pintura eletrostática. Este tratamento garante uma qualidade superior no acabamento e na durabilidade da estrutura. A montagem é realizada com caminhões Munck e guindastes próprios e as peças numeradas e organizadas em lotes.



Figura 7 Processo de construção; Pré moldado. Fonte: TELMEC Engenharia (2021)

Construção Civil

São levantados os empreendimentos, com execução de todas as etapas por mão de obra própria. Como exemplo, dentre várias atividades, tem-se: alvenaria, que compreende a parte de fechamento e vedação da estrutura; piso industrial; revestimentos; contrapisos.

Instalações e Acabamentos

Sabe-se da qualidade das instalações e acabamentos é o diferencial de uma obra Telmec. O cuidado na execução dos mais variados tipos de instalações e acabamentos, como elétricos, hidráulicos e hidrossanitários, garantem a satisfação do usuário e o bom funcionamento do empreendimento.

Neste estudo abordaremos as etapas finais do processo construtivo a construção civil e as instalações e acabamentos.

3.4 Gestão Operacional do estudo de caso

A gestão operacional é área onde os processos de planejamento estratégico e tático culminam, nessa área a execução é o principal, tudo já foi planejado, agora é o momento de atingir os resultados esperados através de um bom planejamento estratégico, um controle tático preciso e um gerenciamento realizado com ordem e programação.

Para melhor controle da área operacional o escopo precisa ser bem definido e a estrutura de processos precisa ser organizada. Fica evidente pelo tamanho do empreendimento que cada serviço não especificado e organizado comprometeria o projeto

acarretando relatórios dos fiscais reprovando serviços acarretando inúmeros retrabalhos. Tudo isso se deve pelo simples fato de a estrutura de gestão não estar bem definida e não ter ferramentas de controle nas mãos dos engenheiros de suporte e estagiários, responsáveis por fiscalizar e coordenar as tarefas de cada área da obra. Com o objetivo de ter o melhor controle e a programação bem definida foram utilizados no decorrer da obra diversas ferramentas de controle dos serviços e funcionários são utilizadas: Diário de obra, Cronograma de obra, Efetivo Diário e RAO.

3.5 Proposta de Fluxograma de Serviços Descritivo.

Foi observado neste estudo uma defasagem de informações sobre cada serviço realizado onde os responsáveis de menor cargo, muita das vezes, não tinham informações completas sobre os serviços e as incompatibilidades de cronograma que tornava a gestão no seu nível mais básico um desafio. Através do suporte e utilização das ferramentas já empregadas nas obras, para maior controle de tarefas e informações sobre cada uma, um fluxograma descritivo foi criado para auxiliar no dia a dia de obra. Oferecendo um controle de serviços mais preciso e com o compartilhamento de informações, sendo ele atualizado diariamente com todas as informações necessárias..

EAP foi criada com o objetivo de mapear todas as áreas da obra até que os serviços fossem encontrados e desmembrados nos pacotes de serviço, a fim de serem totalmente descritos.

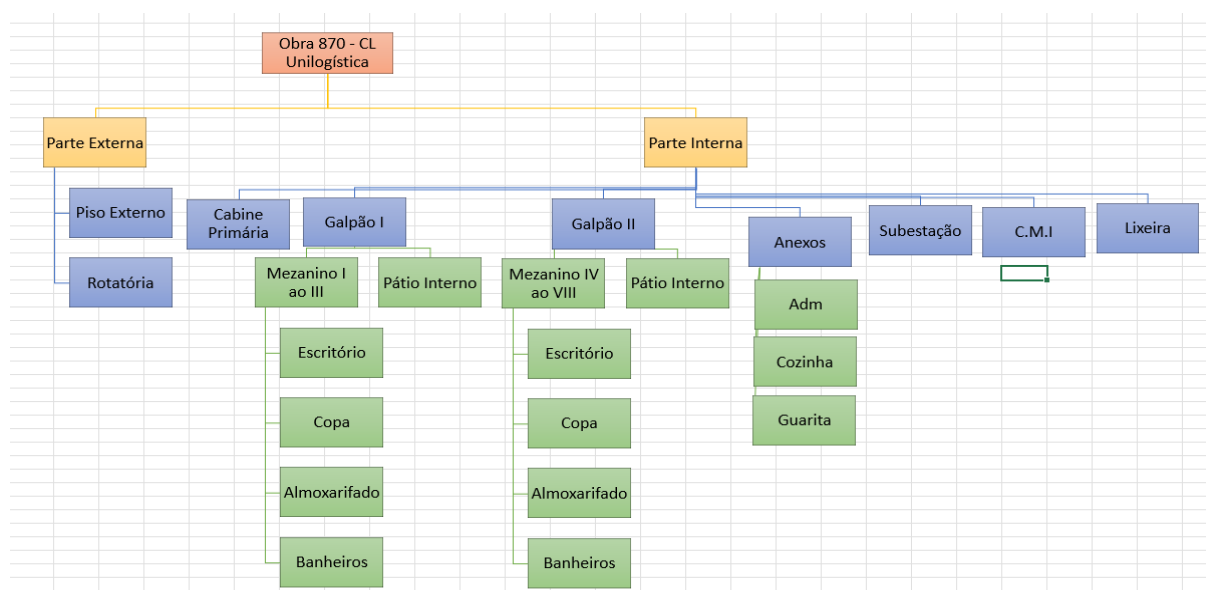


Figura 8 EAP: Mapeamento de Obra Fonte Autor (2022)

Para facilitar a utilização das partes operacionais mais simples foi utilizado aplicativo Notion®, onde através de tabelas, pastas e subpastas intuitivas com o objetivo de auxiliar todos as partes interessadas, onde tanto o gestor como o estagiário de engenharia, até mesmo o encarregado, podem trabalhar em conjunto na mesma ferramenta. Ferramenta essa que pode ser atualizada por qualquer uma das partes e em compartilhamentos todos são notificados.

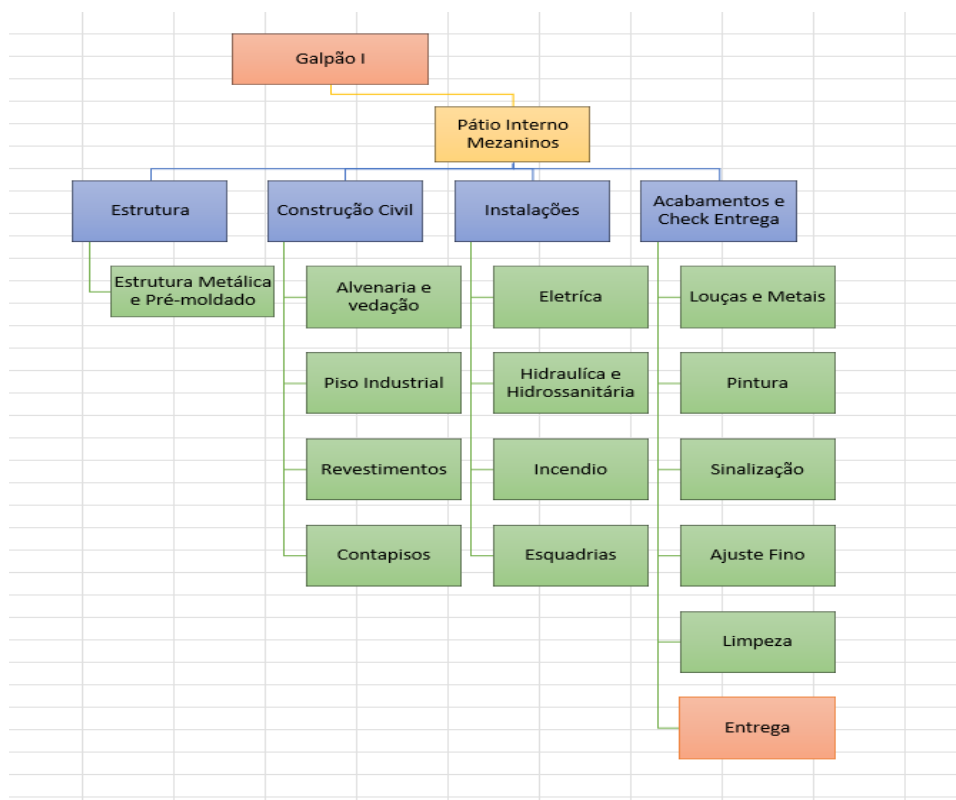


Figura 9 EAP Mapeamento do Galpão I Fonte: O Autor (2022)

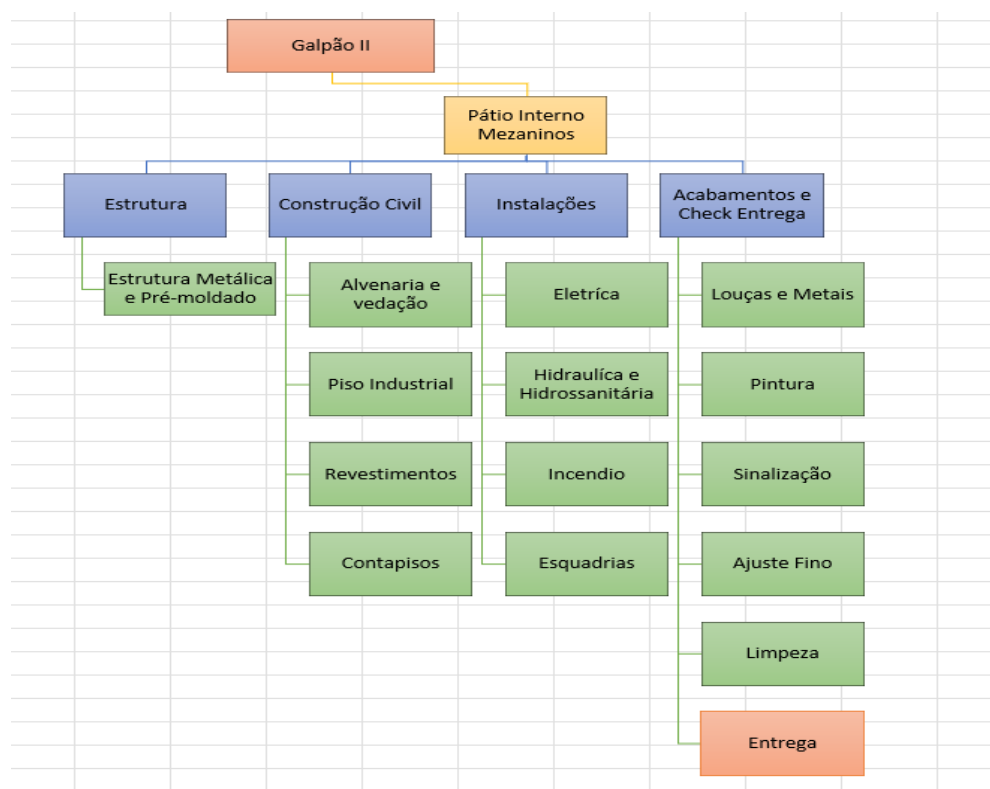


Figura 10 Mapeamento do Galpão II Fonte: O Autor (2022)

Após cada divisão e grupo serem definidos os serviços foram direcionados ao app Notion® para que através de um checklist diário eles foram geridos. Todos os serviços foram descritos

não somente com o que foi realizado, mas também com o executante, a que processo remete, os status de serviço, observações, quando necessárias, e a última atualização e quem a realizou, essas duas últimas são opções que o programa proporciona. Tudo isso agregado a um sistema de pastas e subpastas que dá a possibilidade de tornar todos os serviços, se necessário, minuciosamente descritos e acompanhados. Isso tornou a velocidade de verificação e resolução de problemas maior, pois não somente o responsável da específica área ficou ciente do ocorrido, mas também todos os responsáveis acima com as informações descritas na tarefa. (Anexo V) Através desses processos de controle foi obtido melhoras na supervisão de obra, como: Utilizando o Excel foi construído uma EAP com o objetivo de chegar as áreas mais específicas da obra para entendê-las com mais clareza e organização.

Mapeamento das áreas de obra;

Organização e ordenação de serviços;

Após o mapeamento foi utilizado o Notion os serviços foram ordenados diariamente para um controle mais preciso de cada um deles, bem como quem estava executando, como estava se desenvolvendo e sua conclusão e verificação.

Checklist mais preciso e descritivo;

Depois que cada serviço foi realizado e sua verificação realizada, um status de concluído e as respectivas percepções eram marcadas. Isso foi conciliado com a fiscalização de obra.

Status diários de serviço;

As anotações diárias de desenvolvimento da obra e as resoluções de cada serviço auxiliaram na obtenção dos status diários. Tudo isso auxiliava no processo de programação dos próximos dias de obra.

Precisão no desenvolvimento de obra.

Todas essas melhoras se devem pelo desenvolvimento linear e controle dos processos de obra. Se tornou evidente, principalmente pelo tamanho da obra, que os serviços realizados necessitavam de um controle maior, não somente para a sucessão das tarefas, mas também para entendimento e resolução dos problemas que surgiam no decorrer da obra.

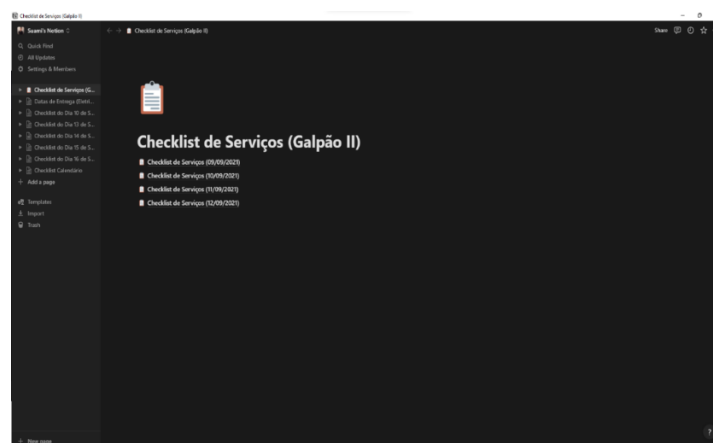


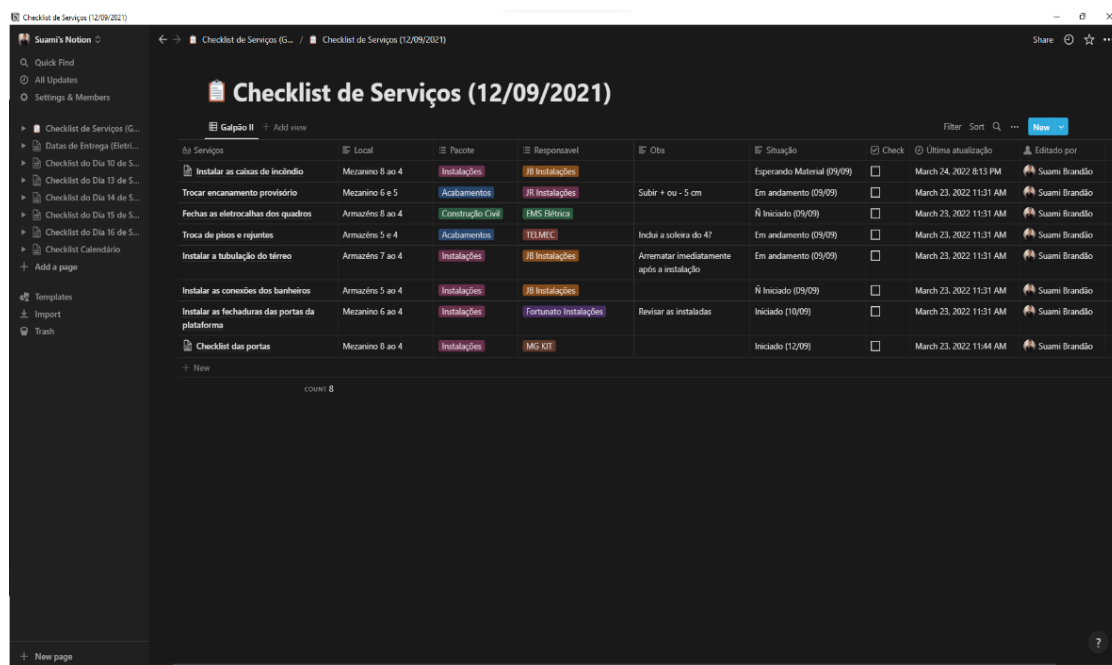
Figura 11 Notion. Página Inicial Fonte: O Autor (2022)

Checklist de Serviços (xx/xx/xxxx)

Refere-se a Pasta inicial do desenvolvimento de cada dia de obra, foi diferenciada pela data do dia que era fiscalizado e anotado. Exemplo da imagem:

Tabela de Serviços

Página onde cada serviço era descrito, podendo ser estendida para uma subpasta de descrição se necessário. Foi dada em uma tabela com os tópicos seguintes: *Serviços* – Descrevendo a atividade que estava sendo realizada (O que também nomeava a subpasta se necessário); *Local* – Onde estava sendo realizado o serviço; *Pacote* – Com a área de desenvolvimento de obra que aquele serviço pertencia; *Responsável* – Nome da empresa responsável pela execução do serviço; *Observações (Obs.)* – O que ficava a critério de quem estava anotando e auxiliava as partes interessadas a entenderem o que estava acontecendo no serviço; *Situação* – Descrição exata de como o serviço se encontrava no dia; *Check* – Marcação do serviço concluído; *Última atualização* – Data da última edição e Editado por – Pessoa que fez a última atualização do serviço



Serviços	Local	Pacote	Responsável	Obs	Situação	Check	Última atualização	Editado por
Instalar as calças de incêndio	Mecanismo 8 ao 4	Instalações	JB Instalações		Esperando Material (09/09)	☐	March 24, 2022 8:13 PM	Suami Brandão
Trocar encanamento provisório	Mecanismo 6 e 5	Acabamentos	JB Instalações	Subir + ou - 5 cm	Em andamento (09/09)	☐	March 23, 2022 11:31 AM	Suami Brandão
Fechar as eletrocalhas dos quadros	Armazém 8 ao 4	Construção Civil	EMS Elétrica		Não Iniciado (09/09)	☐	March 23, 2022 11:31 AM	Suami Brandão
Troca de pisos e rejuntas	Armazém 5 e 4	Acabamentos	TELMIC	Indicar a soleira do 4?	Em andamento (09/09)	☐	March 23, 2022 11:31 AM	Suami Brandão
Instalar a tubulação do tierço	Armazém 7 ao 4	Instalações	JB Instalações	Arrematar imediatamente após a instalação	Em andamento (09/09)	☐	March 23, 2022 11:31 AM	Suami Brandão
Instalar as conexões dos banheiros	Armazém 5 ao 4	Instalações	JB Instalações		Não Iniciado (09/09)	☐	March 23, 2022 11:31 AM	Suami Brandão
Instalar as fechaduras das portas da plataforma	Mecanismo 6 ao 4	Instalações	Fortunato Instalações	Revisar as instaladas	Iniciado (10/09)	☐	March 23, 2022 11:31 AM	Suami Brandão
Checklist das portas	Mecanismo 8 ao 4	Instalações	MG KIT		Iniciado (12/09)	☐	March 23, 2022 11:44 AM	Suami Brandão

Figura 12 Tabela de Serviços Fonte: O Autor (2022)

3.6 Considerações Finais

Através da utilização das ferramentas de gestão e controle de obra, diante das dificuldades enfrentadas, a união delas com o fluxograma de serviços descritivo pode auxiliar no desenvolvimento dos serviços e andamento de obra. Foi observado que se a colaboração de mais funcionários na utilização da ferramenta, inclusive a gerência, aumentaria o controle da obra tornando a gestão muito mais próxima dos responsáveis, que muitas das vezes não iam ao campo desenvolvendo outras áreas que a obra solicitava. Ficou notório que as áreas de planejamento estratégico e tática possuíam um desenvolvimento de alto nível, entretanto no nível operacional o desenvolvimento técnico e de gestão eram defasados, o que tornava a obra mais difícil de se gerir, já que por muitas vezes, os processos eram invertidos as ordens de serviço eram confusas, a mão de obra, por um erro de gestão se tornou escassa. Tudo isso era notoriamente notado nos meses de atraso que a obra possuía. Somente com o cumprimento das funções básicas de gestão e controle que a obra pode retornar aos eixos, fazendo com que novas contratações fossem feitas, todo controle de escopo e recursos fosse mais rígido e atualizado, que as partes interessadas conversassem com mais seriedade no sentido de desenvolver a obra, que a integração fosse mais realista, que o cronograma fosse atualizado da maneira real e correta para que a obra fosse entregue.

4 CONCLUSÃO

Com a elaboração desse projeto foi observado que as partes fundamentais das da gestão de projetos devem conversar e depender umas das outras para que todo o empreendimento seja construído com qualidade. O que também deve ser observado nas áreas do planejamento, onde qualquer defasagem em uma das áreas acarretará problemas no projeto. Fica evidente que a construtora em seus níveis gerenciais mais altos possui um controle e dinamismo de qualidade, entretanto diante das adversidades do canteiro de obras se mostrou com dificuldades nas áreas mais básicas da gestão, simplesmente por se direcionar somente para uma parte e não para o todo.

Conclui-se que uma gestão de qualidade que desde a sua concepção até a entrega que cumpre com tudo e tem um desenvolvimento de obra de alto padrão, deve ser realizado não somente nas partes gerenciais de “alta cúpula”, mas por todas as partes interessadas. Cada uma dessas partes deve ser capacitada comandar a sua área entendendo que o seu desenvolvimento culminará na próxima área, até que todos se encontrem na entrega do empreendimento. Somente com um planejamento estratégico que entende até aonde a empresa pode se comprometer e se desenvolver com o projeto, um planejamento tático que observa e direciona atentamente os parâmetros para uma construção de sucesso, sem atrasos problemas com escopo e gastos excessivos e um planejamento operacional que atua com firmeza e certeza na construção de toda obra, tendo total noção e entendimento de sua função no decorrer dos dias, utilizando com capacidade as ferramentas de gestão empregadas na construção, uma obra poderá ser entregue com qualidade.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Thaís da Costa Lago. Diretrizes para a gestão de fluxos físicos em canteiros de obras: proposta baseada em estudos de caso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 2000.

ANTUNES, Alexander Terra. *Gestão de Projetos: Como fazer na prática e de forma simples*. (p. 4). Me. Alexander Terra Antunes. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 10006 (2000): Gestão da qualidade: Diretrizes para a qualidade no gerenciamento de Projetos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 15575 (2013): Edificações habitacionais – Desempenho.

AVILA, Ticiano Camilo Frigo. Gestão de projetos na construção civil: Avaliação do processo em duas empresas construtoras de Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2010.

BORGES, Juliana Ferreira Barbosa. Gestão de Projetos na Construção Civil. Instituto de Pós-graduação – IPOG. Goiânia, Goiás, 2012.

CAMARGO, Robson. Gestão ágil de projetos: As melhores soluções para suas necessidades. São Paulo, 2020.

CANDIDO, Roberto. Gerenciamento de projetos / Roberto Candido... [et al.]. – Curitiba: Aymar, 2012. – (Série UFinova).

CHATFIELD, C.; JOHNSON, T. Microsoft® Project 2013 - Step by Step. Washington: Microsoft Press, 2013.

CHIAVENATO, I. Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

DAL MOLIN, Denise Carpena Coutinho; KULAKOWSKI, Marlova Piva; RIBEIRO, José Luis Duarte. Contribuições ao planejamento de experimentos em projetos de pesquisa de engenharia civil, Ambiente construído: revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre. vol. 5, n. 2 (abr./jun. 2005), p. 37-50.

DAYCHOUM, Merhi. 40+20 Ferramentas e técnicas de gerenciamento / Merhi Daychoum. Rio de Janeiro: Brasport, 2018.

DUARTE, Francisco. A complementaridade entre ergonomia e engenharia em projetos industriais. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, 2019.

FONSECA, Aline. GESTÃO DE PROJETOS | maio. 2019 | O gerente de projetos|. SINDILURB, 2019. Disponível em: <sindilurb.com.br/gestao-de-projetos-maio-2019-o-gerente-de-projetos/>

GEHBAUER, F. et al. Planejamento e gestão de obras: um resultado prático da cooperação técnica Brasil-Alemanha. Curitiba: CEFET-PR, 2002.

HERRERA, Fábio Justiniano; RODRIGUES, Danilo César. Gestão de projetos na construção civil. ETIC 2018 – Encontro de Iniciação Científica ISSN 21-76-8498, Centro Universitário Antônio Eufrásio de Toledo de Presidente Prudente. V.14, n. 14, 2018.

MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e Controle de Obras. São Paulo. Editora Pini (2010).

MOURA, Luiz Fernando. Excel para engenharia: Formas simples para resolver problemas complexos. Vol 1, 2007. 150 P.

NORO, Greice de Bem. Tomada de decisão em gestão de projetos: Um estudo realizado no setor de construção civil. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Ano 7, nº 4, out-dez/2012, p. 71-83.

O que é e como fazer diagrama de PERT. LUCIDCHART, 2022. Disponível em: <<https://www.lucidchart.com/pages/pt/o-que-e-como-fazer-diagrama-de-pert>> Acesso em: 14 de março de 2022.

OLIVEIRA, D. de P. R. de. Planejamento estratégico: conceitos, metodologia e prática. 25. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

Project Management Institute – (PMI), editor. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK) / Project Management Institute. Sexta edição. | Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017.

SILVA, Tássia Farssura Lima da. O processo de projeto no segmento de projetos industriais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014. 140p.

TÓFOLI E. T. Teorias da Administração I. 2013. Apostila da disciplina de Teorias da Administração. Centro Universitário Católico Salesiano *Auxilium* de Lins.

Introdução de métodos geofísicos no auxílio de mapeamento de áreas de risco

Érika Damazio da Silva¹; Manoel Isidro de Miranda Neto²; Vitor Souza Pontes³

¹ Geóloga, mestranda, ² Engenheiro Civil, Professor ³ Engenheiro Civil, mestrando

^{1,2,3}Universidade Federal Fluminense,

¹erikadamaziogeologa@gmail.com; ²manoel.isidro@gmail.com, ³vitorsouzapontes@gmail.com

Resumo - Este artigo tem como proposta apresentar um trabalho de pesquisa de natureza bibliográfica, através de análise sobre a adoção de medidas preventivas que possam contribuir ao mapeamento de risco a nível municipal, que é um fator fundamental para a redução de riscos de desastres, principalmente no que tange a desastres associados a movimentos de massa. A identificação e setorização de áreas suscetíveis a tais ocorrências contribuem para o município na prevenção, mitigação e preparação, por meio de ações que visem evitar ou minimizar o desastre, mitigando os impactos humanos, ambientais e materiais, além de contribuir para a resiliência local. O município de São Gonçalo, localizado na região metropolitana do Rio de Janeiro, será usado como exemplo devido apresentar um registro significativo de ocorrências de deslizamentos, em especial na localidade conhecida como morro do Feijão – Bairro Paraíso/Patronato, e por ser alvo de diversos estudos já realizados no local. Neste contexto, a necessidade de ampliação de meios que possam contribuir na identificação de locais suscetíveis a deslizamentos, introduz-se então os métodos geofísicos aos meios já utilizados, em grande maioria, pelas defesas civis municipais, mostrando a importância da análise detalhada da subsuperfície como auxílio no cruzamento de informações ao método de mapeamento de risco no âmbito da Defesa Civil. Os métodos geofísicos tais como, Radar de Penetração do Solo (GPR) e Eletroresistividade, são instrumentos que podem fornecer informações relevantes sobre subsuperfície, levando-se em consideração suas limitações, vantagens e desvantagens, e a importância do seu uso com o cruzamento de informações com outros métodos no detalhamento de determinada área.

(Palavras-chave: Geofísica, Movimento de Massa, Mapeamento de Risco.)

Abstract - This article proposes to present a research work of a bibliographic nature, through an analysis of the adoption of preventive measures that can contribute to the mapping of risk at the municipal level, which is a fundamental factor for the reduction of disaster risks, especially in what concerns with respect to disasters associated with mass movements. The identification and sectoring of areas susceptible to such occurrences contribute to the municipality in the prevention, mitigation and preparation, through actions aimed at avoiding or minimizing the disaster, mitigating human, environmental and material impacts, in addition to contributing to local resilience. The municipality of São Gonçalo, located in the metropolitan region of Rio de Janeiro, will be used as an example because it has a significant record of landslides, especially in the locality known as Morro do Feijão – Bairro Paraíso/Patronato, and for being the target of several studies already carried out in the place. In this context, the need to expand means that can contribute to the identification of sites susceptible to landslides, then geophysical methods are introduced to the means already used, in large majority, by municipal civil defenses, showing the importance of detailed analysis of the subsurface as assistance in crossing information to the risk mapping method within the scope of Civil Defense. Geophysical methods such as Ground Penetration Radar (GPR) and Electroresistivity are instruments that can provide relevant information on the subsurface, taking into account their limitations, advantages and disadvantages, and the importance of their use with the crossing of information with other methods in detailing a given area.

(Keywords: Geophysics, Mass Movement, Hazard Mapping.)

1 Introdução

O município de São Gonçalo, localizado no Estado do Rio de Janeiro, pode ser

destacado como um município marcado com eventos relacionados a movimento de massa que causaram grandes perdas. Segundo os dados da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de São Gonçalo (COMDEC-SG), o município apresenta em decorrência de suas características geomorfológicas, associado ao crescimento desordenado ao longo das encostas, influenciado também pelas ações antrópicas, registros de ocorrências significativas de desastres relacionados a deslizamentos, especialmente em dias de regime pluviométrico intenso, tendo como evidência o morro do Feijão – Bairro Paraíso/Patronato.

Os movimentos gravitacionais de massa têm sido objeto de amplos estudos nas mais diversas regiões, não apenas por sua importância como os agentes atuantes na evolução das formas de relevo, mas também em função de suas implicações práticas e de sua importância do ponto de vista econômico (GUIDICINI e NIEBLE, 1984).

A ocupação de encostas íngremes constitui grandes problemas para o município, devido aos riscos dos movimentos de massas como os ocorridos nos anos de 1982, 1987 e 2010 (LEMES, M. W, 2011). Sendo alvo de estudos diversos devido as suas características, como por exemplo um levantamento em forma de inventário realizado por SILVA, J.A (2006) das regiões suscetíveis a movimentos de massa no município, através da observação direta em campo, em que se constatou alguns indicadores de instabilidade, tais como: cicatrizes de escorregamento, descontinuidades, trincas, blocos de rochas instáveis, concentração de águas servidas e pluviais, presença de bananeiras e concentração de lixo.

A gestão do desastre em situações de emergências requer ações que envolvam o governo, organizações não governamentais, órgãos privados e a própria comunidade. Cabendo à Defesa Civil, fazer a interligação desses arranjos de forma a minimizar a redução das consequências decorrentes de eventos adversos, diminuindo com isso a vulnerabilidade das comunidades (OLIVEIRA, 2010).

O Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), segundo o Art. 8º da Lei nº 12.608/2012 (BRASIL, 2012), estabelece que, compete à União expedir normas para implementação e execução da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC); apoiar os Estados, o Distrito Federal e os Municípios no mapeamento das áreas de risco, nos estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre e nas demais ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação; fomentar a pesquisa sobre os eventos deflagradores de desastres, mitigando os impactos humanos, ambientais e materiais, além de contribuir para a resiliência local.

O Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), criado em 2019, atualmente é a pasta do governo federal com competência, dentre outras, sobre a Defesa Civil a nível nacional. Dentro de sua estrutura existe a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, representante do órgão central do SINPDEC previsto na PNPDEC como responsável por formular a PNPDEC, coordenar as ações de proteção e defesa civil em todo o território nacional, orientar o trabalho das Defesas Civis locais e incentivar a cooperação entre os diversos níveis de atuação.

A partir daí, é mister ponderar sobre quais ferramentas preventivas existem no

contexto de mapeamento de riscos, a fim de prevenir e minimizar os desastres predominantes que assolam um município, e buscar o aperfeiçoamento através de métodos que possam contribuir num maior detalhamento de áreas.

Este trabalho tem como proposta apresentar uma pesquisa de natureza bibliográfica, que visa mostrar os métodos geofísicos, em especial o Radar de Penetração no Solo (GPR) e Eletrorresistividade, suas principais aplicações, limitações e as potencialidades e características, técnicas e procedimentos adotados na aquisição e apresentação dos seus resultados.

Este artigo utiliza como exemplo o município de São Gonçalo devido ao seu histórico de ocorrência de deslizamento e o método de mapeamento já utilizado pela COMDEC-SG na classificação das áreas quanto ao grau de risco iminente a deslizamentos. Apresenta ainda os resultados obtidos através do uso dos métodos geofísicos em estudos de caso, mostrando o resultado de cruzamento de informações a outros métodos na investigação e detalhamento de uma determinada área.

2 Metodologia

A pesquisa teve como, base principal metodológica, a ampla consulta bibliográfica e documental, dos dados da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de São Gonçalo (COMDEC-SG), por meio de análise dos relatórios da COMDEC-SG de locais mais suscetíveis a movimentos de massa e de seus condicionantes, bem como dados das instituições responsáveis pela gestão de deslizamentos, o Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ), e ainda estudos realizados pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Faculdade de Formação de Professores (FFP). A partir do levantamento dos dados de ocorrências no município, a área que abrange os bairros do Paraíso/Patronato, na localidade do morro do Feijão, foi a área com o maior número de ocorrências deste seguimento, sendo utilizada neste artigo.

O objetivo deste artigo é analisar os métodos de mapeamento geofísicos existentes e verificar sua aplicabilidade como ferramenta de auxílio nas ações de prevenção na Coordenadoria Municipal de São Gonçalo, destacando a necessidade de novas propostas de mapeamento que possam contribuir nas ações da Defesa Civil quanto a delimitação de áreas com risco de deslizamentos.

1.1 Breve caracterização do município

O município de São Gonçalo localizado na região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, conta com uma área total de aproximadamente 248,160 km² (IBGE, 2019), apresenta uma população estimada em 1.038.031 habitantes (IBGE, 2019). Tem como limite, a Norte e a Leste, o município de Itaboraí, a Sudeste, o município de Maricá, ao Sul o município de Niterói e a Oeste a Baía de Guanabara (Figura 1). Atualmente São Gonçalo é constituído por cinco distritos municipais, sendo divididos num total de 90 bairros.

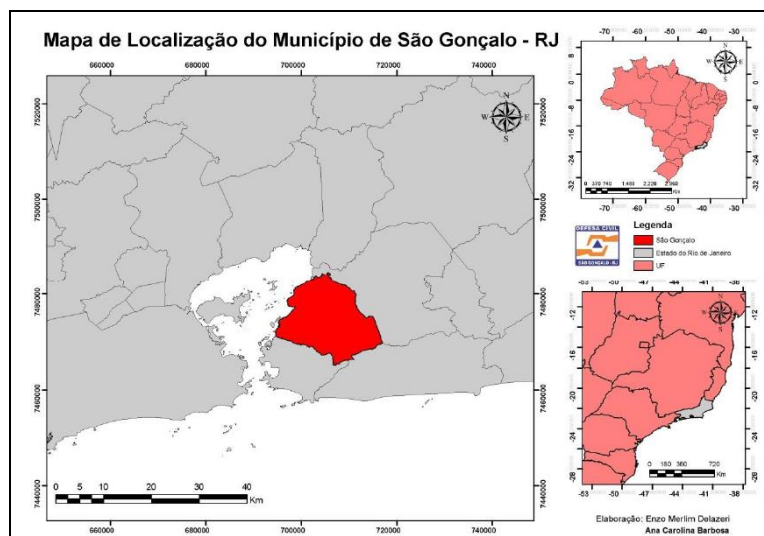


Figura 1 - Mapa de Localização do Município de São Gonçalo, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Fonte: Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de São Gonçalo, 2019.

O clima do município de São Gonçalo é tropical, com chuvas características de verão e invernos secos, assim como toda a região da Baía de Guanabara o município possui microclima típico de região litorânea, sendo influenciado por sua proximidade com o mar, a topografia e cobertura vegetal.

Localizado da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (RH-V), o município foi caracterizado segundo Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR), em dez bacias hidrográficas, dividido em 8 bacias e 2 sub-bacias, dentre as quais são as bacias dos rios: Alcântara, Imboaçu, Aldeia, Canal do Porto do Rosa, Bomba, Pedrinhas, Brandoas, Marimbond e as sub-bacias dos rios Goiana e Guaxindiba.

O município apresenta relevo constituído de cinco unidades principais distintas: Serras Escarpadas e Serras Isoladas, Morros, Colinas, Planícies Fluviais e Planícies Flúvio-Marinhas. Além de ser composto por maciços, tabuleiros e planícies costeiras, cerca de 35% da área total do município é formado por colinas. As declividades das encostas são superiores a 30% na parte de serras e morros (BERTOLINO L. C. et al., 2015).

O processo de urbanização e o desmatamento acarretam um desequilíbrio no ambiente, tendo como resultado o aumento do escoamento superficial das águas, assoreamento dos rios, a erosão do solo e a diminuição da evapotranspiração. A distribuição da cobertura vegetal compreende dois tipos distintos de formação: as áreas das formações pioneiras, com influência flúvio-marinha (manguezais) e as áreas de vegetação secundária, originalmente ocupada pela Mata Atlântica (floresta ombrófila).

O contexto geológico baseado no mapeamento realizado pelo DRM-RJ (GEOSOL/DRM-RJ, 1980), o município está inserido na Folha Baía de Guanabara, e é constituído pelas Unidades Pré-cambrianas, Gnaiss Facoidal, Cassorotiba, Santo Eduardo e São Fidelis, pela Unidade Terciária, Formação Barreiras, e pelas Unidades Sedimentares Quaternárias.

Já o contexto geológico-geotécnico apresenta o tipo mais comum a deslizamentos de solo em taludes escavados ou naturais, relacionados à erosão hídrica, ocupando 81% das ocorrências e apenas 8% são representados por queda de blocos ou deslocamento de lascas rochosas. Os deslizamentos em solo residual têm um controle estrutural bem nítido em alguns morrotes ondulados com perfil espesso de intemperismo. Segundo resultados das cartas geotécnicas e de aptidão urbana elaborada pelo DRM- RJ para o município de São Gonçalo, são identificados afloramentos rochosos indistintos, solos rasos sobre rocha, solos residuais espessos e depósitos de tálus.

1.2 Gestão de risco de desastres

As classificações de gestão de desastres diferenciam sua origem quanto em sua causa, dividindo-se em duas categorias: “desastres naturais”, que têm como causa um fenômeno natural, na maioria das vezes de grande intensidade, agravado ou não pela atividade humana, e “desastres humanos ou antropogênicos”, que resultam de ações ou omissões humanas, estando associados às ações do homem, como agente ou autor (TOMINAGA, SANTORO e AMARAL, 2009).

Quando há um adensamento destas áreas por moradias precárias, os desastres associados aos escorregamentos e inundações assumem proporções catastróficas causando grandes perdas econômicas e sociais (FERNANDES et al, 2001; CARVALHO E GALVÃO, 2006; TOMINAGA, 2007). Este fato é também corroborado por Maffra e Mazzola (2007) que observaram que no Brasil há uma estreita relação entre o avanço da degradação ambiental, a intensidade do impacto dos desastres e o aumento da vulnerabilidade humana.

O Sistema de Proteção e Defesa Civil define que compete aos municípios executar a PNPDEC, deste modo, foi estabelecido ao município de São Gonçalo, instituída pela Lei Municipal nº 054/2007, publicada em 06 de julho de 2007 e regulamentada pelo Decreto Municipal nº 247/2008, publicado em 29 de agosto de 2008, medidas que visassem a redução do risco de desastres. Neste contexto, o mapeamento torna-se essencial e imprescindível, a referida lei preceitua ser “dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre” (Art. 2º, caput).

O Ministério das Cidades instituiu em 2003 o Plano Municipal de Redução de Risco – PMRR, a fim de ser uma ferramenta de diagnóstico e mapeamento das áreas de risco, além de propor medidas estruturais para a redução de desastres, com a respectiva estimativa de custos e os critérios de priorização. O PMRR é um instrumento de planejamento que visa promover o diagnóstico quanto ao risco de desastre, bem como propor ações para reduzi-lo, sendo um importante aliado na política municipal de gestão de risco.

Em efeito para tal, o Ministério das Cidades em 2007, através do IPT, adaptou a metodologia adotada pela UNDRO – United Nations Disaster Relief Organization (Organização das Nações Unidas para o Socorro em Desastres), instituição integrante da ONU, sendo elaborado o manual de Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios, tendo como objetivo de estimular o desenvolvimento de um diagnóstico simples, comum e

unificado na identificação das áreas de risco.

O manual tem como proposta hierarquizar graus de probabilidade de risco voltados para áreas geológico-geotécnicas ou hidrológicas, em R1 – Baixo ou sem risco, R2 – Médio, R3 – Alto e R4 – Muito Alto. As hierarquizações são baseadas nos condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes, tais como sinal/feição/evidência(s) de instabilidade, e se são mantidas as condições existentes, a provável ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas. Além de descrever três importantes tipos de mapeamentos como o mapa de inventário, o mapa de suscetibilidade e o mapa de risco.

1.2.1 Medidas Preventivas: monitoramento e mapeamento

O processo de urbanização traz como uma de suas características negativas um aumento real de quantidade de pessoas que vivem em áreas consideradas de risco de movimentos de massa, especialmente, deslizamentos, situação mais frequente em áreas metropolitanas (BRASIL, 2007, SCHÄFFER et al., 2011; ALVES, 2016).

A COMDEC-SG dispõe de uma gestão baseada em ações não estruturais cujo objetivo é a prevenção de desastres, mobilizando a população a partir de intervenções de caráter informativo e educacional, promovendo o diagnóstico quanto ao risco de desastre, bem como propondo ações para reduzi-lo, através de ações de minimização de desastres, tais como projetos de Formação de Voluntários, Defesa Civil na Praça, Defesa Civil nas Escolas, NUDEC (Núcleo Comunitário de Defesa Civil), levando informações, e instruções gerais a população.

O município conta ainda com monitoramento meteorológico, e Sistema IDAP (Sistema de Interface de Divulgação de Alertas Públicos), coordenado pelo Ministério da Integração, com informações de alerta via SMS (Serviço de Mensagens Curtas) pelo número 40199, com o intuito de alertar a população sobre as condições meteorológicas, prevenindo e orientando quanto aos procedimentos que devem ser adotados diante do risco de inundações, alagamentos, temporais ou deslizamentos de terra, entre outras ocorrências.

O sistema de alerta e alarme no município é contemplado por 10 pluviômetros automáticos do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), e outros 11 instalados no município, totalizando 21 pluviômetros, além de 25 sirenes em locais sujeitos a deslizamento, sendo 8 com pluviômetros acoplados. Ainda contam com 3 estações hidrometeorológicas do INEA (Instituto Estadual do Meio Ambiente) que fazem o monitoramento das chuvas e dos níveis dos rios críticos.

O mapeamento é realizado a partir de etapas de pré-campo, campo, pós-campo. Sendo caracterizada pelo reconhecido histórico de atendimentos/ocorrências de movimentos gravitacionais de massa, existência de relatórios de área; utilização de bases cartográficas e topográficas que permitem uma interpretação prévia das características geomorfológicas, definição das estratégias durante o campo e escolha das áreas a serem mapeadas, tendo como base o manual de Mapeamento de Riscos de Encostas e Margem de Rio disponibilizado pelo Ministério das Cidades no ano de 2007.

1.3 Métodos geofísicos

Os métodos geofísicos são amplamente utilizados na geologia de engenharia por serem ensaios de rápida execução, de maior amplitude da cobertura dos levantamentos e sem a

perturbação do meio físico (KEAREY et al., 2002). A relação de diferentes métodos geofísicos, combinado com a geologia e geotecnia, bem como a chamada interpretação conjunta de técnicas são de importância essencial para o reconhecimento da subsuperfície (FOTI, 2013).

No entanto, toda a inclusão de ensaios geofísicos, deve ser precedida de análise quanto à natureza do problema, relação custo/benefício, topografia e dados pré-existentes, para que possa ser utilizada como complementação de outras atividades de investigações ou caracterização de uma determinada área.

A aplicação dos métodos de geofísica como o Radar de Penetração no Solo (Ground Penetrating Radar – GPR) e Eletrorresistividade sob o ponto de vista de mapeamento de risco podem ser favoráveis ao conhecimento e delimitação detalhada de determinado local.

1.4 Método radar de penetração no solo ou ground penetrating radar (GPR)

Os métodos geofísicos de GPR, chamado ainda de Georadar (Figura 2), baseia-se na propagação de ondas eletromagnéticas, muito usado na geofísica rasa, trabalha com altas frequências (10-2500 MHz). Utilizado para a caracterização de propriedades das rochas e estruturas a pequenas profundidades com uma grande resolução, são bastante usados em geofísica, geologia, hidrogeologia, mineração, engenharia civil e arqueologia. Estas ondas sofrem reflexão, refração e difração de fenômenos quando em contato com interfaces entre materiais ou objetos com diferentes propriedades eletromagnéticas, fornecendo informações detalhadas sobre a composição das estruturas em estudo. Esse método tem aplicação na engenharia geotécnica na localização de fraturas e cavidades, localização de objetos enterrados; localização e delimitação de plumas de contaminação e corrosão.

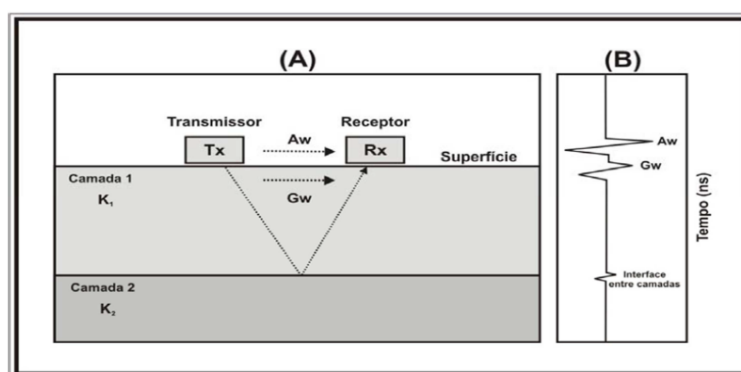


Figura 2 - (A) Princípio do funcionamento do método GPR considerando um ambiente composto por duas camadas. (B) Traço contendo os registros. Fonte: Vieira, 2014.

1.4.1 Método de Eletrorresistividade

No método eletrorresistivo quando ocorre a excitação num substrato rochoso através de campos elétricos artificiais criados pela injeção no solo de uma corrente elétrica contínua ou de

frequência muito baixa, é realizada a medida da diferença de potencial entre dois pontos. Os parâmetros elétricos de solos e rochas, como condutividade, resistividade, potencial espontâneo e polarização, auxiliam na investigação geológica de subsuperfície.

A resistividade de uma rocha é medida a partir da dificuldade de transporte de cargas livres pelo meio, que corresponde ao inverso da condutividade. É um parâmetro aplicável para a caracterização dos materiais geológicos, em termos de alteração, fraturamento, saturação, contatos litológicos, espessura dos estratos, profundidade do embasamento e profundidade do nível d'água. Os solos e rochas que possuem condutividade elétrica são indicativos de decrescente quantidade de água, da natureza dos sais dissolvidos e da porosidade total comunicante. Praticamente, todas as rochas possuem poros em proporção maior ou menor, os quais podem estar ocupados, totais ou parcialmente, por eletrólitos, sendo um dos principais o cloreto de sódio (NaCl). Essas rochas em conjunto se comportam como condutores iônicos, de resistividades muito variáveis (BRAGA, 2006).

O uso do método da eletrorresistividade irá efetuar medições sobre um meio homogêneo e sobre um meio heterogêneo (Figura 3), pois o campo elétrico deverá sofrer modificações em função desta heterogeneidade dos materiais geológicos.

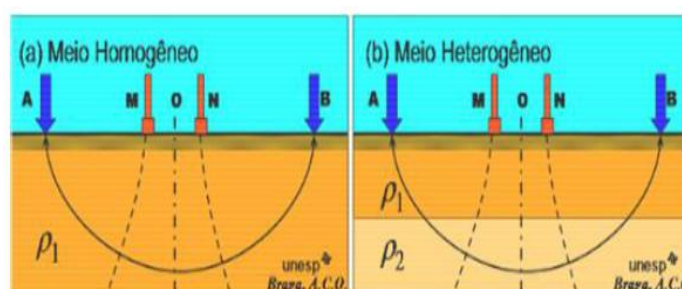


Figura 3 - (a) Meio Homogêneo. (b) Meio Heterogêneo. Fonte: Braga 2016.

O solo por ser um meio não homogêneo apresentará uma resistividade aparente, que é definida como a resistividade elétrica de um meio homogêneo que, substituindo um meio heterogêneo, provocaria as mesmas reações elétricas observadas nas mesmas condições geométricas dos eletrodos (SATO, 2002).

Os alvos das pesquisas geofísicas são justamente as variações nas distribuições de resistividade do substrato, e assim o fluxo de corrente faz um caminho pelo subsolo no qual atravessa diversas camadas geoeletricas com resistividades diferentes. O potencial medido não é devido à passagem da corrente por um único meio de resistividade, mas sim é equivalente a passagem da corrente por um meio da resistividade, que não está diretamente ligada a uma camada, mas sim ao conjunto de camadas no caminho da corrente injetada, por isso o termo resistividade aparente.

Segundo Sato (2002), a forma como os eletrodos de corrente (A e B) e os eletrodos de potencial (M e N) são dispostos nos ensaios geoeletricos, tem-se o nome de arranjo. Os arranjos de eletrodos mais utilizados são: Wenner, Schlumberger e Dipolo-Dipolo. No entanto, neste artigo serão descritos apenas os arranjos Schlumberger e o Dipolo-Dipolo.

As duas técnicas são básicas para aplicação do método, sendo destinada a exploração horizontal/lateral, o Caminhamento Elétrico – CE, e a Dipolo-Dipolo e outra, destinada a investigação vertical, a Sondagem Elétrica Vertical – SEV, Schlumberger.

Os dois métodos permitem determinar as camadas de cobertura, presença de blocos, posição da rocha, planos preferenciais para escorregamentos, o nível do lençol freático e o sentido preferencial do fluxo subterrâneo.

O arranjo Dipolo- Dipolo (figura 4 (a)) é certamente o de uso mais difundido dentre os diversos arranjos existentes, sendo largamente utilizado para diversos fins como a mineração, prospecção de água subterrânea, estudos ambientais e geologia de engenharia, (GANDOLFO, 2007).

Segundo Gallas (2000), a grande vantagem da utilização do Arranjo dipolo-dipolo é o fato de se tratar de um arranjo simétrico, sendo mais fácil a interpretação de uma pseudo-seção, principalmente para se determinar com segurança a posição de uma anomalia. Outra vantagem em termos práticos é a facilidade operacional em campo, além de apresentar uma boa resolução lateral (horizontal).

Entretanto, uma grande desvantagem do dipolo-dipolo é a baixa razão sinal/ruído verificada principalmente quando se torna grande a separação entre os pares de dipolos, ou seja, valores elevados da separação constante. Zhou e Dahlin (2003) concluíram que o dipolo-dipolo é o arranjo mais sensível a erros quanto à separação entre eletrodos, pois o fator geométrico devido a esse tipo de erro é proporcional.

A sondagem elétrica vertical (SEV) é aplicada quando se deseja uma informação pontual da variação vertical da resistividade. O arranjo de campo denominado Schlumberger (figura 4 (b)) disponibiliza os eletrodos de corrente de forma regular e simetricamente expandidos com relação ao ponto investigado, Apparao (1991). Os valores de resistividade aparente são calculados fornecendo a curva de resistividade aparente, onde resultados possibilitam a associação das camadas geoeletricas à estratos geológicos – variação do perfil litológico.

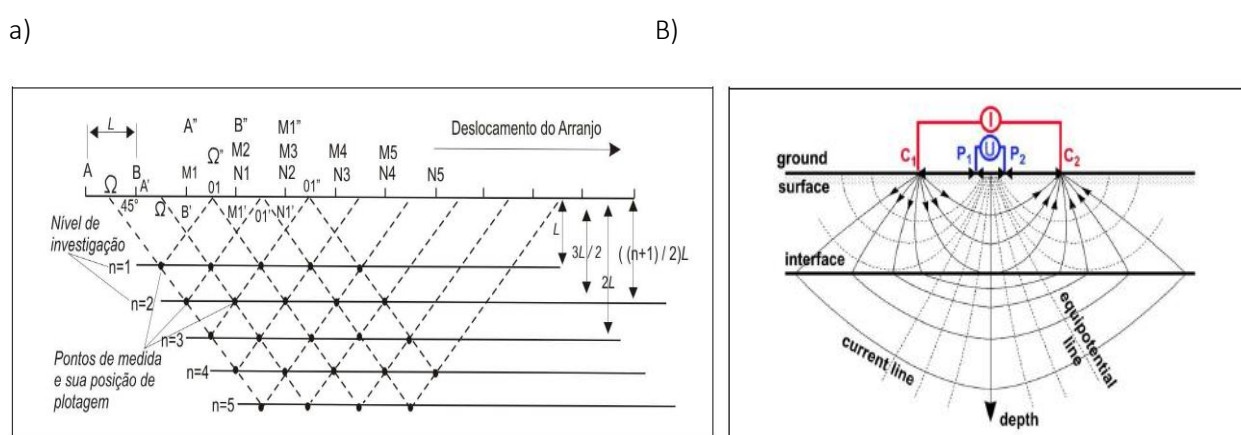


Figura 4 – (a) Arranjo Dipolo-Dipolo com diferentes profundidades de investigação. (b) Modelo de Schlumberger. Fonte: Gallas, 2000 e Modificado Elis

2 Resultados

2.1 Ameaças Naturais no morro do Feijão

O morro do Feijão, localizado nos bairros Paraíso/Patronato, apresenta um histórico de ocorrência de deslizamentos bastante significativo nos arquivos da COMDEC-SG. Caracterizado por uma área de ocupação consolidada, com imóveis assentes no topo, meio e base da encosta (Figura 5). A ocupação de encostas íngremes constitui grandes problemas para o município, devido aos riscos dos movimentos de massas como os ocorridos em 1982, 1987, 2010 e o mais recente em 2020.

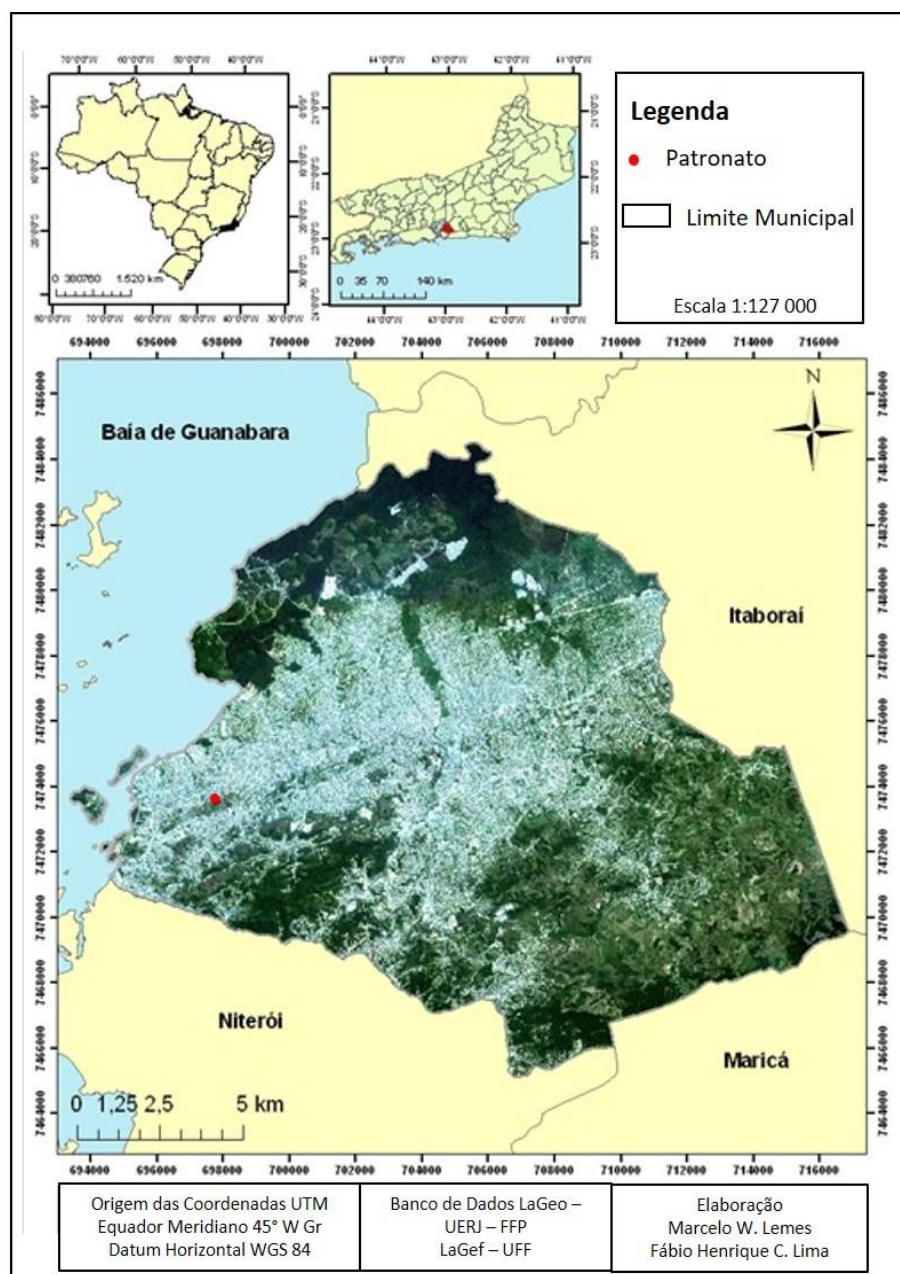


Figura 5 - Mapa de localização do morro do Feijão (Bairro Paraíso/ Patronato). Fonte: Lemes, M.W, 2011

Segundo Bertolino, L. C. et al., (2015), foi feito um estudo de levantamento e análise dos dados de boletins de ocorrência da Defesa Civil de São Gonçalo sobre os movimentos de massa entre o

período de 1995 a 2010 em todo município. Tal estudo foi realizado pelo Laboratório de Geociências da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), por, e a partir de trabalhos de campo e levantamento na imprensa, conseguiram georreferenciar e registrar 474 eventos, os quais foram classificados como: deslizamento de encosta (342) e deslizamento de blocos (132), e constatou-se que grande parte dos deslizamentos de encosta estavam relacionados a solos residuais e em menor proporção a depósitos de tálus/colúvio (Figura 6). Destaca-se que a motivação para os estudos foi devida o município ser alvo de constantes ocorrências ao longo dos anos.

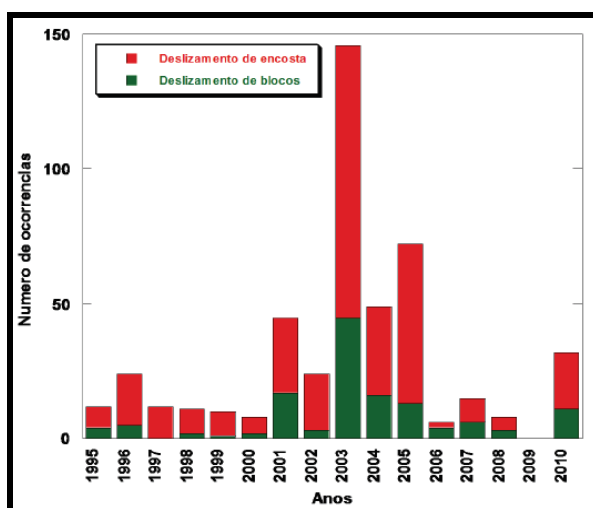


Figura 6 - Distribuição dos deslizamentos de encosta e dos deslizamentos de blocos no município de São Gonçalo durante o período de 1995 a 2010. Fonte: Bertolino, L. C. et al., (2015)

No ano de 2010, em chuvas que ocorreram nos meses de janeiro e abril, a área do morro do Feijão ficou caracterizada por desastres resultantes de deslizamentos que trouxeram grandes danos aos moradores locais, como perdas de bens materiais e óbitos. Segundo os dados da COMDEC, devido ao ocorrido foram interditados mais de 100 imóveis, deixando 134 pessoas desalojadas, 200 pessoas desabrigadas e registrando 16 óbitos.

Os eventos em 2010 desencadearam estudos realizados pelo corpo técnico do DRM-RJ, TWG e professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) para melhor caracterização do tipo de deslizamento e detalhamento das feições geológicas na cicatriz (Figura 7). Entre os estudos, destaca-se uma vistoria culminou na identificação de três setores afetados e com risco remanescente a novos processos desse seguimento (Figura 8). As áreas foram classificadas em duas categorias: área de alto risco de deslizamento e área de risco da ocorrência.



Figura 7 - Detalhamento das feições geológicas na cicatriz do deslizamento e da delimitação de área de risco iminente. Foto enviada à Defesa Civil Municipal de São Gonçalo, como delimitação das áreas de interdição imediata e urgente, em 05.05.2010. Departamento de Recursos Minerais (DRM-RJ) - Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2010

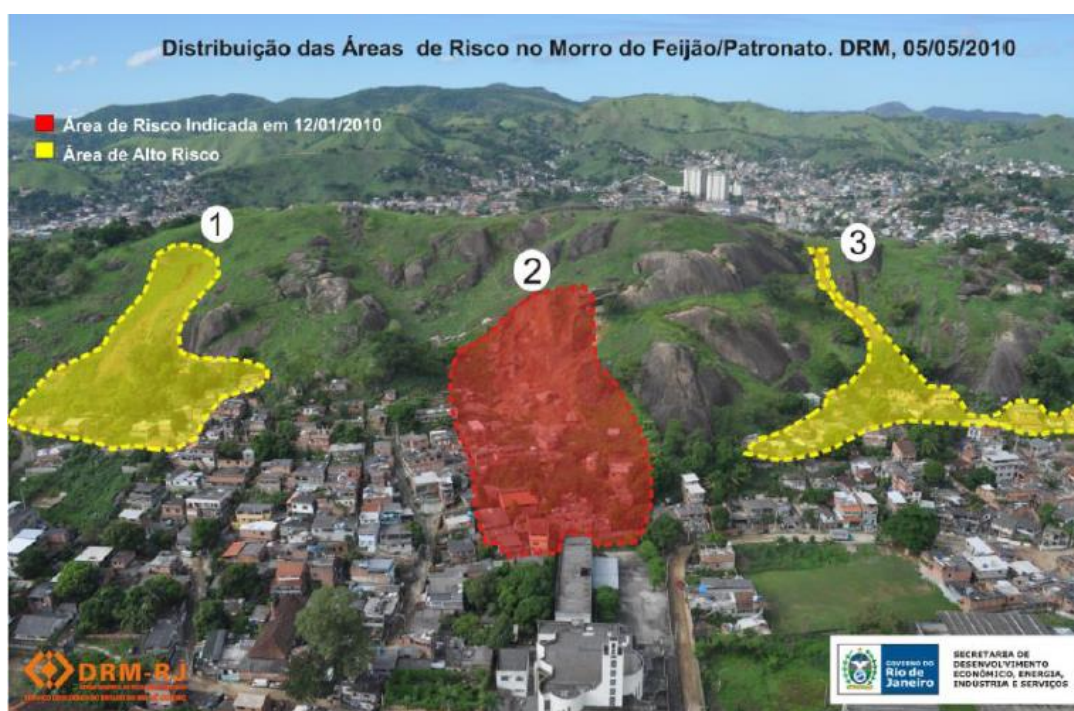


Figura 8 - Delimitação dos setores de risco no morro do Feijão. Foto enviada à Defesa Civil Municipal de São Gonçalo, como delimitação das áreas de interdição imediata e urgente, em 05.05.2010. Foto enviada à Defesa Civil Municipal de São Gonçalo, como delimitação das áreas de interdição imediata e urgente, em 05.05.2010. Departamento de Recursos Minerais (DRM-RJ) - Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2010.

No bairro Paraíso, no mês de novembro de 2020, ocorreu um deslizamento de solo da encosta, cuja massa mobilizada atingiu os fundos de 3 imóveis, causando o desabamento total e parcial, tendo como consequência 1 óbito (Figura 9), segundo dados da COMDEC-SG, 2020.



Figura 9 – Fotos do deslizamento no bairro Paraíso 2020. Fonte: Coordenadoria Municipal de Defesa Civil.

2.2 Utilização dos métodos GPR e Eletorresistividade

Os métodos geofísicos constituem-se como um excelente instrumento de diagnóstico, principalmente se combinados a outros métodos de investigação e a um conhecimento prévio da geologia regional. A análise de estudos de caso da aplicação dos métodos de geofísica como o Radar de Penetração no Solo (Ground Penetrating Radar – GPR) e Eletorresistividade podem ajudar sob o ponto de vista de sua aplicação quando o mesmo for utilizado em algum tipo de investigação.

O mapeamento prévio do local para a aplicação do método geofísico contribui para cruzar informações detalhadas que facilitarão na interpretação dos dados obtidos pela escolha e uso do método. Essa prática acaba diluindo informações na interpretação geológica e geotécnica, servindo como suporte ainda confecção de um produto final, como um relatório descritivo da área, que contenha informações detalhadas visando melhorar o processo de caracterização do local.

Através de pesquisas bibliográficas, foi feito uma análise dos resultados de estudo de caso da aplicação do método de GPR na estabilidade de dois taludes localizados na Região Metropolitana de Belo Horizonte – MG, denominados de Planetóides e Rio Acima; e o estudo de caso do método de Eletorresistividade aplicado no talude situado na Rua Barão de Geremoabo, entre a Escola Politécnica no bairro da Federação e o Campus Universitário de Ondina da Universidade Federal da Bahia. Ambos os levantamentos, por meio de conhecimento prévio da geologia regional, juntamente com informações de outras investigações geológicas e geotécnicas realizadas, permitiram uma boa integração dos dados geológicos e geofísicos dos locais escolhidos. Tal integração possibilitou na identificação dos principais fatores de condicionantes e mecanismos de ruptura atuantes, quando possível, em cada um dos taludes estudados.

Na aplicação do método de GPR para analisar a estabilidade de dois taludes localizados na Região Metropolitana de Belo Horizonte – MG, foram realizados estudos geotécnicos antes da utilização do método, sendo descrito a litologia e as discontinuidades, que contribuíram e orientaram na definição do tipo de estrutura, traçado das linhas e o tipo de material a ser investigado. Na investigação com o uso do método foi possível determinar a geometria, espessura e traçado das superfícies de rupturas (superfícies planares ou circulares) nos depósitos de tálus e maciços rochosos; sendo identificada a intensidade, profundidade e definição da geometria dos blocos fraturados, e a influência das discontinuidades que pudessem favorecer na percolação da água e a degradação do maciço rochoso.

O método da eletrorresistividade foi utilizado para analisar a estabilidade de um talude situado na Rua Barão de Geremoabo, da cidade de Ondina – Bahia, tal estudo permitiu identificar os principais parâmetros dos processos de formação dos movimentos de massa, a espessura da cobertura e nível da zona saturada, sendo possível realizar o cruzamento de informações, com os dados de investigação através do método de Sondagem a Percussão (SPT) realizado no local. Destaca-se que o método apresentou limitações que devido à falta de refinamento das informações, impediu que pudesse ser sugerido um plano superficial de deslizamento nos caminhos elétricos percorridos, e a quantidade de dados do SPT não foram suficientes para tal delimitação.

Desta forma, embora os dois métodos tenham utilizado ferramentas de cruzamento para auxiliar na interpretação dos dados, como o ensaio de SPT na eletrorresistividade e a descrição litológica e das discontinuidades no método de GPR, o estudo de caso com o uso do GPR, se mostrou mais eficiente nesta análise, salientando assim que os métodos geofísicos apresentam limitações, possuindo suas vantagens e desvantagens, sendo necessária uma análise prévia da área, identificando as possíveis limitações. Desta forma, torna-se imprescindível todo o planejamento adequado na aplicação de qualquer método escolhido, que podem influenciar a obtenção de dados durante um levantamento.

A adaptação de uma planilha do livro Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE (1998) e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – Norma Técnica Brasileira - NBR 15935, 2011) contendo algumas aplicações do método de Eletrorresistividade (Caminhamento Elétrico e Sondagem Elétrica Vertical) e Radar de Penetração (GPR), contribuiu na análise dos tipos de levantamentos geofísicos, mostrando o seu principal uso em determinadas situações, bem como a utilizados para diversos fins (Tabela 1).

De acordo com o tipo de investigação, a planilha apresenta os métodos mais aplicáveis, suas limitações e potencialidades, sendo caracterizados como: 0 - Não aplicável; 1 - Uso restrito; 2 - Usado, porém com algumas limitações; 3 - Excelente potencial, com algumas limitações; 4 - Larga aplicação.

PRINCIPAIS APLICAÇÕES DOS MÉTODOS GEOFÍSICOS			
APLICAÇÃO	SONDAGEM ELETRICA VERTICAL (SEV)	CAMINHAMENTO ELÉTRICO (CE)	RADAR DE PENETRAÇÃO NO SOLO (GPR)
Estratificação de materiais geológicos	3	3	4
Profundidade do topo rochoso	4	2	4
Profundidade do nível d'água	4	4	3
Identificação de zonas de falhas	2	4	3
Identificação de zonas de fraturas	2	4	3
Detecção de cavidades	2	4	3
Sentido de fluxo de água subterrânea	2	3	1
Análise de escorregamento	0	1	2
Caracterização de litologias	4	3	3
Integridade da estrutura e zoneamento do maciço	0	1	4
Detecção de poluentes	0	1	3
Localização de objetos enterrados, cabos, dutos etc.	1	2	4
Localização de paleocanais	1	2	3
Mapeamento de contato geológico	4	3	2
Mapeamento de diques	3	4	2

Tabela 1 - Algumas aplicações do método de Eletorresistividade (Caminhamento Elétrico e Sondagem Elétrica Vertical) e Radar de Penetração (GPR). Adaptação do livro Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE (1998) e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – Norma Técnica Brasileira - NBR 15935, 2011). Fonte: Adaptação do livro Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE (1998) e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – Norma Técnica Brasileira - NBR 15935, 2011)

O GPR apresenta vantagem sobre outros métodos geofísicos devido à rapidez com que ele fornece resultados, preserva a integridade da estrutura avaliada, fornece dados sob a forma de imagem continua do perfil investigado. A sua aquisição é simples e rápida, podendo detectar corpos enterrados em tempo real direto em campo e em processamentos mais completos. O seu fator limitante é a capacidade de alcançar grandes profundidades atingindo no máximo até 70 metros em boas condições, outros fatores limitantes são as características da região como relevo e mata fechada, fontes e ruídos eletromagnéticos tais como poste de iluminação, torres de alta tensão, cercas metálicas, antenas de rádio, etc. Destaca-se que alguns aspectos devem ser analisados antes da aplicação do GPR, como se o ensaio realmente será efetivo na identificação dos objetivos e se há fatores limitantes que possam impedir a sua realização. Há também evidências de que alguns fatores possam limitar o uso do radar, como a profundidade, a presença de argila e também a rugosidade da superfície de aquisição, fatores estes que interferem nos resultados de uma forma indesejada (ARANHA et al., 1999).

No caso da sondagem elétrica vertical, entre suas vantagens destaca-se a precisão satisfatória dos dados, custos reduzidos, ausência da necessidade de perfuração do subsolo em termos de profundidade de investigação, impactos ambientais reduzidos e pouca sensibilidade a ruídos provocados por instalações elétricas. No entanto, para que os resultados obtidos apresentem uma boa qualidade, se faz necessário que as investigações sejam realizadas em terrenos compostos por camadas lateralmente homogêneas em relação ao parâmetro físico estudado, e limitado por planos paralelos à superfície do terreno, ou seja, um meio estratificado.

De acordo com (LOKE, 1999), a grande limitação da técnica de sondagem elétrica vertical é que esta não leva em consideração as variações laterais da resistividade em subsuperfície. Podendo com isso ocasionar em erros, gerando resistividades ou espessuras diferentes no modelo de resistividade interpretada. Entre as desvantagens estão as limitações para o desenvolvimento do arranjo (AB), devido aos espaços disponíveis dos locais de ensaios, as fugas de corrente no circuito (AB) e perda de resolução de camadas poucas espessas que não serão identificadas em grandes profundidades.

3 Conclusões

Em se tratando de movimentos de massa, a busca por estudos para fornecer um maior detalhamento das superfícies e subsuperfícies, é algo cada vez mais necessário, principalmente diante de desastres deste seguimento, o que pode se ver como no município de São Gonçalo, caracterizada por eventos que trouxeram grandes consequências negativas para a população. A escolha da área serve como gatilho, diante do histórico de deslizamento no morro do Feijão e aos estudos realizados no local por outros órgãos e universidade, que indicam a necessidade de se buscar novos meios que possam contribuir numa melhor caracterização do local.

O trabalho abordou dois métodos geofísicos através de estudos de casos, os resultados obtidos e suas limitações. Discutiu-se as limitações e as potencialidades de cada um dos métodos apresentados, Radar de Penetração no Solo (GPR) e Eletorresistividade, as principais características dos equipamentos comumente empregados, assim como as técnicas e procedimentos adotados na aquisição e apresentação dos seus resultados.

Este artigo teve como proposta apresentar um trabalho de pesquisa de natureza bibliográfica, cujo objetivo era mostrar de maneira simplificada o diagnóstico do subsolo através dos métodos geofísicos, como forma de agregar dados aos métodos de mapeamento de risco existentes, cruzando informações obtidas em qualquer tipo de investigação, cujo propósito é identificar e mapear as áreas de risco de desastres, no intuito de reduzir consequentemente o risco de desastres, contribuindo para a resiliência local, e buscando a conformidade com o Sistema de Proteção e Defesa Civil, segundo o Art. 8º da Lei nº 12.608/2012 (BRASIL, 2012), tendo como exemplo o mapeamento de risco utilizado pela COMDEC-SG.

Diante desta perspectiva, sugerem-se trabalhos futuros com a aplicação de um dos métodos geofísicos (GPR ou Eletorrestividade), devendo ser levantado todas as possíveis limitações que poderiam prejudicar o objetivo da investigação; assim como um mapeamento prévio da área, que podem auxiliar na escolha do método e na interpretação pós levantamento do método escolhido. Vide exemplo o que foi identificado no estudo de caso do método de GPR, bem como o uso de outros métodos de investigação, como foi o caso da eletorrestividade com o cruzamento de informações através de método de Sondagem a Percussão (SPT).

Vale lembrar, que o método de mapeamento atualmente utilizado pela COMDEC-SG é baseado somente na confecção dos mapas de risco a partir dos estudos de mapeamento das áreas, levando-se em conta a suscetibilidade do terreno e a vulnerabilidade apresentada, que permitem elaborar um produto final de uma carta de risco a deslizamento, delimitando e classificando-as através de polígonos quanto ao grau de risco.

Em linhas gerais, conclui-se que os dados obtidos nos métodos geofísicos são essenciais para a investigação da subsuperfície no reconhecimento da área, no entanto, a sua necessidade de cruzamento com informações adicionais são fatores primordiais num determinado estudo, pois possibilitarão uma melhor definição de grandes feições, como contatos geológicos, zonas de fratura e profundidade do topo rochoso, identificação de presença de blocos, nível freático, que são aspectos fundamentais no detalhamento e interpretação das características de uma determinada área e que seriam essenciais nas ações de prevenção quanto ao risco de movimento de massa.

Sugere-se ainda que, devido à falta de viabilidade financeira da Defesa Civil de São Gonçalo, o que impossibilitaria o avanço para tal estudo, uma parceria com as Universidades Públicas locais, como a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) que já realizou estudos anteriormente, e verificar ainda em outras universidades e órgãos que apresentam equipamentos, laboratórios técnicos, locais adequados ao armazenamento dos equipamentos e processamento dos dados pós campo, e que normalmente conta com corpo técnico qualificado para manuseio e que possa contribuir na interpretação dos dados.

Por fim, o trabalho apresenta a importância do estudo da possível viabilidade do uso dos métodos geofísicos, pois resultarão dados mais detalhados das áreas mapeadas contribuindo a Defesa Civil na identificação de setores de risco, como contribuir também no planejamento de projetos aos demais órgãos envolvidos, na realização de obras de contenção e/ou estabilidade e drenagem, e na orientação do planejamento urbano do município, através de um conhecimento mais amplo das áreas quanto ao risco de deslizamento. Destaca-se que o levantamento geofísico não dispensa a necessidade de outras ferramentas auxiliares, e seu uso serve como forma de agregar informações no aperfeiçoamento dos dados obtidas em qualquer outro estudo.

4. Referências

ABGE Livro: Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. Cap.9, p.131 -152.

ALVES, H.R. A gestão de riscos naturais no Brasil: face as mudanças sociais e ambientais desencadeadas pelo processo de urbanização. 1.ed. Curitiba: Editora Prismas, 2016, 223 p.

APPARO, A. (1991) Geoelectric Profiling. Geoexploration. Elsevier Science Publishers B.V. Vol. 27, Amsterdam, 351-389.

ARANHA, P.R.A.; Augustin, C.H.R.R. e Botelho, M.A.B. (1999). The use of Ground Penetrating Radar (GPR) to Access Subsurface Structures near a Hollow with a Gully, Gouveia, MG-Minas Gerais. Regional Conference on Geomorphology (IAG-UGB), p.67, Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – Norma Técnica Brasileira - NBR 15935, 2011)

BERTOLINO, A. V. F. A., et.al., 2007. Análise da Dinâmica Climatológica no Município de São Gonçalo/RJ: Triênio 2004-2007. Ano IV, nº. 2.

BERTOLINO, L.C.; Bertolino, A.V.F.A.; Lemes, M.W.; Merat, G.S. Análise dos deslizamentos em São Gonçalo – Rio de Janeiro: uma abordagem multi-escalar. Geografias, Belo Horizonte, Edição Especial, 2º/2015,2015.

BRAGA, A. C. d. O. (2006) Métodos da eletrorresistividade e polarização induzida aplicados nos estudos da captação e contaminação de águas subterrâneas: uma abordagem metodológica e prática.

CARVALHO, C. S. E Galvão, T. 2006. Ação de Apoio à Prevenção e Erradicação de Riscos em Assentamentos Precários. In: BRASIL. Carvalho, C. S. e Galvão, T. (orgs.). Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006, p. 10-17.

CASTRO, A. L. C. Glossário de defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998.

ELIS, V.R. (2002) Geofísica aplicada ao estudo de poluição de solos e águas subterrâneas. Aplicação de métodos geofísicos na caracterização de áreas poluídas. IAG – Instituto de Astronomia e Geofísica da USP, Curso de Verão, São Paulo.

FERNANDES, N. F., Amaral, C. P. 1996. Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico-Geomorfológica. In: Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. (org.) Geomorfologia e Meio Ambiente. Bertrand, Rio de Janeiro, 123-194.

FERNANDES, N. F.; Guimarães, R. F.; Gomes, R. A. T.; Vieira, B. C.; Montgomery, D. R.; Greenberg, H. 2001. Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. Revista brasileira de Geomorfologia, UGB, 2001. Vol. 2, Nº 1. p 51-71.

FOTI, S., 2013. Combined use of geophysical methods in site characterization. Proceedings Geotechnical and Geophysical Site Characterization Coutinho & Mayne.

GALLAS, J. D. F. (2000) Principais métodos geoeletricos e suas aplicações em prospecção mineral, hidrogeologia, geologia de engenharia e geologia ambiental. Tese de Doutorado, UNESP, Rio Claro, 259p.

GANDOLFO, O. C. B. e Gallas, J. D. F. (2007). O arranjo pólo-dipolo como alternativa ao dipolo-dipolo em levantamentos 2d de eletrorresistividade. Revista Brasileira de Geofísica, 25(3):227-235.

GEOSOL/ DRM-RJ. 1980. Relatório Final da Folha Baía de Guanabara 1:50.000. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ.

GUIDICINI, G. & Nieble, C. M. 1984. Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. São Paulo: 2ª ed. EdgardBlücher, 194p.

KEAREY, P.; Brooks, M.; Hill, I., 2009. Geofísica de Exploração. Traduzido por Maria Cristina Moreira Coelho, Oficina de Textos. São Paulo.

LEMES, M. W. - Análise físico-química, mineralógica e petrográfica de um Cambissolo Háplico em área de movimentos de massa: estudo de caso do Morro do Patronato – São Gonçalo/RJ. 2011 Universidade do Estado do Rio de Janeiro – FFP.

Loke, M. H. (1999) Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. A practical guide to 2-D and 3-D surveys.

Mafra, C.Q.T. & Mazzola, N. 2007. As razões dos desastres em território brasileiro.

Ministério da Justiça. BRASIL. *Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012*. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1o de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. (Org.). Brasília, 2007. Disponível em <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro_Mapeamento_Enconstas_Margens.pdf>. Acesso em 16 de junho de 2016. pelos entes federativos e dá outras providências.

O Manual de Deslizamento – Um Guia para a Compreensão de Deslizamentos Por Lynn M. Highland, Serviço Geológico dos Estados Unidos e Peter Obrowsky, Serviço Geológico do Canadá. Contribuição e tradução para o Brasil por Paulo R. Rogério, Engenheiro Civil e Geotécnico, MSc em engenharia na University of California at Los Angeles e PE (Professional Engineer) licenciado nos estados de Washington, Oregon, California e Colorado, E.U.A. e Juarês José Aumond, Geólogo/Dr. em Engenharia Civil.

OLIVEIRA, A. C. B. e Delazeri, E.M. Inventário dos movimentos de massa e enchentes – 1995 a 2015 Defesa Civil – São Gonçalo (RJ) – 2016. Autores: Ana Carolina Barbosa de Oliveira e Enzo Merlim Delazeri.

OLIVEIRA, M. Gerenciamento de Desastres: Sistema de Comando em Operações. Florianópolis: Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2010.

REGEA - Geologia e Estudos Ambientais / DRM- Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro. Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos. 2011. Relatório Técnico 1560-R-10: Cartografia de risco a Escorregamentos em Encostas no Município de São Gonçalo, RJ - Setor 04. São Paulo.

Resolução CERHI-RJ nº 18 de 08 de novembro de 2006 aprova a definição das regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/02/Res_CERHI-RJ_18_2006.pdf>.

Sato, H. K. (2002) Notas de Aula: Métodos Elétricos. Universidade Federal Federal Bahia- Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia Instituto de Geociencias <<http://www.cpgg.ufba.br/sato/cursos/metodos-eletricos/notas-aula.pdf>>

SCHÄFFER, W.B; Rosa, M.R.; Aquino, L.C.S.; Medeiros, J.D. Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Brasília: MMA, 2011,96p. <https://fld.com.br/wp-content/uploads/2019/07/relatoriotragediarj_182.pdf>

SEDEIS Departamento de Recursos Minerais – DRM-RJ, 2010.Relatório Geotécnico - Laudo de vistoria de emergência sobre o escorregamento e o risco de novos acidentes no Morro do Patronato, São Gonçalo. Governo do Estado do Rio de Janeiro.

SILVA, Jociana Alves da. Inventário de deslizamento no Município de São Gonçalo como subsídio ao mapeamento de áreas de risco. Monografia (Graduação). Rio de Janeiro: UERJ/FFP – DGEO, 2006. 50p.

TOMINAGA, L. K. 2007. Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo. Tese de Doutorado 220 p + Mapas.

TOMINAGA, L. K., Santoro, J. & do amaral, R., 2009 – Desastres Naturais: Conhecer para prevenir. In: Instituto Geológico de São Paulo. 1a edição.

UNISDR - United International Stratgey for Dissater Redution. Terminology. Terminology on Disaster Risk. Reduction 2009. Disponível em: <http://www.preventionweb.net/drr-framework/sendai-framework/terminology> Acesso em julho de 2020 b.

VIEIRA, C.V. Universidade Federal da Bahia Mestrado em Engenharia Ambiental e Urbana Integração dos métodos GPR e Eletrorresistividade com vista à detecção de Fraturas em rochas carbonáticas inseridas na microrregião de Irecê, semiárido da Bahia. Discente: Caroline Alves Vieira Orientador: Dr. Sandro M. Lemos Co-orientador: Dr. Marco Antônio B. Botelh.

ZHOU, B. e Dahlin, T. (2003) Properties and efects of measurement errors on 2d resistivity imaging surveying, Near Surface Geophysics, 1(3):105117.

Influência das Metodologias de Dimensionamento sobre os Sistemas Elevatórios

Jorge Trota Filho¹; Ramon de Souza Lecker²

^{1,2}FaCET – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas – Unig

¹Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

0173038@professor.unig.edu.br, 190068517@aluno.unig.edu.br

Resumo - Os sistemas elevatórios fazem parte da realidade do funcionamento de plantas industriais e dos sistemas de alimentação de água potável de edificações residenciais mono e multifamiliares. Os projetos adequados dos sistemas de bombeamento são essenciais para que a quantidade de fluidos esteja prontamente disponível de acordo com a demanda do empreendimento. Esse trabalho englobará as diferenças das características dos sistemas elevatórios promovidos pelas utilizações das metodologias de dimensionamento disponíveis na literatura e em normas. Após a análise desses dados será possível verificar qual metodologia é mais adequada em termos econômicos e técnicos para garantir a durabilidade e maior eficiência do sistema elevatório.

(Palavras-chave: Metodologias de Dimensionamento, Sistemas elevatórios, Projetos Hidráulicos)

Abstract - Lifting systems are part of the reality of the operation of industrial plants and of the potable water supply systems of single and multifamily residential buildings. Proper designs of pumping systems are essential so that the number of fluids is readily available according to the demand of the enterprise. This work will encompass the differences in the characteristics of lifting systems promoted by the use of design methodologies available in the literature and in standards. After analyzing these data, it will be possible to verify which methodology is most appropriate in economic and technical terms to guarantee the durability and greater efficiency of the lifting system. (Keywords: Sizing Methodologies, Lifting Systems, Hydraulic Projects)

1 Introdução

1.1 A importância dos sistemas elevatórios de água

As estações elevatórias são utilizadas usualmente para abastecimento indireto de edificações com água potável. Esse tipo de abastecimento pode ser realizado quando uma bomba hidráulica é utilizada para elevar a água até o reservatório superior das edificações. Normalmente, a necessidade de bombeamento do fluido é devido à baixa pressão hidrodinâmica de água pressão da concessionária pública ou no caso de edificações com mais do que 9 m de altura (CARVALHO JR, 2019).

Um sistema elevatório é composto usualmente composto de reservatório inferior, tubulação de sucção, tubulação de recalque e reservatório superior. A Figura 1 abaixo mostra um sistema elevatório típico (ABNT NBR 5626, 2020; BAPTISTA E LARA, 2003).

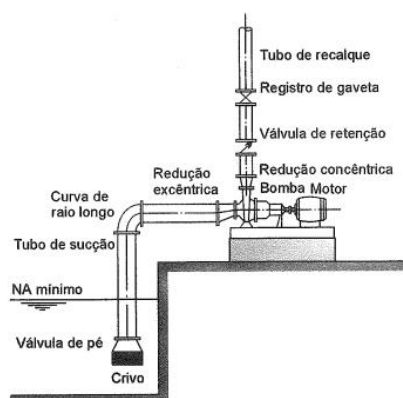


Figura 1 – Sistema Elevatório Típico (BAPTISTA E LARA, 2003)

A Figura 1 mostra as conexões típicas de um sistema elevatório, no caso de se utilizar uma bomba centrífuga é necessário que a tubulação permaneça escorvada mesmo com a bomba desligada. Os sistemas elevatórios são dimensionados utilizando como o critério as seguintes propriedades ou características, conforme a equação 1 abaixo (BAPTISTA E LARA, 2003; BRUNETTI, 2008).

$$H_m = H_g + \Delta h_{1-2} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

H_m – altura ou carga manométrica, em metros;

H_g – altura ou carga geométrica, em metros;

Δh_{1-2} = perda de carga no sistema elevatório, em metros.

A carga manométrica (H_m) está relacionada com a energia mecânica que a bomba hidráulica precisa fornecer à água de acordo com a vazão desejada. A altura geométrica (H_g) é o desnível que existe entre os níveis de água no reservatório inferior e superior e o Δh_{1-2} é a perda de carga (energia mecânica) no trecho entre a captação de água no reservatório inferior até a entrada de água no reservatório superior. A Figura 2 mostra os parâmetros da equação 1 associados ao sistema elevatório.

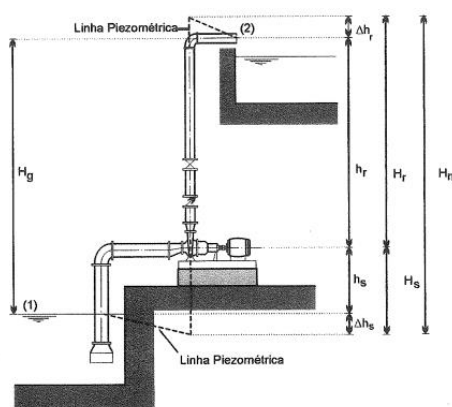


Figura 2 – Sistema elevatório e seus componentes
(BAPTISTA, E LARA, 2003).

Onde:

H_m – altura ou carga manométrica, em metros;

H_g – altura ou carga geométrica, em metros;

Δh_r – perda de carga no recalque, em metros;

Δh_s – perda de carga na sucção, em metros;

h_r – altura geométrica de recalque, em metros

h_s – altura geométrica de sucção, em metros;

H_r – altura de manométrica recalque, em metros

H_s – altura manométrica de sucção, em metros

1.2 Perdas de carga

A perda de carga é a diminuição de energia mecânica associada à viscosidade da água. Sendo água um fluido newtoniano, ou seja, a sua viscosidade é constante em uma determinada temperatura. A perda de energia está diretamente relacionada ao atrito entre as camadas do fluido e entre o fluido e as paredes da tubulação durante o seu escoamento (BAPTISTA E LARA, 2003; BRUNETTI, 2008; MACINTYRE, 1990).

1.2.1 Tipos de Perda de Carga

1.2.1.1 Perda de Carga Contínua

A perda de carga contínua também denominada de perda de carga distribuída. Essa característica do sistema elevatório tem relação com o comprimento linear da tubulação, ou seja, quanto maior for o comprimento da tubulação maior é a perda de carga contínua de acordo com a equação genérica apresentada na equação 2 (BAPTISTA E LARA, 2003; BRUNETTI, 2008).

$$\Delta h' = k \cdot \frac{Q^n}{D^m} \cdot L \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

$\Delta h'$ – perda de carga contínua, em metros;

k – coeficiente associado ao material utilizado na tubulação;

Q – vazão escoando na tubulação, m^3/s ;

D – diâmetro da tubulação, em metros;

L – comprimento linear da tubulação, em metros;

n - índice associado a vazão;

m – índice associado a diâmetro;

Os índices n e m dependem da metodologia utilizada para a determinação da perda de carga contínua e isso causa uma variação na determinação da perda de carga (BAPTISTA E LARA, 2003; BRUNETTI, 2008).

1.2.1.2 Expressão Universal da Perda de Carga

A equação universal da perda de carga também conhecida como equação de Darcy-Weisbach que é mostrada na equação 3 (BAPTISTA E LARA, 2003; BRUNETTI, 2008).

$$\Delta h' = \frac{8f}{\pi^2 g} \frac{Q^2}{D^5} L \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

$\Delta h'$ – perda de carga contínua, em metros;

f – fator de atrito;

Q – vazão escoando na tubulação, m³/s;

D – diâmetro da tubulação, em metros;

L – comprimento linear da tubulação, em metros;

g – aceleração da gravidade local, em metros;

A equação da perda universal da perda de carga considera o fator de atrito presente no escoamento. Esse fator de atrito depende da rugosidade relativa e do número de Reynolds, conforme a Figura 3 (BRUNETTI, 2008; MACINTYRE, 1990).

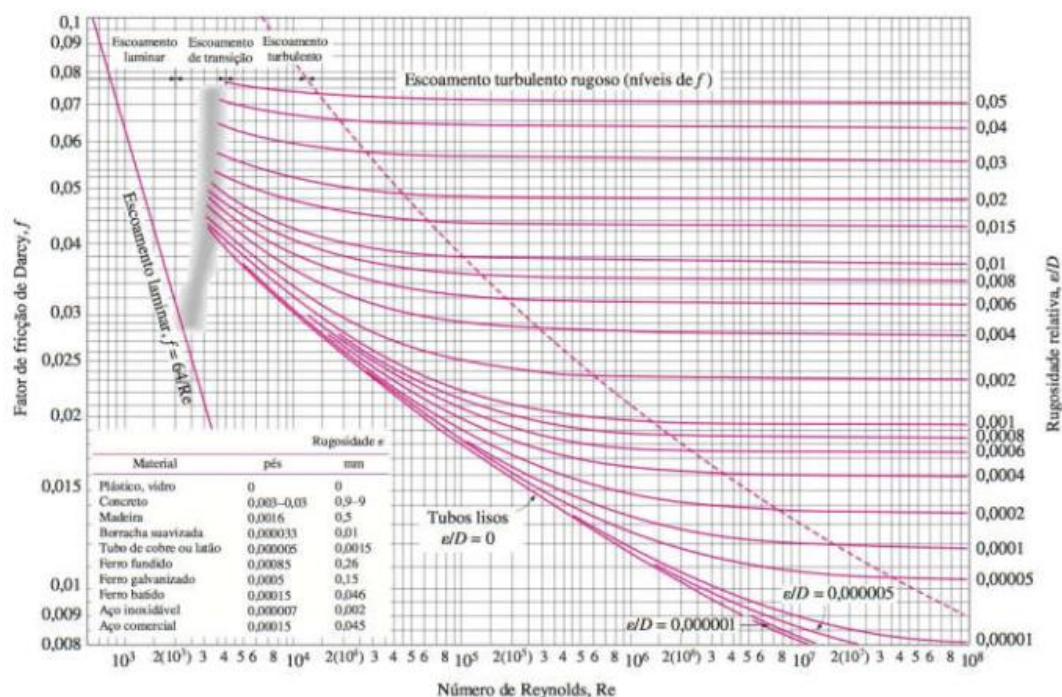


Figura 3 – Diagrama de Moody (BRUNETTI, 2008).

A Figura 3 mostra o diagrama de Moody, onde observa-se que o comportamento do fator de atrito está relacionado ao número de Reynolds que qualifica o tipo de escoamento do fluido. Os coeficientes n e m na equação 3 são iguais a 2 e 5, respectivamente. A equação 3 a princípio pode ser utilizada em quaisquer situações, podendo ser também utilizadas para dimensionar perdas de carga nas tubulações lineares do sistema elevatório (BAPTISTA E LARA, 2003; BRUNETTI, 2008).

1.2.1.3 Equação de Hazen-Williams

A Equação de Hazen-Williams depende do coeficiente de perda de carga que está relacionado com o material utilizado na tubulação linear do sistema elevatório. A equação de Hazen-Williams é evidenciada na equação 4.

$$\Delta h' = \frac{10,64 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}} L \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde:

$\Delta h'$ – perda de carga contínua, em metros;

Q – vazão escoando na tubulação, m^3/s ;

D – diâmetro da tubulação, em metros;

L – comprimento linear da tubulação, em metros;

C – coeficiente de perda de carga.

A equação 4 é possível observar que o índice n e m são iguais a 1,85 e 4,87, respectivamente. O cálculo da perda de carga utilizando a equação de Hazen-Williams é recomendada para diâmetros acima de 50 mm (FOX E PRITCHARD, 2018).

1.3 Perda de Carga Localizada

A perda de carga localizada tem relação com as singularidades presentes em todas as partes dos sistemas elevatórios. A singularidade são quaisquer conexões presentes nas tubulações de sucção e de recalque como, por exemplo, registros, joelhos, curvas, uniões, luvas, entre outros, conforme mostrado na Figura 4 a seguir (BAPTISTA E LARA, 2003; BRUNETTI, 2008).



Figura 4 - Tipos de conexões mais comuns utilizadas nas tubulações (ultrasteel.com.br/conexoes-galvanizadas, 2022).

1.3.1 Determinação da Perda de Carga Localizada utilizando os coeficientes de perda de carga

A perda de carga localizada através dos coeficientes de perda de carga localizada (K) é realizada utilizando-se a equação 5.

$$\Delta h'' = \frac{16 K Q^2}{\pi D^4} L \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde

$\Delta h''$ – perda de carga localizada, em metros;

Q – vazão escoando na tubulação, m³/s;

D – diâmetro da tubulação, em metros;

L – comprimento linear da tubulação, em metros;

K – coeficiente de perda de carga localizada.

A Tabela 1 mostra as principais conexões e seus respectivos coeficientes de perda de carga, esses coeficientes estão diretamente relacionados com os tipos de conexões. As turbulências associadas a mudança da direção e a variação da área da seção durante o escoamento que provocam as perdas de carga localizadas.

Tabela 1 – Conexões e seus respectivos coeficientes de perda de carga localizadas

Conexão	K	Conexão	K
Comporta aberta	1,00	Redução gradual	0,15
Controlador de vazão	2,50	Saída de Canalização	1,00
Cotovelo ou joelho de 45°	0,40	Tê de passagem direta	0,60
Cotovelo ou joelho de 90°	0,90	Tê de saída bilateral	1,80
Crivo	0,75	Tê de saída de lado	1,30
Curva 22,5°	0,10	Válvula borboleta aberta	0,30
Curva 45°	0,20	Válvula de ângulo aberta	5,00
Curva 90°	0,40	Válvula gaveta aberta	0,20
Entrada de borda	1,00	Válvula pé	1,75
Entrada normal	0,50	Válvula globo aberta	10,00
Junção	0,40	Válvula de retenção	2,50

Fonte: adaptado, (BAPTISTA E LARA, 2003).

Analisando a Tabela 1 é possível observar que a perda de carga localizada relacionadas aos coeficientes de perda carga não há informações sobre o tipo de material utilizado na tubulação.

1.3.2 Determinação da Perda de Carga Localizada utilizando o Comprimento Equivalente

As conexões podem ser convertidas em comprimentos lineares de tubulação. Esse comprimento é denominado de comprimento equivalente, sendo o seu respectivo valor de acordo com a perda de carga que aquele tipo de conexão provoca no escoamento do fluido. A Tabela 2 abaixo mostra o comprimento equivalente para conexões fabricadas de materiais rugosos.

Tabela 2 – Comprimento equivalente para materiais rugosos (BAPTISTA E LARA, 2003).

Diâmetro Nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° pas. direta	Tê 90° saída lateral	Tê 90° saída bilat.	Entrada Normal	Entrada Borda	Saída canal. e crivo	Válv. pé	Válv. reten. leve	Válv. reten. pesada	Reg. globo aberto	Reg. gaveta aberto	Reg. ângulo aberto
	mm pol.																
15	1/2"	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	3/4"	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	1"	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32	1 1/4"	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40	1 1/2"	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	2"	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
65	2 1/2"	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
80	3"	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
100	4"	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125	5"	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	27,4	17,5	19,2	50,9	1,1	25,2
150	6"	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Ao analisar a Tabela 2 observa-se que o comprimento equivalente está relacionado com o diâmetro e com o tipo da conexão. Lembrando que os materiais rugosos são aqueles de elevada rugosidade superficial como por exemplo, aços, ferro fundido, concreto, entre outros. A Tabela 3 mostra os comprimentos equivalentes das conexões para materiais lisos, ou seja, com baixa rugosidade superficial.

Tabela 3 – Comprimento equivalente para materiais lisos (BAPTISTA E LARA, 2003).

Diâmetro Nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Te 90° pas. direta	Te 90° saída lateral	Te 90° saída bilat.	Entrada Normal	Entrada Borda	Saída canal.	Válv. pé e crivo	Válv. reten. leve	Válv. reten. pesada	Reg. globo aberto	Reg. gaveta aberto	Reg. ângulo aberto
mm	pol.																
15	1/2"	0,5	0,2	0,3	0,2	0,1	0,7	0,8	0,2	0,4	0,4	3,6	1,1	1,6	4,9	0,1	2,6
20	3/4"	0,7	0,3	0,5	0,3	0,1	1,0	1,3	0,2	0,5	0,5	5,6	1,6	2,4	6,7	0,1	3,6
25	1"	0,9	0,4	0,7	0,4	0,2	1,4	1,7	0,3	0,7	0,7	7,3	2,1	3,2	8,2	0,2	4,6
32	1 1/4"	1,2	0,5	0,8	0,5	0,2	1,7	2,1	0,4	0,9	0,9	10,0	2,7	4,0	11,3	0,2	5,6
40	1 1/2"	1,4	0,7	1,0	0,6	0,3	2,1	2,5	0,5	1,0	1,0	11,6	3,2	4,8	13,4	0,3	6,7
50	2"	1,9	0,9	1,4	0,8	0,3	2,7	3,3	0,7	1,5	1,5	14,0	4,2	6,4	17,4	0,4	8,5
65	2 1/2"	2,4	1,1	1,7	1,0	0,4	3,4	4,2	0,9	1,9	1,9	17,0	5,2	8,1	21,0	0,4	10,0
80	3"	2,8	1,3	2,0	1,2	0,5	4,1	5,0	1,1	2,2	2,2	20,0	6,3	9,7	26,0	0,5	13,0
100	4"	3,8	1,7	2,7		0,7	5,5	6,7	1,6	3,2	3,2	23,0	8,4	12,9	34,0	0,7	17,0
125	5"	4,7	2,2			0,8	6,9	8,3	2,0	4,0	4,0	30,0	10,4	16,1	43,0	0,9	21,0
150	6"	5,6	2,6	4,0		1,0	8,2	10,0	2,5	5,0	5,0	39,0	12,5	19,3	51,0	1,1	26,0

Através da observação da Tabela 3 é possível constatar que o comprimento equivalente também tem relação com o diâmetro e com o tipo de conexão. Esta tabela poderá ser utilizada quando materiais como cobre, latão e plásticos forem utilizados na fabricação das conexões que são considerados materiais lisos.

O comprimento equivalente é uma metodologia que realiza a transformação da perda de localizada em perda de carga contínua. Desta forma, é possível considerar que no sistema elevatório não há conexões, apenas comprimento linear de tubulação.

1.4. Cálculo da Demanda de Água Potável da Edificação

A demanda de água potável da edificação é uma dos parâmetros mais importantes para o cálculo da potência da bomba a ser utilizada. Desta forma, para se determinar a demanda é imprescindível, por exemplo, em uma edificação multifamiliar a quantidade de pavimentos, de apartamentos, de dormitórios nos apartamentos e a taxa de ocupação e ser considerada. A Tabela 4 mostrada a seguir descreve a taxa de ocupação para diversos tipos de edificação (CARVALHO JR, 2019).

Tipo de edificação	Taxa de ocupação
Residências e apartamentos	Duas pessoas por dormitório

Bancos	Uma pessoa por 5,00 m ²
Escritórios	Uma pessoa por 6,00 m ²
Lojas no térreo	Uma pessoa por 2,50 m ²
Lojas em pavimentos superiores	Uma pessoa por 5,00 m ²
Shopping centers	Uma pessoa por 5,00 m ²
Museus e bibliotecas	Uma pessoa por 5,50 m ²
Restaurantes	Uma pessoa por 1,5 m ²
Teatros, cinemas e auditórios	Uma cadeira por 0,70 m ²

Tabela 4 – Taxa de ocupação de acordo com o tipo de edificação Fonte: adaptado, (CARVALHO JR, 2019).

Analisando a Tabela 4 é possível observar a taxa de ocupação de diversos tipos de edificação relacionada à área e ao número de dormitórios. A Tabela 5 são mostrados o consumo predial diário por pessoa que depende dos tipos de edificação.

Tabela 5 – Consumo predial diário

Tipo de edificação	Consumo (L/pessoa·dia)
Alojamento provisório	80
Ambulatórios	25
Apartamentos	200
Casas populares ou rurais	150
Creches	50
Edifícios públicos ou comerciais	50
Escolas internatos	150
Escolas	50
Escritórios	50

Fonte: adaptado, (CARVALHO JR, 2019).

Para se determinar o consumo diário da edificação é necessário multiplicar a taxa de ocupação pelo valor do consumo diário por pessoa, conforme, a equação 6, a seguir.

$$CD = TO \cdot CDP \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde:

CD – Consumo diário, em L;

TO – Taxa de ocupação, nº de pessoas;

CDP – Consumo diário por pessoa, L/pessoas·dia.

1.5. Determinação da Vazão de Água Potável da Edificação

As edificações de caráter residencial normalmente são projetadas para funcionamento intermitente no sentido de suprir o volume de água potável destinado ao consumo diário. O tempo de funcionamento da estação de elevatória é fundamental para o cálculo da vazão de água potável da edificação, conforme equação 7.

$$Q = \frac{CD}{t} \quad \text{Eq. (7)}$$

Onde:

CD – Consumo diário, em L;

t – tempo de funcionamento, em segundos por dia;

1.6. Cálculo do Diâmetro da Tubulação de Recalque

As edificações de caráter residencial normalmente são projetadas para funcionamento intermitente no sentido de suprir o volume de água potável destinado ao consumo diário. O cálculo do diâmetro da tubulação de recalque é dado pela equação 8.

$$D_r = 0,586X^{1/4} \sqrt{Q} \quad \text{Eq. (8)}$$

Onde:

D_r – diâmetro da tubulação de recalque, em metros;

X – nº de horas de funcionamento da bomba da estação elevatória, em horas;

Q – vazão de água potável da edificação, em m³/s;

1.7. Cálculo da Potência Hidráulica Necessária e a Potência Nominal da Bomba

A potência hidráulica necessária para bombear o volume de água para abastecimento diário da edificação é determinada a partir da equação 9.

$$P_H = \gamma \cdot Q \cdot H_m \quad \text{Eq. (9)}$$

Onde:

P_H – potência hidráulica necessária para o bombeamento, em whatts;

γ – peso específico do fluido a ser bombeado, em N/m³;

Q – vazão de água potável da edificação, em m³/s;

H_m – altura manométrica do sistema elevatório, em metros.

A partir da determinação da potência hidráulica para o bombeamento é possível determinar a potência nominal da bomba a ser adquirida para o funcionamento da estação elevatória, conforme equação 10.

$$P_N = \frac{P_H}{\eta} \quad \text{Eq. (10)}$$

Onde:

P_N – potência nominal hidráulica da bomba, em whatts;

P_H – potência hidráulica necessária para o bombeamento, em whatts;

η - eficiência energética da bomba utilizada.

2 Metodologia

A metodologia desse trabalho será baseada na aplicabilidade das metodologias de dimensionamento da altura manométrica de uma sistema elevatório utilizando equações diferenciadas para se avaliar as perdas de carga durante o escoamento da água.

Serão utilizados softwares de prateleira para o desenvolvimento dos cálculos e das planilhas, considerando

a combinação das metodologias de cálculo das perdas de carga contínuas e localizadas. Além disso, será realizada a comparação entre as especificações das bombas centrífugas mais adequadas para cada um dos casos abordados.

3 Resultados

3.1. Tipo de Edificação a ser Estudada

Os resultados deste trabalho estão relacionados a um estudo do desenvolvimento de uma estação elevatória de um prédio de 11 pavimentos, com 8 apartamentos por andar (do 1º ao 9º andar). Entretanto, nos 10º e 11º andares, serão construídas de 4 coberturas duplex. Cada um dos apartamentos e cada uma das coberturas possui 3 e 4 dormitórios, respectivamente. Para atender a demanda de água potável serão dimensionados a seguir todos os componentes que compõem o sistema elevatório de água fria. Admite-se um consumo diário de 200 L por pessoa e a taxa de ocupação de 2 pessoas por dormitório, conforme os dados das Tabelas 4 e 5.

3.2. Cálculo do Consumo Diário da Edificação

O Cálculo da Taxa de Ocupação da Edificação a ser Estudada será realizada através da equação 11, a seguir.

$$\text{Taxa de Ocupação} = (n^{\circ} \text{ andares} \cdot n^{\circ} \text{ de apartamentos} \cdot n^{\circ} \text{ dormitórios} \cdot 2 \text{ pessoas}) + (n^{\circ} \text{ de coberturas} \cdot n^{\circ} \text{ dormitórios} \cdot 2 \text{ pessoas}) \text{ Eq. (11)}$$

$$\text{Taxa de Ocupação Total} = (9 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 2) + (4 \cdot 4 \cdot 2) = 432 + 32 = 464 \text{ pessoas}$$

O consumo diário da edificação é calculado a partir da equação 6, considerando que o consumo diário de água por pessoa é igual a 200 L.

$$CD = TO \cdot CDP = 464 \cdot 200 = 92800 \text{ L} = 92,8 \text{ m}^3$$

3.3. Cálculo do Diâmetro da Tubulação de Recalque

3.3.1 Para Funcionamento Intermitente da bomba

A tubulação de recalque será dimensionada de acordo com a equação 8. A partir da determinação da vazão Q a ser recalçada está associada ao consumo diário e ao tempo de em segundos de funcionamento da bomba que compõe a instalação elevatória, conforme equação 7. O tempo considerado neste estudo, será de 4 h.

$$Q = \frac{CD}{t} = \frac{92,8}{4 \cdot 3600} = \frac{92,8}{14400} = 0,0064 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$D_r = 0,586 X^{1/4} \sqrt{Q}$$

$$D_r = 0,586 \cdot 4^{1/4} \sqrt{0,0064}$$

$$D_r = 0,0663 \text{ m} = 66,3 \text{ mm}$$

De acordo com a ABNT NBR 5648:2018 - Tubos e conexões de PVC-U com junta soldável para sistemas

prediais de água fria - requisitos, a Tabela 6 mostra as características dimensionais de PVC que podem ser empregados em instalações elevatórias (ABNT NBR 5648, 2018).

Diâmetro nominal (DN)	Diâmetro externo (DE)	Diâmetro externo médio (d_{em})/ mm		Espessura mínima de parede ($e_{min.}$)/ mm	
		d_{em}	Tolerância	$e_{min.}$	Tolerância
15	20	20,0	+0,2	1,5	+0,3
20	25	25,0		1,7	
25	32	32,0		2,1	+0,4
32	40	40,0		2,4	
40	50	50,0		3,0	
50	60	60,0	+0,3	3,3	+0,5
65	75	75,0		4,2	+0,6
75	85	85,0		4,7	
100	110	110,0		6,1	+0,8

NOTA: As espessuras mínimas dos tubos DN15 a DN25 (DE20 a DE32) foram dimensionadas levando-se em consideração as necessidades de transporte, manuseio e instalação. As espessuras mínimas de parede dos demais diâmetros foram dimensionadas com a tensão circunferencial admissível de 6,3 MPa.

Tabela 6 – Dimensões dos tubos de PVC-U

Desta forma, considera-se o diâmetro nominal a tubulação de 75 mm o mais adequado para atender a demanda de água potável da instalação elevatória.

3.4. Projeto básico da Instalação Elevatória

A Figura 5 abaixo ilustra um desenho esquemático simplificado da instalação elevatória. A reserva de água potável superior foi dividida em dois reservatórios de igual volume.

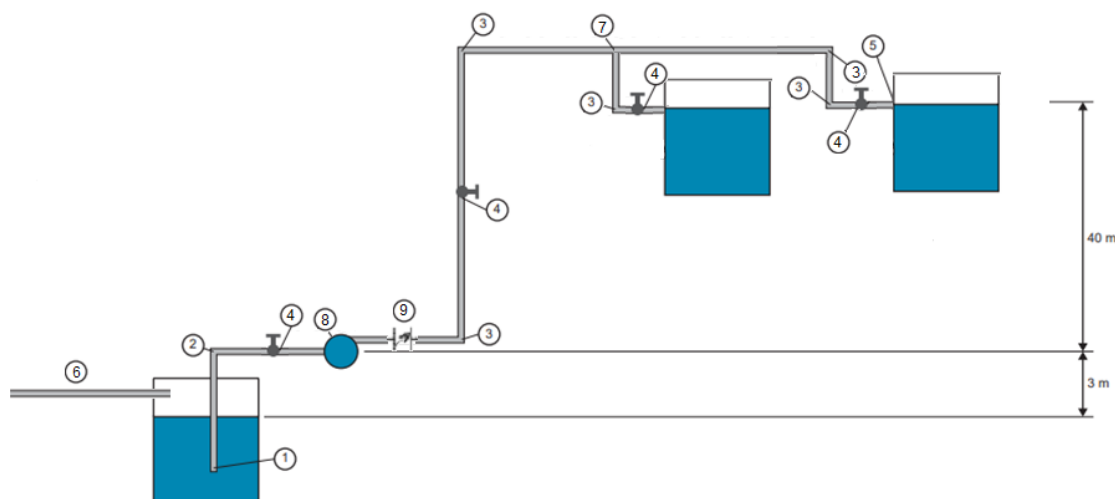


Figura 5 – Sistema elevatório com as tubulações de recalque e de sucção

A Figura 5 mostra o desenho esquemático para o sistema elevatório com as suas principais tubulações e conexões que serão alvo do estudo teórico sobre as metodologias de dimensionamento. A Tabela 7 fornece as descrições dos itens relacionados na Figura 5.

A partir da análise da Figura 5 é possível observar que alturas geométricas de sucção (h_s) e de recalque (h_r) são de 3 m e de 40 m, respectivamente. Além disso, os comprimentos das tubulações de sucção (L_s) e de recalque (L_r) são, respectivamente, 10 m e 90 m.

Tabela 7 – Elementos da instalação elevatória

Elementos da instalação	Descrição	Quantidade
1	Válvula pé com crivo	1
2	Cotovelo na sucção	1
3	Cotovelo no recalque	5
4	Registro de Gaveta	4
5	Saída de canalização	2
6	Ramal predial	1
7	Tê de 90º	1
8	Conjunto de Bombas	1
9	Válvula de retenção	1

3.5. Determinação da altura manométrica (H_m)

A equação 1 abaixo será utilizada para determinação da determinação da altura manométrica (carga manométrica) do sistema elevatória.

$$H_m = H_g + \Delta h_{1-2} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

H_m – é a altura manométrica do sistema elevatória, m;

H_g – é a altura geométrica do sistema elevatória que é desnível entre os reservatórios, m;

Δh_{1-2} – é a perda de carga total no trecho de sucção e de recalque, m.

Abaixo é mostrado a determinação da altura geométrica do sistema elevatório mostrado na Figura 5, em que mede a altura geométrica entre os níveis dos reservatórios inferior e superior.

$$H_g = 40 + 3 = 43 \text{ m}$$

3.5.1. Determinação da perda de carga contínua funcionamento intermitente tubo de PVC

3.5.1.1. Determinação da perda de carga de acordo com a lei de Hazen-Williams

3.5.1.1.1. Perda de carga na tubulação de sucção

A equação Hazen-Williams é evidenciada a seguir, conforme equação 4 para tubulação de sucção:

$$\Delta h'_S = \frac{10,64}{C^{1,85}} \cdot \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \cdot L_S \quad \text{Eq. (4)}$$

O coeficiente de carga da equação para o material de aço galvanizado é igual a $C = 140$.

$$\Delta h'_S = \frac{10,64}{140^{1,85}} \cdot \frac{0,0064^{1,85}}{0,075^{4,87}} \cdot 10 = 0,3 \text{ m}$$

3.5.1.1.2. Perda de carga na tubulação de recalque

A equação Hazen-Williams é evidenciada a seguir, conforme equação 4 para tubulação de recalque:

$$\Delta h'_R = \frac{10,64}{C^{1,85}} \cdot \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \cdot L_R \quad \text{Eq. (4)}$$

O coeficiente de carga da equação para o material de PVC é igual a $C = 140$.

$$\Delta h'_R = \frac{10,64}{140^{1,85}} \cdot \frac{0,0064^{1,85}}{0,075^{4,87}} \cdot 90 = 2,7 \text{ m}$$

3.5.1.2. Determinação da perda de carga de acordo com a Lei de Universal da perda de carga

3.5.1.2.1. Perda de carga na tubulação de sucção

A equação da Lei de Universal da perda de carga é evidenciada a seguir, conforme equação 3 para tubulação de recalque:

$$\Delta h'_S = \left(\frac{8f}{\pi^2 g} \right) \frac{Q^2}{D^5} \cdot L_S \quad \text{Eq. (3)}$$

A equação 12 a seguir é utilizada para a determinação do número de Reynolds que é utilizado no diagrama de Moody. Para efeitos deste trabalho o valor da densidade e da viscosidade para o fluido serão considerados iguais a 1000 kg/m^3 e 10^{-3} kg/ms , respectivamente.

$$Re = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} \quad \text{Eq. (12)}$$

Onde:

Re – nº de Reynolds;

D – diâmetro da tubulação, em metros;

V – velocidade do fluido, em m/s;

ρ – densidade do fluido, em kg/m^3 ;

μ - viscosidade dinâmica do fluido, em kg/ms.

A velocidade de escoamento do fluido na tubulação é dada pela equação 13.

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad \text{Eq. (13)}$$

Onde:

V – velocidade do fluido na tubulação, em m/s;

Q – vazão do fluido na tubulação, em m^3/s ;

D – diâmetro da tubulação, em metros.

Desta forma utilizando as equações 12 e 13 é possível determinar o valor do número de Reynolds.

$$V = \frac{4 \cdot 0,0064}{\pi(0,075)^2} = 1,45 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{0,075 \cdot 1,45 \cdot 1000}{1 \cdot 10^{-3}} = 108750 = 1,1 \cdot 10^5$$

A Figura 6 abaixo, mostra o diagrama de Moody para a determinação do fator de atrito que será utilizado na

equação Universal da perda de carga.

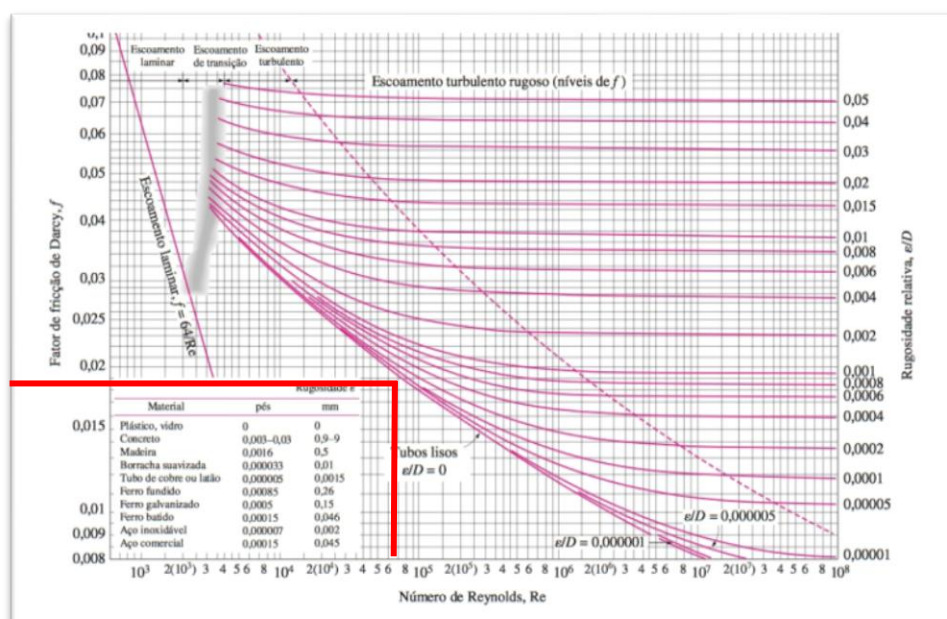


Figura 6 – Diagrama de Moddy com a determinação gráfica do fator de atrito

A partir da análise dos parâmetros do escoamento em conjunto com o diagrama de Moody da Figura 6 é possível determinar que o fator de atrito associado ao escoamento do fluido é 0,018. Desta forma, substituindo os valores dos parâmetros na equação 3 a seguir, será obtido o valor da perda de carga contínua na tubulação da sucção.

$$\Delta h'_S = \left(\frac{8f}{\pi^2 g} \right) \frac{Q^2}{D^5} \cdot L_S \quad \text{Eq. (3)}$$

$$\Delta h'_S = \left(\frac{8 \cdot 0,018}{\pi^2 \cdot 9,8} \right) \frac{0,0064^2}{0,075^5} \cdot 10 = 0,26 \text{ m}$$

3.5.1.2.2. Perda de carga na tubulação de recalque

Utilizando a equação 3 da perda universal da carga é possível determinar a perda de carga contínua na tubulação de recalque:

$$\Delta h'_R = \left(\frac{8f}{\pi^2 g} \right) \frac{Q^2}{D^5} \cdot L_R \quad \text{Eq. (3)}$$

$$\Delta h'_R = \left(\frac{8 \cdot 0,018}{\pi^2 \cdot 9,8} \right) \frac{0,0064^2}{0,075^5} \cdot 90 = 2,3 \text{ m}$$

A Tabela 8 mostram os resultados para as perdas de carga contínua calculadas utilizando duas metodologias diferentes para funcionamento intermitente do sistema de bombeamento.

Metodologia	Perda de carga contínua na sucção/m	Perda de carga contínua no recalque/m	Total/m
Hazen-Williams	0,29	2,7	2,99
Universal	0,26	2,3	2,56

Tabela 8 – Valores para perdas de carga contínua para funcionamento intermitente do sistema elevatório.

Observa-se que a metodologia Universal produz valores da perda de carga contínua inferiores aqueles apresentados através da equação de Hazen-Williams.

3.5.2. Determinação da perda de carga localizada funcionamento intermitente tubo de PVC

3.5.2.1. Determinação da perda de carga localizada pelo coeficiente de perda de carga na sucção

A equação 14 a seguir mostra a metodologia de cálculo a ser realizada para perda de carga localizada em uma determinada tubulação.

$$\Delta h_s'' = \frac{8KQ^2}{g\pi^2 D^4} \quad \text{Eq. (14)}$$

Onde:

$\Delta h_s''$ – Perda de carga localizada na tubulação de sucção, em metros;

K – Coeficiente de perda de carga;

Q – Vazão de fluido na tubulação, em m³/s;

g – Aceleração da gravidade, em m/s²;

D – diâmetro da tubulação, em metros.

O coeficiente de perda de carga localizada do trecho da tubulação é dado pelo somatório dos coeficientes de perda de carga individuais multiplicado pelo número das respectivas conexões, conforme a equação 15.

$$K = \sum K_i \quad \text{Eq. (15)}$$

As conexões das tubulações são respectivamente:

K₁ – válvula pé com crivo;

K₂ – joelho de 90°;

K₄ – registro de gaveta

$$K = \sum K_i = K_1 + K_2 + K_4 = 2,5 + 0,90 + 0,20 = 3,6$$

$$\Delta h_s'' = \frac{8 \cdot 3,6 \cdot 0,0064^2}{9,8 \cdot \pi^2 \cdot 0,075^4} = 0,4 \text{ m}$$

3.5.2.2. Determinação da perda de carga localizada pelo coeficiente de perda de carga na recalque

A partir da utilização das equações 14 e 15 é possível determinar a perda de carga localizada na tubulação de recalque.

$$\Delta h_R'' = \frac{8KQ^2}{g\pi^2 D^4} \quad \text{Eq. (14)}$$

$$K = \sum K_i \quad \text{Eq. (15)}$$

$$K = \sum K_i = 5 \cdot K_3 + 3 \cdot K_4 + 2 \cdot K_5 + K_7 + K_9 = 5 \cdot 0,9 + 3 \cdot 0,20 + 2 \cdot 1,00 + 0,6 + 2,50$$

$$K = 10,20$$

$$h_R'' = \frac{8 \cdot 10,2 \cdot 0,0064^2}{9,8 \cdot \pi^2 \cdot 0,075^4} = 1,1 \text{ m}$$

9.2.5.2 Determinação da perda de carga localizada pelo comprimento equivalente ou virtual para funcionamento intermitente

O comprimento equivalente é a forma de se converter as singularidades da tubulação em comprimento linear da tubulação. Esse comprimento tem relação com o tipo de conexão, com seu diâmetro e com o material de fabricação. A Tabela 2 e Tabela 3 mostram os comprimentos equivalentes das principais conexões utilizadas nas tubulações.

3.5.3. Determinação comprimento equivalente ou virtual do tubo liso

3.5.3.1 Determinação comprimento equivalente ou virtual do tubo liso de acordo com a lei de Hazen-Williams e a lei Universal da perda de carga da tubulação de sucção

A equação Hazen-Williams é evidenciada a seguir, conforme equação 4 para o comprimento equivalente da tubulação de sucção:

$$\Delta h_S' = \frac{10,64}{C^{1,85}} \cdot \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \cdot L_{eqS} \quad \text{Eq. (4)}$$

Leq₁ – válvula pé com crivo = 23,0 m;

Leq₂ – joelho de 90° = 3,8 m;

Leq₄ – registro de gaveta = 0,7 m;

$$L_{eqS} = 23 + 3,8 + 0,7 = 27,5 \text{ m}$$

O coeficiente de carga da equação para o material de PVC é igual a C = 140.

$$\Delta h_S' = \frac{10,64}{140^{1,85}} \cdot \frac{0,0064^{1,85}}{0,075^{4,87}} \cdot 27,5 = 0,82 \text{ m}$$

De acordo com a Lei de Universal da perda de carga, conforme equação 3 para o comprimento equivalente da tubulação de sucção:

$$\Delta h'_S = \left(\frac{8f}{\pi^2 g} \right) \frac{Q^2}{D^5} \cdot L_{eqS} \quad \text{Eq. (3)}$$

$$\Delta h'_S = \left(\frac{8 \cdot 0,018}{\pi^2 \cdot 9,8} \right) \frac{0,0064^2}{0,075^5} \cdot 27,5 = 0,71 \text{ m}$$

3.5.3.2 Determinação comprimento equivalente ou virtual do tubo liso de acordo com a lei de Hazen-Williams e a lei Universal da perda de carga da tubulação de recalque

A equação Hazen-Williams é evidenciada a seguir, conforme equação 4 para o comprimento equivalente da tubulação de recalque :

$$\Delta h'_R = \frac{10,64}{C^{1,85}} \cdot \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \cdot L_{eqR} \quad \text{Eq. (4)}$$

5 Leq₁ – joelho de 90° = 5 x 3,8 m = 19 m;

3 Leq₂ – registro de gaveta = 3 x 0,7 m = 2,1 m;

2 Leq₃ – saída de canalização = 2 x 3,2 m = 6,4 m;

Leq₄ – tê de 90° bilateral = 6,7 m

Leq₅ – válvula de retenção leve = 8,4 m

$$L_{eqR} = 19 + 2,1 + 6,4 + 6,7 + 8,4 = 42,6 \text{ m}$$

O coeficiente de carga da equação para o material de aço galvanizado é igual a C = 140.

$$\Delta h'_R = \frac{10,64}{140^{1,85}} \cdot \frac{0,0064^{1,85}}{0,075^{4,87}} \cdot 42,6 = 1,28 \text{ m}$$

De acordo com a Lei de Universal da perda de carga, conforme equação 3 para o comprimento equivalente da tubulação de recalque:

$$\Delta h'_R = \left(\frac{8f}{\pi^2 g} \right) \frac{Q^2}{D^5} \cdot L_{eqR} \quad \text{Eq. (3)}$$

$$\Delta h'_R = \left(\frac{8 \cdot 0,018}{\pi^2 \cdot 9,8} \right) \frac{0,0064^2}{0,075^5} \cdot 42,6 = 1,1 \text{ m}$$

3.5.3.3 Resumo das perdas de carga localizadas associadas as metodologias

A Tabela 9 mostra os valores obtidos para perda de carga localizada de acordo com as diversas metodologias abordadas no trabalho. A metodologia de Hazen-Williams é aquela que fornece o maior valor de perda de carga localizada enquanto que o método utilizando os coeficientes de perda de carga de acordo com as conexões presentes na tubulação da estação elevatória apresenta o menor valor de perda de carga.

Metodologia	Perda de carga localizada na sucção/m	Perda de carga localizada no recalque/m	Total/m
Coefficientes de perda	0,40	1,10	1,50
Hazen-Williams	0,82	1,28	2,10
Universal	0,71	1,10	1,81

Tabela 9 – Valores para perdas de carga localizada para funcionamento intermitente do sistema elevatório.

3.5.4. Resumo das perdas de carga totais em relação as metodologias aplicadas

A Tabela 10 mostra o cálculo da perdas de carga totais envolvendo o transporte de fluido na estação elevatória. Absorve uma variação significativa entre as metodologias aplicadas neste trabalho.

Metodologia	Perda de carga contínua /m	Perda de carga localizada/m	Total/m
Coefficientes de perda	2,56	1,50	4,06
Hazen-Williams	2,99	2,10	5,09
Universal	2,56	1,81	4,37

Tabela 10 – Valores para perdas de carga total para funcionamento intermitente do sistema elevatório

A metodologia que envolve os coeficientes de perda da carga na determinação da perda de carga contínua toma como base a equação Universal da perda de carga, por isso na Tabela 9 os valores são idênticos. Em relação ao valor total da perda de carga, observa-se que o metodologia baseada na equação de Hazen-Williams é aquela em que se obtém o maior valor, tendo a ser a mais utilizada, pois atua com maior segurança ao dimensionar a bomba para atender a demanda da estação elevatória.

3.5.5. Cálculo da altura manométrica e da potência da bomba

De acordo com as equações 1 e 9, foi possível calcular os valores apresentados na Tabela 11 que mostra os valores das perdas de carga total (Δh_{1-2}), a altura geométrica (H_g), a altura manométrica (H_m) e a potência necessária (P_H) para que a demanda da sistema elevatório possa ser atendida.

Metodologia	$\Delta h_{1-2}/m$	H_g/m	H_m/m	P_H/W
Coefficientes de perda	4,06	43	47,06	3011,8
Hazen-Williams	5,09	43	48,09	3077,8
Universal	4,37	43	47,37	3031,68

Tabela 11 – Valores das perdas de carga totais, das alturas manométricas e das potências das bombas.

Observa-se a maior potência calculada é a aquela que deve ser utilizada para a segurança do funcionamento do sistema elevatório. Desta forma é imprescindível saber a eficiência energética da bomba, para que de acordo com a equação 10 seja possível estabelecer a potência nominal da bomba a ser instalada no sistema. A Tabela 12 a seguir mostra o percentual de contribuição das perdas de carga sobre a altura manométrica do sistema elevatório.

Metodologia	$\Delta h_{1-2}/\%$	$H_g/\%$
Coeficientes de perda	8,63	91,37
Hazen-Williams	10,58	89,42
Universal	9,10	90,9

Tabela 12 – Percentual de contribuição da perda de carga e da altura geométrica sobre a carga manométrica

A Tabela 12 revela que as perdas de carga no sistema em estudo precisam ser consideradas, já que as mesmas equivalem em torno de 10% da carga manométrica do sistema elevatório. Fazer o cálculo de especificação da bomba levando-se em conta apenas o valor da altura geométrica pode comprometer o funcionamento adequado do sistema elevatório.

4 Conclusão

O trabalho evidenciou a aplicação das três principais metodologias dimensionamento do sistema elevatório e da potência necessária para que a sua respectiva demanda seja atingida.

A metodologia de Hazen-Williams se mostrou a melhor escolha, pois apresentou o maior valor de altura manométrica do sistema levando o mesmo a maior segurança do seu funcionamento adequado;

As metodologias evidenciaram que as perdas de carga do sistema elevatório não devem ser descartadas sobre pena de colaborar para o funcionamento inadequado do sistema elevatório já que os valores das contribuições das perdas de carga estão em torno de 10% do valor da altura manométrica do sistema elevatório.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Iniciação Científica da Unig pelo apoio a realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

BAPTISTA, M. e LARA, M. Fundamentos de Engenharia hidráulica. 2ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2003;

BRUNETTI, FRANCO, Mecânica dos Fluidos, 2ª Edição, Editora Pearson Prentice Hall, 2008.

CARVALHO JR, Roberto, Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura, 2019, 12ª Edição, São Paulo: Blücher;

FOX, MCDONALD, PRITCHARD, MITCHELL, Introdução à Mecânica dos Fluidos, 9ª Edição, Editora LTC, 2018;

<https://www.ultrasteel.com.br/conexoes-galvanizadas>, acessado em 06/09/2022.

MACINTYRE, Joseph A. Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias, 1990, Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan;

NORMA ABNT NBR 5626:2020 – Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução,

operação e manutenção;

NORMA ABNT NBR 5648:2018 – Tubos e conexões de PVC-U com junta soldável para sistemas prediais de água fria – Requisitos;

Tijolo Ecológico – Fabricação e Análise das Propriedades

Camilla Clemente de Souza Zacarias¹; Jorge João Ferreira de Souza Junior², Camilla Santos do Nascimento Condack Pereira³, Larissa Abreu de Sousa Cardoso⁴; Ricardo Abreu Lima de Souza⁵.

Discente do Curso de Engenharia Mecânica¹, Docente do Curso de Engenharia Mecânica, Discente do Curso de Engenharia Civil^{3,4}

^{1,2,3,4} Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu- UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134- Jardim Nova Era, 2627-5580, Nova Iguaçu- RJ, Brasil;

⁵Administrador de Empresas, Mestre em Ciência dos Materiais pelo MEMAT UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda- UniFOA, Av. Paulo Erlei Alvrdo Abrantes, 1325- Três Poços, 2246-0560, Volta Redonda – RJ, Brasil;

souzacamila583@gmail.com¹, juniorjjfs@gmail.com², camillacondack@outlook.com³,
lalaleleabreu.la@gmail.com⁴, adm.ricardoabreu@gmail.com⁵

Resumo O tijolo ecológico possui características semelhantes ao tijolo convencional, atendendo assim as necessidades de projeto, promovendo uma visão social, econômica e ecológica que tem se tornado cada vez mais fundamental para o setor da construção civil. O seu processo de fabricação é caracterizado pela mistura de terra, água e cimento. Após os materiais serem misturados, são prensados até que se obtenha a consistência ideal, diferente dos tijolos convencionais, que necessitam de cozimento para adquirir resistência, os tijolos ecológicos não necessitam de processos posteriores. Portanto evitam as formações de gases poluentes, desmatamento e poluição residual. O processo de fabricação do tijolo ecológico possui vantagens como isolamento térmico e acústico, quando comparado aos demais. O presente trabalho busca promover a utilização dos tijolos ecológicos através de um estudo focado nas análises físico-mecânicas dos tijolos quando comparados aos blocos convencionais. Esta pesquisa irá realizar metodologias qualitativas, através de experimentos realizados em laboratório, conforme a NBR10833, com objetivo avaliar o tijolo ecológico produzido com a mistura solo-cimento, possibilitando a validação do seu uso na construção civil. Com este estudo será possível viabilizar o uso de uma solução inovadora que reduz os impactos ao meio ambiente, utilizando recursos naturais e com alto custo-benefício.

Palavras-chave: Solo-cimento, Tijolos, Sustentabilidade.

Abstract- The ecological one has characteristics similar to conventional bricks, meeting increasingly the needs of project bricks, promoting a social, economic and ecological vision that has become the civil construction sector. Its manufacturing process is characterized by mixing earth, water and cement. The materials made until they are made, the bricks that are built and built for the processes made, are built and built to be made and built to be made and built to be made and made. Therefore, they avoid polluting gases, forests and residual forms. The ecological brick manufacturing process has advantage such as thermal and acoustic insulation, when compared to the others. The work promotes the use of ecological bricks through a study focused on the physical-mechanical structures presented when compared to traditional study blocks. This will carry out qualitative methodologies, through experiments carried out in the laboratory, according to NBR10833, with the objective of carrying out the ecological study produced with a soil-cement mixture, validating the validation of use in civil construction. With this study it will be possible to enable the use of an innovative solution that reduces impacts on the environment, using natural resources and with high cost-benefit.

Keywords: Soil-cement, Bricks, Sustainability.

1 Introdução

A construção civil passou por mudanças consideráveis com o decorrer do tempo, tanto nos métodos construtivos quanto na maneira de pensar. De acordo com o decorrer do tempo, as soluções alternativas que causam menor impacto no meio ambiente vêm ganhando cada vez mais espaço (BALBO, 2007).

Para que seja estabelecida uma relação entre a qualidade da obra e o baixo custo, as indústrias da construção civil aumentaram suas buscas por soluções inovadoras, um dos meios mais utilizados é o emprego de materiais sustentáveis aliados à reciclagem de resíduos, desenvolvendo sistemas construtivos e novos materiais (MIELI, 2007).

Podendo ser utilizado em diversas metodologias de construção, o solo se destaca em construções civis desde o século passado, por possuir vantagens como manuseio, fácil obtenção e baixo custo (BAUER, 1994).

Em 1940 surgiu uma solução inovadora na construção civil, o tijolo solo-cimento. Até então, esta mistura era utilizada apenas para pavimentação, com o passar do tempo, foi se destacando e desenvolvidos estudos para seu uso em edificações. (BAUER, 1994). O seu uso contribui para uma construção, mais sustentável, pois o mesmo tem o custo-benefício mais barato comparado ao custo do tijolo convencional, portanto ele apresenta vantagens econômicas e ambientais superiores ao produto utilizado hoje em dia (SALA, 2006).

A fácil obtenção do solo-cimento é validada pelo material poder ser encontrado nas próprias escavações do local de realização da obra, o material necessita passar por análises em laboratórios, para que após determinação de sua qualificação seja encaminhado à fabricação dos tijolos. Em seu processo de fabricação, o cimento deve ser dosado para que a mistura possa ser aproveitada. Ao se obter uma mistura correta, o material é prensado, através de uma prensa hidráulica ou manual, de forma que o material tome a forma de um tijolo, o formato deste tijolo pode ser dos mais variados tipos (BAUER, 1994).

Na fabricação do tijolo, o cimento deve ser utilizado em menor quantidade possível, enquanto o solo é o material que compõe a maior proporção da mistura. Quando o solo com tais características não pode ser encontrado, alguns autores indicam o uso de um ou dois tipos de solo, para o que o resultado da mistura seja favorável ao produto final (BAUER, 1994).

Além de ser uma alternativa econômica, o tijolo solo-cimento possui características físico-mecânicas semelhantes aos tijolos convencionais, é um produto ecologicamente correto e por isto é possível observar o crescimento do seu uso na construção civil (BALBO 2007).

Este projeto irá analisar a importância de materiais ecológicos alternativos, realizando uma comparação dos tijolos ecológicos (solo-cimento) com os tijolos convencionais, observando o custo-benefício para construção civil, os impactos para o meio ambiente e suas características físico-mecânicas obtidas através de ensaios laboratoriais. Seguindo os objetivos deste projeto, foi realizada a fabricação do tijolo ecológico em laboratório, utilizando o solo-cimento de Nova Iguaçu. O processo de fabricação ocorreu normalmente, podendo ser avaliado como utilizável. Ainda devem ser realizados estudos referentes ao tijolo ecológico fabricado, para que possa ser validado através dos ensaios técnicos.

2 Materiais e Métodos

A partir de estudos realizados e atendendo as normas especificadas pela norma NBR 10833, foi realizada a produção de tijolos de solo-cimento (tijolo ecológicos) a partir do solo da cidade de Nova Iguaçu/RJ.

A seleção do solo deu-se através de uma construtora localizada na região de Nova Iguaçu-RJ, que possui todos os equipamentos necessários para a reciclagem dos resíduos de reformas. A empresa disponibilizou quantidade suficiente para fabricação de 2 tijolos solo-cimento (tijolos ecológicos).

Para a fabricação do tijolo ecológico, foram seguidos métodos que atendem a NBR 10833 - Fabricação de tijolo de solo-cimento com a utilização de prensa manual ou hidráulica. NBR 6457 - Amostra de solo, preparação para ensaios de caracterização, NBR 6459 - Determinação do limite de liquidez do solo, NBR 7180 - Determinação do limite de plasticidade do solo, NBR 7181 - Análise granulométrica do solo. Assim foram determinadas as características do solo, de acordo com os requisitos normativos. A moldagem dos tijolos foi produzida através de solo, cimento, água e resíduos (areia de fundição e vermiculita), suas proporções eram variadas e foram compactadas através de uma prensa hidráulica. Após isto, os tijolos foram encaminhados para o procedimento de cura.

O solo que foi utilizado é proveniente da Região de Nova Iguaçu- RJ e foi misturado aos demais componentes da mistura com o auxílio de uma betoneira, a qual proporcionou a homogeneidade da mistura. conforme apresentado na Figura 1. O laboratório no qual esse procedimento foi empregado é conhecido como Laboratório de Materiais do UGB/FERP, campus de Volta Redonda.

O processo de fabricação do tijolo solo-cimento seguiu as etapas previstas na NBR 10833, onde a primeira etapa do processo foi a secagem do material conforme a figura abaixo.



Figura 1. Secagem do Solo

A secagem ocorre na bancada de trabalho. Para que possa ser considerado seco, o material permanece por pelo menos 24 hora na bancada, logo após, é realizado uma análise tátil visual para que possa prosseguir com o processo de fabricação. Após a secagem, é realizado o processo de destorroamento, do material, com objetivo de reduzir a granulometria do solo.



Figura 2. Destorroamento do Solo

Posterior ao destorroamento, se faz o ensaio de granulometria, este ensaio é composto por 6 peneiras, onde as malhas são compostas de seguinte maneira: 2,00mm; 1,18mm; 0,420mm; 0,250mm; 0,149mm; 0,060mm. Conforme figura abaixo.

Figura 3. Ensaio de Granulometria

responsável por transportar a mistura (solo, cimento e água e torta do pinhão manso) do recipiente de armazenamento para a caixa molde com matriz aquecida.



Figura 4. Prensa hidráulica modelo ECO PREMIUM 2700.

Quando a mistura é inserida na matriz aquecida, irá iniciar o processo de moldagem do tijolo. Nesta etapa, a parte móvel faz um movimento na vertical, realizando a compactação, com isso o tijolo solo-cimento, ou tijolo ecológico, será impresso em sua forma final.

Um período para ocorrer o processo de cura é necessário, após o procedimento da modelagem do tijolo solo-cimento. Dessa forma, será possível garantir a reatividade do cimento e adquirir a ativação máxima da resistência do tijolo. O tempo de cura foi feito por um período de 28 dias, de acordo com o estabelecido pela norma NBR 10833 (ABNT,1994). Além disso, é importante destacar que o material é molhado intensivamente durante as primeiras 6 horas. Depois da confecção dos corpos de prova o procedimento é realizado periodicamente por 7 dias.

3 Resultados e Discussão

Espera-se que com este estudo, o uso do tijolo ecológico, cuja razão do resíduo foi de 40%, com solo-cimento de Nova Iguaçu seja validado na construção civil.

O produto obtido através deste estudo, poderá ser exposto nos laboratórios da UNIG, para que os alunos de engenharia civil cresçam profissionalmente, com aprendizados ecologicamente corretos sem impactar no custo benefício. A relevância deste trabalho torna possível a apresentação em congressos e simpósios devido ao impacto de sua utilização.



Figura 4. Tijolo ecológico fabricado com solo-cimento de Nova Iguaçu-RJ

4 Conclusão

O tijolo ecológico demonstrou-se através dos estudos de fabricação e teste de umidade realizados, uma excelente alternativa que reduz os impactos ao meio ambiente, este impacto é reduzido pela reutilização de material que seria descartado pela construção civil, principalmente no setor da construção civil. Fica evidente conforme demonstrado pelas figuras que através do processo simples de fabricação que o tijolo ecológico pode substituir o tijolo convencional.

Como toda solução inovadora e que possui benefícios ao meio ambiente, o tijolo ecológico também não está livre da análise de custo-benefício. Sendo necessário uma visão ampla do processo para que possa ser considerado, por exemplo, a quantidade de matéria-prima disponível, a distância entre o local de utilização do tijolo e o local de fabricação do tijolo, a quantidade de tijolos que podem ser fabricados em relação a sua utilização, entre outros fatores como a economia de massa, de cimento, de custo da mão de obra para sua instalação.

Através desse estudo foi possível identificar solo-cimento na região de Nova Iguaçu capaz de atingir as expectativas técnicas para a fabricação do tijolo ecológico. Foi possível fabricar o tijolo ecológico com 48% do solo-cimento de Nova Iguaçu e foram adicionados 40% de areia artificial ao solo. A próxima etapa do estudo, será a análise das propriedades e a resistência do tijolo.

5 Referências

NBR 10833, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1989) NBR 10833: Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com a utilização de prensa hidráulica.

NBR 6457 Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1986) NBR 6457 - Amostra de solo, preparação para ensaios de caracterização.

NBR 6459 Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1984) NBR 6459 - Determinação do limite de liquidez do solo

NBR 7180 Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1984) NBR 7180 - Determinação do limite de plasticidade do solo

NBR 7181 Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1984) NBR 7181 - Análise granulométrica do solo.

Balbo, José Tadeu. (2007) Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração. 1. ed. São Paulo.

Bauer, L.A Falcão. (2015) Materiais de Construção. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994. 960 p. Caputo, Homero Pinto; Caputo, Armando Negreiros. Mecânica dos solos e suas aplicações. 7. ed. Rio de Janeiro.