

Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 2

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias na engenharia civil 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil; v. 2)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-221-0
DOI 10.22533/at.ed.210192803

1. Construção civil. 2. Engenharia civil. 3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado.

CDD 690

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 2” contempla dezoito capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas relacionadas ao uso de tecnologias aplicadas nas mais diversas áreas da engenharia civil.

A constante evolução na engenharia civil é movida pelo uso de novas tecnologias, que surgem a cada dia. Novos materiais, novas metodologias vão surgindo, viabilizando construções mais complexas e ocasionando uma maior produtividade nos canteiros de obras, trazendo impactos sociais relevantes.

O estudo de novas tecnologias na área de saneamento por exemplo, traz benefícios a diversas comunidades, impactando na área de saúde e consequente melhoria na qualidade de vida das pessoas atingidas.

A inovação no desenvolvimento de produtos se deve a necessidade de criação de materiais mais resistentes, proporcionando maior qualidade e segurança às obras. O desenvolvimento de materiais a partir de matéria prima reaproveitada ou de materiais que simplesmente eram descartados, têm sido amplamente utilizados e além de gerar novas soluções, proporciona benefícios ao meio ambiente e resultados econômicos satisfatórios. Nessa mesma linha de pensamento, o uso da eficiência energética também tem sido utilizado em busca de soluções sustentáveis.

O uso de tecnologias no controle e planejamento de obras permite a antecipação de diversas situações que poderiam impactar negativamente na execução das obras ou seu uso final, oportunizando seus gestores a tomada de decisões antes mesmo que elas ocorram.

Diante do exposto, esperamos que esta obra traga ao leitor conhecimento técnico de qualidade, de modo que haja uma reflexão sobre os impactos que o uso de novas tecnologias proporciona à engenharia e que seu uso possa proporcionar melhorias de qualidade de vida na sociedade.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A TECNOLOGIA SOCIAL NO SERTÃO DO PAJEÚ: UM GANHO NA QUALIDADE DE VIDA COM A UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES	
<i>Lizelda Maria de Mendonça Souto</i>	
<i>Rafael Lucian</i>	
<i>Alexandre Nunes da Silva</i>	
<i>Avelino Cardoso</i>	
<i>Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani</i>	
<i>Sérgio Peres</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2101928031	
CAPÍTULO 2	7
CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR	
<i>Décio Leandro Amaral Miranda</i>	
<i>Renato da Silva Couto</i>	
<i>Ronildo Alcântara Pereira</i>	
<i>Siumara Rodrigues Alcântara</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2101928032	
CAPÍTULO 3	23
MATERIAIS CIMENTÍCIOS SUSTENTÁVEIS COM A REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS	
<i>Humberto Mycael Mota Santos</i>	
<i>Bruno Balbino da Silva</i>	
<i>Anderson Ferreira de Oliveira</i>	
<i>Daniel Oliveira Procorio</i>	
<i>Gabriel Marcelo Bortolai</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2101928033	
CAPÍTULO 4	33
ANÁLISE DE ESTABILIDADE MARSHALL EM MISTURAS ASFÁLTICAS COM ADIÇÃO DE RESÍDUO OLEOSO DA INDÚSTRIA PETROLÍFERA	
<i>Rodolfo Rodrigo Ferreira Severino</i>	
<i>Yane Coutinho Lira</i>	
<i>Rodrigo Mendes Patrício Chagas</i>	
<i>Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça</i>	
<i>Milton Bezerra das Chagas Filho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2101928034	
CAPÍTULO 5	41
MÉTODOS DE ANÁLISE DO DESEMPENHO LUMÍNICO DE EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS CONFORME A NBR 15575-1/2013	
<i>Aniéli Thais de Souza</i>	
<i>Maria das Graças Monteiro Almeida de Melo</i>	
<i>Maryane Gislayne Cordeiro de Queiroz</i>	
<i>Geovani Almeida da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2101928035	

CAPÍTULO 6	53
OS SELOS DE CERTIFICAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE PARA EMPREENDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL	
<i>Marco Antonio Campos</i>	
<i>André Munhoz de Argollo Ferrão</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2101928036	
CAPÍTULO 7	64
ECONOMIA DE ENERGIA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL ESTUDO DE CASO NO BLOCO I DO UNIPAM	
<i>Daniel Marcos de Lima e Silva</i>	
<i>Maísa de Castro Silva</i>	
<i>Marcelo Ferreira Rodrigues</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2101928037	
CAPÍTULO 8	80
PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO DE VIGA E PILAR METÁLICO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO	
<i>Marcus da Silva Camargo</i>	
<i>Cleverson Cardoso</i>	
<i>José Raimundo Serra Pacha</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2101928038	
CAPÍTULO 9	99
ANÁLISE DO FLUXO DE INFORMAÇÕES NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREDIAL APOIADA EM BIM: ESTUDO DE CASO EM COBERTURAS	
<i>Bárbara Lepca Maia</i>	
<i>Sérgio Scheer</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2101928039	
CAPÍTULO 10	118
INDICADORES DE PROJETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL NO PIAUÍ	
<i>Ailton Soares Freire</i>	
<i>Terciana Nayala Feitosa de Carvalho</i>	
<i>Carlos René Gomes Ferreira</i>	
<i>Araci de Oliveira Parente Sousa</i>	
<i>Ronildo Brandão da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.21019280310	
CAPÍTULO 11	127
UTILIZAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO PARA MENSURAÇÃO DE DESPERDÍCIO EM OBRAS CIVIS	
<i>Evanielle Barbosa Ferreira</i>	
<i>Samuel Jônatas de Castro Lopes</i>	
<i>Danilo Teixeira Mascarenhas de Andrade</i>	
DOI 10.22533/at.ed.21019280311	

CAPÍTULO 12	139
O NÍVEL DE SERVIÇO E ÍNDICE DE QUALIDADE DA CALÇADA: ESTUDO DE CASO EST-UEA	
<i>Angra Ferreira Gomes</i>	
<i>Valdete Santos de Araújo</i>	
DOI 10.22533/at.ed.21019280312	
CAPÍTULO 13	146
UTILIZAÇÃO DO VANT PARA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO DE UMA AVENIDA EM BELÉM-PA	
<i>Diogo Wanderson Borges Lisboa</i>	
<i>Ana Beatriz Sena da Silva</i>	
<i>Anna Beatriz Aguiar de Souza</i>	
<i>Eliete Santana Chaves Barroso</i>	
<i>Márcio Murilo Ferreira de Ferreira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.21019280313	
CAPÍTULO 14	156
CAUSAS E EFEITOS DA RESSONÂNCIA EM EDIFICAÇÕES URBANAS	
<i>Beth Luna Monteiro Moreira</i>	
<i>Biatriz Vitória da Conceição Moraes Custodio</i>	
<i>Juliana Silva de Oliveira</i>	
<i>Larissa Medeiros de Almeida</i>	
<i>Lucian Araújo da Silva</i>	
<i>Luciana de Oliveira Guimarães</i>	
DOI 10.22533/at.ed.21019280314	
CAPÍTULO 15	161
SISTEMA MINI TARP: UMA PROPOSTA PARA A ELIMINAÇÃO DOS IMPACTOS PROVOCADOS PELAS ENCHENTES E CONTAMINAÇÃO DO RIBEIRÃO ARRUDAS	
<i>João Carlos Teixeira da Costa</i>	
<i>Raíssa Ávila Nascimento</i>	
DOI 10.22533/at.ed.21019280315	
CAPÍTULO 16	182
LEVANTAMENTO QUANTITATIVO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE FACHADAS EM EDIFICAÇÕES MULTIPAVIMENTOS NA ÁREA URBANA CENTRAL DE PATOS DE MINAS - MG	
<i>Roni Alisson Silva</i>	
<i>Douglas Ribeiro Oliveira</i>	
<i>Rogério Borges Vieira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.21019280316	
CAPÍTULO 17	189
NOVOS PARADIGMAS E DESAFIOS NO ENSINO DE DISCIPLINAS PROFISSIONALIZANTES DE ENGENHARIA CIVIL COM BASE NA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS	
<i>Henrique Clementino de Souza</i>	
DOI 10.22533/at.ed.21019280317	

CAPÍTULO 18 201

INICIANDO A VIDA ACADÊMICA POR MEIO DO ESTUDO DAS SECÇÕES CÔNICAS
E SUAS APLICAÇÕES NA ENGENHARIA CIVIL

Raimundo Nonato de Oliveira Sobrinho

Gabriel Alves de Abreu

Paulo Henrique Teixeira da Silva

Paulo Rafael de Lima e Souza

DOI 10.22533/at.ed.21019280318

SOBRE A ORGANIZADORA..... 215

A TECNOLOGIA SOCIAL NO SERTÃO DO PAJEÚ: UM GANHO NA QUALIDADE DE VIDA COM A UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES

Lizelda Maria de Mendonça Souto

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife-PE

Rafael Lucian

Faculdade Boa Viagem, Recife-PE

Alexandre Nunes da Silva

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife-PE

Avelino Cardoso

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife-PE

Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife-PE

Sérgio Peres

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife-PE

RESUMO: O ano de 2007 foi marcado pela Lei 11.445 que dá Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico visando a universalização dos serviços de saneamento, no entanto, após mais de 10 anos de sua publicação, em áreas rurais Pernambuco ainda se observa a presença de dejetos animais e humanos (fezes e urina) provenientes da defecção ao ar livre gerando contaminações do solo, água e degradação ambiental. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a geração de metano em biodigestores, Tecnologias sociais capazes de auxiliar no

tratamento de esgoto e resíduos animais, instalados no Sertão do Pajeú e o impacto gerado pela implantação da tecnologia quanto aos aspectos de funcionamento, operação e manutenção pelas famílias contempladas. Para o estudo foi realizada visita de campo, registros fotográficos e medições para avaliação da qualidade do biogás com o equipamento Landtec GEM 5000 pela equipe do Laboratório de Combustíveis e Energia (POLICOM) da Escola Politécnica da Universidade (POLI) de Pernambuco (UPE). Constatou-se uma média de $53,6\% \pm 0,6$ de metano no biogás gerado e a necessidade de realizar medidas de monitoramento e controle para melhorar a eficiência dos biodigestores como: avaliação de pH, carga e descarga dos dejetos, qualidade do biofertilizante gerado quanto a presença de coliformes fecais, macro e micronutrientes. Sugere-se estudos complementares para melhorar a *performance* do tanque fabricado em concreto, utilizando novos materiais que garantam maior estanqueidade ao sistema, bem como, planos de manutenções periódicas para se avaliar possíveis vazamentos nas linhas, conexões, e sistematização de medições.

PALAVRAS-CHAVE: Biodigestor. Biogás. Resíduo.

1 | INTRODUÇÃO

A necessidade de saneamento básico existe desde os tempos das cavernas, no entanto, não era um assunto com o qual as pessoas tivessem grandes preocupações, além disso, vivia-se em aglomerados sem nenhuma infraestrutura. Tais fatos criavam um cenário de subdesenvolvimento das sociedades, tornando-as mais propícias ao surgimento e propagação de doenças provenientes da falta de tratamento da água, do mau acondicionamento dos resíduos sólidos e dos dejetos humanos. Com o desenvolvimento das sociedades e o surgimento das cidades, a necessidade de planejamento e de uma melhor infraestrutura tornou-se mais evidente levando a sociedade a pensar mais nesse assunto (BUFF, 2017).

A ausência do Saneamento básico mínimo gera não só impactos ambientais, mas também socioeconômicos para a população, essa contextualização é observada nos gastos de tempo, exposição ao sol e problemas ortopédicos que podem ser adquiridos por se carregar baldes d'água por quilômetros na cabeça, em áreas rurais, para garantia de necessidades básicas. Além dos impactos que poderão acometer a vida laboral, estão os custos com remédio, médicos e previdência social.

De acordo com Araújo, Silva e Cabral (2013), é essencial proporcionar meios que possibilitem aos gestores públicos e à população uma reflexão sobre as questões relacionadas ao saneamento básico, através de ações contínuas e integradas, promovidas pelos diversos setores da sociedade, tendo a Educação ambiental no tocante às águas pluviais urbanas, um papel fundamental neste contexto. Para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA e Fundação Banco do Brasil - FBB (2010),

Sem a capacitação da comunidade, qualquer Tecnologia Social é incapaz de solucionar problema algum. Pior ainda é quando não há interesse nem conscientização dos moradores sobre a importância dos equipamentos utilizados. No final, tudo poderá ir para o lixo e virar ferro-velho. Uma das características da Tecnologia Social é que a solução adotada só funciona com a participação das famílias.

Dessa forma, enfrentar problemas relacionados à água, saneamento básico e saúde pública é um trabalho que exige o envolvimento conjunto de vários setores da sociedade, não apenas da administração pública, mas também de empresas privadas, instituições de ensino, organizações não governamentais do terceiro setor e da população em geral.

Sistemas Biodigestores podem ser utilizados para melhorar a qualidade do efluente, proveniente de águas negras residenciais e rurais/residências quando não há conexão com a rede coletora de esgoto e as fossas sépticas. Nos Biodigestores acontece o processo anaeróbio de fermentação, sem a presença de oxigênio, por um consórcio de micro-organismos em câmara fechada, resultando como subprodutos o biofertilizantes, efluente tratado e biogás (composto por gás Metano 50 a 70%,

Dióxido de Carbono 25 a 40%, Hidrogênio 1 a 3%, Ácido Sulfídrico 0,1 a 0,5% e outros gases) (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, 2010).

O biogás e o biofertilizante gerados na biodigestão, podem ser produzidos em qualquer localidade que contenha Resíduos Orgânicos biodegradáveis, seja urbana, rural ou industrial. A utilização em áreas rurais, tem se mostrado mais comum dada a disponibilidade em volume de excremento animal utilizada na biodigestão.

Os Biodigestores podem ser utilizados como uma Tecnologia Social que é entendida como produtos, técnicas e/ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social, segundo definição da Rede de Tecnologia Social.

O modelo Sertanejo, biodigestor do Projeto Dom Helder Câmara implantado através de parcerias internacionais com a ONG Diaconia, tem como objetivo substituir fossas rudimentares no Nordeste Brasileiro canalizando as águas negras, águas cinzas e dejetos de animais de pequenas propriedades rurais para tratamento e geração de gás metano usado nas cozinhas residências.

Em muitos países, o uso de biodigestores em áreas urbanas já são uma realidade integrada a novos equipamentos e tecnologias para geração de energia alternativa. Um exemplo é o fabricado pela PUXIN, na China, que tem como entradas as águas negras, cinzas e resíduos orgânicos de cozinha que são canalizados para um tanque biodigestor onde é produzido o biogás, utilizado para geração de energia térmica e elétrica. A tecnologia é composta por um saco de armazenamento de gás, uma bomba, um carregador solar, um medidor de pressão, tubulações de gás para eletrodomésticos (fogão, panela de arroz, luz e gerador etc).

Do estudo de Richard *et al.* (2011) em Gana, África Sul, o uso da tecnologia com biodigestores recebeu maior atenção pelo governo e universidades, devido aos problemas ambientais ocasionados pela ausência de tratamento de águas negras. Os autores analisaram a reutilização de águas negras geradas pelos alunos e funcionários, em quatro Universidades do Gana para geração de biofertilizantes e biogás, em biodigestores e constataram que a produção diária total de biogás, das quatro universidades, foi de 1.378,5 m³ no período de aulas e 291,3 m³ nas férias, respectivamente.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a geração de metano em biodigestores rurais modelo sertanejo instalados no Sertão do Pajeú e o impacto gerado pela tecnologia para famílias que possuem o equipamento instalado quanto aos aspectos de funcionamento, operação e manutenção necessária na utilização da Tecnologia Social instalada.

2 | METODOLOGIA

A pesquisa constituiu-se em um trabalho de campo e experimental no mês de maio de 2017, onde foi realizada uma visita ao Sertão do Pajeú – PE ao norte do estado de Pernambuco, composto por 20 municípios entre os quais Serra Talhada, Afogados da Ingazeira e São José do Egito para avaliar o biogás e as condições físicas dos biodigestores sertanejos, modelo indiano (biodigestor construído com placas de cimento e cúpula móvel sobreposta com caixa de fibra de vidro) instalados pela ONG Diaconia desde 2011.

Para o levantamento das condições de saneamento e dos impactos com a utilização da Tecnologia Social, foram realizadas conversas informais com 5 moradores de 3 residências onde a tecnologia foi instalada, e visitados três biodigestores para observar o impacto da utilização na vida dos moradores. Durante a visita foram realizados registros fotográficos e realização de medições para avaliação da qualidade do biogás com o equipamento Landtec GEM 5000 pela equipe do Laboratório de Combustíveis e Energia (POLICOM) da Escola Politécnica da Universidade (POLI) de Pernambuco (UPE). Avaliou-se também a estrutura dos biodigestores instalados pela ONG Diaconia; e a percepção dos moradores que fazem uso da tecnologia quanto a funcionalidade e necessidade de manutenção.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da visita de campo ao Sertão do Pajeú, foram avaliados o biogás gerado e as condições do biodigestor sertanejo, idealizado pela ONG Diaconia. De acordo com a ONG existem mais de 700 biodigestores sertanejos de aproximadamente 7m³ instalados no Nordeste, onde 177 estão no Sertão do Pajeú distribuídos nas cidades de São José do Egito, Afogados da Ingazeira, Ingazeira, Igaraci, Tabira e Carnaíba.

Notou-se uma grande satisfação dos moradores que relataram que desde 2011 utilizam biogás dos biodigestores e por isso, não precisam comprar botijões de gás e nem carros de madeira para usar nos fogões a lenha. Segundo um dos moradores, antes eram necessários de 10 a 12 carros de lenha por ano com aproximadamente 2m³, a um custo unitário de R\$ 150,00. O biofertilizante produzido numa média de 5 a 6 carrinhos de mão por semana, por biodigestor, é colocado para secar e depois usado nas plantações dos próprios assentamentos.

Outro relato de uma moradora que possui um biodigestor desde 2013, chama a atenção pelo caráter de empoderamento dado as mulheres com a tecnologia. Pois, como provedoras da alimentação doméstica, antes do biodigestor, precisavam catar, armazenar e cortar a lenha, além de “soprar” o fogo durante o cozimento dos alimentos tomando muito tempo de outros afazeres domésticos. Além disso a fumaça (carregada de monóxido de carbono) traziam problemas de saúde, as fuligens manchavam as

paredes e elas não conseguiram fazer um bolo para a família.

Das medições realizadas constatou-se uma média de $53,6\% \pm 0,6$ de metano no biogás, dentro de padrões estabelecidos PNUD e MMA(2010) e que é necessário realizar medidas de monitoramento e controle para melhorar a eficiência dos biodigestores como: avaliação de pH, carga e descarga dos dejetos, características do biogás como metano, gás carbônico, ácido sulfídrico e ainda a qualidade do biofertilizante utilizado nas lavouras quanto a presença de Coliformes Fecais, macronutrientes (Potássio, Nitrogênio e Fósforo) e micronutrientes para se avaliar qual a lavoura mais indicada para sua utilização. Na Figura 1 observa-se o biodigestor sertanejo (A), o biofertilizante gerado, sem odor, exposto para secagem (B), as medições realizadas pela equipe do POLICOM com o equipamento Landtec GEM 5000 (C) e o biogás no fogão de uma moradora durante a visita.

(A) Biodigestor



(B) Biofertilizante gerado exposto para secagem



(C) Medição do Biogás



(D) Metano gerado para cozimento de alimentos



Figura 1 - Biodigestor Sertanejo, modelo indiano no Sertão do Pajeú

Fonte: Arquivo pessoal

4 | CONCLUSÕES

Com o estudo conclui-se que os biodigestores instalados no sertão do Pajeú estão gerando um percentual de Metano dentro da faixa de 50 a 70% conforme previsão da literatura, trazendo economia para os moradores a um custo mínimo mensal de R\$

65,00 (sessenta e cinco reais), custo médio de um botijão de gás de cozinha, além de benefícios não mensuráveis como a não geração de fuligem dentro das residências, desmatamento para a produção de lenha e a diminuição de gases do efeito estufa como CH_4 (metano) e CO_2 (dióxido de carbono), onde o CH_4 tem um fator elevado de aquecimento chegando a ser 21 vezes maior que o CO_2 .

Com o trabalho observou-se que além das necessidade de implantação de medidas de monitoramento e controle para melhoraria da eficiência dos biodigestores instalados, também foi diagnosticada a necessidade de estudos para otimizar a *performance* do tanque fabricado em concreto, utilizando novos materiais que possam melhorar a estanqueidade do sistema fabricado com placas de concreto produzidas pelos moradores, quanto a corrosão por H_2S (Sulfeto de hidrogênio) e com manutenções programadas periódicas para avaliar possíveis vazamentos nas linhas e conexões, substituição de filtros e sistematização de medições.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO D. C.; SILVA P. O.; CABRAL J. J. S. P. **Diagnóstico dos problemas Sócio Ambientais no Riacho (Canal) Vasco Da Gama – Arruda na Cidade de Recife**. In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Bento Gonçalves, 2013, 17 a 22 de novembro de 2013.

BUFF S. R. **Saneamento Básico**: Como tudo começou. Elo Ambiental. Centro – SP. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/eloambiental/a-histria-do-saneamento-bsico>>. Acesso em: 04 jan. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA; FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL - FBB. **Fossa Séptica Biodigestora**: Saúde e Renda no Campo. Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2010.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO; MMA-MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Produto 6 – Resumo Executivo**: Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável. São Paulo: Arcadis Tetraplan, 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033201.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2017.

RICHARD A.; BAIDOO M. F.; BREW-HAMMOND A.; BENSAN E. C. Biogas generation from sewage in four public universities in Ghana: A solution to potential health risk. **Biomass and Bioenergy**. V.35, 2011.

CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Délcio Leandro Amaral Miranda

Universidade Estácio de Sá, Faculdade Estácio de Sá de Ourinhos
Ourinhos - SP

Renato da Silva Couto

Universidade Estácio de Sá, Faculdade Estácio de Sá de Ourinhos
Ourinhos - SP

Ronildo Alcântara Pereira

Universidade Federal de Campina Grande,
Departamento de Engenharia Civil
Campina Grande - PB

Siumara Rodrigues Alcântara

Universidade Estácio de Sá, Faculdade Estácio de Sá de Ourinhos
Ourinhos - SP

RESUMO: A construção civil é de grande importância, não apenas no setor econômico, como também no setor ambiental, pois caracteriza-se como um dos mais poluentes. Neste sentido, aliando-se às questões sustentáveis, este trabalho teve como objetivo a substituição parcial do cimento Portland por cinzas de bagaço de cana-de-açúcar, na confecção de concreto. Para tanto, foi feita a caracterização dos agregados e das cinzas, assim como, a substituição parcial do cimento nos valores de 10, 15 e 20%, mantendo a razão água/cimento igual a 0,51. A partir das

características dos agregados utilizados, calculou-se o traço de concreto padrão, ou seja, sem substituição. Com a realização da caracterização das cinzas, observou-se a necessidade de um processo prévio de moagem deste material. Com isso, conseguiu-se reduzir substancialmente seu valor de módulo de finura. As substituições mostraram resistências acima do padrão para 10 e 15%, aos 7 dias de cura. Para 28 dias, os valores de resistência foram menores, porém, bem próximos aos obtidos com o concreto padrão. Com isso, observa-se viabilidade na substituição do cimento, contribuindo para redução de diversos impactos ambientais observados ao longo do processo para fabricação do cimento, assim como, redução de valores nos custos de obras e valorização e destinação das cinzas de bagaço de cana-de-açúcar, sendo este um resíduo agroindustrial.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil, Resíduo agroindustrial, Construção sustentável, Pozolana.

ABSTRACT: Civil construction is of great importance, not only in the economic sector, but also in the environmental, as it is characterized as one of the most polluting. In this sense, in addition to the sustainable issues, this work had as its objective the partial replacement of Portland cement by ash from sugarcane bagasse, in the

confection of concrete. For that, aggregates and ashes were characterized, as well as the partial replacement of cement in the values of 10, 15 and 20%, keeping the water/cement ratio equal to 0.51. From the characteristics of the aggregates used, the standard concrete trait was calculated, that is, without substitution. With the ashes characterization, it was observed the necessity of a previous process of grinding of this material. With this, it has been possible to substantially reduce its fineness modulus value. Substitutions showed above-standard strengths of 10 and 15% at 7 days of cure. For 28 days, the resistance values were lower, but very close to those obtained with the standard concrete. With this, it is possible to observe the feasibility of replacing the cement, contributing to the reduction of several environmental impacts observed during the cement manufacturing process, as well as reducing the costs of constructions and valorisation and disposal of bagasse ash, which is an agroindustry residue.

KEYWORDS: Civil construction, Agroindustry residue, Sustainable construction, Pozolana.

1 | INTRODUÇÃO

A construção civil, embora seja um setor da economia de vital importância é também, um grande poluidor. Ao lado disso, a indústria do cimento é responsável por impactos significativos, tanto na paisagem como na atmosfera devido a seu processo produtivo. Neste contexto, buscando reduzir os impactos ambientais provocados por estes setores da economia, surge o paradigma da construção sustentável, através do aproveitamento de materiais recicláveis. Dentre tantos materiais estão as cinzas do bagaço de cana (CBC), que são constituídas basicamente de dióxido de silício SiO_2 e podem substituir parcialmente o cimento no concreto e nas argamassas, sem prejudicar suas características físicas e químicas.

Para cada tonelada de cana-de-açúcar são geradas aproximadamente 26% de bagaço, sendo constituído por aproximadamente: 50% de celulose, 25% de hemiceluloses e 25% de lignina, com teor de umidade de 50% e 0,62% de cinza, sendo gerados aproximadamente 25 quilos de cinza para cada tonelada de bagaço quando incineradas. Concomitantemente, levando essas cifras para a safra de 2017/2018, estima-se que foram gerados cerca de 3,93 milhões de toneladas de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) (SULIMAN e ALMOLA, 2010; REZENDE, 2016).

A utilização da CBC resolve diversos problemas ambientais, entre eles, o impacto devido à extração de minérios para a fabricação do cimento. Outro aspecto a ser citado, é o grande volume de CBC produzida e armazenada nos pátios das usinas, que são utilizadas basicamente como fertilizantes nas lavouras. Esta utilização é feita mesmo com a existência de pesquisas que indicam que a cinza não apresenta nutrientes suficientes para tal fim. Além disso, este material é de difícil deterioração, tendo metais pesados em sua composição, o que contamina o solo e os lençóis freáticos (VANDERLEI et. al., 2014, CASTRO e MARTINS, 2016).

Constituída basicamente de sílica SiO_2 , a cinza do bagaço de cana-de-açúcar tem potencial para ser utilizada como adição mineral na construção civil. A temperatura e o período de queima do bagaço de cana de açúcar são fatores que influenciam nas propriedades dessa sílica, pois, se forem controladas, manterá as propriedades amorfas do bagaço, permitindo substituir parte do cimento em argamassas e concretos. Para que a sílica se transforme em fase amorfa, é preciso que seja processada em temperaturas inferiores a 700°C , por um período de uma hora. Especificadamente, relatos na literatura descrevem que as cinzas, com melhores resultados de atividades pozolânica, foram aquelas incineradas em temperatura de 600°C (PAULA, 2006; CORDEIRO et al., 2009; TEODORO et. al., 2013; VANDERLEI et. al., 2014; REZENDE, 2016).

Quando se faz adições minerais em materiais cimentícios, há uma mudança na estrutura interna do concreto no estado fresco, podendo levar a diversos benefícios, como diminuição das fissuras de origem térmicas, redução na porosidade capilar, melhor resistência ao ataque por sulfatos, etc. Estes fatores colaboram para o aumento da resistência e a durabilidade do concreto no estado endurecido.

O emprego de minerais no concreto, em substituição parcial do cimento Portland, contribui para o retardamento da resistência e da taxa de hidratação do concreto nas primeiras idades (dentro dos 7 dias), em comparação com a mistura de referência. Por outro lado, nas idades mais avançadas, as resistências finais tendem a serem superiores à de referência, isso depende da quantidade e qualidade das pozolanas utilizadas, pois essas adições fazem com que os poros da matriz cimentícia se refinem e melhorem a zona de transição pasta-agregado, de modo a contribuir para maior resistência mecânica e melhor durabilidade do concreto. Ao adicionar a CBC no concreto, a consistência é alterada, sendo necessário adequar o fator a/c para uma melhor trabalhabilidade (KISHORE et.al., 2011; CALADO et.al., 2015; REZENDE, 2016).

Diante desse contexto, esta pesquisa tem por objetivo confeccionar um traço de concreto com substituição parcial do cimento Portland CP32-RS pela cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC), comparando esses dados com o traço de concreto padrão, confeccionado a partir da norma NBR 12655 (ABNT, 2006). As porcentagens de substituição foram 10%, 15% e 20%. Desta forma, este trabalho visa utilizar a cinza do bagaço de cana-de-açúcar CBC como aditivo mineral na substituição parcial do cimento, buscando obter resultados relevantes, sem que haja perda da resistência, impermeabilidade e durabilidade do concreto e almejando minimizar os impactos ambientais. Além disso, possibilitar um menor custo e melhor trabalhabilidade.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A cinza de bagaço de cana-de-açúcar foi adquirida no município de Itaí/SP. A

areia, brita e o cimento forma adquiridos no comércio do município de Ourinhos/SP. Quanto as análises, estas foram realizadas nos Laboratórios de Construção Civil e no Laboratório de Pesquisas de Engenharia (LAPEN) da Faculdade Estácio de Sá de Ourinhos.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO

2.1.1 DETERMINAÇÃO DA MASSA REAL DA BRITA (MRB)

Para a preparação do agregado, seguiu-se as recomendações do Método de Ensaio DNER-ME 081/98. Para a determinação da MRB, utilizou-se uma proveta com 600 ml de água e 1Kg de agregado. Em seguida, observou-se o volume deslocado. Os cálculos foram realizados conforme a Equação 1 (DNER, 1998).

$$d = \frac{1000g}{V_{fb}-600} \quad (1)$$

Onde:

d = massa específica real do agregado graúdo seco em g/cm^3

V_{fb} = leitura da proveta (volume de água + brita)

2.1.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA COMPACTADA (MEAC)

Para a determinação MEAC, seguiu-se a NBR NM 45, através do preenchimento de um recipiente com os agregados graúdos, em três camadas. Para cada camada foram aplicados cinquenta golpes, vinte e cinco em cada face. Os cálculos foram efetuados conforme Equação 2 (ABNT, 2006).

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ar} - m_r}{14,54} \quad (2)$$

Onde:

ρ_{ap} = massa específica aparente compactada do agregado graúdos em Kg/dm^3

m_{ar} = massa (conjunto caixote + agregados)

m_r = massa do caixote

2.1.3 DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA (MEA) EM ESTADO SOLTO DOS AGREGADOS GRAÚDO E MIUDO

Para a determinação da MEA, seguiu-se a NBR NM 45, através do uso de um caixote, que foi preenchido, inicialmente com agregado miúdo (areia), e posteriormente, agregado graúdo (brita), até exceder o limite. Em seguida, foi rasado, utilizando-se uma régua. O caixote foi pesado com os respectivos agregados, e calculado o resultado pela Equação 3 (ABNT, 2006).

$$d_a = \frac{m_{ag} - m_{cx}}{14,54} \quad (3)$$

Onde:

d_a = massa específica aparente dos agregados miúdo/grãos em Kg/dm³

m_{ag} = massa (conjunto agregado + caixote)

m_{cx} = massa do caixote

2.1.4 GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS GRAÚDO E MIÚDO

Em conformidade com a NBR NM 248 (ABNT, 2003), foram pesadas amostras de materiais, sendo estas secas previamente em estufa por 24 horas a $105 \pm 5^\circ\text{C}$. As mesmas foram peneiradas no conjunto de peneiras limpas. Após o peneiramento, as amostras retidas de cada peneira foram pesadas e calculadas suas porcentagens. Em seguida, foram realizadas as somas das porcentagens retidas nas peneiras. Deste modo, foi possível obter o módulo de finura e diâmetro máximo dos agregados.

2.2 Caracterização do Agregado Miúdo

2.2.1 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA REAL (MER) DA AREIA

Embasado na NBR 9776 (ABNT, 1987), usou-se o frasco de Chapman, colocando-se água até a marca de 200 ml. Após o tempo estipulado, foi adicionado 500 g de areia com diâmetros < 4,8 mm, seca em estufa. Em seguida a leitura do volume deslocado foi calculado por meio da Equação 4.

$$\gamma = \frac{500}{L-200} \quad (4)$$

Onde:

γ = massa específica real em g/cm³

L = leitura do frasco (volume de água + areia)

2.2.2 Determinação do Inchamento do Agregado Miúdo

O inchamento da areia seguiu a NBR 6467 (ABNT, 2006), onde cada ponto de adição dos teores de umidade estivera próximo de 0,5%, 1%, 2%, 4%, 5%, 7%, 9% e 12%, foram coletados e secos em estufa por 24h. Após este período, foram realizadas as pesagens. Com isso, foi possível determinar o teor de umidade da areia em cada ponto e o coeficiente de inchamento, através das Equações 5 e 6.

$$h = \frac{m_i - m_f}{m_f - m_c} \times \left(\frac{100+h}{100} \right) \quad (5)$$

Onde:

h : teor de umidade do agregado miúdo (em %)

m_i : massa inicial da cápsula com o agregado ensaiado (úmido)

m_f : massa da cápsula com o agregado após a secagem em estufa

m_c : massa da cápsula

$$\frac{V_h}{V_s} = \frac{\gamma_s}{\gamma_h} \times \left(\frac{100+h}{100} \right) \quad (6)$$

Onde:

V_h : volume do agregado com um determinado teor de umidade (h)

V_s : volume do agregado seco

α : coeficiente de inchamento do agregado

γ_s : massa unitária do agregado com um determinado teor de umidade (h)

γ_h : massa unitária do agregado seco

2.2.3 DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO AGREGADO MIÚDO

Para determinação da umidade do agregado miúdo, as amostras foram pesadas, e em seguida, levadas a estufa por 24 horas a $105 \pm 5^\circ\text{C}$. Foram novamente pesadas e calculadas através da Equação 7.

$$u = \frac{m_i}{m_i - m_f} \times 100 \quad (7)$$

Onde:

u = umidade do agregado (%)

m_i = massa inicial

m_f = massa final

2.3 CARACTERIZAÇÃO DA CBC

Foram realizadas as caracterizações de massa específica e módulo de finura, tendo como base o processo de caracterização do cimento Portland. Para a determinação de massa específica, foi realizado o peneiramento das cinzas em peneira com abertura de 100 mesh ($149\mu\text{m}$), frasco de Le Chatelier 250 ml, seguindo a NBR 6474 (ABNT, 2006).

2.3.1 MÓDULO DE FINURA DA CBC

Para determinação do módulo de finura da CBC utilizou-se a NBR NM 11579 (ABNT, 2012). Para tanto, preparou-se uma amostra de 50g de CBC. Em seguida, este material foi peneirado na malha 0,075mm, realizando o peneiramento em três etapas. Este processo durou em média 3 minutos.

Antes de iniciar a segunda fase, foram aplicados golpes com um bastão em torno da peneira e usado o pincel para tirar as partículas da CBC do fundo e no seu entorno. A segunda etapa seguiu o mesmo procedimento antes posto, porém em um tempo maior, de 15 a 20 minutos. Já na última etapa, o material foi peneirado no tempo de 1 minuto e com uma pequena angulação em torno de 60° com movimentos rápidos e rotacionando a peneira a cada 10 segundos. Em seguida, foi realizado o mesmo método de limpeza e a pesagem da amostra retida na peneira. Após os processos de peneiramento, foram realizados os cálculos do módulo de finura pela Equação 8.

$$F = \frac{(R \cdot C)}{M} \cdot 100 \quad (8)$$

Onde:

F = módulo de finura em %

R = massa retida na peneira em g

C = coeficiente de correção (Sendo o do cimento 1)

M = massa inicial da amostra em g

Os ensaios de caracterização dos materiais utilizados neste trabalho foram feitos em triplicata, com realização do cálculo da média, desvio padrão, e utilização do erro experimental abaixo de 5%.

2.4 Moagem da Cbc

O processo de moagem foi executado com 6,16 kg de agregado graúdo e 0,200 kg de CBC, em betoneira com rotação de 32 rpm, por um período de 15 minutos. Após, foi executada a separação da cinza do agregado graúdo com a peneira 4,75mm (TRINDADE, 2015). Em seguida, foi realizado a caracterização do módulo de finura da CBC, seguindo a NBR NM 11579 (ABNT, 2012).

2.5 Confeção dos Traços de Concreto Padrão e de Traços Com Substituição

2.5.1 Traço de Concreto Padrão

A confeção do traço de concreto padrão, ou seja, sem substituição do cimento por cinzas, foi realizada de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2006).

O ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump Test), definido pela NBR NM 67, foi realizado e auferiu a consistência (ABNT, 1998).

Para o traço, foram usados 11,78Kg de agregado graúdo, 7,88Kg de agregado miúdo, 1,95 L de água e 3,82Kg de cimento Portland CP32-RS. Logo após, foram moldados os corpos de prova em cilindros de metal, com diâmetro de 10 cm e comprimento de 20 cm. Após a moldagem os corpos de prova foram deixados em repouso por um período de aproximadamente 24h, desmoldados e colocados para cura em água. Os rompimentos à compressão foram realizados em 7 e 28 dias, em prensa manual da marca Contenco.

Para a elaboração do traço padrão, foram definidas as proporções dos matérias constituintes do concreto, inicialmente para 1m³. Também foi definido o nível de exigência do controle do concreto em função do desvio padrão (sd), nível B, ou intermediário sd = 5,5 MPa. Esta condição favorece um preparo dentro da capacidade de uma obra construtiva convencional, tendo assim um médio rigor de aplicação. O F_{ck} foi estabelecido em 20Mpa com a intenção de obter um F_{c28} de aproximadamente 29MPa.

O fator a/c estabelecido em função dos atributos dos agregados foi de 0,51. Neste caso, como é de praxe, considera-se o diâmetro máximo do agregado graúdo,

permitindo chegar a quantidade de água a ser utilizado no traço (para 1 m³ de concreto). Neste caso, foi igual a 195 (l/m³). Após a definição do fator a/c, o traço foi realizado utilizando-se os valores de 382,35 kg cimento, 1492,75kg de agregado graúdo e 473,97kg de agregado miúdo.

Devido ao cimento utilizado ser o CP32-RS, foi de suma importância realizar alguns ajustes, conforme o método da ABCP, resultando em uma proporção de materiais para um traço unitário; fator a/c de 0,51; 3,08 kg de agregado graúdo; e 2,06 kg de agregado miúdo.

2.5.2 DETERMINAÇÃO DA CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE (SLUMP TEST)

A determinação da consistência do concreto foi realizada por meio ensaio de Slump Test, conforme NBR NM 67 (ABNT, 1998). Sobre a placa da base, colocou-se o molde em uma superfície rígida, plana. O preenchimento realizou-se em três camadas, cada camada adensada com 25 golpes pela haste de socamento, distribuídos uniformemente sobre cada camada. Após o preenchimento das três camadas, foi nivelado o concreto com a superfície do molde e realizada a medição.

2.5.3 TRAÇO E MODELAGEM DE CONCRETO COM CBC

O traço de concreto, com substituição parcial do cimento pela CBC, foi realizado com os mesmos procedimentos do traço de concreto padrão. Portanto, foram fixados os valores para as quantidades de agregados graúdos e miúdos, e a razão água/cimento (3,08 kg de agregado graúdo; 2,06 kg de agregado miúdo e 1,95L, respectivamente).

A substituição parcial do cimento Portland foi feita utilizando as seguintes porcentagens: 10%, 15% e 20% (ÁVILA et.al, 2016).

A Tabela 1, resume todos os ensaios relacionados para a produção de concreto com e sem substituição para o traço unitário.

Ensaio	CBC		Cimento (Kg)
	Porcentagem (%)	Massa (Kg)	
1 (padrão)	0	0	1,00
2	10	0,10	0,90
3	15	0,15	0,85
4	20	0,20	0,80

Tabela 1 – Ensaio de substituição do cimento por cinzas de bagaço de cana-de-açúcar

Para observar a consistência de todos os ensaios realizados, foi executado o ensaio de Abatimento do tronco de cone (Slump Test) conforme a NBR NM 67 (ABNT, 1998).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados para caracterização dos materiais encontram-se descritos nas Tabelas 2 e 3, respectivamente, para o agregado graúdo e agregado miúdo.

O conhecimento das propriedades dos agregados está relacionado diretamente com o cálculo das porcentagens da mistura e sua importância vincula-se, de um lado a resistência, e de outro a consistência, trabalhabilidade e durabilidade.

Ensaio	Média	Desvio padrão
Massa específica (kg/dm ³)	2,99	0,04
Massa unitária (kg/dm ³)	2,19	0,01
Massa unitária compactada (kg/dm ³)	2,32	0,01
Diâmetro Máximo (mm)	19	-
Módulo de Finura	7,85	0,02

Tabela 2 – Caracterização do agregado graúdo

Para a caracterização da massa específica do agregado graúdo (Tabela 2), o valor obtido foi de 2,99 g/cm³. Valor aproximadamente 9,93% superior ao encontrado na literatura, comparando com valores encontrados na pesquisa de Sales e Alferes Filho (2014), que alcançou resultado de 2,72 g/cm³. Justifica-se esta diferença devido as propriedades químicas que o agregado possui, ainda que, os ensaios realizados não determinaram as propriedades e estruturas mineralógicas. Desta forma, é possível concluir, que tal discrepância está relacionado à densidade da rocha originária do agregado, a qual apresenta, possivelmente elevada massa específica real.

O valor da massa unitária em estado solto do agregado graúdo (Tabela 2) foi igual a 2,19 g/cm³, o qual também se encontra acima dos valores encontrados em outros trabalhos. Tais valores encontrados na literatura se situam entre 0,98 g/cm³ e 1,45 g/cm³ (LIMA et. al., 2011; VERZEGNASSI et. al., 2011).

O valor encontrado para a massa unitária compactada do agregado graúdo foi de 2,32 g/cm³ (Tabela 2). O dado encontrado neste projeto não se enquadra nos parâmetros encontrado na literatura. Lima et. al. (2011) obteve valor de 1,53 g/cm³, ou seja, um valor 34,05% inferior ao encontrado nesta pesquisa.

O valor encontrado para a massa específica do agregado miúdo (Tabela 3) foi de 2,60 g/cm³, próximo ao encontrado na literatura. Observou-se trabalhos que relataram valores de 2,62 g/cm³ e 2,63 g/cm³. Equiparando os resultados, pode se dizer que a característica do agregado miúdo está dentro dos parâmetros da bibliografia, assim, pode ser empregada para confeccionar o concreto (SALES e ALFERES FILHO, 2014; FERNANDES et al., 2015).

Ensaio	Média	Desvio padrão
Massa específica (kg/dm ³)	2,60	0,01
Massa unitária (kg/dm ³)	2,38	0,01
Diâmetro Máximo (mm)	4,8	-
Módulo de Finura	2,69	0,15
Umidade (%)	0,455	0,017
Umidade crítica	3,10	-
Coefficiente de inchamento	1,36	-

Tabela 3- Caracterização do agregado miúdo

A caracterização da massa unitária em estado solto do agregado miúdo (Tabela 3), teve resultado de 2,19 g/cm³. Este valor é satisfatório comparado à literatura, pois o valor encontrado foi de 2,04 g/cm³, isso possibilita uma melhor dosagem no concreto, consequentemente melhorando suas propriedades (LIMA et al., 2011).

Na Tabela 4 abaixo estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios realizados de caracterização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e após a moagem.

Ensaio	<i>In natura</i>		Moído	
	Mé- dia	Desvio padrão	Mé- dia	Desvio padrão
Massa específica (g/cm ³)	2,64	0,02	1,62	0,01
Módulo de finura (%)	48,47	1,58	2,48	0,30

Tabela 4 – Caracterização da CBC *in natura* e após moagem

Observando-se a massa específica da CBC, e comparando com o do cimento a ser utilizado na confecção do concreto, houve um resultado positivo, já que o valor de 2,64 g/cm³ é coerente com os valores encontrados na literatura. Como já citado anteriormente, este material se comporta como uma pozolana, então os resultados são correspondentes aos de uma microsílca (ABBASA e ZARGAR, 2013).

Com relação ao módulo de finura (Tabela 4), observa-se valor muito acima do valor encontrado para o cimento. Na literatura, é apontado um módulo de finura de 1,26% para a CBC (SAMPAIO et. al., 2014). O motivo dessa grande discrepância deve-se ao fato das cinzas não terem passado por nenhum processo de peneiramento ou moagem prévia. Com estes resultados de módulo de finura tão elevados, os resultados terão efeitos negativos sob o concreto, pois sua boa qualidade e bons resultados a compressão deve-se diretamente ao módulo de finura das cinzas.

Vale salientar que o índice de condutividade e atividade pozolânica influenciam diretamente na reatividade das cinzas, tornando a moagem um fator importante. Como não há parâmetros ou normas que oriente os processos de moagem, foi realizado processo na betoneira, como indicado no item 2.4 da metodologia (VANDERLEI et. al., 2014; TRINDADE, 2015).

O método de intervenção adotado, foi escolhido por ser o mais adequado em uma obra, fazendo esta moagem na própria betoneira e com os próprios materiais que serão confeccionados para o concreto.

Após a moagem (Tabela 4), o resultado obtido ainda não foi exatamente o desejável, conforme o citado acima na literatura (SAMPAIO et. al., 2014). No entanto, houve diminuição no valor do módulo de finura, isso se deve ao atrito das partículas de cinza e agregados graúdos no processo de rotação da betoneira. Esse resultado melhorou a qualidade da cinza, pois ficou próximo do resultado requerido, e pelo fato de ter reduzido significativamente o seu módulo de finura, o processo atende as necessidades.

Adotou-se a moagem prévia para confecção do concreto com as substituições, levando-se em consideração que as cinzas serão mantidas na betoneira, com os agregados graúdos, com adição de cimento, e agregado miúdo por mais tempo, o que auxiliará na moagem das cinzas, reduzindo seu módulo de finura.

Definidos os parâmetros para a moagem prévia da cinza de bagaço de cana-de-açúcar, procedeu-se com a realização dos ensaios de resistência a compressibilidade. Os dados obtidos encontram-se descritos na Tabela 5.

Ensaio (Porcentagem de substituição)	Resistência (MPa)	
	7 dias	28 dias
1 (padrão)	16,55 ± 1,01	31,71 ± 1,18
2 (10%)	18,32 ± 0,29	29,99 ± 1,86
3 (15%)	18,26 ± 0,32	27,99 ± 0,24
4 (20%)	16,45 ± 0,31	27,50 ± 0,48

Tabela 5 – Ensaio de resistência à compressibilidade

Os resultados obtidos após os rompimentos a compressão dos corpos de prova (Tabela 5), aos 7 dias de cura, apresentaram valores maiores do que o traço padrão, para as substituições de 10% e 15%, resultando em um aumento na resistência, de aproximadamente, 10,69% e 10,33% respectivamente. Já o concreto com 20% de CBC, apresentou queda no valor da resistência, para 7 dias, de aproximadamente 0,61%, comparado ao concreto de traço padrão. Estes resultados se mostram semelhantes aos encontrados por Ávila et al. (2016), embora estes autores tenham examinado a evolução da resistência por um período maior, ainda assim com viés de alta para a mistura com substituição.

Fortes semelhanças também foram observadas na comparação com os resultados encontrados por Lima et al. (2011), que embora tenham utilizado porcentagens maiores (30 e 50% de CBC), seus resultados foram muito próximos aos do concreto padrão, quando utilizando-se de cimento Portland. Mesma tendência foi encontrada, quando comparado aos resultados de Alves e Andrade (2018), que estudaram, não somente o concreto, mas também a resistência da argamassa com substituição.

O resultado do f_{ck} aos 28 dias (Tabela 5) apresentam valores de resistência bastante significativos, quando comparados ao traço padrão, especialmente aqueles com percentuais de mistura de 10 e 15%, plenamente em consonância com dados obtidos pela literatura disponível. Embora os resultados tenham se situado um pouco abaixo do esperado, deve ser lembrado que a proposta da dosagem foi uma estimativa de 20 Mpa aos 28 dias, registrando-se uma extrapolação ao redor de 50%, o que representa uma margem de segurança para a resistência do concreto, bastante relevante. No que tange aos valores pertinentes à mistura com 20% de CBC, o resultado também se assemelha aos encontrados em pesquisas afins. Diante dos resultados obtidos, não resta dúvidas sobre a viabilidade técnica e econômica na aplicação do concreto com adição da CBC, para as mais diversas destinações na construção civil (LIMA et al., 2011; ÁVILA et al., 2016; ALVES e ANDRADE, 2018).

Ainda no que concerne à viabilidade, os resultados alcançados mostram que é possível a utilização desse resíduo na confecção do concreto, minimizando os impactos ambientais, buscando reduzir a extração de minérios para a fabricação do cimento. Como se sabe, as extrações de minérios levam a impactos ambientais severos, contribuindo com a destruição de habitat, escassez e contaminação das águas, alterações na flora e fauna, escassez e extinção de fontes e jazidas, aumento de partículas a emissão de gases e materiais em suspensão no ar, entre outros, fazendo com que haja mudanças físicas, químicas e biológicas, levando o meio circundante a um estado estéril (CASTRO e MARTINS, 2016).

Esta viabilidade possibilita minimizar também os impactos ambientais provocados pelo processo produtivo do cimento, evidenciando o paradigma de sustentabilidade na construção civil, que se mostra promissor ao aproveitar o material descartável na forma de bagaço.

De acordo com dados do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento – SNIC, o Brasil é o sexto maior produtor de cimento do mundo, com uma produção de 59,2 milhões de toneladas/ano e com estimativa de crescimento da ordem de 14% a partir 2010, como resposta a expansão do setor da construção civil (ABCP, 2016).

Conforme Belato (2013), cada quilo de cimento substituído representa economia de recursos naturais e, ao mesmo tempo, um decréscimo na emissão de gases do efeito estufa na atmosfera. Este processo decorre da decomposição química do calcário, sua principal matéria-prima, a qual produzirá de 60 a 65% das emissões totais de gases. O restante dos gases é emitido devido à combustão dos combustíveis usados, sendo que até 60% deles podem ser queimados no pré-calcinador.

Como se vê, a indústria de cimento, que é um dos componentes básicos do concreto, é responsável pela emissão de cerca de 5 a 7% do total mundial de dióxido de carbono. No Brasil, para cada tonelada de clínquer produzido, que é o nome dado a massa crua utilizada na fabricação do cimento, são liberados na atmosfera ao menos 700 kg de gás CO₂ (ÁVILA et al., 2016). Desta maneira o setor da construção civil, ao aproveitar materiais recicláveis, como é o caso da CBC, desempenha um papel fundamental para a realização dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável.

Ainda secundo Ávila et al. (2016), o Conselho Internacional da Construção (CIB) aponta a indústria da construção como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais, em especial os impactos devido à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasoso em suas diversas atividades.

Destaque-se ainda, que cada quilograma de cimento substituído, além de representar um ganho ecológico, também se mostra economicamente compensador. A conta pode ser feita considerando-se que em um metro cúbico de concreto, com consumo de 300 Kg e substituição de 10% de CBC, a economia será de 30 kg de cimento, ou seja, aproximadamente R\$ 78,00, considerando-se o quilo do cimento a R\$ 2,65. Projeta-se esta economia para o volume necessário a uma obra de médio ou grande porte e se terá um ganho substancial, seja para o meio ambiente, seja para o bolso.

A constante preocupação com a preservação do meio ambiente tem incentivado a busca de diversas alternativas para substituição dos agregados naturais ou do cimento com incorporação de certos resíduos na confecção de argamassas e concretos (MACEDO, 2009). Desta forma, as cinzas do bagaço de cana ou CBC, que são constituídas basicamente de dióxido de silício SiO₂, podendo substituir com vantagem, parte do cimento no concreto e argamassas sem prejuízo de suas propriedades.

4 | CONCLUSÃO

O emprego da CBC substituindo parcialmente o cimento Portland para confeccionar o concreto é viável. Esta substituição se torna possível se o material envolvido tiver propriedades similares ao cimento, sendo o caso da cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) utilizada neste trabalho.

Observou-se a necessidade de uma moagem prévia da CBC, para adquirir um módulo de finura menor, para que o concreto pudesse apresentar melhores resultados de resistência a compressão. Após o processo de moagem, a qualidade das cinzas atendeu aos parâmetros esperados. O emprego da moagem na betoneira é de procedimento simples e minimiza custos, podendo ser feito no canteiro de obras, sem a utilização de outros equipamentos caros.

O concreto produzido com a CBC, mostrou ser eficiente em termos de resistência

a compressão, obtendo bons resultados na produção do concreto com substituições de 10% e 15% de CBC, com 7 dias de cura. Para 28 dias, os dados obtidos mostraram-se pouco abaixo dos valores para o concreto padrão, porém, com dados ainda promissores. Essa substituição contribui para a redução dos impactos ambientais, como os descartes da CBC no solo, extração de minérios e lançamento de gases na atmosfera, provenientes da fabricação do cimento e a diminuição de custos nas construções civis.

REFERÊNCIAS

ABBASA, A.; ZARGAR, A. **Using Bagasse Ash in Concrete as Pozzolan**. Middle-East Journal of Scientific Research, v. 13, n. 6, p. 716-719, 2013.

ALVES, R. V.; ANDRADE K. G. **A viabilidade da substituição parcial do cimento Portland pelas cinzas do bagaço de cana-de-açúcar**. II Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, Anais. Campina Grande, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Produção e consumo de cimento no Brasil**. Disponível em: <http://www.cimentoverdedobrasil.com.br/producao-e-consumo-de-cimento-no-brasil/>. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9776: **Agregados: determinação da massa específica de agregados miúdos por meio de frasco de Chapman**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11579: **Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 μm** . Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: **Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6467: **Agregados – Determinação do inchamento do agregado miúdo – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: **Concreto – Preparo, controle e recebimento**. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: **Concreto–Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone**. Rio de Janeiro, 1998.

ÁVILA, T.C.; FERNANDES, S. E.; AKASAKI, J. L. **A influência da substituição de cimento por cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) em concretos**. Revista Científica ANAP Brasil, v.9, n.17, p. 35 – 46, 2016.

BELATO, M. N. **Análise da geração de poluentes na produção de cimento Portland com o co-processamento de resíduos industriais**. 171p. Dissertação (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá 2013.

CALADO, C. F. A.; CAMÕES, A.; JALALI, S.; BARKOKÉBAS JUNIOR, B. **Concreto auto- adensável (CAA), mais do que alternativa ao concreto convencional (CC)**. Recife: EDUPE, 2015.

CASTRO, T. R.; MARTINS, C. H. **Caracterização das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar como material alternativo para a redução de impactos ambientais**. Mix Sustentável, v. 2, n. 1, p. 12-19, 2016.

CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIRN, E. M. R. **Caracterização de cinza do bagaço de cana-de-açúcar para emprego como pozolana em materiais cimentícios**. Química Nova, v.32, n.1, p. 82 - 86, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Método de Ensaio – ME 081/98: **Agregados - determinação da absorção e da densidade real do agregado graúdo**. Rio de Janeiro, 1998.

FERNANDES, S.E.; TASHIMA, M.M.; MORAES, J.C.B.; ISTUQUE, D.B.; FIORITI, C.F.; MELGES, J.L.P.; AKASAKI, J.L. **Cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como adição mineral em concretos para verificação de sua durabilidade**. Revista Matéria, v. 20, n.4, p. 909 – 923, 2015.

KISHORE, R.; BHIKSHMA, V.; PRAKASH, P. J.; **Study on strength characteristics of high strength rice husk ash concrete**. Procedia Engineering, v. 14, p. 2666-2672, 2011.

LIMA, S. A.; SALES, A.; ALMEIDA, F. C. R.; MORETTI, J. P.; PORTELLA, K. F. **Concretos com cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão**. Ambiente Construído, v. 11, n. 2, p. 201-212, 2011.

MACEDO, P. C. **Avaliação do desempenho de argamassas com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar**. 116 p. Dissertação (Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

PAULA, M. O. **Potencial da cinza do bagaço de cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland**. 77 p. Dissertação (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

REZENDE, M. F. **Uso de cinza de bagaço de cana-de-açúcar em cimento Portland como mecanismo de desenvolvimento limpo**. 120 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

SAMPAIO, Z. L. M.; SOUZA, P. A. B. F.; GOUVEIA, B. G. **Análise da influência das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar no comportamento mecânico de concretos**. Revista IBRACON de estruturas e materiais. v. 7, p. 626-647, 2014.

SALES, A. T. C.; ALFERES FILHO, R. S. **Efeito do pó de resíduo cerâmico como adição ativa para o concreto**. Ambiente Construído, v. 14, n. 1, p. 113-125, 2014.

SULIMAN, M. E.; ALMOLA, S. M. F., **The use of Sugarcane Bagasse ash as an Alternative Local Pozzolanic Material: Study of Chemical Composition**. Science Vision, Vol.16-17, p. 65-69, 2010.

TEODORO, P. E.; FERREIRA, M. H. Q.; CHARBEL, D. S.; NEIVOCK, M. P.; FORMAGINI, S. **Comportamento físico-mecânico do concreto com substituição de cimento Portland por cinzas de bagaço de cana-de-açúcar**. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 6, n.2, p. 22-27, 2013.

TRINDADE, G. H. **Influência da incorporação de cinza da casca do arroz e sílica ativa no cimento Portland frente à reação álcali-sílica: desenvolvimento de uma nova proposta de método para avaliação da RAS em materiais suplementares ao cimento Portland**. 178 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

VANDERLEI, R. D.; PEINADO, H. S.; NAGANO, M. F.; MOLIN FILHO, R. G. D. **Cinza do bagaço**

de cana-de-açúcar como agregado em concretos e argamassas. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 8, n.1, p. 21 – 31, 2014.

VERZEGNASSI, E.; LINTZ, R.C.C.; BARBOSA, L.A.G.; JACINTHO, A.E.P.G.A. **Concreto convencional com adição de borracha reciclada de pneus: estudo das propriedades mecânicas.** Estudos Tecnológicos em Engenharia, v. 7, n. 2, p. 98-108, 2011.

MATERIAIS CIMENTÍCIOS SUSTENTÁVEIS COM A REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS

Humberto Mycael Mota Santos

Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental,
Universidade Federal de Pernambuco
Caruaru – Pernambuco

Bruno Balbino da Silva

Graduado em Arquitetura e Urbanismo, Centro
Universitário do Vale do Ipojuca
Caruaru – Pernambuco

Anderson Ferreira de Oliveira

Graduado em Arquitetura e Urbanismo, Centro
Universitário do Vale do Ipojuca
Caruaru – Pernambuco

Daniel Oliveira Procorio

Graduado em Arquitetura e Urbanismo, Centro
Universitário do Vale do Ipojuca
Caruaru – Pernambuco

Gabriel Marcelo Bortolai

Graduado em Arquitetura e Urbanismo, Centro
Universitário do Vale do Ipojuca
Caruaru – Pernambuco

RESUMO: A sustentabilidade é um parâmetro a ser incorporado nas empresas, pois suas atividades geram resíduos, que podem prejudicar o meio ambiente. O presente trabalho tem como objetivo apresentar dois tipos de resíduos, resíduo do polimento do porcelanato (RPP) e cinza da lenha de Algaroba, em que eles podem ser reaproveitados na produção de materiais cimentícios. Os resultados obtidos

apresentaram que além de sanar problemas ambientais, esses resíduos podem melhorar as propriedades dos materiais cimentícios no estado fresco e endurecido, além de promover um aumento na durabilidade dos materiais.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade; resíduos; materiais cimentícios.

ABSTRACT: Sustainability is a parameter to be incorporated in companies, because their activities generate waste, which can harm the environment. The present work aims to present two types of residues, the residue of polished porcelain (RPP) and ash of the wood of Algaroba, in which they can be reused in the production of cement materials. The results showed that in addition to solving environmental problems, these residues can improve the properties of cementitious materials in the fresh and hardened state, besides promoting an increase in the durability of the materials.

KEYWORDS: Sustainability; waste; cementitious materials.

INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores que mais consome recursos naturais não renováveis, gera grande quantidade de resíduos e, conseqüentemente, contribui para a poluição. Segundo o Departamento Nacional de

Produção Mineral (DNPM, 2010), em seu Anuário Mineral Brasileiro (AMB) de 2010, informou que a quantidade de areia comercializada, em 2009, foi de 255.807.975 toneladas, sendo que 96,54% desse material foi consumido pela construção civil. Além disso, outro problema desse setor é o grande consumo de cimento, onde estima-se que, das atividades antropogênicas, a produção de cimento Portland é responsável por 5 a 8% dos gases do efeito estufa, em que a produção tende a dobrar até 2020 (NAZARI e SANJAYAN, 2017).

Entretanto, a construção civil se mostra favorável diante desses problemas, pois ela consegue reciclar resíduos gerados como o resíduo de construção civil e demolição (RDC), além de incorporar resíduos oriundos de outros setores na sua cadeia de produção, em que podem ser citados a utilização do resíduo do polimento do porcelanato (RPP), cinza de Algaroba e cinza da casca de arroz, cinza do bagaço da cana-de-açúcar, entre outros. Esses resíduos podem ser incorporados em pastas de cimento, argamassas e concretos, caso seja compatível no sistema, visto que, é uma mistura que absorve diversos tipos de materiais. Com isso, há tendência de produzir cada vez mais materiais cimentícios sustentáveis utilizando materiais alternativos (JIN, CHEN, e SOBOYEJO, 2015; BERODIER *et al.*, 2018). Empresas dos EUA responsáveis por estudos acerca de concretos sustentáveis revelam que os principais objetivos são a utilização de materiais cimentícios suplementares (SCMs) e agregados alternativos (AA) (JIN, CHEN, e SOBOYEJO, 2015). Destaca-se que outro fator importante na produção de concretos sustentáveis, além dos ambientais, está a diminuição do custo (BERODIER *et al.*, 2018), visto que, os materiais incorporados em argamassas e concretos são na maioria dos casos resíduos.

Logo, o objetivo do presente trabalho é apresentar a importância e os efeitos positivos da utilização dos materiais alternativos, no tocante a sustentabilidade e tecnologia dos materiais cimentícios. Os materiais alternativos a serem apresentados como objeto de estudo são o resíduo do polimento do porcelanato (RPP) e cinza de Algaroba.

RESÍDUO DO POLIMENTO DO PORCELANATO

Os resíduos do polimento do porcelanato (RPP) são gerados na última etapa do processo de fabricação do porcelanato, mais precisamente na etapa de polimento, Figura 1, e se apresenta como um pó muito fino e umedecido.



Figura 1 - Equipamento polidor.

Fonte: Souza (2007)

Em números, na região nordeste do Brasil, conforme Souza (2007) uma empresa de médio porte gera cerca de 200 toneladas de RPP por mês; na região sudeste, uma empresa de médio porte produz aproximadamente 560 toneladas desse resíduo por mês (SILVA, 2005); e na região sul, de acordo com Jacoby e Pelisser (2015) uma empresa de grande porte produz em média 4000 toneladas por mês de RPP. Esse resíduo é geralmente estocado no pátio da empresa, Figura 2, até realizar uma destinação adequada.



Figura 2 - Estocagem do RPP.

Fonte: Souza (2007).

O Brasil é um dos países que mais produzem porcelanatos, com base nisso, Junior (2016) elaborou um gráfico, Figura 3, demonstrando a quantidade de resíduo do polimento do porcelanato que foi gerado de 2005 até 2015, apresentando uma

tendência crescente na quantidade desse resíduo.

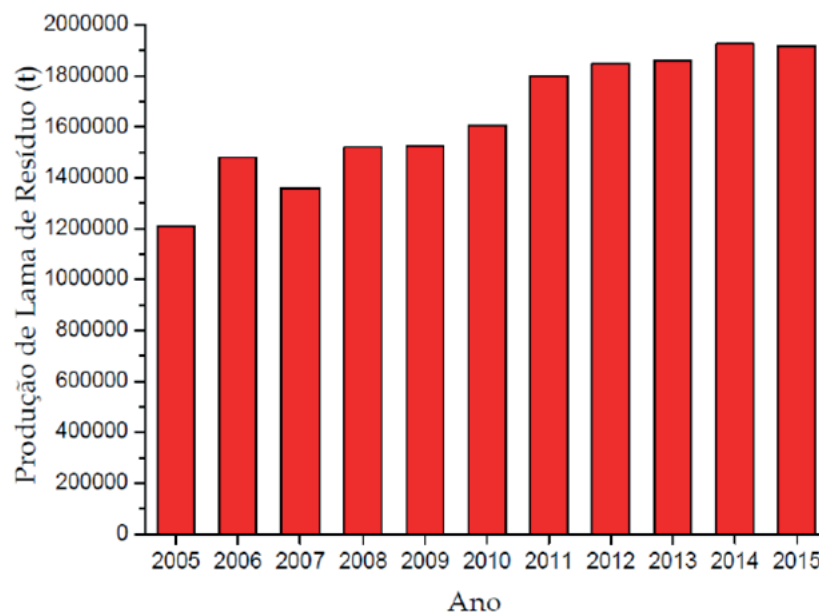


Figura 3 - Produção da lama do RPP (t) de 2005 até 2015.

Fonte: Junior (2016).

O RPP é material composto em maior quantidade de sílica, procedido de alumina e óxido de magnésio (SILVA, 2005; SANTOS, 2008; JACOBY e PELISSER, 2015; STEINER, BERNARDIN e PELISSER, 2015; NASCIMENTO, 2016). Em geral, o resíduo é composto de fases cristalinas (SILVA, 2005; SOUZA, 2007; SANTOS, 2008; JACOBY e PELISSER, 2015; NASCIMENTO, 2016), não sendo interessante para o processo pozolânico, pois um material cristalino não reage com os produtos de hidratação do cimento, atuando como um material inerte, mas alguns autores destacam sua composição amorfa (SILVA, 2005; JACOBY e PELISSER, 2015; STEINER, BERNARDIN e PELISSER, 2015), podendo ser reativo, contribuindo para o aumento de resistência e durabilidade dos materiais cimentícios.

Com a finalidade de incorporar o resíduo do polimento do porcelanato em materiais cimentícios, é preciso realizar um beneficiamento no material. Esse processo é simples, como o material se encontra aglomerado e úmido, é necessário realizar uma secagem em estufa e moagem para desagregar o RPP. Feito isso, só basta fazer um peneiramento em malha 200 ($75 \mu\text{m}$) e utilizar o material passante (NASCIMENTO, 2016).

Em matrizes cimentícias, publicações destacaram a influência positiva do RPP, como: o efeito fíler (SILVA, 2005; LIMA, 2015; NASCIMENTO, 2016; PENTEADO, CARVALHO e LINTZ, 2016); a redução da permeabilidade e da porosidade (SOUZA, 2007; JACOBY e PELISSER, 2015; STEINER, BERNARDIN e PELISSER, 2015), conseqüentemente, melhorando a durabilidade. Além disso, observou-se que a granulometria descontínua entre o RPP e o cimento Portland contribuiu para a redução da porosidade (WANG e TIAN, 2009; WANG *et al.*, 2011; YUNHONG *et*

al., 2014; JACOBY e PELISSER, 2015), promovendo um melhor empacotamento; efeito pozolânico, apresentando aumento da resistência mecânica à compressão em idades avançadas (WANG e TIAN, 2009; PELISSER, STEINER e BERNARDIN, 2012; STEINER, BERNARDIN e PELISSER, 2015; JACOBY e PELISSER, 2015), devido a diminuição de CH e aumento de CSH.

Por outro lado, no estado fresco, a trabalhabilidade reduziu quando a quantidade de resíduo aumentou, por causa da sua alta área superficial específica, que demanda mais água no sistema (SILVA, 2005; SOUZA, 2007; SANTOS, 2008; BREITENBACH *et al.*, 2017). A sua morfologia também interfere, pois, suas partículas têm forma irregular e angulosas dificultando o efeito de rolamento entre as partículas no concreto (SANTOS, 2008; WANG *et al.*, 2011; BREITENBACH *et al.*, 2017). Entretanto, esse problema pode ser resolvido através de uma dosagem adequada, determinando até que teor pode ser incorporado RPP para não propiciar problemas, ou utilizando aditivo superplastificante (SP), que melhora a dispersão das partículas.

Atualmente, um material cimentício que tem tendência de ser utilizado cada vez mais é o concreto autoadensável (CAA). Ele também tem a necessidade de ser sustentável, com isso, um estudo reológico, em que se substituiu parcialmente o cimento por RPP, apresentaram que quanto mais aumentava o teor substituição do cimento por RPP aumentou progressivamente a viscosidade plástica e a tensão de escoamento das pastas, devido à alta área superficial específica das partículas. Além disso, a substituição do cimento por até 20% do RPP permitiu a produção de CAA com desempenho igual ou superior ao de referência (sem RPP), em relação às suas propriedades de estado fresco (MATOS *et al.*, 2018). Já em CAA com apenas adição de RPP, observou-se aumento de resistência aos 90 dias, diminuição da absorção e índices de vazios, decréscimo do coeficiente de migração de cloretos e, conseqüentemente, aumento da durabilidade do material (LIMA, 2015).

Logo, independente do tipo de material cimentício, o resíduo do polimento do porcelanato (RPP) mostrou-se muito eficiente, pois além de poder ser reaproveitado em matrizes cimentícias, ele melhorou as propriedades dos materiais no estado endurecido.

CINZA DE ALGAROBA

A Algarobeira, Figura 4, é uma árvore exótica proveniente do Peru, que foi introduzida no Brasil e se adaptou ao clima e o tipo da terra da Caatinga. Além disso, ela é uma fonte de alimento para os rebanhos em período de secas prolongadas, mas, com seu acelerado crescimento, vem tomando espaço de espécies nativas (MOURA, 2017).



Figura 4 - Algarobeira.

Fonte: Ribaski *et al.* (2009)

A lenha da Algaroba tem poder calorífico de aproximadamente 21.472,29 KJ/Kg (PEREIRA e LIMA, 2002), por isso é muito utilizada como matriz energética na região nordeste do Brasil. Após a sua queima, em caldeiras para aquecimento da água de lavagem durante o processo de tingimento do jeans, nas mais de 240 lavanderias do APL de confecções Pernambucano, é gerado um grande volume de Cinzas de Algaroba, Figura 5, (PIRES, 2016). Cerca de 6.500 kg de cinza são geradas por mês em uma lavanderia de médio porte, de acordo com Melo (2012). Além disso, outros APL's fazem uso da lenha de Algaroba como matriz energética, como no caso dos APL's de cerâmica e gesso, demonstrando a grande geração desse resíduo.



Figura 5 - Cinza de lenha de algaroba.

Fonte: Leloup (2013).

A cinza da lenha da Algaroba pode ser bastante prejudicial ao meio ambiente se descartado de maneira inadequada, como mostrado na Figura 6. De acordo com Moura (2017), a disposição inadequada desse resíduo ocasiona a contaminação dos corpos hídricos, podendo assim alterar o pH, cor, turbidez, entre outras características,

como também o solo.



Figura 6 - Descarte indevido dos resíduos provenientes das lavanderias.

Fonte: Leloup (2013).

A análise química da cinza de Algaroba geradas no APL de confecções pernambucano, apresentada por Leloup (2013), mostra a predominância de grande quantidade de cálcio (77,85%), além da presença de outros elementos mais significativos, como o potássio (13,81%), silício (4,09%) e o ferro (2,14%). Os resultados semelhantes foram encontrados nos trabalhos de Melo (2012), Mota (2014) e Nascimento (2014).

Para utilizar a cinza da lenha de Algaroba em materiais cimentícios é necessário um beneficiamento do material. Logo, esse resíduo precisa ser apenas peneirado em malha 200 ($75 \mu\text{m}$), sendo utilizado apenas o material passante (MOTA, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2016). Segundo Melo (2012), esse procedimento é realizado com o intuito da cinza gerar um efeito fíler no sistema.

Segundo Pires (2016), os resultados obtidos com a incorporação das cinzas de Algaroba em materiais cimentícios têm sido bastante favoráveis do ponto de vista científico e de propriedades, provavelmente, devido a ação das cinzas como fíler na matriz cimentante, promovendo melhorias e/ou manutenção das propriedades do sistema cimentício quando adicionadas. A constituição química em sua maior parte de carbonato de cálcio (CaCO_3) e seu efeito fíler nos impulsiona a verificar o comportamento do sistema quando da substituição do cimento.

Devido a essas características, a cinza de Algaroba em matrizes cimentícias proporcionam um melhor empacotamento (MELO, 2012; PIRES, 2016; NASCIMENTO *et al.*, 2016; MOURA, 2017), menores teores de água comparando com amostra de referência (PIRES, 2016), reduziu a exsudação, problema que afeta a trabalhabilidade e durabilidade nos sistemas cimentícios (NASCIMENTO *et al.*, 2016) e aumento de resistência mecânica (MOTA, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2016).

Com relação ao concreto autoadensável, Elinwa, Ejeh e Mamuda (2008) investigaram os efeitos da substituição parcial do cimento por cinza de madeira e verificaram que para CAA com a incorporação da cinza houve diminuição no espalhamento e um aumento nos tempos de escoamento. Vieira (2017) também

analisou a influência da cinza de madeira em CAA e constatou alta estabilidade; menor fluidez; maior viscosidade, coesão e resistência à segregação; no estado endurecido, apresentaram maior resistência à compressão aos 28 dias com relação ao CAA de referência.

Logo, observa-se que a cinza de Algaroba é um resíduo que se adequa bem aos materiais cimentícios, visto que, ela pode proporcionar melhorias nas propriedades dos materiais tanto no estado fresco quanto endurecido. Podendo ser utilizado tanto em argamassas, concretos e CAA, principalmente, devido a sua influência, em que Nascimento *et al.*, (2016) destaca que sua atuação como filer, contribui para o empacotamento do material, pois ela possui elava finura, propiciando o preenchimento dos vazios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil é um grande consumidor de matérias-primas, como visto, ela absorve diversos materiais para desenvolver seus produtos. No entanto, isso causa diversos danos ao meio ambiente, pois a extração e beneficiamento dos materiais que são utilizados em sua cadeia de produção podem causar problemas como poluição de rios, com a extração inadequada de areia, e diminuição da camada de ozônio, devido a grande produção de clínquer utilizado no cimento Portland.

O resíduo do polimento do porcelanato (RPP) se mostrou, através dos levantamentos de diversas pesquisas, como um material alternativo que pode ser incorporador nos mais variados materiais cimentícios. Demonstrando não apenas sua importância na sustentabilidade como uma destinação adequada e até diminuir o consumo de cimento em concretos e argamassas, mas também como material capaz de melhorar as propriedades dos materiais cimentícios, devido a seu efeito filer e pozolânico.

Do mesmo modo, a utilização da cinza de Algaroba tem um papel importante tanto na sustentabilidade, pelas mesmas razões do RPP, quanto com relação a tecnologia dos materiais cimentícios. No tocante ao efeito dentro da matriz cimentícia, o que diferencia a cinza da Algaroba do RPP é o efeito pozolânico, pois a cinza de Algaroba não reage com os produtos de hidratação do cimento Portland, atuando apenas como filer (material inerte).

Logo, a utilização de materiais alternativos em materiais cimentícios é uma opção bastante viável e eficiente, pois além de combater os problemas ambientais gerados na construção civil, também ajuda as outras empresas de ramos diferentes, pois os resíduos delas são utilizados como esse material alternativo.

REFERÊNCIAS

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Anuário Mineral Brasileiro.**

Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.dnrm.gov.br/dnrm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2010>>. Acesso em: 18 de dezembro de 2017.

BERODIER, E.; GIBSON, L. R.; BURNS, E.; ROBERTS, L.; CHEUNG, J. **Robust production of sustainable concrete through the use of admixtures and in-transit concrete management systems.** *Cement and Concrete Composites*, v. 30, p. 1-15, 2018.

BREITENBACH, S. B.; SANTOS, O. C.; ANDRADE, J. C. S.; NASCIMENTO, R. M.; MARTINELLI, A. E. **Adição de resíduo do polimento de porcelanato em argamassas de restauro à base de cal.** *Cerâmica*, v. 63, p. 395- 401, 2017.

ELINWA, A. U.; EJEH, S. P.; MAMUDA, A. M. **Assessing of the fresh concrete properties of self-compacting concrete containing sawdust ash.** *Construction and Building Materials*, v. 55, p. 1178-1182, 2008.

JACOBY, P. C.; PELISSER, F. **Pozzolanic effect of porcelain polishing residue in Portland cement.** *Journal of Cleaner Production*. v. 100, p. 84-88, 2015.

JIN, R.; CHEN, Q.; SOBOYEJO, A. **Survey of the current status of sustainable concrete production in the U.S.** *Conservation and Recycling*, v. 105, p. 148–159, 2015.

JUNIOR, A. M. S. **Efeito da adição de filler a base de resíduo do polimento do porcelanato e dispersão aquosa de poliuretana na permeabilidade de pastas de cimento.** 2016. 94p. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo (PPGCEP), UFRN, Natal.

LELOUP, W. D. A. **Efeitos da adição de lodo têxtil e cinzas de lenha gerados no APL de confecções pernambucano em argamassas de cimento Portland.** 2013. 110p. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), UFPE, Caruaru.

LIMA, E. E. P. **Concreto auto adensável produzido com resíduo de polimento do porcelanato – comportamento em relação à corrosão de armaduras.** 2015. 93p. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), UFPB, João Pessoa.

MATOS, P. R.; OLIVEIRA, A. L.; PELISSER, F.; PRUDÊNCIO JR, L. R. **Rheological behavior of Portland cement pastes and self-compacting concretes containing porcelain polishing residue.** *Construction and Building Materials*, v. 175, p. 508–518, 2018.

MELO, M. S. C. **Estudo de argamassas adicionadas de cinzas de Algaroba geradas no arranjo produtivo local de confecções do agreste pernambucano.** 2012. 120p Dissertação(mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), UFPE, Caruaru.

MOTA, M. H. A. **Concreto seco com incorporação de cinza de madeira de Algaroba (*prosopis juliflora*) moldado sob pressão.** 2014. 123p. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), UFPE, Caruaru.

MOURA, L. S. **Incorporação de cinzas de Algaroba geradas no APL de confecções do agreste pernambucano em concreto betuminoso usinado a quente - CBUQ.** 2017, 97p. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), UFPE, Caruaru.

NASCIMENTO, J. E. M. F. **Avaliação dos efeitos da substituição da cal hidratada por cinzas de algaroba em argamassas de revestimento.** 2014, 99p. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), UFPE, Caruaru.

NASCIMENTO, J. E. M. F.; SANTOS, H. M. M.; NETO, M. F. S.; JÚNIOR, J. C. C. S. **Avaliação das propriedades dos concretos nos estados fresco e endurecido após a adição de cinza de**

madeira. Revista Científico, v. 16, n. 34, p. 129-149, 2016.

NASCIMENTO, M. V. L. A. **Estudos de blocos intertravados de concreto para pavimentação com incorporação de resíduo de porcelanato**. 2016. 96p. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), UFPE, Caruaru.

NAZARI, A.; SANJAYAN, J. G. (Editores) **Handbook of Low Carbon Concrete**. 1a. ed. Elsevier, 2017.

PELISSER, F.; STEINER, L. R.; BERNARDIN, A. M. **Recycling of Porcelain Tile Polishing Residue in Portland Cement: Hydration Efficiency**. Environmental Science & Technology, v. 46, p. 2368-2374, 2012.

PENTEADO, C. S. G.; CARVALHO, E. V.; LINTZ, R. C. C. **Reusing ceramic tile polishing wast in paving block manufacturing**. Journal of Cleaner Production, v. 112, Part 1, p. 514-520, 2016.

PEREIRA, J. C. D.; LIMA, P. C. F. **Comparação da qualidade da madeira de seis espécies de algarobeira para a produção de energia**. Colombo: Embrapa Florestas, p. 99-107, 2002.

PIRES, D. R. **Desenvolvimento de argamassas com substituição parcial do cimento Portland por cinzas de Algaroba geradas do APL (Arranjo Produtivo Local) de confecções pernambucano**. 2016. 96p. Dissertação(mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), UFPE, Caruaru - PE.

RIBASKI, J.; DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R.; NASCIMENTO, C. E. S. **Algaroba (Prosopis juliflora): árvore de uso múltiplo para a Região Semiárida Brasileira**. Comunicado Técnico 240, Embrapa Florestas, Colombo – PR, 2009.

SANTOS, M. L. L. O. **Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para a construção civil**. 2008. 163p. Tese (doutorado). Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM), UFRN, Natal.

SILVA, G. J. B. **Estudo do comportamento do concreto de cimento Portland produzido com a adição do resíduo de polimento do porcelanato**. 2005. 107p. Dissertação (mestrado). Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, UFMG, Belo Horizonte.

SOUZA, P. A. B. F. **Estudo do comportamento plásticos, mecânico, microestrutural e térmico do concreto produzido com resíduo de porcelanato**. 2007. 230p. Tese (doutorado). Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM), UFRN, Natal.

STEINER, L.R.; BERNARDIN, A. M.; PELISSER, F. **Effectiveness of ceramic tile polishing residues as supplementary cementitious materials for cement mortars. Sustainable Materials and Technologies**. v. 4, p. 30-35, 2015.

WANG, G.; TIAN, B. **Effect of Waste Ceramic Polishing Powder on the Properties of Cement Mortars**. International Conference on Energy and Environment Technology, 2009.

VIEIRA, S. P. **Propriedades do concreto autoadensável com diferentes tipos de adições**. 2017. 126p. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, UnB, Brasília.

WANG, G.; XU, K. J.; ZHU, M. Q.; TIAN, B. **Pozzolanic Activity of Ceramic Polishing Powder as Cementitious Material**. Materials Science Forum, v. 675, p. 135-138, 2011.

YUNHONG, C.; FEI, H.; GUANG-LU, L.; LONGSHUO, X.; JIANLONG, H. **Test research on effects of ceramic polishing powder on carbonation and sulphate-corrosion resistance of concrete**. Construction and Building Materials, v. 55, p. 440–446, 2014.

ANÁLISE DE ESTABILIDADE MARSHALL EM MISTURAS ASFÁLTICAS COM ADIÇÃO DE RESÍDUO OLEOSO DA INDÚSTRIA PETROLÍFERA

Rodolfo Rodrigo Ferreira Severino

Universidade Federal de Campina Grande,
Departamento de Engenharia Civil
Campina Grande – Paraíba

Yane Coutinho Lira

Universidade Federal de Pernambuco,
Departamento de Engenharia Civil
Recife – Pernambuco

Rodrigo Mendes Patrício Chagas

Universidade Federal de Campina Grande,
Departamento de Engenharia Civil
Campina Grande – Paraíba

Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça

Universidade Federal de Campina Grande,
Departamento de Engenharia Civil
Campina Grande – Paraíba

Milton Bezerra das Chagas Filho

Universidade Federal de Campina Grande,
Departamento de Engenharia Civil
Campina Grande – Paraíba

RESUMO: Nas últimas décadas, a humanidade tem vivido um momento de grandes avanços tecnológicos e desenvolvimento industrial. Contudo, tal progresso tem como consequência o uso desenfreado de recursos naturais não renováveis e o aumento da geração de resíduos. Atualmente, as pesquisas que envolvem a utilização de materiais residuais como matéria prima para novas aplicações na construção

civil buscam sempre o binômio economia e sustentabilidade. Esta pesquisa teve como objetivo estudar a aplicação do resíduo oleoso proveniente das atividades de exploração e produção (E & P) de petróleo em misturas para revestimentos asfálticos. O estudo foi realizado tendo como base ensaios normalizados de análise granulométrica e ensaio Marshall, que estabelecem parâmetros físicos e mecânicos da mistura asfáltica com a adição do resíduo oleoso. Os resultados obtidos foram satisfatórios em relação aos parâmetros analisados neste estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo Oleoso, Mistura asfáltica, Estabilidade Marshall, Sustentabilidade.

ABSTRACT: In the last decades, humankind has faced a moment of great technological advances and industrial development. However, such progress has as consequence the unrestrained use of non-renewable natural resources and the increase of residue generation. Nowadays, the researches involving the utilization of residual materials as raw materials to new applications on civil construction pursue the economy and sustainability binomial. The present research aimed to study the application of oily residue from the activities of Exploration and Production (E & P) of oil in mixtures for asphaltic coatings. The study was performed based on grain size

analysis and Marshall test, which establish physic parameters of the asphaltic mixture with addition of oily residue. The results obtained were satisfactory based on the analyzed parameters in the study.

KEYWORDS: Oily Residue, Asphaltic Mixture, Marshall Stability, Sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a humanidade tem vivido um momento de grandes avanços tecnológicos e desenvolvimento industrial. Contudo, tal progresso tem como consequência o uso desenfreado de recursos naturais não renováveis e o aumento da geração de resíduos. Para reverter esta situação, pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de criar tecnologias sustentáveis, principalmente visando ao reuso de resíduos produzidos nos mais diversos setores.

Um dos resíduos que tem sido foco de diversas pesquisas é o cascalho de perfuração, proveniente da indústria de exploração e produção (E&P) de petróleo.

Segundo Santos (2010), os resíduos resultantes das operações de perfuração são lamas e cascalhos de perfuração, solos contaminados com óleos, entulhos de construção civil, vasilhames contaminados, água do processo, sucata metálica e esgotos sanitários. Durante muitos anos, a maior preocupação com resíduos oleosos gerados pela indústria de petróleo e gás natural concentrou-se apenas na redução do conteúdo de óleo, com o intuito de recuperar a parcela com valor comercial. Ao final dos processos, restavam os resíduos sólidos ou semissólidos, conhecidos como “borra oleosa” e “solo contaminado com petróleo”, os quais, por não possuírem valor comercial, eram acumulados em lagoas ou diques, causando infiltrações no solo e contaminação ao meio ambiente. Porém, nos últimos anos, a conscientização crescente da preservação ambiental e do desenvolvimento sustentável fez com que as indústrias buscassem um destino final mais seguro para esses resíduos. O resíduo chamado cascalho de perfuração ou resíduo oleoso é constituído por fragmentos de rocha impregnados por fluido de perfuração, e contêm metais pesados, alta salinidade, óleos e graxas além de elementos que causam alcalinidade (LUCENA et al, 2012), o que torna sua destinação adequada fundamental.

Um dos destinos possíveis para esse resíduo seria a aplicação em misturas asfálticas para revestimentos. A presente pesquisa tem como objetivo avaliar a Estabilidade Marshall de misturas asfálticas com adição de diferentes teores de resíduo oleoso.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Os materiais utilizados na mistura asfáltica da pesquisa estão descritos a seguir:

- Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP): CAP 50/70 fornecido pela PETROBRAS (comumente utilizado na região Nordeste do Brasil);
- Brita #19,0mm: brita granítica graduada, com diâmetro máximo de 19,0mm, oriunda de jazida localizada na região de Campina Grande, Paraíba;
- Brita #9,5mm: também chamada de “cascalhinho”, com diâmetro máximo de 9,5 mm e mesma origem da brita #19,0mm;
- Pó de Pedra: resultante das sobras da britagem de pedras maiores, de granulometria pequena, com diâmetro máximo de 4,8mm. Na mistura, participa como agregado miúdo e provém da mesma jazida das britas;
- Resíduo Oleoso de E&P de petróleo (RO): Cascalho de perfuração oriundo das atividades de Exploração & Produção de petróleo no município de São Sebastião do Passé, unidade de Taquipe da Petrobras, no estado da Bahia. O resíduo passa por um processo de retirada das partes tóxicas e trituração até adquirir consistência pulverulenta, com diâmetros máximos inferiores a 0,075mm atuando como fíler na mistura.

2.2 Métodos

Os ensaios de caracterização dos componentes da mistura foram análise granulométrica e massa específica.

Em seguida, os materiais passaram a ser estudados em conjunto, determinando-se as propriedades mecânicas da mistura CAP + Brita “19” + Brita “9,5” + pó de pedra + resíduo oleoso. Incorporou-se a esta o resíduo oleoso, atuando como fíler. As propriedades desta mistura foram determinadas através do ensaio Marshall.

2.2.1 Análise Granulométrica

A determinação da distribuição granulométrica dos agregados é importante para se obter uma boa dosagem da mistura asfáltica destinada à pavimentação.

Segundo BERNUCCI (2010), a distribuição granulométrica dos agregados é determinada usualmente por meio da análise por peneiramento. Nessa análise, uma amostra seca do material é fracionada através de uma série de peneiras com aberturas de malha progressivamente menores. Uma vez que a massa da fração de partículas retida em cada peneira é determinada e comparada com a massa total da amostra, a distribuição é expressa como porcentagem em massa em cada abertura de malha de peneira. A distribuição dos tamanhos de grãos dos materiais foi determinada a partir da realização do ensaio de granulometria por peneiramento NBR 7181 (ABNT, 1984).

2.2.2 Ensaio Marshall

A aplicação de revestimentos asfálticos deve ser precedida por ensaios que

permitam a obtenção do teor de ligante a ser utilizado na mistura, para que esta se enquadre nas especificações destinadas a evitar desagregação prematura da mistura, por falta de ligante, ou superfícies escorregadias e deformáveis, pelo seu excesso.

Conhecidas as massas específicas reais do CAP, dos agregados e do resíduo oleoso, selecionou-se a faixa granulométrica a ser utilizada na dosagem da mistura, utilizando-se a norma DNIT – ME 043/95. Posteriormente, escolheu-se a composição dos agregados, de forma a enquadrar a sua mistura nos limites da faixa granulométrica escolhida.

O ensaio foi realizado inicialmente para a determinação do teor ótimo de CAP para a mistura, como citado acima, e após ser encontrado esse teor o ensaio foi refeito, dessa vez variando o teor de resíduo. As Figuras 1 a e b ilustram a realização do ensaio Marshall.



(a)



(b)

Figura 1- Corpo-de-prova sendo submetido à (a) medição e (b) ruptura na prensa Marshall durante o ensaio.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3 Caracterização Física

Do ensaio de granulometria por peneiramento, realizado com os agregados graúdos e miúdos, obteve-se como resultado a curva granulométrica dos agregados.

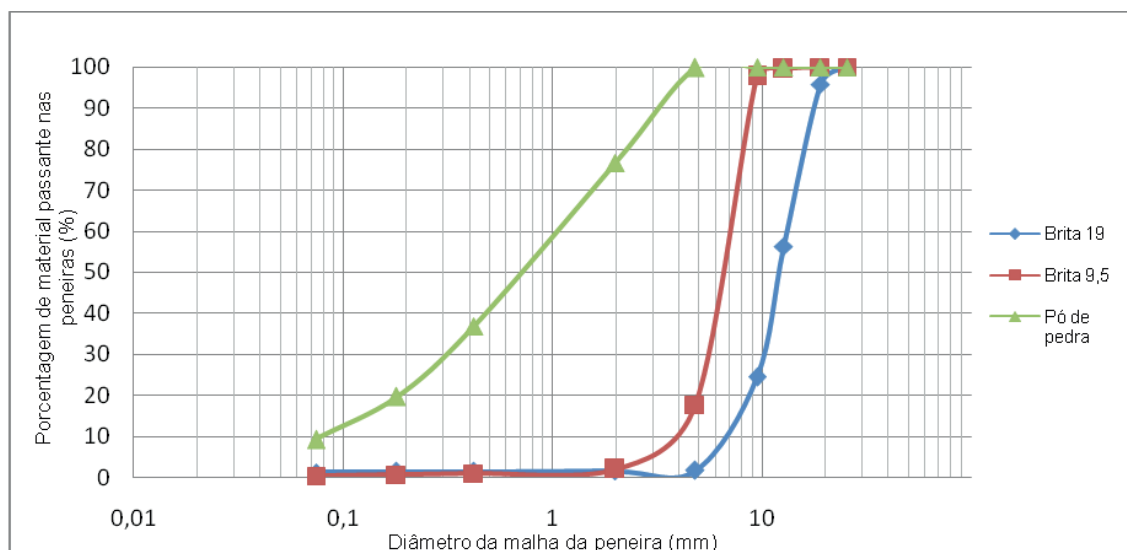


Figura 1 – Curva granulométrica dos agregados da mistura asfáltica.

A curva granulométrica mostra que as britas possuem uma distribuição aberta, ou seja, ausência de finos, partículas de diâmetro inferior a 0,075 mm, o que é normal devido ao tamanho dos grãos desses materiais e a sua distribuição uniforme. Essa ausência de finos é suprida na mistura pelo pó de pedra, que possui uma distribuição densa ou bem graduada, e pelo resíduo, que passa totalmente pela peneira de malha 0,075mm.

3.4 Caracterização Mecânica

Realizou-se inicialmente o Ensaio Marshall para a determinação do teor ótimo de CAP para a mistura de agregados. Com os resultados obtidos no ensaio de granulometria, foi feita a dosagem da mistura (Tabela 3) de modo a estabelecer a porcentagem de cada material em sua composição, sempre obedecendo aos limites da faixa C granulométrica do DNIT, apresentados na última coluna da Tabela 3.

AJUSTAGEM DE GRANULOMETRIA											
PENEIRAS	PORCENTAGEM PASSANDO									ESPECIFICAÇÃO	
	BRITA 19,0		BRITA 9,5		PÓ DE PEDRA		FILLER -RO		COMBIN. RESULT.	PT. MED.	LIMITES
	PAS-SANTE (%)	24%	PAS-SANTE (%)	27%	PAS-SANTE (%)	46,0%	PAS-SANTE (%)	3%			
1 1/2"	100,00	24,00	100,00	27,00	100,00	46,00	100,00	3,00	100,00	-	-
1"	100,00	24,00	100,00	27,00	100,00	46,00	100,00	3,00	100,00	-	-
3/4"	95,86	23,01	100,00	27,00	100,00	46,00	100,00	3,00	99,01	100,0	100
1/2"	56,32	13,52	99,89	26,97	100,00	46,00	100,00	3,00	89,49	92,5	85-100
3/8"	24,51	5,88	98,90	26,70	100,00	46,00	100,00	3,00	81,59	87,5	75-100

Nº 4	1,71	0,41	21,44	5,79	98,84	45,47	100,00	3,00	54,67	67,5	50-85
Nº 10	1,53	0,37	5,74	1,55	84,13	38,70	100,00	3,00	43,62	52,5	30-75
Nº 40	1,43	0,34	3,39	0,92	42,35	19,48	100,00	3,00	23,74	27,5	15-40
Nº 80	1,35	0,32	2,04	0,55	21,41	9,85	100,00	3,00	13,72	19,0	08--30
Nº 200	1,23	0,30	1,10	0,30	9,66	4,44	100,00	3,00	8,04	7,5	5—10

Tabela 3 – Planilha de ajustagem granulométrica para dosagem da mistura

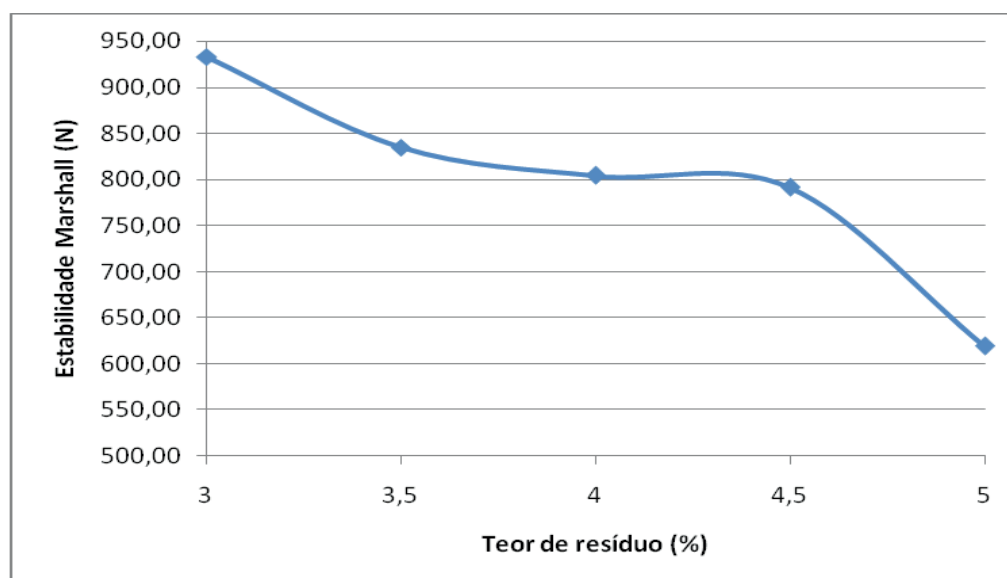
Após a correção feita para o acréscimo do CAP à mistura, a dosagem para cada teor sofreu uma leve alteração. A tabela 4 mostra as dosagens corrigidas para cada teor de CAP.

Dosagem dos Corpos de Prova (%)					
TEOR	3,5%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%
CAP	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
Brita #19,0mm	23,16	23,04	22,92	22,80	22,68
Brita #9,5mm	26,06	25,92	25,79	25,65	25,51
Pó de Pedra	44,38	44,16	43,93	43,70	43,47
Fíler-RO	2,90	2,88	2,86	2,85	2,84

Tabela 1 – Dosagem dos corpos de prova após correção devido ao acréscimo do CAP.

Através da análise do teor de vazios e da relação betume-vazios, foi possível determinar o teor ótimo de CAP, de 5,3%.

Posteriormente, realizou-se novamente o ensaio Marshall, agora mantendo-se constante o teor de CAP e variando o teor de resíduo na mistura. Todo o procedimento do ensaio foi repetido agora para misturas com teores de resíduo variando entre 3% e 5%. A figura 2 mostra os resultados obtidos.



Através da análise do gráfico de Estabilidade Marshall versus Teor de resíduo, pode-se afirmar que os resultados foram satisfatórios, uma vez que estão acima do limite estabelecido pelo DNIT, de 500N. Porém, os valores decrescem proporcionalmente com aumento do teor de resíduo na mistura. A perda de estabilidade pode ser justificada pelo aumento da quantidade de finos da mistura.

4 | CONCLUSÃO

O resíduo oleoso proveniente da indústria de E&P de petróleo comportou-se de maneira satisfatória nos ensaios, não comprometendo o desempenho da mistura. O ensaio de estabilidade Marshall apresentou resultados satisfatórios, no que diz respeito aos limites estabelecidos pelos órgãos normativos, tendo sido determinado para o teor ótimo de CAP o valor 5,3%. Este valor foi considerado um pouco elevado, porém aceitável em virtude de ter sido obtido com a adição de um resíduo.

Dos ensaios realizados observando-se a variação do teor de resíduo na mistura, conclui-se que a mistura com o teor de 4% de resíduo é a que melhor se comporta em relação aos limites de estabilidade Marshall. Pode-se considerar que, para esses materiais, a mistura com 5,3% de CAP e 4% de resíduo foi a que apresentou melhores resultados.

REFERÊNCIAS

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials. T 283. Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture-Induced Damage. 2007.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo: análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, ME 081/98. Agregados – determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo, 1998.

DNER - ME 084/95: Agregado miúdo – determinação da densidade real, 1995.

DNER – ME 093/94. Solos – determinação da densidade real, 1994.

DNER – ME 043/95. Misturas betuminosas a quente - ensaio Marshall, 1995.

BERNUCCI, L. B.; DA MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro, 2010. 338 p.

Lucena, L. C. de F. L. Verificação da influência do uso de resíduos industriais como filler em misturas asfálticas sob o efeito de presença d'água. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2009.

SANTOS, C. B. Utilização de resíduos oleosos provenientes das atividades de petróleo para uso em pavimentos rodoviários. 2010. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2010.

MÉTODOS DE ANÁLISE DO DESEMPENHO LUMÍNICO DE EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS CONFORME A NBR 15575-1/2013

Aniéli Thais de Souza

Engenharia Civil pelo Centro Universitário do Vale do Ipojuca, UNIFAVIPIWYDEN
Caruaru-PE

Maria das Graças Monteiro Almeida de Melo

Engenharia Civil pelo Centro Universitário do Vale do Ipojuca, UNIFAVIPIWYDEN
Caruaru-PE

Maryane Gislayne Cordeiro de Queiroz

Engenharia Civil pelo Centro Universitário do Vale do Ipojuca, UNIFAVIPIWYDEN
Caruaru-PE

Geovani Almeida da Silva

Engenheiro Civil pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Católica de Pernambuco e Doutorando pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

RESUMO: O desempenho das edificações é uma exigência utilizada para melhorar a qualidade das edificações, visando o conforto dos usuários. O desempenho lumínico entre outros fatores, almeja garantir a saúde e segurança destes, bem como diminuir o gasto de energia elétrica. Este desempenho deve ser analisado em dois segmentos de iluminação: a iluminação natural que deve ser garantida em ambientes como salas, dormitórios, copa/cozinha e áreas de serviço no período diurno;

já a iluminação artificial deve ser eficiente para seu uso no período noturno. Sobre a norma de desempenho, NBR 15575/2013, esta trata de diferentes fatores como desempenho acústico, térmico, lumínico e entre outros, sendo ela separada em partes. A parte a qual convém a este estudo é da NBR 15575-1/2013 que se referênciam também nas NBRs 15215-3/2004 e a 5382/1985, que explanam o método de medição da iluminação natural e da artificial, respectivamente. Objetivando abordar os métodos especificados por norma e as habituais simulações computacionais, utilizou-se do software DIALux e o Daylight Visualizer para exemplificar a saída gráfica de dados dos programas, bem como as tabelas geradas para as simulações de iluminação artificial. Pode-se concluir que pela agilidade, custo, possibilidade de análise prévia e outros fatores as simulações computacionais se reafirmam no mercado.

PALAVRAS-CHAVE: Desempenho. Iluminação. Simulação.

ABSTRACT: The performance of buildings is a requirement used to improve the quality of buildings, aiming at the comfort of users. The luminous performance among other factors, aims to guarantee the health and safety of these, as well as to reduce the expense of electric energy. This performance should be

analyzed in two segments of lighting: the natural lighting that should be guaranteed in environments such as rooms, dormitories, kitchen and service areas in the daytime; since artificial lighting should be efficient for use at night time. About the performance standard, NBR 15575/2013, this deals with different factors like acoustic, thermal, light and among others, being separated in parts. The part that is appropriate for this study is from NBR 15575-1 / 2013 which is also referenced in NBRs 15215-3 / 2004 and 5382/1985, which explain the method of measurement of natural and artificial lighting, respectively. Aiming to approach the methods specified by standard and the usual computational simulations, DIALux software and Daylight Visualizer were used to exemplify the graphical output of the programs as well as the tables generated for the artificial lighting simulations. It can be concluded that by the agility, cost, possibility of previous analysis and other factors the computational simulations are reaffirmed in the market.

KEYWORDS: Performance. Lighting. Simulation

1 | INTRODUÇÃO

O projeto arquitetônico desempenha uma importante função, pois é ele que visa melhorar diferentes aspectos da edificação, buscando oferecer conforto aos usuários, reduzir o gasto energético a partir da utilização de fontes naturais, como a ventilação, iluminação, dentre outras medidas. Desta maneira a análise prévia, ainda na fase de projeto, tem total importância, como na decisão do posicionamento da edificação, escolha das locais fontes de iluminação natural e ventilação, buscando minimizar o uso de iluminação artificial durante o dia, bem como o uso de ventiladores e ar-condicionado. Sendo necessário que as fontes de iluminação natural sejam controladas em função da intensidade, o que também ocorre no projeto de iluminação artificial.

Segundo Vilar (1996), para se ter um conforto visual a iluminação deve ser adequada à tarefa, onde os parâmetros de iluminação, tais como iluminância, luminância, uniformidade, contraste, cor, etc., contribuirão para determinar as condições de visibilidade.

Para os projetos de iluminação natural devem ser analisadas as posições de aberturas, dos cômodos, posicionamento geográfico, cores e rugosidade das superfícies, interferências externas, além do tipo de envidraçamento da janela, bem como as suas dimensões. Segundo Claro e Fiuza (2009), os sistemas de iluminação natural interferem no comportamento ambiental, admitindo ou evitando não só a entrada de luz, como também alterando as trocas de ar, calor e som no ambiente. O monitoramento destes fenômenos pode colaborar para se obter tanto o conforto ambiental como também evitar gastos de energia. Sendo assim, entra em questão também, quanto a iluminação natural, a problematização da crise energética e a busca por edificações certificadas por normas quanto a sua eficiência, assim busca-

se adequar as construções aos parâmetros normativos, também como forma de se tornar um diferencial no mercado, uma vez que ocorre uma crescente procura por empreendimentos sustentáveis.

Já a iluminação artificial é utilizada como iluminação principal no período noturno de modo a garantir a segurança e conforto das pessoas na ocupação e circulação de recintos. Esta é disposta pelas luminárias. As luminárias são elementos cujo o objetivo é suportar a lâmpada e distribuir o fluxo luminoso. Têm também a função de ocultar a fonte de luz da visão direta do observador, evitando o encandeamento (NETO, 1980).

A iluminação inadequada pode levar a fadiga visual, provocada dentre outros fatores pelo excesso de luz, a visão turva, provocada pelo posicionamento inadequado das telas do computador, em relação às fontes de luz, bem como as condições de iluminação do campo visual, irritabilidade visual, dores de cabeça, dores musculares, *stress* e dificuldade de concentração.

Decorrente da relevância de uma eficiente iluminação para os ambientes, tem-se na Norma de Desempenho, NBR 15575-1/2013, Edificações Habitacionais — Desempenho/ Parte 1: Requisitos gerais, os parâmetros e requisitos de desempenho lumínico. Sendo um fator que influencia no conforto e na saúde visual ao longo prazo dos usuários, influi também no desenvolvimento de diferentes tipos de atividades, referente ao risco à acidentes decorrentes de iluminação inadequada. Para se obter uma iluminação adequada devem ser feitos projetos lumínicos que analisem tanto a iluminação natural quanto a iluminação artificial, chegando as recomendações mínimas estabelecidas.

A fim de se evitar que algumas empresas negligenciem a qualidade das edificações pela visão econômica do lucro adquirido, a norma de desempenho brasileira, aborda os níveis de desempenho (mínimo, intermediário ou superior) para atender o conforto dos usuário nas variadas questões, como conforto térmico, acústico e lumínico, Decorrente disto, vem a exigir o uso de materiais de melhor qualidade, levando ao desenvolvimento mais acelerado em questões de qualidade e tecnologia, frente a concorrência no mercado.

Os métodos indicados para a análise da iluminação natural, na norma, são o método de avaliação que utiliza o algoritmo abordado na NBR 15215-3/2004, que estabelece o procedimento de cálculo para a verificação da disponibilidade de iluminação natural em interiores para um ponto horizontal, utilizando a metodologia *Daylight Factor*. Também aborda o procedimento de medição in loco do fator de luz diurna utilizando o aparelho luxímetro portátil. Já os métodos para a análise de iluminação artificial consistem na medição in loco no período noturno, com a utilização de luxímetro e o método de cálculo conforme a NBR 5382/1985.

Este artigo tem como objetivo analisar a NBR 15575-1/2013, quanto ao desempenho lumínico e os métodos de análise certificados por ela, bem como os métodos mais utilizados na prática, referentes a simulações computacionais.

2 | MÉTODO

Os métodos citados na norma desempenho devem ser executados conforme recomendações e comparados com os dados tabelados, que veem a abordar os parâmetros mínimos de desempenho.

O nível de iluminância natural pode ser obtido por simulação do plano horizontal no horário de 9:30hs e 15:30hs, nos dias 23 de abril e 23 de outubro, através do procedimento explanado na NBR 15215-3/2004, sujeitando-se as seguintes recomendações: deve-se considerar a latitude e longitude da localidade específica; supor o nível de nebulosidade média, igual a 50% de nuvens no céu; supor desabilitado a iluminação artificial, sem a presença de obstruções opacas à incidência de luz nas janelas e portas, ou seja, considera-las abertas e sem a presença de fontes que impeçam a passagem da luz solar; para o centro dos ambientes, considerar a altura do plano como a 0,75m acima do nível do piso, bem como para pontos centrais de corredores; já para as escadas, considerar os pontos centrais dos patamares e a meia-largura do degrau central de cada lance, a 0,75m acima do nível do piso; considerar também quaisquer sombreamento provenientes de edificações vizinhas, taludes, muros, etc.

Os dados obtidos por esse método devem satisfazer as condições seguintes, apresentadas no Quadro 1.

Dependência	Iluminância geral (lux) para o nível mínimo de desempenho M
Sala de estar; Dormitório; Copa / cozinha; Área de serviço.	≥ 60
Banheiro; Corredor ou escada interna à unidade; Corredor de uso comum (prédios); Escadaria de uso comum (prédios); Garagens/estacionamentos	Não exigido
<p>* Valores mínimos obrigatórios, conforme método de avaliação 13.2.2.</p> <p>NOTA: Para os edifícios multipiso, admitem-se para as dependências situadas no pavimento térreo ou em pavimentos abaixo da cota da rua níveis de iluminância ligeiramente inferiores aos valores especificados na tabela acima (diferença máxima de 20% em qualquer dependência).</p> <p>NOTA 2: Os critérios desta Tabela não se aplicam às áreas confinadas ou que não tenham iluminação natural.</p> <p>NOTA 3: Deve-se verificar e atender as condições mínimas exigidas pela legislação local.</p>	

Quadro 1- Níveis de iluminância geral para iluminação natural

Fonte: ABNT NBR 15575-1/2013

Para a obtenção do Fator de Luz Diurna (FLD), a norma declara que as medições devem ser feitas com a utilização de um luxímetro portátil em hora compreendida entre as 09:00hs e as 15:00hs, em dias com nebulosidade média de 50%, sem ocorrência de chuva, sendo a iluminação artificial desativada e sem a presença de elementos obstrutores da passagem de luz; determina-se que as medições devem ser efetuadas a 0,75m acima do nível do piso; nos pontos centrais de corredores; já para as escadas considerar os pontos centrais dos patamares e a meia-largura do degrau central de cada lance; ressalta-se a importância de que o luxímetro não receba a incidência direta de luz solar. Daí o FLD pode ser obtido mediante o emprego da Equação (1) abaixo:

$$FLD = 100 \times \frac{E_i}{E_e} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde, E_i é a iluminância interior do ambiente e E_e é iluminância externa à sombra.

Os dados obtidos devem estar adequados as exigências da norma exposta no Quadro 2, seguinte.

Dependência	FLD (%) para o nível mínimo de desempenho M
Sala de estar; Dormitório; Copa / cozinha; Área de serviço.	≥ 0,50%
Banheiro; Corredor ou escada interna à unidade; Corredor de uso comum (prédios); Escadaria de uso comum (prédios); Garagens/estacionamentos	Não exigido
<p>* Valores mínimos obrigatórios, conforme método de avaliação 13.2.4.</p> <p>NOTA 1: Para os edifícios multipiso, admitem-se para as dependências situadas no pavimento térreo ou em pavimentos abaixo da cota da rua níveis de iluminância ligeiramente inferiores aos valores especificados na tabela acima.</p> <p>NOTA 2: Os critérios desta Tabela não se aplicam às áreas confinadas ou que não tenham iluminação natural.</p>	

Quadro 2- Fator de luz diurna para os diferentes ambientes da habitação

Fonte: NBR 15575-1 (ABNT, 2013)

Segundo a norma a presença de elementos externos não podem prejudicar os níveis mínimos de iluminância. A norma recomenda ainda que as janelas de salas de estar e dormitórios devem estar posicionadas a no máximo 1,00m acima do piso interno, tendo a cota da testeira do vão o máximo de 2,20m a partir do piso interno, como apresentado na Figura 1.

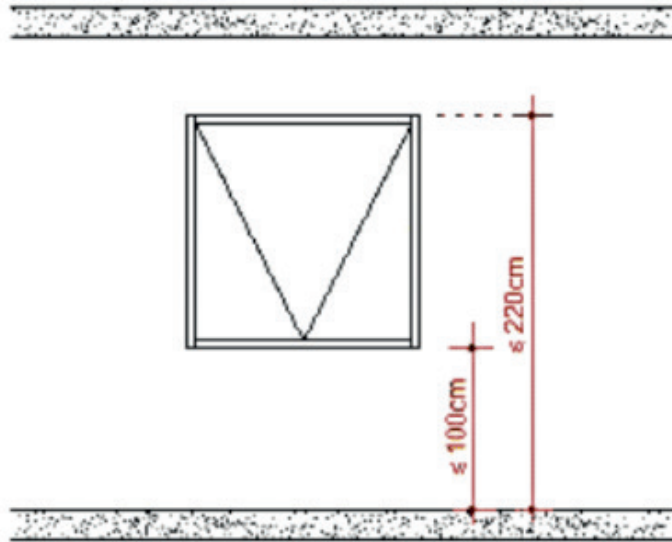


Figura 1- Posicionamento das janelas para salas de estar e dormitórios.

Fonte: NBR 15575-1 (ABNT, 2013)

Para realização da análise da iluminação artificial a norma aborda tópico sobre a medição in loco, medidas no período noturno, no plano horizontal acima 0,80m do nível do piso, com a utilização de luxímetro portátil. Não podendo haver a interferência de nenhuma iluminação externa (trabalhar com portas, janelas e demais fontes de entrada de iluminação fechadas); trabalhar com a operação total do sistema de iluminação artificial do ambiente; medições no centro dos ambientes; medições efetuadas nos pontos centrais de corredores; para escadarias, medições nos pontos centrais dos patamares e a meia largura do degrau central de cada lance.

A metodologia de cálculo empregada é apresentada na NBR 5382/1985, e deve obedecer alguns parâmetros já citados para a medição in loco. São eles: cálculos sem nenhuma entrada de luz externa, cálculos realizados com a iluminação artificial totalmente ativada, cálculos no centro dos ambientes; cálculos nos pontos centrais de corredores; para escadarias, cálculos nos pontos centrais dos patamares e a meia largura do degrau central de cada lance.

Os dados obtidos devem obedecer ao nível de desempenho demonstrado no Quadro 3.

Dependência	Iluminamento geral para o nível mínimo de desempenho lux
Sala de estar Dormitório Banheiro Área de serviço	≥ 100
Copa/cozinha	≥ 200*
Corredor ou escada interna à unidade Corredor de uso comum (prédios) Escadaria de uso comum (prédios)	≥ 75*
Garagens/estacionamentos internos e cobertos Garagens/estacionamentos descobertos	≥ 20*
* Valores retirados da NBR 5413	
NOTA: Deve-se verificar e atender as condições mínimas exigidas pela legislação local.	

A norma não aborda situações de desenvolvimento computacional, como simulações, para se obter os fatores necessários para determinar se a edificação tem seu desempenho apto por norma. No entanto na prática o que ocorre com maior frequência é o uso de softwares que determinem o valor desses parâmetros, onde são inseridos os dados como dimensões do ambiente, tipo de luminárias e lâmpadas, bem como suas quantidades, espaçamento e entre outros, para o estudo da iluminação artificial.

Dentre os *softwares* que desenvolvem esta análise tem-se o *Lumen Micro*, *Lumen Designer*, *Simply Lighting*, *Agi32*, *Calculux*, *Dialux*, *DIALux Evo*, *Relux Pro*, *Visual*, *Rayfront*, *Lightscape*, *Energyplus*, *Domus*, *Daylight Visualizer* e entre outros, que dão ao projetista melhores condições para a escolha de medidas que atendam as especificações de norma, antes mesmo de empregá-las de fato na execução da edificação.

Geralmente softwares como estes já retornam ao final da simulação um relatório com os dados calculados e gráficos, que facilitam no agrupamento dos documentos, pois não necessita que o mesmo seja redigido por algum colaborador, ou empresa responsável pelo projeto lumínico.

Os dados de entrada são geralmente comuns a todos os *softwares* e são as dimensões do ambiente ou da edificação como um todo, os materiais empregados e suas características de coloração e refletância, bem como a localização e direção da edificação para análise da iluminação natural.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a inserção dos dados de entrada a simulação é concluída com os resultados expostos no relatório e podem ser exemplificados como os da Figura 2, Figura 3 e o Quadro 4 seguintes, simulados no DIALux, para a iluminação artificial.

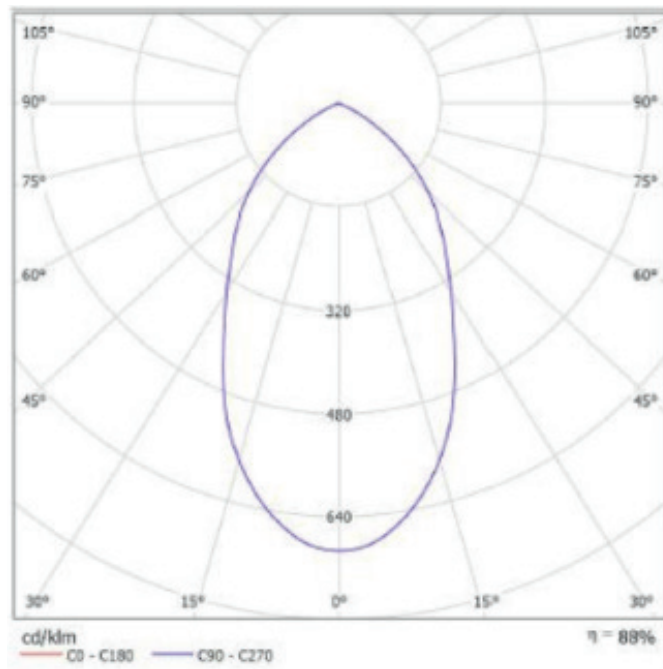


Figura 2- Emissão Luminosa

Fonte: Autor

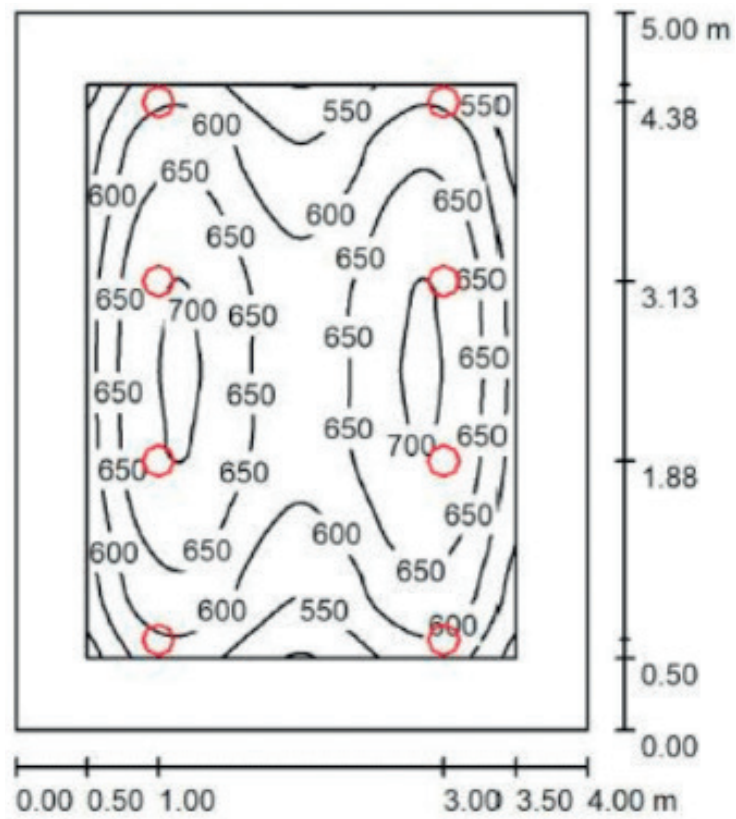


Figura 3: Emissão Luminosa

Fonte: Autor

Avaliação de ofuscamento seg. UGR											
ρ Tecto	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Solo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamanho da sala X Y		Direcção transversal do olhar em relação ao eixo da lâmpada					Direcção longitudinal do olhar em relação ao eixo da lâmpada				
2H	2H	23,0	24,0	23,3	24,2	24,4	23,0	24,0	23,3	24,2	24,4
	3H	22,9	23,8	23,2	24,0	24,2	22,9	23,8	23,2	24,0	24,2
	4H	22,8	23,6	23,1	23,9	24,2	22,8	23,6	23,1	23,9	24,2
	6H	22,7	23,5	23,1	23,8	24,1	22,7	23,5	23,1	23,8	24,1
	8H	22,7	23,4	23,1	23,7	24,0	22,7	23,4	23,1	23,7	24,0
4H	12H	22,7	23,4	23,0	23,7	24,0	22,7	23,4	23,0	23,7	24,0
	2H	22,9	23,7	23,2	24,0	24,2	22,9	23,7	23,2	24,0	24,2
	3H	22,8	23,5	23,1	23,8	24,1	22,8	23,5	23,1	23,8	24,1
	4H	22,7	23,3	23,1	23,6	24,0	22,7	23,3	23,1	23,6	24,0
	6H	22,7	23,2	23,1	23,5	23,9	22,7	23,2	23,1	23,5	23,9
8H	8H	22,6	23,1	23,1	23,5	23,9	22,6	23,1	23,1	23,5	23,9
	12H	22,6	23,0	23,0	23,4	23,8	22,6	23,0	23,0	23,4	23,8
	4H	22,6	23,1	23,0	23,5	23,9	22,6	23,1	23,0	23,5	23,9
	6H	22,5	22,9	23,0	23,3	23,8	22,5	22,9	23,0	23,3	23,8
	8H	22,5	22,8	23,0	23,3	23,7	22,5	22,8	23,0	23,3	23,7
12H	12H	22,5	22,7	23,0	23,2	23,7	22,5	22,7	23,0	23,2	23,7
	4H	22,6	23,0	23,0	23,4	23,8	22,6	23,0	23,0	23,4	23,8
	6H	22,5	22,8	23,0	23,3	23,7	22,5	22,8	23,0	23,3	23,7
	8H	22,5	22,7	23,0	23,2	23,7	22,5	22,7	23,0	23,2	23,7
Variação da posição do observador para as distâncias de luminária S											
S = 1,0H	+0,7 / -1,4					+0,7 / -1,4					
S = 1,5H	+1,7 / -5,3					+1,7 / -5,3					
S = 2,0H	+3,4 / -13,1					+3,4 / -13,1					
Tabel padrão	BKDD					BKDD					
Adicional de correcção	3,0					3,0					
Índices de ofuscamento corrigidos com referência a 2400lm Corrente luminosa total											

Quadro 4- Avaliação do ofuscamento

Fonte: Autor

Na norma o tipo de atividade é generalizado de acordo com o ambiente o que leva ao desperdício de energia ou insuficiência da iluminação, uma vez que traz valores específicos para cada ambiente, mas não leva em consideração se a atividade a ser desenvolvida em questão é uma leitura, ou o descanso, por exemplo, nos casos de ambientes do tipo dormitório. Podendo ser esses casos facilmente revertidos pelo uso de iluminação auxiliar como os *abajurs*.

Para a iluminação natural os resultados abaixo exemplificados são obtidos pelo *Daylight Visualizer*.

Para o nível de iluminância geral, onde o parâmetro de norma é maior ou igual a 60 lux, no nível mínimo de desempenho, para ambientes do tipo dormitório, sala de estar, copa/cozinha e área de serviço, pode ser exemplificado em simulação pela Figura 4 e Figura 5.

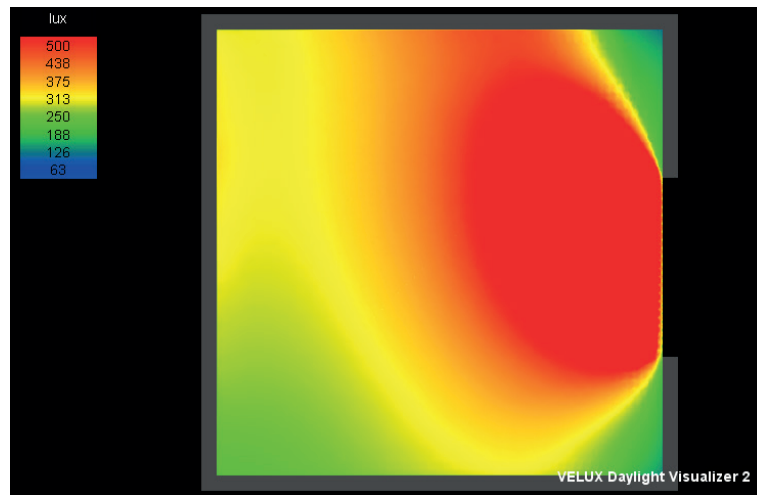


Figura 4: Iluminância Geral (lux)

Fonte: Autor

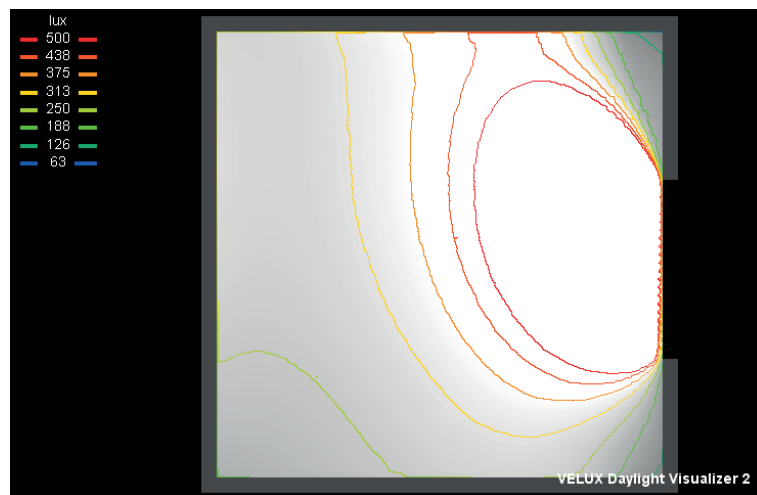


Figura 5: Iluminância Geral (lux)

Fonte: Autor

Já o fator de luz diurna, para os mesmos ambientes já citados, deve ser por norma no mínimo 0,50%. Na Figura 6 e Figura 7 tem-se o Fator de luz diurna (*Daylight Factor*).

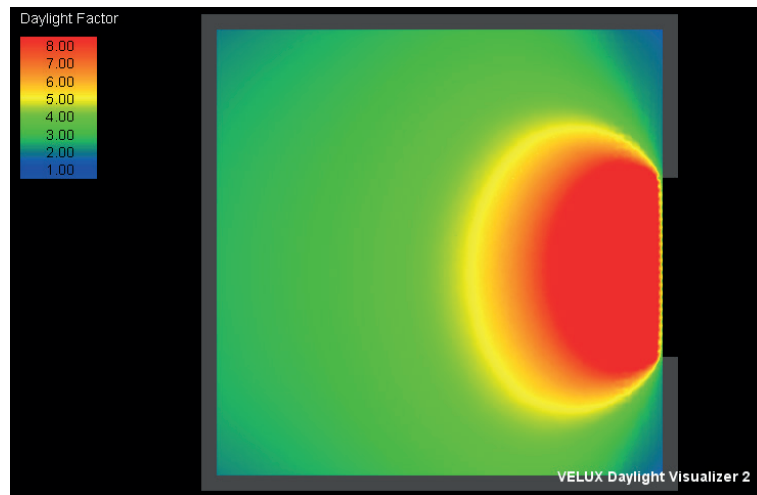


Figura 6- Fator de luz diurna

Fonte: Autor

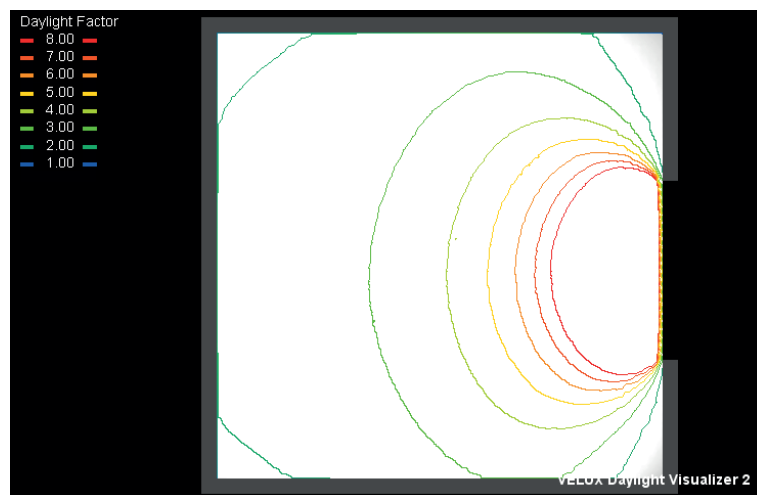


Figura 7- Fator de luz diurna

Fonte: Autor

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se assim que a medida encontrada pelas empresas que desenvolvem o projeto lumínico é trabalhar com as versões de desenvolvimento computacional, dado que os ensaios previstos na norma necessitam de dias e horários específicos, levando a inviabilização do procedimento, uma vez que se analisar antes de executar é uma tarefa importante no ramo da construção civil, pois reduz ou até erradica a necessidades de mudanças no projeto em paralelo à sua execução.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-3**: Iluminação Natural – Parte 3:

Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais — Desempenho/ Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5382**: Verificação da iluminância de interiores - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1985

DAYLIGHT. Version 2º ed. [S.l.]: VELUX A/S, 2008. Disponível em: <<https://www.velux.com/article/2016/daylight-visualizer>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

DIALUX. Version 4.14. Lüdenscheid: DIAL GmbH, 2014. Disponível em: <<https://www.dial.de/en/software/dialux/download/>>. Acesso em: 20 abr. 2018

FIUZA, J. M; CLARO, A. **Influência de elementos de proteção solar horizontais aplicados a aberturas laterais, na admissão e distribuição da luz natural**. In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. 2009, Natal. Anais. Natal: ENCAC-ENLACAC, 2009.

NETO, Egydio Pilotto. **Cor e iluminação nos ambientes de trabalho**. São Paulo, Livraria Ciência e Tecnologia Editora, 1980.

VILAR, J. (1996). XXXVI Curso de Medicina do Trabalho – **Noções Gerais de Higiene do Trabalho**. Lisboa, Escola de Nacional de Saúde pública

OS SELOS DE CERTIFICAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE PARA EMPREENDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

Marco Antonio Campos

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP),
Campinas-SP.

Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia Civil.

Pesquisador Colaborador, Laboratório de Empreendimentos, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas [Labore / FEC-Unicamp].
engenheiromarcoantonio@hotmail.com Tel. (19) 9 8114-1647

André Munhoz de Argollo Ferrão

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP),
Campinas-SP.

Engenheiro Civil, Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Professor Livre Docente, Coordenador do Laboratório de Empreendimentos, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas [Labore / FEC-Unicamp]. argollo@fec.unicamp.br

RESUMO: O interesse por certificação sustentável de empreendimentos da construção civil vem crescendo no Brasil. O país conta com sete entidades certificadoras, que aplicam diferentes métodos com distintos critérios de avaliação, abrangendo desde a elaboração do projeto até a pós-ocupação. Quatro das sete correspondem a certificações adaptadas para o mercado nacional a partir de certificações internacionais. Três correspondem a entidades nacionais. Há uma significativa variação entre

os tipos e níveis de certificação, considerando-se sistemas que referem-se ao uso da água, do consumo de energia elétrica, envoltória do empreendimento etc. Além de ações de sustentabilidade as certificações incentivam a implantação de novas tecnologias na construção civil. Apresenta-se neste capítulo uma discussão sobre os selos que tais organismos emitem, a imagem que se cria junto a empreendedores e usuários e as potencialidades de inovação tecnológica para a construção civil a partir da certificação sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: sustentabilidade, engenharia de empreendimentos, selo verde, construção civil.

ABSTRACT: The recent search for sustainable certification for the developments of civil construction is growing in Brazil, having the country many certifying bodies, each with a methodology and with distinct factors of evaluation. Seven these are bodies that govern since the elaboration of the project up to the occupation. Four are international certifications adapted to the domestic market to foreign certifications, while three are national bodies, ranging from actions of local municipality, through government agencies. Also noteworthy is the variation between the types and levels of certification the national bodies, because there are systems that relate to the use of

water, the consumption of electrical energy, Envelope of the venture. *Além de ações de sustentabilidade estas certificações contribuem para a implantação de novas tecnologias na construção civil, pois em muitos casos não necessariamente adoções de técnicas e materiais inovadores frente aos usuais.* With the presentation of these certifying bodies Brazilians call sustainable construction, active in Brazil, presents a discussion of the seals that such bodies emit, the image that you create with the entrepreneurs and users and *as potencialidades de inovação tecnológica à construção civil.*

KEYWORDS: sustainability, projects engineering, green label, civil construction.

1 | INTRODUÇÃO

As ações de sustentabilidade não de ser prioridade na Indústria da Construção Civil, pois o setor é um dos que mais consomem recursos naturais, utiliza energia de forma intensiva causando consideráveis impactos ambientais, sendo responsável por mais de 50% dos resíduos sólidos gerados. Portanto, construção e meio ambiente devem compor a pauta dos estudos e pesquisas das diferentes áreas da Engenharia.

No âmbito da Agenda 21 define-se “construção sustentável” como “um processo holístico que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído, e a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajem a equidade econômica”. No contexto do desenvolvimento sustentável, o conceito transcende a sustentabilidade ambiental, para abraçar a sustentabilidade econômica e social, que enfatiza a adição de valor à qualidade de vida dos indivíduos e das comunidades (CAIXA, 2010; MMA, 2018).

A construção civil enfrenta muitos desafios, mas a maioria deles se resume na necessidade de otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do ambiente natural, e na melhoria da qualidade do ambiente construído. Ações relativamente simples podem contribuir para que se atinjam tais objetivos. Tais ações, quando bem planejadas e executadas podem resultar na certificação sustentável de um empreendimento de engenharia.

Ao longo da última década, com base no contexto que se apresenta e no incentivo de ações governamentais, desenvolveram-se no Brasil três entidades certificadoras de empreendimentos sustentáveis relacionados com a Indústria da Construção Civil. Fruto de uma ação do Ministério de Minas e Energia, a criação do “Selo Procel Edifica” trata do consumo de energia. Por sua vez, a Caixa Econômica Federal com o “Selo Casa Azul Caixa” enfatiza a redução de impactos ambientais aplicados à construção, utilização, ocupação e manutenção das edificações. A terceira entidade certificadora aqui mencionada é a Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, que com a certificação “Qualiverde” criou critérios de sustentabilidade para as obras das Olimpíadas de 2016.

Os outros quatro certificadores correspondem a selos internacionais adaptados

às normas e características nacionais. Dois dentre estes atuam há alguns anos no país, com o selo “AQUA-HQE” [original da França], e com o “LEED” [originalmente Norte Americano]. Já os selos “BREEAM” [Grã-Bretanha] e “DGNB” [Alemanha] apareceram mais recentemente no Brasil.

Os empreendimentos de engenharia que buscam certificações de sustentabilidade no Brasil acabam por implantar ações inovadoras tanto em relação ao projeto, como nas técnicas de execução, materiais e concepções de ocupação e pós-ocupação que contribuem para o desenvolvimento tecnológico da construção civil.

Pretende-se oferecer neste capítulo uma visão panorâmica destes sete organismos certificadores atuantes no país, com seus objetivos, critérios de avaliação e diferenciais a fim de contextualizar a construção sustentável no Brasil, bem como os benefícios que podem ser incorporados aos empreendimentos, inclusive no que se refere ao desenvolvimento de novas tecnologias que permitam otimizar a integração entre o ambiente construído e o ambiente natural.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os sete organismos certificadores de sustentabilidade na construção civil tomados como objeto do presente estudo apresentam em seus *sites* informações referentes a sua metodologia de certificação, critérios, diferenciais quando comparados com outros selos, e o total de selos emitidos; contemplando informações necessárias para que o empreendedor possa certificar seu empreendimento.

Organizaram-se planilhas em que foram compiladas as informações referentes às mencionadas certificações, analisando-as de acordo com os objetivos do presente estudo, gerando resultados que permitem aprofundar as discussões sobre os selos nacionais de certificação de empreendimentos sustentáveis. Não foram realizados estudos sobre custos de implantação e de adesão a cada uma das metodologias. Cada selo apresenta tipologia, níveis de certificação e critérios de análise diferentes.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Procurou-se dividir a análise em selos de entidades certificadoras brasileiras: “Procel Edifica”, “Qualiverde”, “Selo Casa Azul Caixa”, e selos de entidades internacionais: “AQUA-HQE”, “LEED”, “BREEAM”, e “DGNB” (KALBUSCH, GONÇALVES, 2007; CAMPOS, FERRÃO, 2015; CAMPOS, FERRÃO, 2018).

As três metodologias de certificação utilizadas por entidades nacionais são apresentadas na Tabela 1, com os dados de empreendimentos certificados referente ao ano de 2016. A certificação “Procel Edifica” foi instituída no ano de 2003, sendo parte do “Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações da Eletrobrás” e vinculada ao Ministério de Minas e Energia; contando atualmente com mais de 3.100

certificações, incluindo unidades autônomas.

Informações	Procel Edifica	Qualiverde	Selo Casa Azul Caixa
Organismo mantenedor	ELETOBRAS/PROCEL	Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro	Caixa Econômica Federal
Organismo certificador	Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações	Secretaria Municipal de Urbanismo - PMRJ	Caixa Econômica Federal
Ano de lançamento	2003	2011	2010
Empreendimentos certificados ou em fase de certificação	Mais de 3.100 certificações, incluindo unidades autônomas	Sem dados	19 empreendimentos certificados
Objetivos	Promover o uso racional da energia elétrica em edificações desde sua fundação. Com ações ampliadas e organizadas de conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente.	Elaborar critérios de sustentabilidade para as obras das Olimpíadas de 2016	Reconhecer e incentivar projetos que contribuam na redução de impactos ambientais, e soluções eficientes à construção, uso, ocupação e manutenção das edificações, promovendo o uso racional de recursos naturais e a melhoria da qualidade da habitação e de seu entorno.

Tabela 1. Certificadores nacionais de sustentabilidade em empreendimentos da construção civil.

Idealizada pela Secretaria Municipal de Urbanismo da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro a certificação “Qualiverde” surgiu com o objetivo principal de elaborar critérios de sustentabilidade para as obras das Olimpíadas de 2016, porém, não conta até o momento com dados disponíveis de empreendimentos certificados.

Com um total de 19 empreendimentos certificados, o selo “Casa Azul Caixa” idealizado pela Caixa Econômica Federal em 2010, consiste em uma certificação para os empreendimentos financiados por este banco e enfatiza o uso racional de recursos naturais, bem como a melhoria da qualidade da habitação e do seu entorno.

A Tabela 2 apresenta os critérios, os desempenhos avaliados e os diferenciais das três metodologias de certificação genuinamente criadas por entidades brasileiras tomadas como objeto deste estudo. O selo “Procel Edifica” refere-se principalmente a questões de iluminação, aquecimento de água, condicionamento de ar, consumo de energia elétrica, e à envoltória do empreendimento.

Já o selo “Qualiverde” é mais abrangente e avalia desde o projeto, passando pela gestão da água, energia e desempenho térmico da edificação, havendo também bonificações para ações sustentáveis além destas mencionadas.

Finalmente, a certificação “Casa Azul Caixa”, de maior abrangência nos seus quesitos, avalia seis categorias principais como: qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos e materiais, gestão da água, e as práticas sociais, cada qual a partir de critérios específicos.

Certificação	Avaliação dos critérios	Diferenciais
Procel Edifica	<p>Quatro critérios referente a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Envoltória; 2. Iluminação; 3. Condicionamento de ar; 4. Aquecimento de água. 	<ul style="list-style-type: none"> - Classificação com base na eficiência energética da edificação, Selo A (mais eficiente) a Selo E (menos eficiente); - Metodologia familiar aos consumidores e amplamente utilizada; - Requisitos desenvolvidos pela Secretaria Técnica de Edificações, coordenada pelo Procel e pelo LabEEE da UFSC, e universidades brasileiras.
Qualiverde	<p>Avaliação em 4 tópicos de ações referente a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gestão da água; 2. Eficiência energética e desempenho térmico; 3. Projeto, e; 4. Bonificações. 	<ul style="list-style-type: none"> - Concessão de benefícios às construções “verdes”, em duas esferas: - DECRETO QUALIVERDE: qualifica os projetos que adotarem ações de sustentabilidade; - LEIS DE BENEFÍCIOS: concede benefícios edilícios e fiscais aos projetos qualificados.
Selo Casa Azul Caixa	<p>Avaliação de critérios divididos em 6 categorias:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Qualidade urbana; 2. Projeto e conforto; 3. Eficiência energética; 4. Conservação de recursos e materiais; 5. Gestão da água; 6. Práticas sociais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptado à realidade nacional e seus aspectos regionais; - Proporciona autonomia e estimula as responsabilidades do empreendedor; - Valoriza as soluções para resultados efetivos, respeitando as especificidades de cada projeto; - Auditorias presenciais, reforçando a rigorosidade e a credibilidade da certificação.

Tabela 2. Critérios, desempenho e diferenciais dos certificadores nacionais de sustentabilidade em empreendimentos da construção civil.

Para a avaliação do desempenho, o selo “Procel Edifica” se baseia em um processo de certificação de etiquetagem, conferindo selos na escala de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente) conforme os critérios avaliados com base na pontuação total alcançada pelo edifício, que é calculada de acordo com o resultado da avaliação de cada sistema individual associado a um peso.

Como diferenciais, a certificação “Procel Edifica” faz uso do selo “Procel” de eficiência energética emitido pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem, utilizado para produtos eletro-eletrônicos sendo familiar aos consumidores, com destaque para a formulação dos quesitos desenvolvidos pelo órgão federal em parceria com especialistas de diversas universidades brasileiras (PROCEL, 2018).

O selo “Qualiverde” determina que a avaliação dos empreendimentos sob seu sistema é função de uma porcentagem mínima de 70% em relação às ações de sustentabilidade do empreendimento com respeito à Gestão da Água, Eficiência

Energética, Desempenho Térmico, e Projeto.

Por ser um programa municipal (do Rio de Janeiro), o selo “Qualiverde” foi instituído a partir de um decreto que qualifica os projetos que adotarem ações de sustentabilidade, seguido de leis concedendo benefícios edilícios e fiscais a estes projetos qualificados, conforme o decreto (PMRJ, 2013).

Por seus diferenciais, o selo “Casa Azul Caixa” é o que mais se assemelha às metodologias das certificações internacionais, com a vantagem de ser genuinamente criado no contexto da realidade brasileira, levando em conta os seus diversos aspectos regionais, proporcionando autonomia e estimulando a responsabilidade do empreendedor, valorizando as soluções para resultados efetivos e respeitando as especificidades de cada projeto (CAIXA, 2018).

Tendo em vista as informações gerais dos organismos certificadores internacionais atuantes no Brasil, a Tabela 3 apresenta-se com dados referentes a certificações emitidas no ano de 2017.

Dois dos quatro selos tomados como objeto deste estudo atuam há mais de vinte e cinco anos em diferentes países do mundo: o francês “AQUA-HQE”, que apresenta a maior quantidade de empreendimentos certificados no mundo, e o britânico “BREEAM”. Os outros dois surgiram mais recentemente: o alemão “DGNB” e o norte americano “LEED”, que possuem, talvez por atuarem a menos tempo no mercado, uma menor quantidade de certificações.

Entretanto, ao analisar apenas as certificações no Brasil, destaca-se o selo “LEED”, que possui a maior quantidade de empreendimentos certificados, em função principalmente da atuação do seu representante no país.

Informações	AQUA-HQE	BREEAM	DGNB	LEED
País de origem	França	Inglaterra	Alemanha	Estados Unidos da América
Organismo internacional	HQE - Haute Qualité Environnementale	BRE - Building Reserch Establishment	German Sustainable Building Council	USGBC - United States Green Building Council
Ano de lançamento	1974	1992	2009	2000
Empreendimentos certificados ou em fase de certificação no mundo	2.800.000	1.200.000	450	150.000
Representante no Brasil	Fundação Vanzolini	Consultores Independentes	5 Consultores Independentes	Green Building Council Brasil
Início atividades	2008	2011	2013	2007
Empreendimentos certificados ou em fase de certificação no Brasil	493 edificações e mais de 10.000 unidades habitacionais certificadas	3 empreendimentos certificados	Em fase de adaptação ao mercado brasileiro	1.000

Tabela 3. Apresentação dos certificadores internacionais de sustentabilidade em empreendimentos da construção civil.

O selo “AQUA-HQE” possui uma ampla rede de critérios de análise, compreendendo desde as questões do edifício com seu entorno, a escolha de produtos e processos construtivos, a gestão de recursos ambientais, o conforto na ocupação e outros aspectos de pós-ocupação (Tabela 4). O selo é bem adaptado à realidade brasileira considerando suas significativas diferenças regionais (AQUA-HQE, 2018).

Avaliação dos critérios	Diferenciais
<p>Avaliação de 14 critérios de sustentabilidade:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Relação do edifício com o seu entorno; 2. Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos; 3. Canteiro de obras de baixo impacto ambiental; 4. Gestão da energia; 5. Gestão da água; 6. Gestão de resíduos de uso e operação do edifício; 7. Manutenção e permanência do desempenho ambiental; 8. Conforto higrotérmico; 9. Conforto acústico; 10. Conforto visual; 11. Conforto olfativo; 12. Qualidade sanitária dos ambientes; 13. Qualidade sanitária do ar, e; 14. Qualidade sanitária da água. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptado à realidade brasileira e suas heterogeneidades regionais; - Possui alto grau de exigência; - Possibilita flexibilidade de projeto e adoção de soluções compatíveis com o empreendimento; - Estimula o empreendedor a participar diretamente do processo de certificação; - Valoriza as soluções para resultados efetivos, respeitando as especificidades de cada projeto; - Possui auditorias presenciais, reforçando a rigorosidade e credibilidade da certificação; - O processo de certificação e desenvolvimento de novos sistemas é facilitado pela presença do representante brasileiro; - Os referenciais de certificação estão em constante processo de aprimoramento, com a participação dos melhores profissionais que atuam ativamente na área de sustentabilidade no Brasil.

Tabela 4. Critérios, desempenho e diferenciais certificação de sustentabilidade em empreendimentos da construção civil AQUA-HQE.

Apesar de ser uma certificação recente no país, o selo BREEAM, possui uma grande atuação internacional e com centenas de milhares de empreendimentos certificados. Sua metodologia engloba vários fatores que não se restringem apenas à construção propriamente dita (Tabela 5). Há tópicos de promoção de saúde e bem-estar de seus usuários, incentivo à diminuição da poluição e ao incremento de eficiência a partir do emprego de tecnologias para a redução de custos (BREEAM, 2018).

Avaliação dos critérios	Diferenciais
<p>Nove critérios de avaliação:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Energia – eficiência energética e dióxido de carbono; 2. Gerenciamento – política de gerenciamento da obra; 3. Saúde e Bem-estar – como som, luz e qualidade do ar; 4. Transporte – CO₂ e localização relacionados a transporte; 5. Água – consumo e eficiência das edificações; 6. Materiais – impactos incorporados nos materiais, incluindo ciclo de vida e CO₂; 7. Resíduos – eficiência dos recursos usados para construção e gerenciamento dos seus descartes; 8. Uso da terra – pegada ecológica dos edifícios e terrenos; 9. Poluição – controle de poluição do ar exterior e águas. Ecologia – valor ecológico e preservação do terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rigor e profundidade de seus critérios atualizados com pesquisas acadêmicas e análise laboratorial do ciclo de vida de materiais; - Reconhecimento internacional, atuação em diversos países; - Adaptabilidade, para ser aplicada em diferentes culturas, considerando as diferenças regionais; - Dá preferência à legislação local; - Caráter prescritivo, estruturado a partir da prevenção de riscos e da preservação dos recursos naturais; - Utiliza um sistema direto de pontuação que é transparente, flexível, fácil de entender, com base em comprovação científica e pesquisas; - Gera e desenvolve diversos padrões técnicos que garantem a redução de impactos ambientais, perdas, otimização de processos e custos operacionais do empreendimento; - Usa sistema de pontuação claro, transparente e fácil de entender; - Prevê ferramentas para ajudar a medir, aprimorar a qualidade dos ambientes de trabalho e moradia, e reduzir custos; - Capacita equipes de projetos envolvidas no processo de certificação a aprimorar sua experiência e conhecimentos de aspectos ambientais da sustentabilidade; - Valoriza o empreendimento pelo crescente reconhecimento da respeitabilidade desta metodologia para edifícios de baixo impacto ambiental, e seu diferencial em relação aos demais sistemas de certificação.

Tabela 5. Critérios, desempenho e diferenciais certificação de sustentabilidade em empreendimentos da construção civil BREEAM.

Em fase de implantação no Brasil o organismo certificador “DGNB” propõe-se a realizar uma avaliação da edificação como um todo, e não enfoca apenas em pontos específicos (Tabela 6). O selo apresenta um importante viés econômico a partir de sua escolha, pois, segundo seus idealizadores, sua adoção acarretaria menores custos operacionais, proporcionando incremento de produtividade e uma maior satisfação dos usuários da edificação, ressaltando uma maior potencialidade para adaptações e ampliações futuras (DGNB, 2018).

Avaliação dos critérios	Diferenciais
<p>Seis grupos matrizes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Qualidade Ambiental; 2. Qualidade Econômica; 3. Qualidade Socio-cultural e funcionalidade; 4. Qualidade Técnica; 5. Qualidade do Processo, e; 6. Qualidade do terreno (medida a parte). 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de alta qualidade que analisa o edifício como um todo e não como soluções pontuais e específicas; - Sua abordagem é completa e analisa os impactos das soluções adotadas, desde o macro (global) até o micro (local); - Flexível, para ser aplicado a diferentes culturas; - Garante um planejamento seguro através da clara definição de seus objetivos desde o início, diminuindo os riscos de investimento para os empreendedores; - Garante maiores taxas de ocupação e facilidade para locação, com valores de aluguel até 4% mais altos; - Garante menores custos operacionais e maior satisfação e produtividade dos ocupantes; - Flexibilidade para ser adaptado a futuros desenvolvimentos tecnológicos e sociais.

Tabela 6. Critérios, desempenho e diferenciais certificação de sustentabilidade em empreendimentos da construção civil DGNB.

Com maior quantidade de empreendimentos certificados no Brasil o selo “LEED” possui um sistema de checklist para as etapas a serem seguidas, privilegiando aspectos racionais de materiais e recursos naturais, além de processos inovadores (Tabela 7). Outro fator de destaque deste organismo refere-se a potencialidade de popularização das práticas sustentáveis através por meio da elevação do valor comercial dos empreendimentos (LEED, 2018).

Avaliação dos critérios	Diferenciais
<p>Sete dimensões a serem avaliadas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sustainable sites (Espaço Sustentável); 2. Water efficiency (Eficiência do uso da água); 3. Energy & Atmosphere (Energia e Atmosfera); 4. Materials & Resources (Materiais e Recursos); 5. Indoor environmental quality (Qualidade ambiental interna); 6. Innovation in design or innovation in operations (Inovação e Processos); 7. Regional priority credits (Créditos de Prioridade Regional). 	<ul style="list-style-type: none"> - Facilidade de aplicação / organização de documentação devido à boa estruturação de seu sistema (fornecimento de modelos, <i>check lists</i> etc.); - Disseminação / divulgação eficiente; - Reconhecimento internacional; - Critérios prescritivos e soluções pré-estabelecidas, e; - Popularização das práticas sustentáveis através da elevação do valor comercial dos empreendimentos.

Tabela 7. Critérios, desempenho e diferenciais certificação de sustentabilidade em empreendimentos da construção civil LEED.

4 | CONCLUSÃO

A realidade brasileira com respeito à certificação dos empreendimentos de construção civil sustentáveis ainda é relativamente pobre quando comparada com a de outros países que, inclusive, possuem população menor. Mas o cenário é promissor, pois conforme ampliam-se as exigências dos atores chave do Complexo da Construção Civil no que se refere à integração responsável do ambiente construído com o ambiente natural, em consonância com o aumento da demanda por habitação e a conseqüente necessidade de crescimento do setor, multiplicam-se no país o número de profissionais credenciados pelos organismos certificadores para desenvolver e implantar suas metodologias.

Dentre os sete selos constantes no presente estudo, correspondentes a entidades certificadoras atuantes no país, quatro deles consistem em adaptações ao mercado nacional: o francês “AQUA-HQE”, o britânico “BREEAM”, o alemão “DGNB” e o norte americano “LEED”, o que pode explicar a ainda baixa adesão de novos empreendimentos, pois os critérios de avaliação parecem inicialmente difíceis de serem aplicados, ou em desacordo com os “padrões” de execução de obras amplamente difundidos no Brasil.

Com base nas informações disponíveis referentes às certificações sustentáveis, destacam-se principalmente a baixa quantidade de empreendimentos certificados, em especial quando se enfocam os selos nacionais “Procel Edifica” e “Casa Azul Caixa”. Aparentemente o consumidor de imóveis ainda não incorporou o comportamento

que possui ao consumir aparelhos elétricos ou eletrônicos – e atualmente, também os automóveis – quando a decisão de compra pode ser influenciada pelo selo de eficiência energética do produto.

Uma divulgação mais eficiente do selo “Procel Edifica” junto aos consumidores usuários do selo “Procel” consiste em grande oportunidade para o organismo certificador ampliar sua atuação no mercado de de certificação, oferecendo ao empreendedor a possibilidade real de obter maior êxito na gestão da construção e do empreendimento pós-ocupação.

Sede de mega eventos esportivos globais nos últimos quatro anos, como a Copa do Mundo de 2014 e os Jogos Olímpicos de 2016, a cidade do Rio de Janeiro transformou-se num grande canteiro de obras com muitos empreendimentos de diversa índole, mas parece que a oportunidade para implantar definitivamente o selo “Qualiverde” foi perdida ou, pelo menos, adiada.

No entanto, a iniciativa do selo Qualiverde é válida, pois alia gestão racional de recursos a incentivos fiscais e econômicos quando de sua adoção. Tendo em vista o volume de obras financiadas pela Caixa Econômica Federal por meio do programa “Minha Casa, Minha Vida”, o número de empreendimentos certificados com o selo “Casa Azul Caixa” poderia ser bem maior, incentivando melhorias contínuas nos processos construtivos e nas edificações. O setor da construção civil brasileira parece ter perdido mais uma grande oportunidade para o incremento de qualidade – e da quantidade de obras certificadas em relação às ações de sustentabilidade.

O financiamento público de empreendimentos de construção sustentável pode contribuir efetivamente para com o cumprimento de metas de qualidade acessíveis aos grandes empreendedores, e também aos empreendedores de obras de pequeno porte, ou aquelas empreendidas diretamente por seus usuários proprietários.

As certificações sustentáveis de empreendimentos da construção civil no Brasil não devem ser vistas como gastos desnecessários, mas sim como elementos essenciais componentes do custo global da obra, levando a uma otimização de todo o processo, a começar do projeto chegando às fases de uso e consumos de eletricidade e água, proporcionando economia de recursos na construção e benefícios na pós-ocupação das edificações.

Finalmente, cabe salientar que quanto maior a quantidade de empreendimentos certificados, mais rápida e eficientemente as inovações tecnológicas sustentáveis serão difundidas e empregadas nos respectivos processos construtivos. Em um cenário otimista, elas em breve estarão ao alcance de toda a população, tornando as obras mais econômicas e ambientalmente adequadas, contribuindo para com o desenvolvimento sustentável de toda a cadeia da construção civil no Brasil.

REFERÊNCIAS

AQUA-HQE. **Informações referente a certificação AQUA-HQE**. 2018. Disponível em: <<http://>

vanzolini.org.br/hotsite-aqua.asp?cod_site=104>. Acesso em: 16/11/2018.

BREEAM. **Informações referente a certificação BREEAM**. 2018. Disponível em: <<http://www.breeam.org>>. Acesso em: 16/11/2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL - CAIXA. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. Coordenadores Vanderley Moacyr John, Racine Tadeu Araújo Prado. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010. 202p.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – CAIXA. **Informações referente a certificação Selo Casa Azul Caixa**. 2018. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 16/11/2018.

CAMPOS, M. A.; ARGOLLO FERRÃO, A. M. Engenharia de Empreendimentos Sustentáveis no Brasil: identificação dos selos certificadores nacionais. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2 [CONTECC' 2015], 2015, Fortaleza [CE]. **Anais...** Brasília [DF]: CONFEA, 2015. v. 1. p. 1-4.

CAMPOS, M. A.; ARGOLLO FERRÃO, A. M. **Engenharia de empreendimentos sustentáveis: classes de uso e níveis de certificação dos empreendimentos certificados no estado de São Paulo**. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil. Volume 14, nº 1, 191-203 p. 2018.

DGNB. **Informações referente a certificação DGNB**. 2018. Disponível em: <<http://www.dgnb.de/en>>. Acesso em: 16/11/2018.

KALBUSCH, A.; GONÇALVES, O. M. **Crítérios de avaliação de sustentabilidade ambiental dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários em edifícios de escritórios**. São Paulo: EPUSP, 2007. 33 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil; BT/PCC/467)

LEED. **Informações referente a certificação LEED**. 2018. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br>>. Acesso em: 16/11/2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Cidades Sustentáveis. s./d. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>>. Acesso em: 16/11/2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO – PMRJ. **Informações referente a certificação Qualiverde**. 2013. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/smu/exibeconteudo?id=4368435>>. Acesso em: 16/11/2018.

PROCEL. **Informações referente a certificação PROCEL EDIFICAÇÕES**. 2018. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}>>. Acesso: 16/11/2018.

ECONOMIA DE ENERGIA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL ESTUDO DE CASO NO BLOCO I DO UNIPAM

Daniel Marcos de Lima e Silva

Centro Universitário de Patos de Minas
Patos de Minas – Minas Gerais

Maísa de Castro Silva

Centro Universitário de Patos de Minas
Patos de Minas – Minas Gerais

Marcelo Ferreira Rodrigues

Centro Universitário de Patos de Minas
Patos de Minas – Minas Gerais

RESUMO: Esse artigo corresponde ao estudo da eficiência energética do Bloco I do UNIPAM de acordo com as verificações do manual RTQ-C e RAC-C para se adquirir a certificação energética, e posterior fornecimento da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), tendo como objetivo medidas que diminuam o consumo de energia, proporcionando retorno para a gestora dos métodos implantados na forma de custo benefício, e formas sustentáveis para melhorias na qualidade de vida. O estudo foi realizado através de visitas *in loco* e pesquisas bibliográficas que deram suporte para a metodologia adotada e os resultados obtidos. Foram obtidos níveis satisfatórios de eficiência em relação ao condicionamento de ar, iluminação e envoltória, mas foram identificados usos desnecessários de energia elétrica gasta com iluminação, bem como a necessidade de substituição dos dispositivos por outros mais

eficientes. Para o sistema de iluminação foi proposto a troca das luminárias convencionais por luminárias LED e a instalação de sensores de presença nos banheiros. Também são propostas campanhas de conscientização de usuários e colaboradores por meio de palestras e cartazes. A implantação de todas as propostas proporcionará uma economia considerável, sendo o consumo mensal médio de 23893,36 KWh e após a implantação das propostas o consumo médio passará a ser de 16346,48, proporcionando uma diminuição para 68,41% do consumo atual. Calculando a viabilidade financeira de implantação das propostas considerando o menor dos orçamentos, o tempo estimado de retorno é de 5,79 meses, ou seja, em seis meses o custo dos investimentos será coberto pela economia proporcionada.

PALAVRAS-CHAVE: economia de energia, eficiência energética, RTQ-C, RAC-C, iluminação, LED.

ABSTRACT: This article corresponds to the study of the energy efficiency of Block I of UNIPAM according to the verifications of the manual RTQ-C and RAC-C for acquiring the energy certification and subsequent supply of the National Energy Conservation Label (ENCE). objective measures to reduce energy consumption, providing a return to the manager of the methods implemented in the form of cost

benefit, and sustainable ways to improve the quality of life. The study was carried out through on-site visits and bibliographical research that supported the methodology adopted and the results obtained. Satisfactory levels of efficiency were obtained in relation to air conditioning, lighting and enveloping, but unnecessary uses of electric energy spent with lighting were identified, as well as the need to replace the devices with more efficient ones. For the lighting system it was proposed the exchange of conventional luminaires by LED luminaires and the installation of presence sensors in the bathrooms. There are also campaigns to raise awareness of users and collaborators through lectures and posters. The implementation of all proposals will provide considerable savings, with the average monthly consumption of 23893,36 KWh and after the implementation of the proposals the average consumption will be 16346.48, giving a reduction to 68.41% of current consumption. Calculating the financial feasibility of implementing proposals considering the lowest budgets, the estimated time of return is 5.79 months, ie in six months the cost of investments will be covered by the provided savings.

KEYWORDS: Energy saving, energy efficiency, RTQ-C, RAC-C, lighting, LED.

1 | INTRODUÇÃO

Em tempo de mudanças climáticas, aquecimento global e aumento no custo de energia é fundamental que haja uma mudança de paradigma no setor construtivo, para que possamos minimizar o impacto ambiental das obras, visando economia e a conservação dos recursos naturais (QUEIROZ, 2009).

A certificação energética de edifícios é uma tendência mundial, sendo então primordial para o desenvolvimento sustentável e racional dos recursos naturais. No Brasil, o Inmetro e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) introduziram em fevereiro de 2009 o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), que estabelece parâmetros para a definição do nível de eficiência dos edifícios e fornece a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

Essa iniciativa vem atender à primeira lei de eficiência energética no Brasil, Lei nº 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e que foi regulamentada pelo Decreto nº 4.059, de 19 de outubro de 2001 (BRASIL, 2001a). O referido decreto também criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE e, especificamente para edificações, o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País, para propor formas de regulamentar as edificações construídas no Brasil, visando ao uso racional da energia elétrica (BRASIL, 2001).

Por meio desta pesquisa foi analisada a eficiência energética da edificação que corresponde ao Bloco I do Centro Universitário de Patos de Minas, tendo como referências as normas pertinentes e as qualificações RTQ-C e RAC-C, onde foram

possíveis identificar usos desnecessários e excessivos de energia elétrica gasta em iluminação, conforto térmico, e etc.

2 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Por volta de 250 anos atrás nascia a sociedade industrial, proveniente as soluções dos conhecimentos científicos para resolver questões práticas. Em um curto espaço de tempo, esta evolução proporcionou ao ser humano a possibilidade de elevar suas expectativas de vida consideravelmente, fazendo com que a população do planeta seja multiplicada por um fator seis (de acordo com a ONU, estima-se que a população mundial seja mais de sete milhões de habitantes) (AGOPYAN, JOHN, 2014).

Atualmente, a agricultura e pecuária produzem alimentos em qualidade e quantidade suficientes e até além do necessário, proporcionando aos seres humanos uma vida mais confortável do que no passado. Porém, o aumento da expectativa de vida e o crescimento populacional estão levando à diminuição dos recursos naturais, o que ressalta a importância da sustentabilidade em todas as áreas. Assim, uma mudança de paradigma é muito importante para o presente e também o futuro, sendo sempre essencial a busca pela evolução dos processos de configuração do ambiente construído. Também é necessário constantemente analisar a fundo sua dinâmica através de métodos de gestão da construção, da operação e da deposição, com redução do desperdício, otimização dos processos construtivos, e melhoria da eficiência energética.

Portanto, profissões tecnológicas têm um importante papel a desempenhar em termos de economia, pois apenas com o pleno uso do conhecimento as alternativas de produção e consumo sustentáveis e justas são encontradas. A responsabilidade advém, também, do impacto ambiental causado por todas as ações praticadas. Impacto esse que pode ser reduzido com o uso adequado dos recursos, reaproveitamento de resíduos, controle de desperdício e direcionamento produtivo (QUEIROZ, 2009).

3 | OS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

A sustentabilidade na construção civil possui uma cadeia produtiva complexa, pois envolve setores industriais díspares. Desde os projetos, produção das matérias primas até os processos construtivos. Assim, para que uma edificação seja totalmente sustentável é necessário que os conceitos de sustentabilidade estejam em todas as fases da construção.

A produção dos materiais de construção também é uma fonte de emissão de gases que contribuem para o efeito estufa, e neste contexto destacam-se o uso de combustível fóssil na fabricação e transporte dos materiais, decomposição do calcário e outros carbonatos durante a calcinação e a extração de madeira nativa para emprego

tanto como material como combustível (AGOPYAN; JOHN, 2014).

Quase todos os materiais industrializados passam por processos de calcinação: cerâmicos, cimento, aço, vidro, alumínio, etc. Na maioria dos processos produtivos, as altas temperaturas são obtidas com o uso de energia fóssil não renovável, como derivados de petróleo e o carvão mineral. Em todos os casos, o combustível utilizado aumenta a concentração de CO_2 na atmosfera. A decomposição do calcário em fornos a altas temperaturas é outra fonte significativa de emissão de CO_2 na indústria da construção civil. Cada tonelada de calcário libera 440 kg de CO_2 e gera apenas 560 kg de material. Materiais indispensáveis para a construção, como cimento, aço e a cal hidratada dependem desse processo produtivo. Dos materiais citados, apenas o cimento, é responsável por aproximadamente 5% das emissões de CO_2 . O uso de eletrodos de grafite na produção do aço por arco elétrico e alumínio também é outra fonte de destaque (AGOPYAN; JOHN, 2014).

4 | A HISTÓRIA DA LÂMPADA

As primeiras pesquisas realizadas sobre as fontes de luz de origem elétrica têm mais de 100 anos. Em 1854, tendo como inventor Heinrich Goebel, que construiu e usou pela primeira vez uma lâmpada incandescente. Somente vinte e cinco anos mais tarde iniciou-se a produção de lâmpadas incandescentes em escala industrial, graças a notáveis pesquisas realizadas por Thomas Alva Edison, por volta de 1879 (CAVALIN; CERVELIN, 2011).

Em 1898 Auer von Welsbach conseguiu substituir o filamento de carvão pelo filamento metálico (ósmio), aperfeiçoando com essa inovação a lâmpada. Esse modelo já se assemelha com a lâmpada atual. Em 1913 começaram a serem produzidos os filamentos em espiral, e o filamento de ósmio foi substituído pelo de tungstênio (cujo ponto de fusão é de 3.387°C), que apresenta as melhores condições técnicas para esse fim, elevando muito o rendimento luminoso. Com o objetivo de aumentar a vida útil da lâmpada, foram introduzidos gases no receptáculo das lâmpadas, primeiramente o nitrogênio, depois o argônio e por fim, o criptônio. Em 1910 Claude apresentou a lâmpada com funcionamento à base de gases nobres (argônio, xenônio, criptônio, néon e hélio) e de vapor de sódio. Em 1934 apareceu a primeira lâmpada fluorescente que é muito empregada na indústria, comércio e residências (CAVALIN; CERVELIN, 2011).

A partir de então, vários tipos de lâmpadas foram desenvolvidos, e a crescente evolução ainda continua. A busca por maior eficiência energética é o principal motivo das melhorias tecnológicas e a necessidade de economia leva ao desenvolvimento de dispositivos cada vez mais eficientes. Atualmente as lâmpadas incandescentes já estão quase em desuso e até mesmo as fluorescentes estão perdendo espaço para as lâmpadas de LED, sendo que estas últimas além de um consumo de energia

relativamente baixo possuem vida útil muito superior.

5 | O LED

Segundo Cavalin e Cervelin (2011), os primeiros estudos sobre o LED foram realizados pelo russo Oleg Losev, na década de 20 do século passado. Como não havia aplicação prática para a época, ficou por muitos anos esquecido. No entanto, que ficou conhecido como o pai do LED foi Nick Holonyak Jr., que em 1962, como funcionário da General Electric, construiu o primeiro LED de uso prático, porém somente na cor vermelha e com baixa intensidade luminosa (1mcd). Posteriormente surgiram os de cor amarela (1960) e verde (1975).

De acordo com o Laboratório de Iluminação do UNICAMP (2016):

O LED é um componente eletrônico semiconductor, ou seja, um diodo emissor de luz (L.E.D = Light Emitter Diode), mesma tecnologia utilizada nos chips dos computadores, que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz. Tal transformação é diferente da encontrada nas lâmpadas convencionais que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, dentre outras. Nos LEDs, a transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo, por isso, chamada de Estado sólido (Solid State).

De acordo com o Laboratório de Iluminação do UNICAMP (2016), os benefícios do uso dos LEDs: maior vida útil; custos de manutenção reduzidos; eficiência; resistência a impactos e vibrações; controle dinâmico da cor; acionamento instantâneo; controle de intensidade variável; cores vivas e saturadas sem filtros; luz direta, aumento da eficiência do sistema; ecologicamente correto; ausência de ultravioleta; ausência de infravermelho; possuem a possibilidade de acendimento e apagamento rápidos possibilitando o efeito “flash”.

6 | O USO DOS EDIFÍCIOS

De acordo com Agopyan e John (2014), estima-se que em nível global, o uso dos edifícios seja responsável por 25% das emissões de CO₂. As emissões podem ser diretas, como a queima de combustíveis fósseis para fins de condicionamento ambiental, aquecimento de água; e indiretas, que são associadas à eletricidade utilizada que é produzida por concessionárias de distribuição. A matriz energética utilizada para a geração de eletricidade é determinante das emissões indiretas associadas ao consumo de eletricidade e apresenta ampla variação. No caso da eletricidade, a construção civil contribui nos aspectos relativos à iluminação, ventilação, aquecimento elétrico ambiental e de água, e ar condicionado. Os potenciais de consumo de cada setor dependem muito das características regionais.

Dentre outras fontes de emissões de gases de efeito estufa na construção civil,

incluem-se as emissões de metano associadas à decomposição de matéria orgânica como a madeira, as emissões de compostos orgânicos voláteis de tintas, revestimentos (massa corrida e acrílica, grafiatos, texturas, etc.) adesivos, asfalto e outros materiais de construção, e as emissões associadas aos fluidos de refrigeração e extintores.

7 | GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

A geração industrial de energia elétrica pode ser realizada por meio do uso da energia potencial da água (geração hidrelétrica) ou utilizando a energia potencial dos combustíveis (geração termoelétrica). No Brasil, pelo fato de ser um país com imenso potencial hidráulico, cerca de 74,7% da energia gerada ocorre por meio das hidrelétricas. As termoelétricas existentes no país, 21,5% são termoelétricas convencionais, que utilizam combustíveis fósseis (petróleo, gás natural, carvão mineral, etc.) e combustíveis não fósseis (madeira, bagaço de cana, etc.), e 2,1% são nucleares (urânio enriquecido) (CREDER, 2012).

A energia elétrica é medida por instrumentos que se chamam quilowatt-hora-metro, que são dispositivos integradores, que somam a potência consumida ao longo do tempo. O princípio de seu funcionamento é o mesmo de um motor de indução, ou seja, os campos gerados pelas bobinas de corrente e de potencial induzem correntes em um disco, provocando a sua rotação. Solidário com o disco existe um eixo em conexão com uma rosca sem-fim, que provoca a rotação dos registradores, os quais fornecerão a leitura (CREDER, 2012).

8 | CLIMA, VENTILAÇÃO E ILUMINAÇÃO NATURAL

O clima é um fator de peso no projeto e na habitação do homem, sendo ele variável e permanente no tempo, sendo composto por fatores estatísticos (posição geográfica e relevo) e fatores dinâmicos (temperatura, umidade, movimento do ar e radiação), (MASCARÓ, 1985).

Logo, em breve análise, percebe-se que o clima pode ser ou não favorável à construção civil, interligado a sustentabilidade com eficiência no uso e construção. Não tardia é sua importância na geração de energia, visto que a população consumista-esgotadora, usufrui descontroladamente dessa fonte, o clima nos favorece em vários âmbitos de energias sustentáveis e autossuficientes, utilizando-se de recursos naturais e por vezes inesgotáveis, como vento e sol, (MASCARÓ, 1985).

Os fatores climáticos estão em união, temperatura, umidade, movimento do ar, radiação, e todos afetam o desempenho térmico do edifício.

Segundo Mascaró (1985), a taxa de ganhos ou perdas de calor do edifício depende de um conjunto de fatores, como: diferença de temperatura interior e exterior, sendo

este, vinculado às características do material e da cor das superfícies; localização, orientação; características do entorno natural e construído; ação do vento; localização estratégica dos equipamentos.

Tal qual Mascaró, (1985, p. 22) aconselha-se orientar o edifício na direção do vento dominante favorável e, sempre que possível, nas latitudes maiores, fazê-lo favoravelmente em relação à carga térmica recebida no período quente. Sua forma deve ser definida em função da orientação disponível, minimizando a carga térmica ganha e o consumo de energia operante, (MASCARÓ, 1985).

Lembrando que a vegetação, a topografia e a massa construída auxiliam na intensidade dos ventos, mudando assim seu desempenho. Uma característica relevante do Bloco I e seu entorno, é que sua arborização favorece o controle a radiação solar direta, suavizando assim a temperatura do ar.

“Os impactos da urbanização na ventilação urbana, inevitáveis nos climas quente-úmidos, podem ser otimizados por meio da altura relativa, forma e distância entre os edifícios, reduzindo os consumos de energia” (MASCARÓ, 1985, p. 33).

Diante do exposto conclui-se que uma alternativa cabível e adequada para as duas fases climáticas está no bom planejamento do projeto, o adequando às necessidades do edifício.

Sérgio Rocha (2012, p. 30) cita que telhados verdes oferecem uma estratégia inteligente e de alto impacto para amenizar a aridez e os efeitos das mudanças do clima nas cidades modernas. Inúmeras cidades reconhecem esses serviços e oferecem incentivos fiscais e reduções de impostos, sinalizando mudanças de rumo no planejamento e na reestruturação da infraestrutura urbana.

Ventilação natural é um procedimento que permite a movimentação do ar no interior das edificações, e que não utiliza energia elétrica ou mecânica para sua realização.

Fanger *et al* (1987) afirmam que para promover um ambiente confortável, é essencial um melhor entendimento das respostas do corpo humano ao movimento de ar, para poder desenvolver uma distribuição adequada da ventilação nos ambientes. A ventilação não traz apenas conforto, ela também pode promover desconforto, como com resfriamento indesejado em alguma parte do corpo humano. É comum esse desconforto em ambientes com ar condicionado como carros, ônibus e aviões, e essa sensação muitas vezes faz com que as pessoas interrompam a ventilação ou até aumentem a temperatura nos equipamentos de condicionamento de ar, o que não melhora as condições de conforto.

Mascaró (1985, p. 71) conclui que a localização relativa dos prédios – levando em consideração a medida máxima, comprimento, largura, altura e sua orientação em relação à direção do vento – será de fundamental importância para ventilação natural.

A visão humana evoluiu ao longo de milhões de anos usando a luz natural – uma combinação de luz solar direta e luz difusa do céu – e por esse motivo apresenta maior facilidade de se adaptar a ela. A luz natural é uma fonte luminosa de espectro

completo, por isso é usada como referência na comparação com as fontes artificiais. Também é considerada a melhor fonte de luz para a fidelidade na reprodução das cores, (ROBBINS, 1986).

A luz natural pode fornecer parte ou toda a iluminação para a execução de tarefas visuais, mas também pode causar desconforto visual e térmico, pois ela varia em nível e composição espectral de acordo com o tempo. Assim se deve fornecer um controle adequado da luz, com persianas ou trises, de tal forma que a luz solar não atinja diretamente os trabalhadores e/ou as superfícies no interior do campo de visão (NBR ISO CIE 8995-1/2013).

Sistemas de acionamento automático de iluminação como sensores de presença e temporizadores são alternativas eficientes de se evitar o consumo desnecessário de energia elétrica e também o desgaste natural do uso dos equipamentos.

Vale ressaltar que uma boa visualização de uma tarefa tem impacto direto sobre o tempo necessário para fazê-la, e assim uma boa iluminação influencia diretamente na produtividade, e também na segurança.

9 | RTQ-C: REGULAMENTO TÉCNICO DE QUALIDADE

Trata-se de uma apresentação do Processo de Etiquetagem do Nível de Eficiência Energética de Edificações, que analisa o desempenho energético de um edifício, para concessão da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE - atendendo ao Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, (RTQ-C, 2013).

A razão de etiquetar edificações é informar o nível de eficiência energética das edificações, diminuir o consumo de energia, aprimorar o conforto térmico, incentivar as inovações tecnológicas e garantir edificações energeticamente mais eficientes. Para se obter a etiqueta, deve-se seguir dois métodos: o método prescritivo e o método de simulação, (RTQ-C, 2013).

O método prescritivo utiliza equações para o cálculo de eficiência energética da edificação. No método de simulação, que utiliza modelagem computacional para tal classificação, a utilização de um dos desses dois métodos resultará na obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Esta que poderá ser adquirida em duas fases, uma durante a fase de projeto, onde as decisões mais importantes da edificação são tomadas; a outra, após a edificação construída, (RTQ-C, 2013).

Após a conclusão da obra, deve-se solicitar a ENCE de Edificação Construída. Esta etiqueta somente pode ser solicitada depois de concedido o alvará de conclusão da obra ou comprovada às ligações definitivas para fornecimento de energia elétrica e gás combustível pelas respectivas concessionárias, (RTQ-C).

Para se alcançar nível A, é necessário que 100% da demanda sejam atendidas pelos seguintes sistemas:

- Sistema de aquecimento solar;

- Aquecedores de gás do tipo instantâneo;
- Sistema de aquecimento de água por bomba de calor;
- Caldeiras de gás.

Segundo RTQ-C (2013), iniciativas que aumentem a eficiência energética da edificação podem aumentar em até um ponto ou um nível a classificação final da edificação. Essas iniciativas são chamadas de bonificações e podem ser:

- Racionalização de água;
- Sistemas e Fontes Renováveis de Energia;
- Sistema de Cogeração e Inovações Técnicas ou Sistemas;
- Elevadores que atingem nível A.

Os usuários também têm participação decisiva no uso de edifícios eficientes através de seus hábitos, podendo reduzir de forma significativa o consumo de energia, contribuindo para o aumento da eficiência das edificações e redução de desperdícios. Assim, conclui-se que todos os envolvidos na concepção e utilização dos edifícios e seus sistemas podem contribuir para criar e manter edificações energeticamente eficientes.

Um edifício eficiente com usuários ineficientes pode tornar-se um edifício ineficiente. Da mesma forma, edifícios ineficientes podem aumentar consideravelmente sua eficiência se houver empenho de seus usuários (Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C, 2016).

Os aspectos envolvidos na qualificação RTQ-C são: Envoltória, Iluminação e Condicionamento de ar.

De acordo com Lamberts, *et. al*, (2013) a classificação da envoltória é feita através da determinação de um conjunto de índices referentes às características do edifício. Componentes opacos e dispositivos de iluminação zenital são definidos em pré-requisitos, enquanto as aberturas verticais são avaliadas através de equações. Como parte da avaliação no que se refere à envoltória, tem-se: cobertura, fachada e aberturas, volume, área de piso e orientação das fachadas.

A eficiência da iluminação é determinada calculando a densidade de potência instalada pela iluminação interna, de acordo com as diferentes atividades exercidas pelos usuários de cada ambiente. A determinação da iluminação adequada para cada atividade é feita com base na ABNT NBR ISO CIE 8995-1/2013. Desta forma, é calculada a potência instalada de iluminação, a iluminância de projeto e a iluminância gerada pelo sistema para determinação da eficiência. Quanto menor a potência utilizada, menor o consumo de energia e mais eficiente é o sistema. Esse item deve ser avaliado por ambiente, pois podem ter diferentes usos, portanto diferentes necessidades de iluminação, (LAMBERTS, *et. al*, 2013).

Segundo Lamberts, *et. al*, (2013) quanto ao condicionamento de ar, sua eficiência

leva em consideração:

- Sistemas individuais: consultas dos níveis de eficiência dos aparelhos instalados na edificação, já classificados pelo INMETRO;
- Sistemas de condicionamento de ar centrais (não classificados pelo INMETRO): prescrições definidas no regulamento. Depende da verificação de um número que requisitos.

O RTQ-C apresenta os critérios para classificação completa do nível de eficiência energética do edifício através de classificações parciais da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar. Uma equação pondera estes sistemas através de pesos estabelecidos no regulamento e permite somar à pontuação final bonificações que podem ser adquiridas com inovações tecnológicas, uso de energias renováveis, cogeração ou com a racionalização no consumo de água, (BRASIL, 2009).

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é obtida através de avaliação dos requisitos contidos no RTQ-C para o edifício usando o método descrito no RAC-C. O caráter voluntário do RTQ-C visa preparar o mercado construtivo, de forma gradativa, a assimilar a metodologia de classificação e obtenção da etiqueta. A metodologia de classificação está presente no texto do Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ-C) do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Público, enquanto a metodologia de obtenção da etiqueta refere-se aos procedimentos para avaliação junto ao INMETRO, e está presente no Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C), (LAMBERTS, *et. al.*, 2013).

Diante de tanta informação e urgência na análise do comportamento do edifício e a precisão da sua regularização, foram debatidas no Encontro Nacional de Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Ambiental em Edificações (CHICHIERCHIO; FROTA; LAMBERTS, 1991) que deu princípio as normas vigentes ABNT NBR 15220 (2005) e ABNT NBR 15575 (2008).

A partir da publicação da NBR 15220 (2005) houve uma padronização inicial na definição das características construtivas necessárias no sentido de fomentar a melhoria do desempenho térmico das edificações brasileiras, já que foram definidos parâmetros para distintos contextos brasileiros caracterizados por diferentes zonas bioclimáticas, (CUNHA, 2009).

No Brasil, o consumo de energia elétrica nas edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas é bastante significativo, correspondendo a aproximadamente 50% do total da eletricidade consumida no país. Em contrapartida, o potencial de economia de energia desse setor também é expressivo, uma vez que edificações novas construídas de acordo com os padrões instituídos pela Etiquetagem PBE Edifica podem obter uma economia de até 50%, já as edificações existentes que sofrerem grandes reformas, uma economia de até 30% (PROCEL, 2016).

10 | METODOLOGIA

O estudo foi realizado na cidade de Patos de Minas, no estado de Minas Gerais, situada nas coordenadas geográficas 18°34'44" latitude Sul, 46°31'05" longitude Oeste, com altitude de 832 metros, no Bloco I do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

Para atingir os objetivos propostos, primeiramente foram desenvolvidas pesquisas bibliográficas na busca por referências, estudos de caso e métodos para proceder com toda a análise e cálculos necessários. Foram feitos o levantamento dos dispositivos instalados, seus respectivos consumos e os tempos de uso, o levantamento dos dados da edificação referente à envoltória, iluminação e condicionamento de ar através de visitas *in loco* e projetos disponibilizados pelo professor Marcelo Ferreira Rodrigues. Foram quantificados os equipamentos utilizados, e, após a obtenção de todas as informações necessárias, foram feitos os cálculos de acordo com o Manual de Aplicação RTQ-C.

Foi verificado se as condições de iluminação e condicionamento de ar para a edificação se adequa às necessidades de uso e ocupação de cada ambiente e aos parâmetros estabelecidos pelas qualificações RTQ-C e RAC-C.

Na aplicação do método prescritivo, três sistemas avaliativos foram levados em consideração, sendo a envoltória que representa 30% da avaliação final, o sistema de iluminação que desempenha 30% da nota e o sistema de condicionamento de ar que equivale a 40% do total da classificação da edificação.

Antes de analisar esses sistemas, foram feitas diversas verificações que envolvem o edifício e são definições indispensáveis para esta avaliação em estudo.

11 | RESULTADOS

Com base nos dados coletados, foram feitas análises e obtidos diversos resultados, os quais são descritos a seguir.

Foram propostas intervenções, tais como:

- A substituição de todas as lâmpadas fluorescentes por LED;
- A instalação de sensores de presença;
- A elaboração de campanhas de conscientização de usuários e colaboradores para um uso racional, onde os mesmos ficam responsáveis em não utilizar os dispositivos de iluminação e ar condicionado desnecessariamente.

Para chegar no nível de classificação geral no edifício são atribuídos pesos a cada item avaliado de acordo com o RTQ-C, então utilizou-se os equivalentes numéricos também prescritos no RTQ-C de acordo com o nível atingido em cada item avaliado, o que consta no quadro 1:

Item Avaliado:	Equivalente numérico	Peso atribuído
Envoltória	1,00 (nível E)	30%
Sistema de Iluminação	4,00 (nível B)	30%
Sistema de condicionamento de ar	5,00 (nível A)	40%

Quadro 1 - Equivalente numéricos e peso atribuído a cada componente avaliado

Fonte: Manual RTQ-C (2016).

Por fim, através da equação de Pontuação Total (PT) determinou-se a classificação geral do edifício quanto à sua eficiência energética. O valor obtido para $PT = 3,726$ indica que a edificação se enquadra no nível B segundo a tabela de classificação geral presente no manual.

Esses resultados proporcionam análise geral da eficiência energética, o que possibilita ao UNIPAM solicitar futuramente a avaliação de conformidade juntamente ao PROCEL EDIFICA, de maneira a obter recursos que proporcionem a melhoria da eficiência nos pontos críticos desta edificação e, posteriormente requerer o Selo PROCEL para edificações.

12 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que uma significativa redução no consumo de energia da edificação em estudo pode ser proporcionada pelas propostas feitas por este trabalho. O desenvolvimento das campanhas de conscientização propostas, como palestras ministradas na instituição, as quais tratarão do assunto em questão, visto que é um tema atual e de grande importância para a sociedade como um todo. Outra alternativa relacionada às campanhas de conscientização é a afixação de cartazes em pontos estratégicos onde ocorrem os consumos desnecessários e excessivos. Assim, a economia de energia deve ser um assunto debatido e estudado não só como rentabilidade, mas também como conscientização em relação ao uso dos recursos naturais e crescimento sustentável.

Na análise das plantas em projetos no AutoCAD, nota-se que o executado está em harmonia com o projetado, estando sempre em processos de melhorias contínuas e significativas para o Bloco I e a instituição em geral.

A implantação de todas as propostas de mudanças proporcionará uma economia considerável, sendo o consumo mensal atual médio de 23893,36 KWh e após a implantação das propostas o consumo médio passará a ser de 16346,48 KWh, proporcionando uma diminuição para 68,41% do consumo atual.

Foi calculado a viabilidade financeira de implantação das propostas, sendo que considerando o orçamento menor, o tempo estimado de retorno é de 5,79 meses, ou seja, em seis meses o custo dos dispositivos será coberto pela economia proporcionada.

Diante do exposto conclui-se que a classificação geral do edifício é nível B. A necessidade de intervenção em busca de melhorias deste caso torna-se facultativo, visto que para atingir um nível melhor de eficiência, ou seja, nível A seria necessário a implantação de uma série de projetos mais específicos financeiramente inviáveis e com incertezas quanto ao resultado final.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M.. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. 2. reed. São Paulo: Blucher, 2014. 141 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Rio de Janeiro, 2008.

BAKER, N.; FANCHIOTTI, A.; STEEMERS, K. **Daylighting em Arquitetura: um livro de referência europeu**. Londres: James & James, 1993. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/grupospesquisa/grilu/Artigos/Integra%C3%A7%C3%A3o%20de%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20Natural%20e%20Artificial%20-%20M%C3%A9todos%20e%20Guia%20Pr%C3%A1tico%20Para%20Projeto%20Luminot%C3%A9cnico.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2016.

BOWER, J. – **Compreender Ventilação: Como conceber, seleccionar , e instalar sistemas de ventilação residenciais** - The Healthy House Institute, 1995. Disponível em < <http://pgquimica.sites.ufms.br/wp-content/blogs.dir/117/files/2015/01/A-ventila%C3%A7%C3%A3o-natural-como-estrat%C3%A9gia-visando-proporcionar-conforto-t%C3%A9rmico-e-efici%C3%Aancia-energ%C3%A9tica-no-ambiente-interno-do-RU-UFMS-2004.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2016.

BRASIL. **Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001**. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Brasília, DF, 2001a.

Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.html>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

BRASIL. **Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)**. Portaria 163, de 08 de junho de 2009. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2009a.

Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001462.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

BRASIL. **Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia. Brasília, 2001b.

Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm>. Acesso em: 14 mar. 2016.

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais**: Conforme Norma NBR 5410/2004. 21. ed. São Paulo: Érica, 2011. 422 p.

CHICHIERCHIO, L. C.; FROTA, A. B. Proposta para Abordagem e Organização do Estudo sobre Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Térmico em Edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1., 1991, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 1991. p.

CONNECT PARTS. **Sensores e receptores**. Disponível em: <<http://www.connectparts.com.br/alarmes-e-seguranca/seguranca-residencial/sensores-e-receptores>>. Acesso em: 25 set. 2016.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 15. ed. [Reimpr.]. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 428 p.

DA CUNHA, Eduardo; FRITSCH, Rodrigo. **Verificação da formação de mofo e bolor em superfícies interiores de paredes exteriores situadas na zona bioclimática 3 de acordo com a NBR 15220 e NBR 15575**. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 2009, Natal, RN.

Disponível em: <http://www.infohab.org.br/acervos/resumo/page/80/codigo_biblio/88182/cod/1>. Acesso em: 14 mar. 2016.

FANGER, P.O.; *et.al.* - **Air Turbulence and Sansation of Draught**. **Energia e Construção**, 12 (1988) 21-39. Disponível em: <<http://pgquimica.sites.ufms.br/wp-content/blogs.dir/117/files/2015/01/A-ventila%C3%A7%C3%A3o-natural-como-estrat%C3%A9gia-visando-proporcionar-conforto-t%C3%A9rmico-e-efici%C3%A4ncia-energ%C3%A9tica-no-ambiente-interno-do-RU-UFMS-2004.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2016.

FREITAS, Warlos, 2011. NBR 15.575 Norma deve mudar a construção civil brasileira.

Disponível em: <<http://usimak.blogspot.com.br/2011/10/nbr-15575-norma-deve-mudar-construcao.html>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

ISO 7730 - Ambientes térmicos moderados - Determinação dos índices de PMV e PPD e especificação das condições de conforto térmico. Padrão internacional - Referência número ISO 7730-1994(E). Disponível em: <<http://pgquimica.sites.ufms.br/wp-content/blogs.dir/117/files/2015/01/A-ventila%C3%A7%C3%A3o-natural-como-estrat%C3%A9gia-visando-proporcionar-conforto-t%C3%A9rmico-e-efici%C3%A4ncia-energ%C3%A9tica-no-ambiente-interno-do-RU-UFMS-2004.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2016.

LAMBERTS, Roberto; CARLO; *et. al.* **Manual para aplicação do RTQ-C, 2013**. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manualv02_1.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2016.

MARCAP ENGENHARIA - **Lâmpadas de LED unem economia à sustentabilidade, 2012**. Disponível em: <<http://marcap.com.br/blog/?p=398>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

LINSE – **Laboratório de Inspeção de Eficiência Energética em Edificações (2016)**. Disponível em: <<http://linse-ufpel.com.br/>> Acesso em: 25 mar. 2016.

MANUAL DE APLICAÇÃO DOS REGULAMENTOS: **RTQ-C e RAC-C (2016)**. Disponível em: <<http://pga.pgr.mpf.mp.br/documentos/guia-4>> . Acesso em: 21 de maio 2016.

MARCAP ENGENHARIA, 2012. **Lâmpadas de LED unem economia à sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.starledluminarias.com.br/2016/02/lampadas-de-led-unem-economia-a-sustentabilidade/>>. Acesso em: 21 maio 2016.

MASCARÓ, Lúcia R. **Energia na Edificação – estratégia para minimizar seu consumo**. 1985. 136 f.

MATTEDE, Henrique, 2016. **A NBR 5413 – Iluminância de Interiores**.

Disponível em:

<<http://www.mundodaeletrica.com.br/a-nbr-5413-iluminancia-de-interiores/>> . Acesso em: 14 mar. 2016.

MECATRÔNICA ATUAL. **Sistema de controle na usina de Itaipu**. Disponível em: <<http://www>>.

mecatronicaatual.com.br/educacao/955-sistema-de-controle-na-usina-de-itaipu>. Acesso em: 21 maio 2016.

MEDEIROS, Heloisa, 2011. **Evolução Verde - Revista Técnica**. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/182/artigo285933-1.aspx>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

NETO, Carlos Boabaid, 2009. Área técnica de refrigeração e condicionamento de ar - transferência de calor (TCL). Disponível em: <http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/e/ee/TCL_Vol_II_-_Isolamento_Termico.pdf>. Acesso em: abr. 2016.

NEW BUILDINGS INSTITUTE, INC – NBI. **Advanced Lighting guidelines - EDIFÍCIOS NOVOS INSTITUTE, INC - NBI . orientações Avançadas de Iluminação**, 2003. Disponível em: <http://www.newbuildings.org/downloads/ALG_2003.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2016.

ONUBR. **Nações Unidas no Brasil**. População Mundial. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/populacao-mundial/>>. Acesso em: 24 maio 2016.

PLANETA SUSTENTÁVEL, 2016. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/pops/comparacao-lampadas.shtml>>. Acesso em: 24 maio 2016.

PÉREZ-LOMBARD, L. *et al.* A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. **Energy and Buildings, - A revisão dos conceitos de benchmarking , classificação e rotulagem no âmbito da construção de sistemas de certificação energética**. *Energia e Edifícios*, Oxford, v. 41, p. 272-278, 2009.

POGERE, A. **Estudo de Átrios Como Elementos Condutores de Iluminação Natural**, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/grupopesquisa/grilu/Artigos/Integra%C3%A7%C3%A3o%20de%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20Natural%20e%20Artificial%20-%20M%C3%A9todos%20e%20Guia%20Pr%C3%A1tico%20Para%20Projeto%20Luminot%C3%A9cnico.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2016.

PROCEL, **Procel Info**. Edificações. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={82BBD82C-FB89-48CA-98A9-620D5F9DBD04}>> Acesso em: 20 mar. 2016.

PROCEL, **Procel Info**. Selo PROCEL. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={88A19AD9-04C6-43FC-BA2E-99B27EF54632}>> Acesso em: 19 mar. 2016.

PROCELINFO. **A tendência da eficiência energética**. PROCELINFO, 2010. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp>>. Acesso em: 03 maio 2016.

RAMOS, Greice; LAMBERTS, Roberto. **Relatório Técnico Do Método De Avaliação Do Sistema De Iluminação Do RTQ-C**. Disponível em: <<http://pga.pgr.mpf.mp.br/documentos/guia-4>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

RIBEIRO, André. **Sensor de Presença, Focélula e Temporizador**, 2013. Disponível em: <<http://dicasdeandreribeiro.blogspot.com.br/2013/11/sensor-de-presenca-focelula-e.html>>. Acesso em 28 ago. 2016.

ROBBINS, C. L. **Daylighting: Desing and Analysis** – Projeto e Análise. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1986. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/grupopesquisa/grilu/Artigos/Integra%C3%A7%C3%A3o%20de%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20Natural%20e%20Artificial%20-%20M%C3%A9todos%20e%20Guia%20Pr%C3%A1tico%20Para%20Projeto%20Luminot%C3%A9cnico.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2016.

ROCHA, Sérgio. Telhados Verdes. *In*: SOUZA, Josiane. (Coord.). **Sustentabilidade nas obras e nos projetos: questões práticas para profissionais e empresas**. São Paulo: Pini, 2012. P. 30.

Sustentabilidade nas obras e nos projetos: questões práticas para profissionais e empresas. São Paulo: Pini, 2012. 107 p.

TOLEDO, E. –**Ventilação natural das habitações**, Edufal, 1999. Disponível em: < [ytbvmkhttp://pgquimica.sites.ufms.br/wp-content/blogs.dir/117/files/2015/01/A-ventila%C3%A7%C3%A3o-natural-como-estrat%C3%A9gia-visando-proporcionar-conforto-t%C3%A9rmico-e-efici%C3%Aancia-energ%C3%A9tica-no-ambiente-interno-do-RU-UFMS-2004.pdf](http://pgquimica.sites.ufms.br/wp-content/blogs.dir/117/files/2015/01/A-ventila%C3%A7%C3%A3o-natural-como-estrat%C3%A9gia-visando-proporcionar-conforto-t%C3%A9rmico-e-efici%C3%Aancia-energ%C3%A9tica-no-ambiente-interno-do-RU-UFMS-2004.pdf)> . Acesso em: 02 de maio 2016.

QUEIROZ, Gilson. **Sustentabilidade e Eficiência Energética no Ambiente Construído** - Belo Horizonte, 2009. Disponível em <<http://www.creamg.org.br/publicacoes/Cartilha/Sustentabilidade%20e%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20no%20Ambiente%20Constru%C3%ADdo.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

UNICAMP. **Laboratório de Iluminação**. O LED. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>>. Acesso em: 22 maio 2016.

VIANNA, N. E GONÇALVES, J. **Iluminação e arquitetura**, São Paulo: Geros, 2001. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/grupopesquisa/grilu/Artigos/Integra%C3%A7%C3%A3o%20de%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20Natural%20e%20Artificial%20-%20M%C3%A9todos%20e%20Guia%20Pr%C3%A1tico%20Para%20Projeto%20Luminot%C3%A9cnico.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2016.

VIEIRA, Jeann. **Evolução da sustentabilidade na construção civil e dos sistemas de certificação** – Sustentarqui, 2014. Disponível em: <<http://sustentarqui.com.br/dicas/evolucao-da-sustentabilidade-na-construcao-civil-e-dos-sistemas-de-certificacao/>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO DE VIGA E PILAR METÁLICO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

Marcus da Silva Camargo

UNIP – Universidade Paulista, Pós-Graduação
Lato Sensu em Estruturas Metálicas: Projeto e
Detalhes Construtivos

FACI – Faculdade Ideal, Curso de Graduação em
Engenharia Civil
Belém – PA

Cleverson Cardoso

UNIP – Universidade Paulista, Pós-Graduação
Lato Sensu em Estruturas Metálicas: Projeto e
Detalhes Construtivos

Belém – PA

José Raimundo Serra Pacha

FACI – Faculdade Ideal, Curso de Graduação em
Engenharia Civil
Belém – PA.

RESUMO: Já se sabe que o calor gerado pelo fogo durante um incêndio diminui a resistência estrutural de edificações em aço ou em concreto armado. Para garantir a segurança na saída dos usuários e nas operações de combate a chamas, o Corpo de Bombeiros de alguns Estados brasileiros vem melhorando e exigindo a aplicação de Instruções Técnicas com o objetivo de garantir que estruturas, em situação de incêndio, apresentem resistência e segurança durante um determinado período de tempo. Essas Instruções Técnicas têm base fundamentalmente técnica em normas

brasileiras e estrangeiras com o propósito de verificar e melhorar a resistência das estruturas prediais. Nesse caso o Engenheiro Estrutural deverá verificar e dimensionar essas estruturas quando em situação de incêndio, conforme determinação dessas normas e Instruções Técnicas. Esse artigo tem o objetivo de apresentar duas planilhas de cálculo em linguagem VBA (Visual Basic for Applications) que facilitam e agilizam a verificação e o dimensionamento de vigas e pilares em aço, com ou sem revestimento de proteção, tomando como base as diretrizes das normas brasileiras NBR 14323, NBR 14432 e a NBR 8800.

PALAVRAS-CHAVE: Estrutura Metálica, Incêndio, Segurança, Resistência, Planilha.

ABSTRACT: It is knowledge that the heat generated by fire during a burning decreases the structural strength of buildings in steel or reinforced concrete. In order to guarantee the safety of users exit and fire-fighting operations, the some of Fire Brigade's Brazilian states has been improving and requiring the application of Technical Instructions in order to ensure that structures in a fire situation show resistance and safety during a certain period of time. These Technical Instructions have a fundamental technical basis in Brazilian and foreign standards with the purpose of verifying and improving the resistance of the building structures. In this case,

the Structural Engineer shall verify and size these structures when in a fire situation, as determined by these standards and Technical Instructions. The objective of this article is to present two VBA (Visual Basic for Applications) calculation spreadsheets that facilitate and expedite the verification and dimensioning of steel beams and columns, with or without protection coating, based on the guidelines of the standard's Brazilian companies NBR 14323, NBR 14432 and NBR 8800

KEYWORDS: Metallic Structures, Fire, Safety, Strength, Spreadsheets.

1 | INTRODUÇÃO

Para a construção civil brasileira, as estruturas metálicas vêm se tornando um importante sistema estrutural, mostrando vantagens bastante interessantes como maiores velocidades de construção, estruturas de menor peso, fundações mais econômicas e rápidas, diminuição do desperdício no canteiro de obras devido à facilidade de montagem e a possibilidade de vencer grandes vãos.

O incêndio, conforme Vargas (2005), é um sinistro que gera grandes riscos aos usuários de uma edificação devido a exposição severa à fumaça ou ao calor gerado e o eventual desabamento dos elementos construtivos.

Mesmo com as tecnologias modernas de detecção e extinção de fogo, instalados em prédios e residências térreas, o incêndio é um risco importante que deve ser levado em conta por projetistas, construtores e usuários.

Devido a sua alta rigidez e resistência mecânica, as estruturas de aço apresentam também seções transversais menores quando comparadas com as estruturas de concreto armado, facilitando a transferência de calor por toda a estrutura em situações de incêndio. Outro ponto importante também é que o aço apresenta elevada condutividade térmica o que diminui ainda mais o tempo de distribuição do calor pela estrutura, sendo bastante prejudicial à resistência em condições de incêndio podendo levar ao colapso.

Para o dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio os engenheiros projetistas estruturais podem se valer, além das normas estrangeiras como a *Eurocode 3*, das normas brasileiras NBR 14323 e NBR 14432.

A NBR 14323, publicada inicialmente em 1999, revisada em 2013, tem o objetivo de estabelecer os requisitos para o projeto de estruturas metálicas ou de estruturas mistas de aço e concreto de edificações em situações de incêndio cobertas pelas normas NBR 8800 e NBR 14762.

Já a NBR 14432, publicada inicialmente em 2000, encontra-se na última atualização desde 2001, onde prescreve “as condições a serem atendidas pelos elementos estruturais e de compartimentação que integram os edifícios para que, em situação de incêndio, seja evitado o colapso estrutural (...)”.

Essa segunda norma tem a importante função de determinar o tempo mínimo

necessário que a estrutura, em condição de incêndio, tem que resistir para que possa permitir a fuga dos ocupantes da edificação, a segurança nas operações de combate a incêndio e a minimização de danos a edificações adjacentes. Esse tempo é conhecido como TRRF (Tempo Requerido de Resistência ao Fogo).

Outro de ponto de grande importância é que nem todas as edificações (sendo de sistema estrutural de aço ou de concreto) precisam ser dimensionadas ou verificadas quanto a resistência em condição de incêndio. Conforme NBR 14432, isso dependerá da área, de sua altura, do uso para qual a edificação será utilizada e da carga de incêndio específica presente dentro no mesmo.

Conforme informado por Martins (2000), no Brasil o Corpo de Bombeiros da maioria dos estados possui regulamentos que suprem satisfatoriamente os requisitos relacionados à detecção e extinção de incêndio, contudo numa atitude pioneira e de grande impacto, desde 1995, o Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo tem feito cumprir um regulamento próprio pelo qual grande parte das estruturas metálicas construída nessa cidade precisa ser protegida por material isolante.

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE) em 2004 o Corpo de Bombeiros de São Paulo regulamentou, conforme decreto estadual nº 46.076/01 a correção da tabela A – Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) da Instrução Técnica nº 08 na revisão de 2004.

O Corpo de Bombeiro do Estado de Minas Gerais tem a Instrução Técnica nº06/2005 que também determina o TRRF para as estruturas montadas nesse Estado.

Sendo assim observa-se que há uma tendência por parte do Corpo de Bombeiros Militares dos Estados brasileiros de que as estruturas das edificações tenham resistência comprovada para o respectivo TRRF.

Com isso é fato que o engenheiro projetista estrutural deverá, durante a elaboração do projeto da edificação, garantir a segurança dos usuários, verificando a aplicabilidade das normas e garantindo que os componentes estruturais tenham a resistência mínima capaz de atender o TRRF estipulado para a edificação, quando aplicável.

Tem-se então o objetivo de desenvolver planilhas eletrônicas de cálculo geradas pelo Microsoft Excel, utilizando a linguagem *Visual Basic for Applications* (VBA), para facilitar o dimensionamento e verificação da resistência de pilares e vigas metálicas de acordo com as normas brasileiras vigentes, além de especificar o tipo de revestimento de proteção.

2 | CARACTERÍSTICA E ASPECTOS GERAIS DOS INCÊNDIOS

De acordo com Silva (2010) o fogo é um fenômeno físico-químico, caracterizado por uma reação de oxidação, com emissão de calor e luz. Os quatro componentes que devem coexistir para a ocorrência da combustão são:

- Combustível: qualquer substância capaz de produzir calor por meio de reação química da combustão;
- Comburente: substância que alimenta a reação química da combustão (o oxigênio é a mais comum);
- Calor: energia térmica que se transfere de um sistema para outro em virtude da diferença de temperatura entre os dois;
- Reação em cadeia: a sequência dos três eventos acima, que resulta na combustão propriamente dita.

2.1 Evolução do Incêndio

Silva (2010) também conceitua que a evolução de um incêndio se divide em três fases distintas: fase inicial de elevação de temperatura, fase de aquecimento brusco, fase de resfriamento e extinção. Essas fases são visualizadas na curva da temperatura em relação ao tempo conforme figura 2.1.

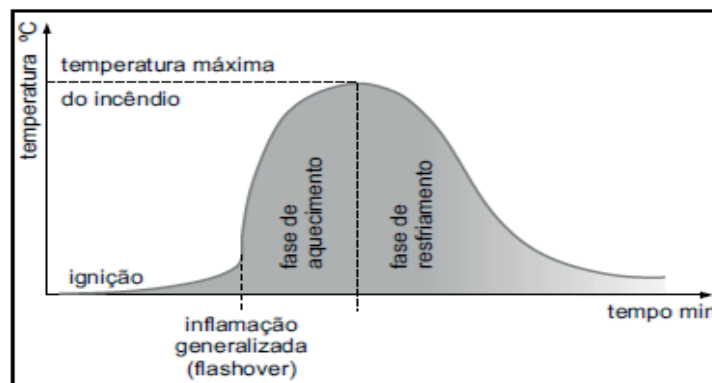


Figura 2.1 – Curva temperatura x tempo de um incêndio real

Fonte: Silva/2010

2.2 Curvas de Temperatura Versus Tempo de Um Incêndio Real

De acordo com Vargas (2005) a curva Temperatura versus tempo de um incêndio é bastante difícil de ser estabelecida, pois depende de:

- Tipo e quantidade e distribuição da carga de incêndio (material combustível presente no compartimento em chamas).
- Grau de ventilação do compartimento calculado a partir das dimensões das aberturas (janelas, portas) para o ambiente externo.
- Tipo de material e espessura dos elementos de vedação do compartimento.

Para confirmar, Martins (2000) apresenta, na figura 2.2 as curvas de temperatura versus tempo variando a quantidade de material combustível em quilos de equivalente em madeira. E na figura 2.3 mostra várias curvas de incêndio variando-se a ventilação.

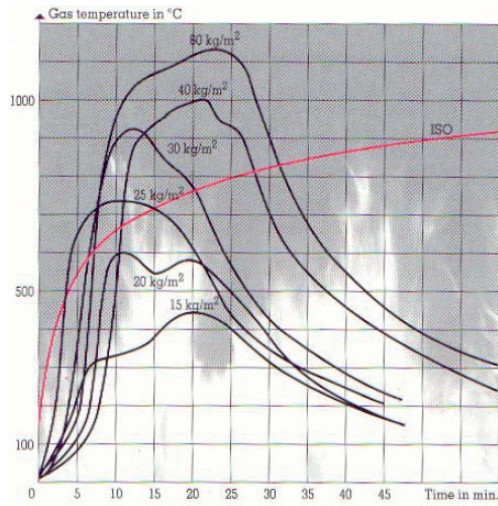


Figura 2.2 – Variação de Temperatura dos Gases para diferentes cargas de combustível.
 Fonte: Martins/2000

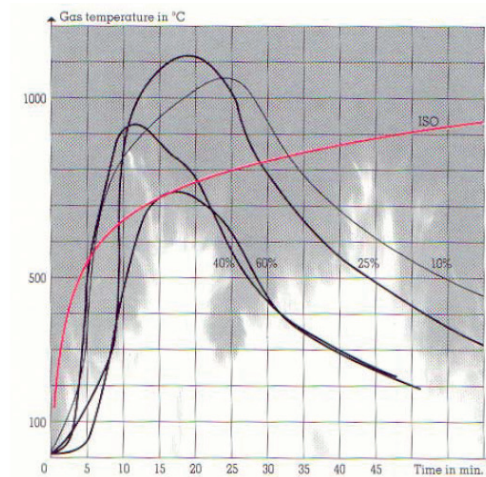


Figura 2.3 – Variação da temperatura dos gases para diferentes áreas de ventilação
 Fonte: Martins/2000

As figuras acima confirmam o que Vargas (2005) havia informado sobre a dificuldade em se determinar o gráfico da temperatura dos gases versus tempo para cada situação de incêndio. Cada edificação tem um tipo e quantidade de combustível presente, um grau de ventilação e o tipo de material e espessura dos elementos de vedação.

2.3 Curva Temperatura Versus Tempo Padrão

Para que fosse possível verificar a segurança de componentes estruturais de uma edificação devido à alta temperatura dos gases gerados durante um incêndio, convencionou-se utilizar a equação abaixo:

$$\text{Onde: } \theta_g = \theta_0 + 345 \log_{10}(8t + 1)$$

- t é o tempo em minutos;

- θ_g é a temperatura dos gases em graus Célsius no instante t e;
- θ_0 é a temperatura do ambiente antes do início do aquecimento em graus Célsius, normalmente tomada por 20°C.

Essa equação permite gerar um gráfico de temperatura versus tempo que serve como modelo. Elevação da temperatura padronizada é conhecida como *Incêndio Padrão* e padronizada pela NBR 14432 (2001).

A figura 2.4 mostra o gráfico de Incêndio Padrão gerado a partir da equação.

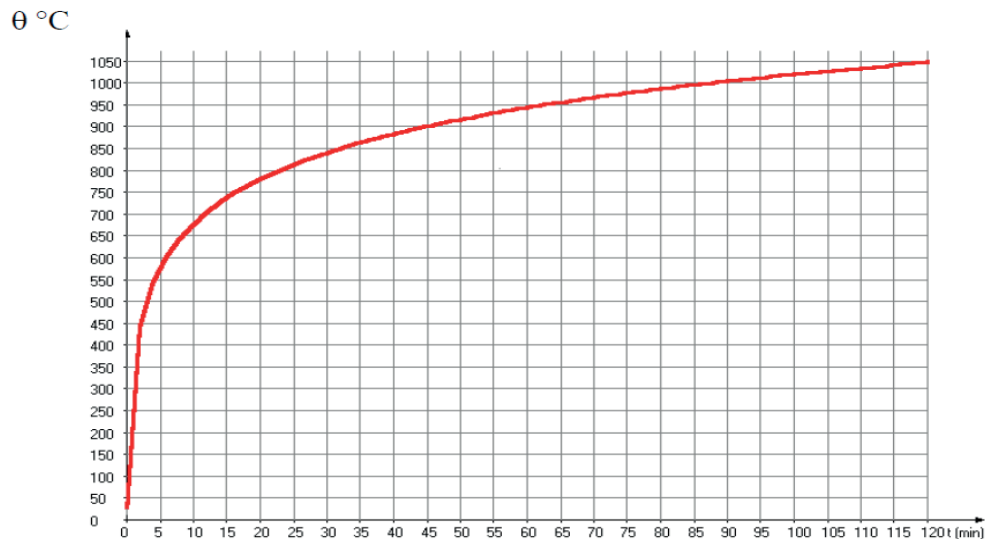


Figura 2.4 – Curva do Incêndio Padrão

Fonte: Martins/2000

As figuras 2.2 e 2.3 apresenta a curva do incêndio padrão em vermelho para efeito de comparação do que foi obtido em experimentos de laboratório.

Conforme ressaltado por Vargas (2005) quaisquer conclusões que tenham por base essa curva, devem ser analisadas com cuidado, pois não correspondem ao comportamento real do incêndio ou da temperatura das estruturas expostas ao fogo. É fato que a temperatura atuante no elemento estrutural é inferior à temperatura dos gases quentes.

3 | SEGURANÇA ESTRUTURAL

Conforme mencionado anteriormente, os componentes estruturais, em situação de incêndio, devem apresentar resistência suficiente para que a edificação não entre em colapso em um determinado tempo mínimo.

Conforme informado por Vargas (2005) a exigência de resistência ao fogo é estabelecida em forma de tempo, seja por meio do TRRF (tempo requerido de resistência ao fogo) ou do tempo equivalente. Os tempos são preestabelecidos entre 30 e 120 minutos, com intervalos de 30 minutos, em função da altura da edificação, da área do pavimento, da ocupação do edifício, das medidas de proteção ativa disponíveis, etc.

Com o aumento do risco a vida dos ocupantes de uma edificação, o TRRF também irá aumentar. Ou seja, a estrutura deverá suportar um tempo maior de incêndio, permitindo a saída dos ocupantes, a segurança das operações de combate a incêndio e a minimização dos danos nas edificações adjacentes.

O TRRF pode ser determinado através de duas formas: a tabular, ou tempo equivalente.

É certo também que nem todas as edificações em estruturas metálicas necessitam de comprovação quanto à resistência estrutural ao fogo. A NBR 14432 (2001) – Anexo A – relaciona uma série de casos em que, devido ao baixo risco a vida humana, isenta de verificação ou dimensionamento de revestimentos de proteção. Vargas (2005) elaborou uma tabela resumo para referência, mas lista de isenções completa encontra-se na referida norma.

Área	Uso	Carga de incêndio específica	Altura	Meios de proteção
≤ 750 m ²	Qualquer	Qualquer	Qualquer	
≤ 1500 m ²	Qualquer	≤ 1000MJ/m ²	≤ 2 pav.	
Qualquer	Centros esportivos Terminais de pass.	Qualquer	≤ 23 m	
Qualquer	Garagens abertas	Qualquer	≤ 30 m	
Qualquer	Depósitos	Baixa	≤ 30 m	
Qualquer	Qualquer	≤ 500MJ/m ²	Térrea	
Qualquer	Industrial	≤ 1200MJ/m ²	Térrea	
Qualquer	Depósitos	≤ 2000MJ/m ²	Térrea	
Qualquer	Qualquer	Qualquer	Térrea	Chuveiros automáticos
≤ 5000 m ²	Qualquer	Qualquer	Térrea	Fachadas de aproximação

Tabela 3.1 – Exemplo de edificações isenta de verificação de resistência ao fogo.

Fonte: Vargas (2005)

4 | PROPRIEDADES MECÂNICAS

Conforme apresentado por Correia (2007), as características físicas e químicas do aço apresentam degradação quando expostos a altas temperaturas. A figura 4.1 apresenta os fatores de redução, relativos aos valores a 20°C, para taxas de aquecimento entre 2°C/min e 50°C/min.

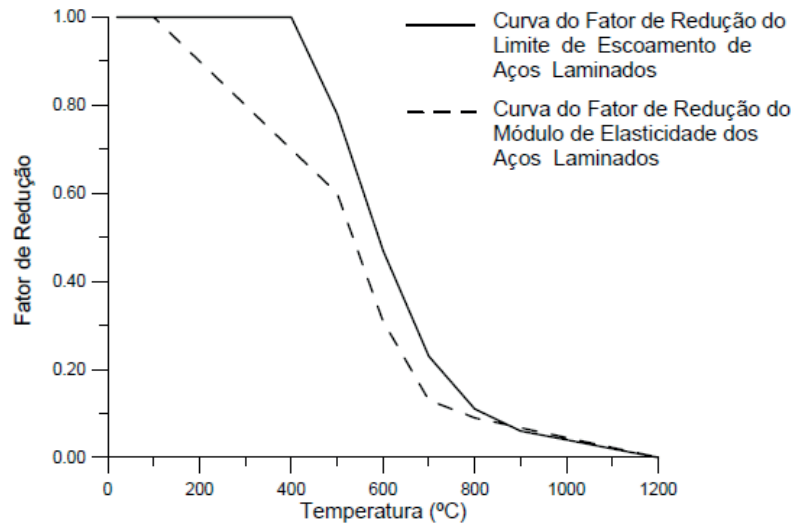


Figura 4.1 – Variação dos fatores de redução com o aumento da temperatura
 Fonte: Correia (2007)

Correia (2007) apresenta dois gráficos, gerados a partir dos dados obtidos nas normas NBR 14323 (aço) e NBR 15200 (concreto), que comparam as variações da resistência ao escoamento e do módulo de elasticidade do aço e do concreto quando submetidos a altas temperaturas. Abaixo as figuras 4.2 e 4.3 dos respectivos gráficos.

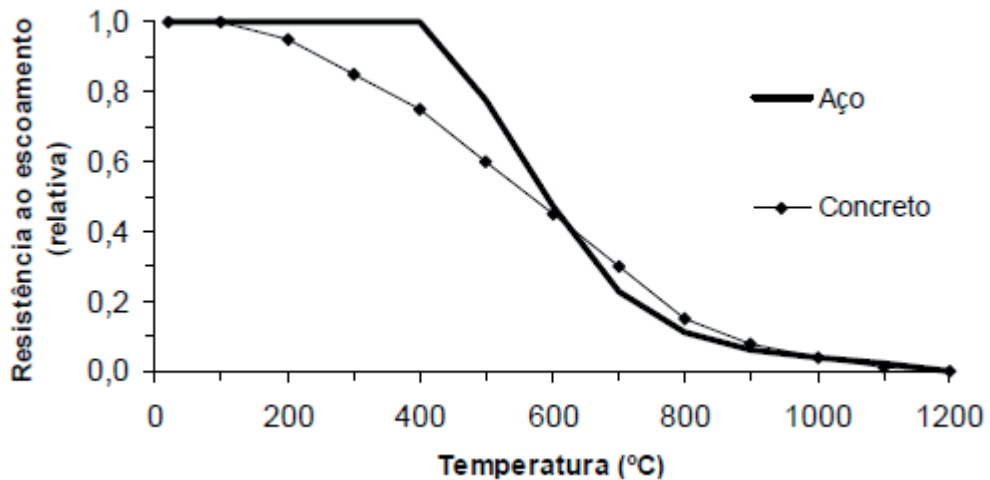


Figura 4.2 – Variação da resistência ao escoamento relativa com a temperatura
 Fonte: Correia (2007)

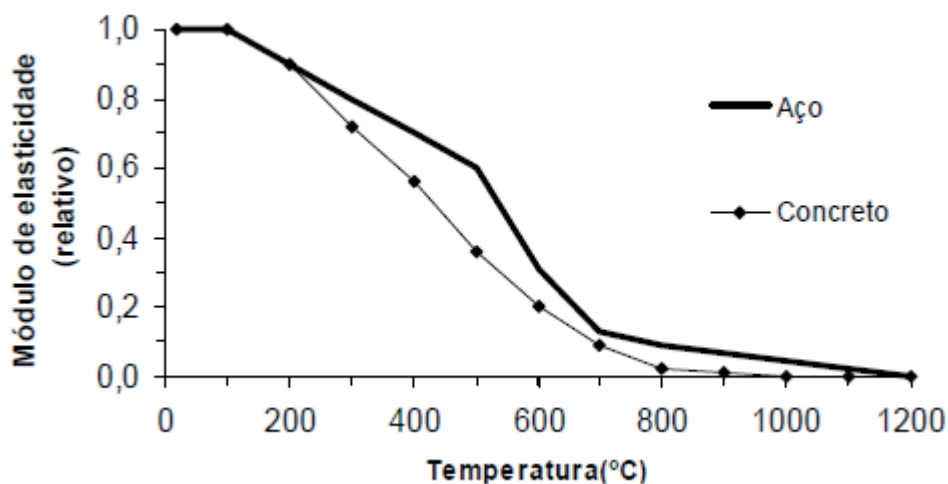


Figura 4.3 – Variação do módulo de elasticidade relativo com a temperatura

Fonte: Correia (2007)

Pode-se observar nos gráficos acima que o concreto deprecia as propriedades com o aumento da temperatura mais rapidamente do que o aço. Porém como informado por Correia (2007) na prática as estruturas de aço são dimensionadas com seções mais esbeltas do que quando dimensionadas em concreto, devido as propriedades mecânicas do primeiro material, sendo assim a comparação de perda de propriedade nas estruturas com o aumento de temperatura torna-se não adequado.

A NBR 14323 (2013) informa as variações das propriedades do alongamento, calor específico e condutividade térmica dos aços de perfis estruturais com a temperatura. Entretanto é alertado que aços estruturais com propriedades diferentes das definidas pela NBR 8800 ou NBR 14762, devem ser verificados as propriedades mecânicas para a posterior utilização.

5 | ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA NO AÇO DE COMPONENTES ESTRUTURAIS COM REVESTIMENTO CONTRAFOGO

Ao realizar a verificação da resistência de uma estrutura em situação de incêndio, mas a essa não conseguir resistir as cargas solicitantes, o projetista deverá tomar algumas medidas para que a estrutura venha apresentar a segurança necessária.

Para isso o projetista tem várias opções a ser tomada, uma dessas será aumentar o perfil do componente estrutural, empregando mais massa de aço, maior momento de inércia, por consequência menor fator de massividade. Contudo essa opção pode se tornar pouco econômica tendo em vista o tamanho da edificação e a quantidade de perfis que deverão ser trocados.

Outra opção será a implantação sistemas de proteção ativa como o sistema de

deteção de fumaça e fogo, os chuveiros automáticos, a brigada de incêndio dentre outros. Essa medida irá gerar menores valores de TRRF quando da utilização do Método do Tempo Equivalente. Contudo essa opção pode não ser eficiente e não conseguir diminuir o TRRF a ponto de ficar menor que o tempo crítico de temperatura do aço, além do fator custo ainda ser bastante pesado nesse quesito.

A norma NBR 14323 também alerta que para o caso de existência de umidade no revestimento contrafogo, o cálculo da elevação da temperatura do aço pode ser modificado para levar em conta um retardo no aumento da temperatura. Esse retardo deverá ser determinado através de ensaios realizados em laboratório.

Outro ponto de alta relevância citado por essa norma é que no caso de o revestimento de proteção ser utilizada pintura intumescente, o procedimento de determinação do aumento de temperatura mostrado acima, não poderá ser aplicado. Nesses casos o procedimento deverá ser realizado conforme as melhores práticas desenvolvidas pelos fabricantes dessas tintas dispostos em seus catálogos.

6 | DIMENSIONAMENTOS DE ESTRUTURAS METÁLICAS

De acordo com Correia (2007) a verificação de segurança da estrutura em situação de incêndio pode ser feita no domínio do tempo, no domínio da resistência ou no domínio da temperatura.

Contudo as planilhas executarão as verificações no domínio da resistência, comparando a resistência solicitante das cargas e sobrecargas com a resistência calculada do elemento estrutural.

Abaixo o fluxograma básico da verificação no domínio da resistência

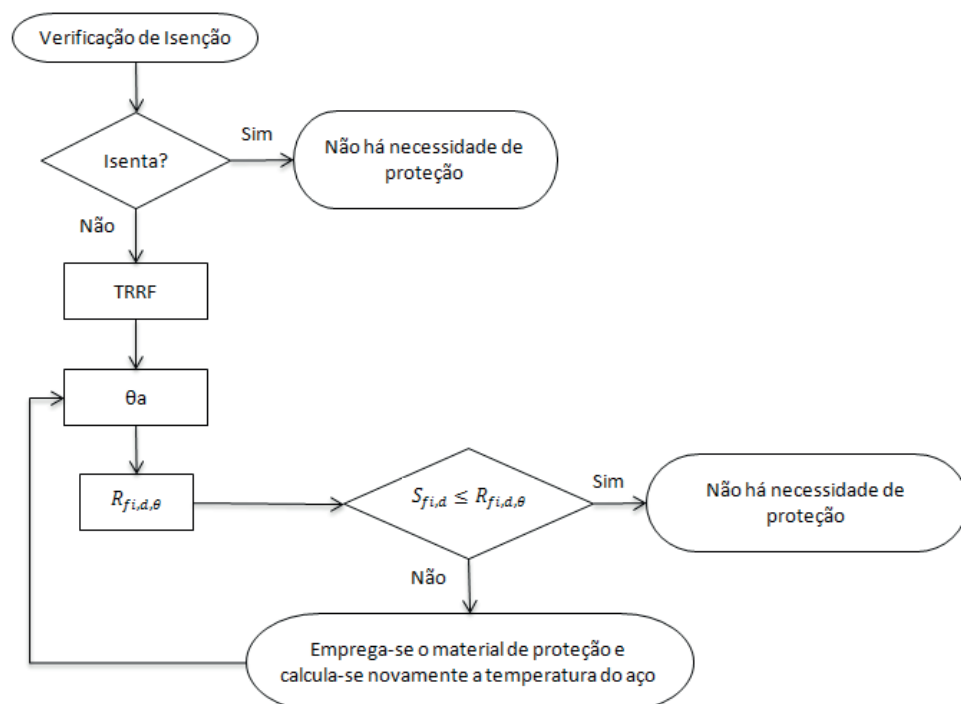


Figura 6.1 – Fluxograma de verificação de segurança no domínio da resistência

7 | PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO

É fato que a utilização pelos projetistas de softwares avançados e com alto custo de compra tem sido largamente utilizada pelos escritórios de dimensionamento e construção de estruturas metálicas, concreto ou estrutura mista. Vários produtos existem no mercado dos mais variados preços, possibilidades de cálculos, atendimento a normas (nacionais ou internacionais) ou possibilidade de detalhamentos (economizando tempo de geração dos desenhos executivos).

Porém, nos escritórios também é bastante utilizado planilhas eletrônicas de cálculos, gerados pelo software Excel da Microsoft, que possibilitam uma infinidade de cálculos, dimensionamentos e verificações estruturais. Muitas vezes até mais rápido que softwares mais avançados.

Nesse trabalho foram desenvolvidas duas planilhas de cálculo para a verificação e o dimensionamento de vigas e pilares com perfil I ou H metálicos em situação de incêndio. Essas planilhas permitem definir desde o tempo requerido de resistência ao fogo (pelo método tabular ou pelo método do tempo equivalente) passando pela definição das cargas solicitantes, definindo o dimensional da seção metálica utilizada, calculando a carga resistente e definindo, se necessário, a aplicação de revestimento de proteção.

Na utilização das planilhas o projetista poderá dimensionar vigas e pilares metálicos, com ou sem revestimento de proteção contrafogo ou poderá utiliza-las para confirmar de forma mais rápida um dimensionamento realizado ou a verificação da segurança em situação de incêndio de componentes isolados de estruturas metálicas existentes.

As planilhas foram baseadas nos requisitos de projeto de estruturas de aço em condição de incêndio das normas NBR 14323 e NBR 14432. Como não poderia ser diferente, também foram utilizados requisitos de dimensionamento da norma NBR 8800 (2008).

As planilhas não dimensionam elementos estruturais de perfis formados a frio conforme requisitos da norma NBR 14762 (2010). Somente para perfis laminados ou soldados conforme NBR 8800 (2008).

Os cálculos, em ambas as planilhas, são realizados utilizando o domínio das resistências somente, facilitando a visualização pelo projetista da carga solicitante e a carga resistente.

7.1 Cálculo de Vigas Em Situação de Incêndio

Ao iniciar a planilha de cálculo *VigaMetalFogo* observa-se que o processo de

cálculo inicia na aba TRRF. Nessa aba é possível determinar o TRRF pelo Método Tabular ou pelo Método do Tempo Equivalente conforme requisitos das NBR 14432 e 14432.

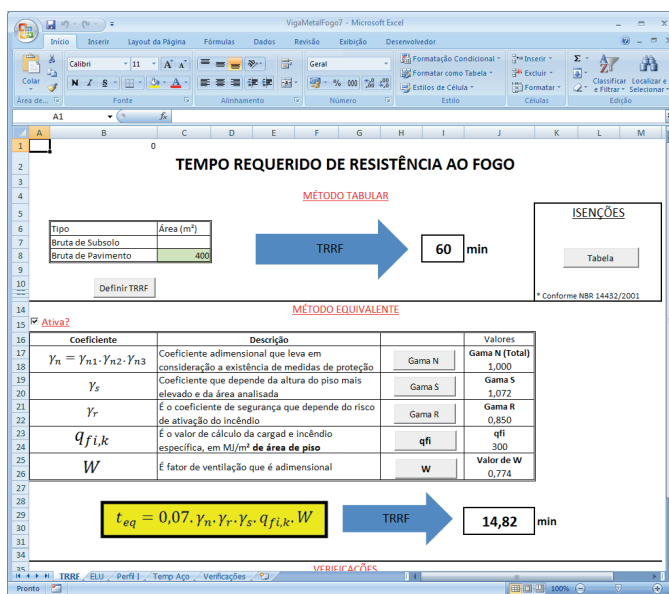


Figura 7.1 – Planilha de cálculo do TRRF

Fonte: Autor

A determinação do TRRF pelo Método Tabular é sempre obrigatória e para isso será necessário inserir os valores de área bruta do pavimento. A área bruta do subsolo é inserida caso a edificação apresente, caso contrário a célula poderá ficar em branco. Depois de inserido esses valores, o projetista deverá definir o TRRF através do botão *Definir TRRF* através da altura e da ocupação da edificação, conforme preconiza a NBR 14432 (2001).

Está disponível uma tabela informativa com as isenções de edificações conforme definido pela NBR 14432 através do botão *Tabela* dentro de Isenções.

Uma vez calculado o TRRF pelos Métodos Tabular e Tempo Equivalente a programação VBA fará uma verificação conforme limitações definidas no Anexo F da NBR 14323 (2013). A planilha verificará quanto ao t_{eq} ser maior que 15 minutos e não ser inferior ao Método Tabular reduzido de 30 minutos. O TRRF que será utilizado nos cálculos posteriores será o maior entre os valores do tempo pelo Método Tabular, Método do Tempo Equivalente e tempo tabular subtraído de 30 minutos.

Na sequência será realizada a determinação da carga solicitante em Estado Limite Ultimo (ELU). O projetista deverá definir a equação da combinação que melhor se aplica a estrutura em questão. Está disponível um botão chamado *Informações* com as descrições de cada incógnita das expressões.

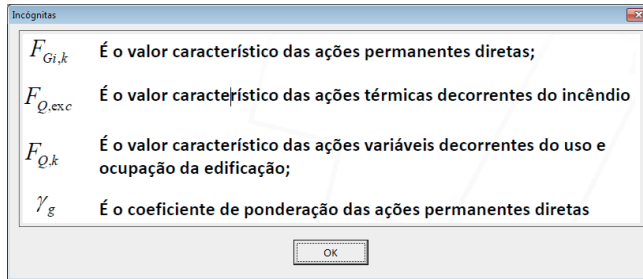


Figura 7.2 – Descrições das incógnitas das expressões de combinações

Fonte: Autor

O projetista também precisará definir o valor do γ_g , através do botão *Coefficiente* γ_g , conforme definições de norma NBR 14323 (2013).

Ações permanentes diretas	γ_g
Peso próprio de estruturas metálicas	1,10
Peso próprio de estruturas pré-moldadas, estruturas moldadas no local e de elementos construtivos industrializados e empuxos permanentes	1,15
Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	1,20
Peso próprio de elementos construtivos em geral e equipamentos	1,30

Figura 7.3 – Tabela de determinação do γ_g

Fonte: Autor

A planilha calcula considerando barras biapoada com carga distribuída somente. Nesse trabalho não foram previstos a aplicação de cargas concentradas, simulando o apoio de uma viga intermediária, por exemplo.

Serão calculados também os valores de Momento Fletor Solicitante e Força Cortante Solicitante em situação de incêndio.

ESTADO LIMITE ÚLTIMOS (ELU)

Combinações

- Locais onde há a predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas;

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + F_{Q,exc} + 0,21 F_{Q,k}$$

- Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas;

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + F_{Q,exc} + 0,28 F_{Q,k}$$

- Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas e garagens

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + F_{Q,exc} + 0,42 F_{Q,k}$$

Informações Coeficiente γ_g

C

CARGAS SOLICITANTES

Cargas Solicitantes Características

Cargas (kN/m)	
Permanentes (G)	8,5
Ações Térmicas (FQ,exc)	0
Variáveis (Q)	6

Comprimento da Viga: 12 (m)

Momento e Cortante Solicitantes em Condições de Incêndio

$M_{Sd,fi} = \frac{F_{d,fi} \cdot L^2}{8} \rightarrow 229,14$ (kNm) $V_{Sd,fi} = \frac{F_{d,fi} \cdot L}{2} \rightarrow 76,38$ (kN)

Diagram showing input values (8.5, 0, 6, 12) and output values (12.73 kN/m, 229.14 kNm, 76.38 kN) with a 'CALCULA' button.

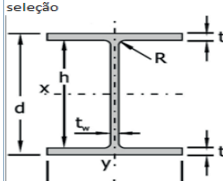
Figura 7.4 – Aba *ELU* para cálculo das cargas solicitantes de cálculo

Na sequência será definido o tipo de perfil metálico que a viga está utilizando. A aba *Perfil I* permitirá, nesse caso, que seja escolhido perfil simétrico ou assimétrico, assim como a tensão de escoamento para o aço. Contudo não será possível escolher mais de um tipo de aço para a mesma viga, ela será considerada como homogênea conforme preconiza o Método Simplificado de Dimensionamento para Estruturas de Aço da NBR 14323 (2013).

Uma vez definido o perfil da viga, todas as características geométricas do perfil serão calculadas automaticamente pela planilha.

ESCOLHA DO PERFIL I

- O Perfil I poderá ser escolhido conforme dimensionais padronizados ou montar um perfil customizado preenchido no valor na caixa de seleção



Descrição	(mm)
Mesa Superior (bfs)	250
Mesa Inferior (bfi)	250
Espessura da Mesa Sup. (tfs)	12,5
Espessura da Mesa Inf. (tfi)	12,5
Altura (d)	550
Altura da Alma (h)	525
Espessura da Alma (tw)	6,35

Características Geométricas

Pos. CG (inferior):	275,0	mm	Inércia y (Iy):	3256,3	cm ⁴
Massa:	75,23	kg	Módulo Resistente (Wy):	260,5	cm ³
Área:	95,84	cm ²	Raio de Giração y (ry):	5,83	cm ³
Inércia x (Ix):	52806,9	cm ⁴	Módulo Plástico y (Zy):	395,9	cm
Módulo Resistente x (Wxs):	1920,3	cm ³	Raio de Giração Torção (rt):	6,65	cm ³
Módulo Resistente x (Wxi):	1920,3	cm ³	Inércia Torção (It):	37,14	cm ⁴
Raio de Giração x (rx):	23,47	cm	Coef. Empenamento (Cw):	2351125	cm ⁶
Módulo Plástico (Zx):	2117,2	cm ³			

Material

Tensão de Escoamento (fy) (MPa) Modulo de Elasticidade (E) (MPa)

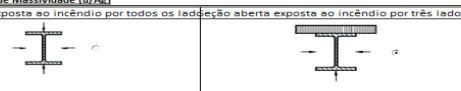
Figura 7.5 – Aba de definição do dimensional do perfil I

Fonte: Autor

Uma vez definido o perfil e a tensão de escoamento do aço, o projetista poderá definir a forma que a viga está, ou será instalada na edificação. Com isso será possível alterar o fator de massividade.

DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DO AÇO

Cálculo do Fator de Massividade (u/Ag)
 Seção aberta exposta ao incêndio por todos os lados / Seção aberta exposta ao incêndio por três lados



(u/Ag) (m⁻¹)

Cálculo da Temperatura Crítica do Aço para o TRRF sem Proteção
 TRRF Definido min

- Valor Interpolado da Temperatura dos Gases (θg)
 $\theta_g = 345 \log_{10}(8r+1) + 20$ °C

- Fluxo de Calor Total (φ)
 $\phi = \phi_r + \phi_c$ W

- Fluxo de calor devido a Convecção
 $\phi_c = \alpha_c (\theta_g - \theta_a)$ W

- Fluxo de calor devido a Radiação
 $\phi_r = 5,67 \times 10^{-8} \epsilon_{se} [(\theta_g + 273)^4 - (\theta_a + 273)^4]$ W

Determinação dos Fatores de Redução do Aço

- Valor Interpolado da Temperatura do Aço (θa)
 °C

- Fator de redução da resistência ao escoamento do aço devido a temperatura (ky,θ)

- Fator de redução para a resistência ao escoamento de seções sujeitas à flambagem local (kσ,θ)

Cálculo da Temperatura Crítica do Aço para o TRRF com Proteção
 φ Ativa?

- Fator de Massividade com Proteção

Figura 7.6 – Determinação da temperatura do aço com e sem revestimento

Fonte: Autor

Com a definição do TRRF, nos processos descritos anteriormente, a aba *Temp Aço* fará a interpolação, utilizando os valores de uma tabela interna e determinará automaticamente o valor da temperatura dos gases (θ_g), o valor do fluxo de calor por radiação (ϕ_r), o valor do fluxo de calor por convecção (ϕ_c), o valor interpolado da temperatura do aço (θ_a) e o valor do fluxo total de calor (ϕ).

Em outra tabela, com o valor da temperatura do aço da viga definido, a programação da planilha também interpola, em outra tabela disposta internamente, os valores dos fatores de redução da resistência ao escoamento do aço ($k_{y,\theta}$) e o fator de redução para a resistência ao escoamento de seções sujeitas à flambagem local ($k_{s,\theta}$). Valores esses que serão utilizados na aba de *Verificações* que será apresentada a seguir.

Os cálculos para a determinação da temperatura do aço da viga pertinentes aos revestimentos da viga estão disponibilizados nessa aba da planilha. Caso o projetista queira definir a proteção contrafogo na viga, basta selecionar o item *Ativa?* conforme figura 7.7 abaixo.

Cálculo da Temperatura Crítica do Aço para o TRRF com Proteção

Ativa?

Definição

- Fator de Massividade com Proteção

(u/Ag) 191,710 (m⁻¹)

Figura 7.7 – Cálculo da temperatura crítica com proteção

Fonte: Autor

Ao ativar o cálculo da temperatura crítica para o TRRF com proteção, a planilha altera as tabelas internas de interpolação e habilita o botão *Definição* para que o projetista possa determinar o tipo e a espessura de proteção.

Conforme informado anteriormente, os cálculos para a definição da temperatura do aço com pintura intumescente não são os mesmos para as proteções convencionais como argamassa projetada ou gesso acartonado. Por esse motivo essa planilha não calcula a temperatura do aço com esse tipo de revestimento.

A figura 7.8 mostra a tela da forma de cálculo do fator de massividade com proteção, a definição da espessura e do tipo de revestimento aplicado na viga.

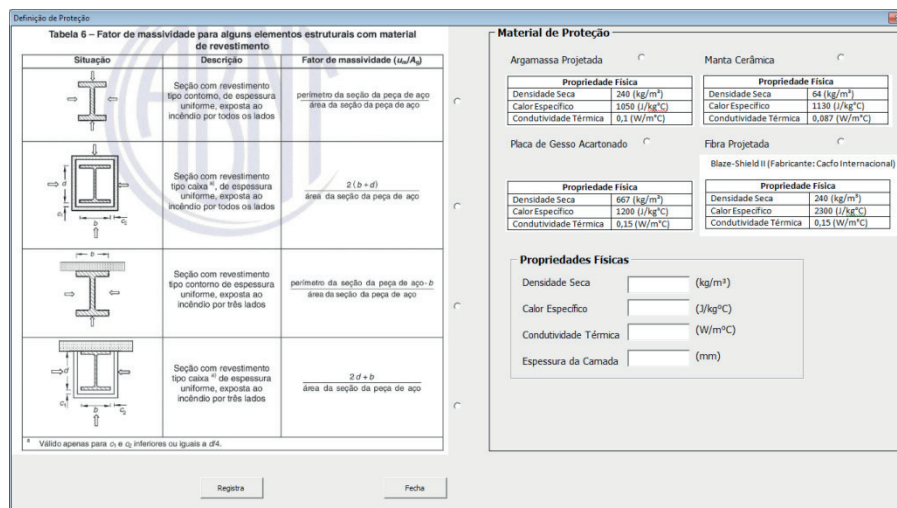


Figura 7.8 – Definição do revestimento de proteção

Fonte: Autor

No lado esquerdo será, conforme tabela da NBR 14323 (2013) a forma de aplicação do revestimento de proteção da viga. Com isso será possível calcular o fator de massividade com a proteção.

No lado direito estão disponíveis quatro tipos de materiais diferentes para revestimento. Os valores das propriedades desses revestimentos foram obtidos de Guimarães (2007) e Vargas (2000) e disponibilizados nessa tela. O valor da espessura deverá ser determinado pelo projetista e inserido no campo específico.

Caso o projetista queira utilizar outro tipo de revestimento não disponibilizado nos materiais de proteção dessa tela, o mesmo poderá inserir os valores das propriedades físicas, respeitando as unidades informadas nessa tela em cada campo de inserção. Inserção de valores com unidades diferentes ao disposto acarretará erros de cálculo.

Na aba de *Verificações* o projetista poderá definir mais algumas características da viga e coletar os resultados das resistências em flambagem local da mesa, flambagem local da alma e a flambagem lateral com torção e visualizar a comparação com a carga solicitante na viga.

Caso a viga não atenda as cargas solicitantes de cálculo, o projetista poderá aplicar revestimento na viga e verificar antes de trocar por um perfil com maiores características geométricas.

É muito importante que o projetista saiba que esta planilha não se aplica para cálculo de perfis esbeltos em situação de incêndio. Esses perfis, conforme NBR 14323 (2013) são dimensionados conforme o Anexo H da NBR 8800 (2008).

Todos os cálculos de carga resistente são realizados para perfis não esbeltos em situação de incêndio, dimensionados conforme o Anexo G da NBR 8800 (2008).

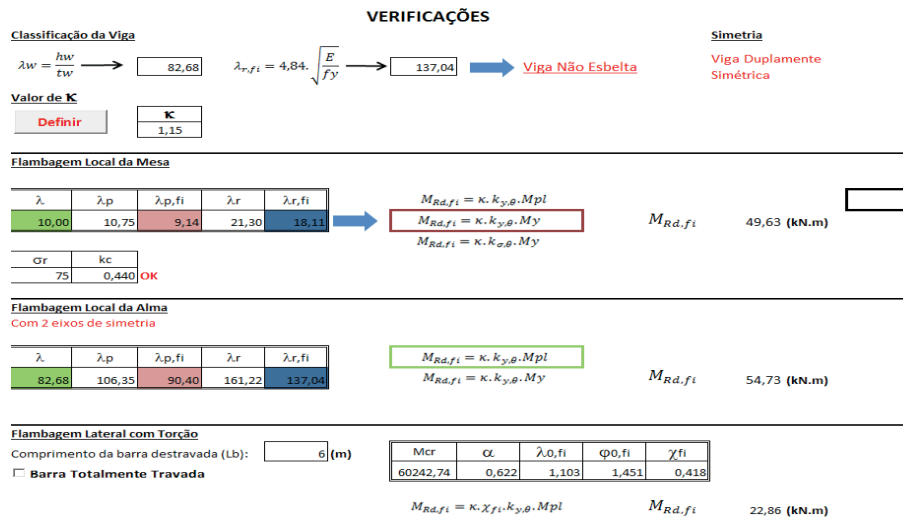


Figura 7.9 – Verificações e determinação das cargas resistentes

Fonte: Autor

Idêntico aos resultados das cargas resistentes de flambagem lateral com torção, da alma e da mesa, a força cortante resistente também é calculada e comparada com a força cortante solicitante de cálculo.

Nos cálculos de determinação da carga resistente quanto a flambagem lateral com torção, o projetista poderá definir se a barra estará totalmente travada durante a atuação de cargas no incêndio, ou se haverá comprimentos destravados.

No dimensionamento da viga quanto a força cortante resistente da viga, o projetista poderá definir, ou não, a utilizações de enrijecedores transversais e qual o distanciamento entre os mesmos.

7.2 Cálculo de Pilares Em Situação de Incêndio

A planilha de cálculo de pilares metálicos em situação de incêndio é a *PilarMetalicoFogo*.

Basicamente a planilha de cálculo de pilar metálico, com relação aos cálculos de TRRF, de temperatura do aço em situação de incêndio, definição do revestimento de proteção são os mesmos que os realizados pela planilha de cálculo de viga metálica em situação de incêndio.

Porém o restante das abas tem suas características e devem ser melhores esplanadas para o completo entendimento sobre o funcionamento da mesma.

Na aba *Perfil I* o projetista poderá definir, além do perfil metálico utilizado no pilar, os coeficientes de flambagem nos eixos x, y e z, definidos os valores de K_x , K_y e K_z e também o comprimento total do pilar.

No botão *Conceitos*, são apresentados os conceitos e os valores de K utilizados nas normas NBR 14323 (2013) e NBR 8800 (2008).

ESCOLHA DO PERFIL I

- O Perfil I poderá ser escolhido conforme dimensionais padronizados ou montar um perfil customizado preenchendo no valor na caixa de seleção. **Obs: Somente serão calculados perfis simétricos.**

Descrição

Largura das Mesas (bf) (mm)

Espessuras das Mesas (tf) (mm)

Altura (d) (mm)

Altura da Alma (h) (mm)

Espessura da Alma (tw) (mm)

Coefficientes de Flambagem

Kx

Ky

Kz

Compr. do Pilar (m)

Características Geométricas

Pos. CG (inferior):	<input type="text" value="150,0"/> mm	Inércia y (Iy):	<input type="text" value="4276,2"/> cm ⁴
Massa:	<input type="text" value="62,39"/> kg	Módulo Resistente (Wy):	<input type="text" value="285,1"/> cm ³
Área:	<input type="text" value="79,48"/> cm ²	Raio de Giração y (ry):	<input type="text" value="7,33"/> cm
Inércia x (Ix):	<input type="text" value="13509,1"/> cm ⁴	Módulo Plástico (Zy):	<input type="text" value="432,0"/> cm ³
Módulo Resistente x (Wxs):	<input type="text" value="900,6"/> cm ³	Raio de Giração Torção (rt):	<input type="text" value="8,14"/> cm
Módulo Resistente x (Wxl):	<input type="text" value="900,6"/> cm ³	Inércia Torção (It):	<input type="text" value="22,11"/> cm ⁴
Raio de Giração x (rx):	<input type="text" value="13,04"/> cm	Coef. Empenamento (Cw):	<input type="text" value="901921"/> cm ⁶
Módulo Plástico (Zx):	<input type="text" value="985,8"/> cm ³		

Material

Tensão de Escoamento (fy) (MPa) Modulo de Elasticidade (E) (MPa)

Figura 7.13 – Escolha do perfil I e dos coeficientes de flambagem

Fonte: Autor

É válido salientar que nessa planilha somente poderão ser escolhidos perfis simétricos. Portanto não será possível alterar comprimento e espessuras das mesas inferior e superior.

Sendo assim, a planilha irá calcular o valor de Q_s , relativo a instabilidade local da mesa e o valor de Q_a , relativo a instabilidade local da alma do perfil e depois multiplicá-los para obter o valor de Q .

Os valores das cargas resistentes à compressão nos três eixos (N_{ex} , N_{ey} e N_{ez}), levando em consideração o comprimento total do pilar, assim como os coeficientes de flambagem, são calculados internamente pela programação VBA da planilha. Porém o projetista poderá obter esses valores ao acionar o botão *Valores Calculados de Ne* disponível nessa aba.

VERIFICAÇÕES

Instabilidade Local de Mesa (NBR 8800)

• Limite de Esbeltez da Mesa $\left(\frac{b}{t}\right)_{lim} = \frac{bf}{2 \cdot tf} = 15,79$

• Limite de Esbeltez em Condição de Incêndio $\left(\frac{b}{t}\right)_{f,lim} = 0,85 \cdot \left(0,64 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y/k_c}}\right) = 12,64$

• Cálculo de Parâmetro de Flambagem Local da Mesa (Q_s)

$0,64 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y/k_c}} = 14,87$ $1,17 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y/k_c}} = 27,19$

$0,64 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y/k_c}} < \frac{bf}{2 \cdot tf} < 1,17 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y/k_c}} \Rightarrow Q_s = 1,415 - 0,65 \cdot \frac{bf}{2 \cdot tf} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y/k_c}}$

$\frac{bf}{2 \cdot tf} > 1,17 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y/k_c}} \Rightarrow Q_s = \frac{0,90 \cdot E \cdot k_c}{f_y \cdot (bf/2 \cdot tf)^2}$

Qs

Verificação
Mesa Sujeita a Flambagem

Instabilidade Local da Alma (NBR 8800)

• Limite de Esbeltez da Alma $\left(\frac{h}{t}\right)_{lim} = \frac{hw}{tw} = 35,13$

• Limite de Esbeltez em Condição de Incêndio $\left(\frac{h}{t}\right)_{f,lim} = 0,85 \cdot \left(1,49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}\right) = 35,82$

• Determinação de σ

$\lambda_0 = \sqrt{\frac{1 \cdot Ag \cdot f_y}{Ne}} = 0,000$ $\left\{ \begin{array}{l} \chi = 0,658^{1+\lambda_0} \text{ para } \lambda_0 \leq 1,5 \\ \chi = \frac{0,877}{\lambda_0^2} \text{ para } \lambda_0 > 1,5 \end{array} \right. = 0,000$

$\sigma = \chi \cdot f_y = 0,00$

Valores Calculados de Ne

Verificação
Não Haverá Flambagem Local na Alma

Figura 7.14 – Verificações e cargas resistentes

Fonte: Autor

Ao final da aba é possível verificar a resistência a compressão do perfil escolhido

e esse atender a carga solicitante de cálculo em situação de incêndio.

É fato que essa verificação de carga resistente é calculada levando em consideração se o pilar está com proteção a fogo ou não. Logo, caso o perfil não atenda as cargas solicitantes o projetista poderá dimensionar a aplicação de revestimento antes da troca por um perfil com maiores características geométricas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008;

_____. **NBR 14323**: projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio. Rio de Janeiro, 2013;

_____. **NBR14432**: exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificação – procedimentos. Rio de Janeiro, 2001;

_____. **NBR14762**: dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro, 2010;

CARDOSO, Cleverson G. Estruturas de aço em situação de incêndio. INBEC; Belém. Abril de 2017. 344 slides. Apresentação em Power Point.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução técnica nº 08/2015**: Resistência ao fogo dos elementos de construção. São Paulo, 2015.

CORREIA, E. V. S. Comportamento, análise e procedimentos de automatização no dimensionamento ao fogo de estruturas de aço. 2007. 157f. Monografia de Conclusão de Mestrado – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

MARTINS, M. M. Dimensionamento de estruturas de aço em situação de incêndio. 2000. 232f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

VARGAS, M. R.; SILVA, V. P. Resistência ao fogo das estruturas de aço. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia/Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2005.

SILVA, V. P. et al. Prevenção contra incêndio no projeto de arquitetura. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia/Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2010.

ANÁLISE DO FLUXO DE INFORMAÇÕES NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREDIAL APOIADA EM BIM: ESTUDO DE CASO EM COBERTURAS

Bárbara Lepca Maia

UFPR – Engenharia de Construção Civil –
Curitiba/PR

Sérgio Scheer

UFPR – Engenharia de Construção Civil –
Curitiba/PR

RESUMO: As patologias na construção civil podem causar muitos transtornos aos seus ocupantes e em casos extremos, podem vir a causar a ruína da edificação. A problemática a ser resolvida com este estudo é como a manutenção em edificações pode ser facilitada através da gestão da informação apoiado pelo processo BIM (*Building Information Modeling*). O objetivo geral foi realizar a análise do fluxo de informações no processo de manutenção predial apoiada pelo conceito BIM, o qual propõe um formato definido para facilitar a exploração de todas as informações do ciclo de vida do projeto. Para atingir tal objetivo foi realizada a análise do fluxo, uso e formato das informações no processo de correção de não-conformidades (patologias) em sistemas de coberturas de fibrocimento especificamente. Essas análises são baseadas em referencial teórico e também em um estudo de caso, cuja unidade de análise é composta por catorze edifícios residenciais concluídos entre 2006 e 2015, todos executados pela mesma

construtora em Curitiba/PR. O produto final apresentado neste trabalho é um conjunto de quatro propostas de fluxos informacionais que visam a solução de dois terços das solicitações de manutenção estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: manutenção predial, gestão da informação, BIM, modelagem da informação da construção.

ABSTRACT: Pathologies in construction can cause a lot of inconvenience to the occupants and in extreme cases may come to cause the ruin of the building. The problem to be solved with this research is how the maintenance in buildings can be facilitated by information management supported by BIM (*Building Information Modeling*). The general objective is to analyze the flow of information on building maintenance process supported by the BIM concept, which proposes a set format for easy use of all the information of the project life cycle. To achieve this goal was accomplished the analysis of the flow, use and format of the information on non-compliances correction process (conditions) in fiber cement roofing systems specifically. These analysis are based on theory framework and also in a case study, whose analysis units are fourteen residential buildings completed between 2006 and 2015, all built by the same organization in Curitiba / PR. The final product presented in this work is

a set of four information flows proposals aimed at solving two-thirds of the studied maintenance requests.

KEYWORDS: building maintenance, information management, BIM, building information modeling.

1 | INTRODUÇÃO

O planejamento da vida útil de edificações, estudado desde a década de 70, é uma das estratégias utilizada em alguns países para o aumento do desempenho no setor da construção civil. O desenvolvimento de um método para o planejamento da vida útil, foi influenciado pelo trabalho dos comitês técnicos, pertencentes ao grupo Conseil International du Bâtiment - CIB W80 e International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials - RILEM, os quais estabeleceram a Norma ISO - International Organization for Standardization (ISO/TC59SC14) para efetivar métodos de previsão da vida útil de sistemas construtivos (LACASSE e SJÖSTRÖM, 2004). A ABNT conforme NBR 15.575/2013 que trata do Desempenho de Edificações Habitacionais, define como vida útil (VU) o “período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento aos níveis de desempenho previstos nesta norma, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção”.

As características construtivas do século XXI favorecem ao aparecimento de patologias nas edificações uma vez que são realizadas com o máximo de economia. Sendo assim, o mínimo erro gera patologias, que podem ser provenientes de material, mão de obra ou projeto. Partindo desse panorama, este artigo estuda o processo de manutenção predial, tendo como principal objetivo a análise do fluxo da informação ao longo deste processo apoiada pelo processo BIM. Como as edificações são compostas por um conjunto de sistemas construtivos, o presente trabalho tem seu escopo restrito à análise de sistemas de coberturas.

2 | METODOLOGIA

A presente pesquisa foi composta por seis etapas sendo elas: revisão bibliográfica, levantamento de dados, análise dos dados, estudo de caso, resultado do estudo de caso e por fim, apresentação de proposta.

Para realizar a etapa de levantamento de dados foi selecionado o sistema de cobertura de 14 edificações residenciais, situados em Curitiba, concluídas entre os anos de 2006 e 2015 e todos executados pela mesma construtora. Esta construtora atua na cidade de Curitiba desde o início dos anos 2000 com o diferencial de mercado no cumprimento do prazo de entrega. Os empreendimentos de estudo apresentam

em média de 200m² de área privativa, com acabamento de alto padrão (3 suítes, piso porcelanato, acabamentos em mármore e granito, piso laminado, esquadrias com vidro duplo e persiana integrada automatizada e etc) e situados em bairros considerados nobres da capital paranaense. Sendo todos eles com coberturas de características construtivas semelhantes: estrutura em madeira serrada, telhas de fibrocimento, coletores de águas pluviais em chapa galvanizada.

3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Ciclo PDCA

Werkema (1995) define o ciclo PDCA como “um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance de metas necessárias à sobrevivência de uma organização”. Considerando a definição de que um problema é um resultado indesejável de um processo, o PDCA pode ser visto como um método de tomada de decisões para a resolução de problemas organizacionais. Assim, o PDCA indica o caminho a ser seguido para que as metas estipuladas possam ser alcançadas. Neste ínterim é preciso empregar técnicas (ou ferramentas) para a obtenção, processamento e disposição das informações necessárias à condução das etapas do PDCA.

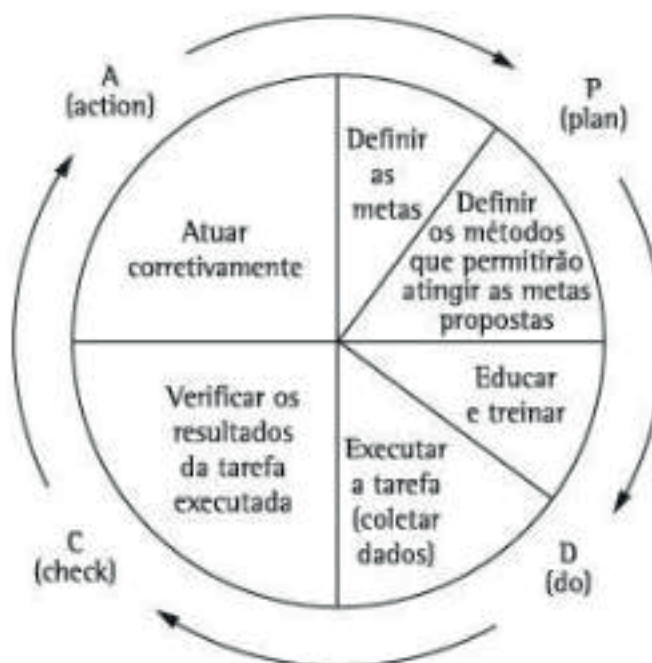


Figura 1 – Ciclo Pdca

Fonte:werkema (1995)

3.2 Melhoria Contínua

Caffyn (1999) conceitua melhoria contínua como um amplo processo concentrado na inovação incremental que envolve toda a organização. Por constituir-se num conceito simples, de fácil entendimento e de baixo nível de investimento, a melhoria

contínua tem se consagrado como uma das formas mais eficientes de aumentar a competitividade de uma empresa (BESSANT et al., 1994).

A idéia de melhoria contínua está relacionada à capacidade de resolução de problemas por meio de pequenos passos, alta freqüência e ciclos curtos de mudança. Esses ciclos de mudança são causados pela alternância de momentos de ruptura e de controle no desempenho (BESSANT et al., 2001).

A melhoria é sistemática porque utiliza uma abordagem científica, ou seja, o processo de resolução de problemas é estruturado em etapas como a identificação das causas, escolha, planejamento e padronização da solução. A melhoria é interativa porque o ciclo de resolução de problemas é realizado indefinidamente para buscar uma solução ou melhorar algo já atingido. O ciclo PDCA é um método que permite que esforços sistemáticos e interativos de melhoria sejam levados a cabo. Por sua vez, existem três tipos de melhoria: controle de processo, melhoria reativa e melhoria pró-ativa (SHIBA et al., 1997).

Shiba et al. (1997) também comparam rapidamente melhoria contínua e inovação, voltando-se para o operacional. Enfatizam bastante a gestão por processos, já citada por outros autores “... os gerentes devem ser capazes de ver o processo de melhoria como um processo, com o propósito de proporcionar direção e apoio aos subordinados engajados nas atividades de melhoria”. Isso significa enxergar a melhoria como um processo. É esse processo que diferenciará uma empresa da outra, o como fazer, o como chegar às competências essenciais para melhoria contínua e os comportamentos particulares de cada uma visando chegar a um resultado comum: a competência essencial para melhoria contínua (ATTADIA E MARTINS, 2003).

3.3 Gestão da Informação

Para Valentim (2010) a informação é insumo para qualquer fazer, seja no âmbito acadêmico, seja no âmbito empresarial. A geração de “novo” conhecimento somente é possível quando a informação é apropriada pelo indivíduo, por meio do estabelecimento de relações cognitivas.

Para que a informação resulte em um melhor desempenho para a organização é necessário que esta apresente algumas características e atributos como por exemplo formato, validade, conteúdo, usabilidade, clareza, imparcialidade, precisão e concisão (MARCHAND, 1990). Porém, essas características não podem ser estruturadas e definidas como certezas absolutas, pois variam conforme o perfil do usuário e as demandas do mercado no momento. Compreender que esses elementos constituem a base para diferentes ações, – tomada de decisão, planejamento, estratégias de ação e etc. – que resultarão no desenvolvimento de uma organização.

Como a informação deve seguir um fluxo, essa mediação ou trânsito da informação pode ser conceituada como toda ação de interferência – realizada pelo profissional da informação –, direta ou indireta, consciente ou inconsciente, singular ou plural,

individual ou coletiva, que propicia a apropriação de informação que satisfaça, plena ou parcialmente, uma necessidade informacional. (ALMEIDA JR., 2008)

Mais do que nunca, o século XXI será dominado por essa nova concepção de organização do trabalho, em que a produção, antes focada no processo, passa a se concentrar nas pessoas e no seu conhecimento, “o conhecimento tomou o lugar do capital como fator escasso de produção – a chave do sucesso corporativo. Aqueles que possuíam conhecimento e sabiam como aplicá-lo passaram a ser, a partir de então, os membros mais ricos da sociedade...” (GEUS, 1998).

Os Sistemas de Informação (SI) são definidos por Laudon & Laudon (1999) como “um conjunto de componentes inter-relacionados trabalhando juntos para coletar, recuperar, processar, armazenar e distribuir informação com a finalidade de facilitar o planejamento, o controle, a coordenação, a análise e o processo decisório de empresa e outras organizações”.

Consideram-se aqui algumas ferramentas tecnológicas, que tratam da informação no contexto dos fluxos formais da informação organizacional, sendo assim utilizadas para a gestão da informação, como: *Workflow*, *Business Intelligence (BI)*, *Enterprise Resource Planning (ERP)*, *Customer Relationship Management (CRM)*, *Data Warehouse*, *Data Mining*, *Text Mining*, Gerenciamento Eletrônico de Documentos (GED), *Database Marketing (DBM)*. As tecnologias de informação e conhecimento devem ser vistas como um recurso importante para coleta, tratamento e disseminação de dados e informação, assim como para a criação de conhecimento, por parte dos integrantes de uma determinada comunidade de especialidade. (VALENTIM, 2010).

No âmbito empresarial, informação e conhecimento podem ser considerados alicerces de suma importância para a gestão estratégica, pois permeiam todas as atividades empresariais, permitindo às pessoas uma bagagem informativa que propicia melhor compreensão das manifestações do ambiente externo, o qual está se modificando constantemente, caracterizando-se como complexo e dinâmico. É necessário saber interpretar o macroambiente para que as mudanças externas não afetem as organizações de forma negativa e, dessa forma, possibilitem adaptações de acordo com o contexto. (VALENTIM, 2010).

3.4 BIM

Para Succar (2009), BIM é um conjunto de regras, processos e tecnologias que integrados geram uma metodologia de gestão dos projetos do empreendimento e de suas informações, inseridos em um formato digital ao longo de todo o ciclo de vida do edifício. Para Manzione *et al.* (2011) é importante entender que o BIM vai além de uma ferramenta de elaboração de projetos ou de gestão de obra. Trata-se da integração de informações provenientes de pessoas, processos e tecnologia. O conceito BIM em sua íntegra exige mudança na organização do trabalho de um modelo tradicional para um formato colaborativo, que passa do individualizado, protegido e fragmentado

para o exposto, aberto e compartilhado.

A modelagem BIM é usada para recuperar as informações de determinado elemento de construção. Motawaet *al.* (2013) relatam que para um novo caso de manutenção, através da taxonomia dos trabalhos de anteriores serão recuperadas informações associadas na parte legal e administrativa do caso/elemento. O módulo também consulta e recupera a informação de contexto técnico em relação a este elemento específico e suas correlatas do BIM. Esta informação será utilizada mais tarde como caso de conhecimento, armazenadas na biblioteca de banco de dados para procurar uma solução para um novo caso que venha a surgir. Toda a informação recuperada será apresentada com a saída do módulo do banco de dados para fornecer um histórico de manutenção completo.

Manzione (2013) relata que há um esforço da comunidade técnica em busca da integração e desde 1994 um grupo de empresas se uniu para criar alguns padrões que possibilite a integração de informações de modelos diferentes. A atual buildingSMART foi responsável pelo desenvolvimento de alguns formatos padrões de linguagem computacional e protocolos para trocas e compartilhamento de informações: IFC, IDM e IDF.

O IFC (*Industry Foundation Classes*) define como trocar ou compartilhar as informações. O IFD (*International Framework for Dictionaries*) é um dicionário de dados que define qual informação será compartilhada. O IDM (*Information Delivery Manual*) é um manual que especifica quando e quais informações serão compartilhadas (MANZIONE, 2013).

IDM é uma metodologia destinada a mapear os processos que ocorrem na indústria da construção, os agentes envolvidos, os requisitos de informação destes e quais partes do modelo IFC dão suporte a tais requisitos.

Posto isso, o IDM procura proporcionar uma referência integrada entre processos e informação no contexto BIM. Ele identifica os processos que acontecem dentro da atividade construtiva, a informação indispensável para que aconteçam e os resultados que são gerados nessa atividade (BUILDINGSMART, 2015). O IDM deve especificar:

- a) Onde um processo se encaixa e por que ele é relevante;
- b) Quem são os atores criando, consumindo e se beneficiando das informações;
- c) Quais são as informações criadas e consumidas;
- d) Como tais informações devem ser suportadas por soluções de *software*.

Diferentemente do IFC, que faz referência a todas as informações do ciclo de vida do projeto, o IDM busca dar suporte a informações específicas relacionadas à uma fase particular do projeto.

O sistema integrado entre BIM e FM (*Facility Management*) é usado para planejar aprimoramentos na construção civil. As edificações estão em constante mudança: espaços são usados para funções diferentes, um equipamento é substituído, sistemas mecânicos são alterados, e assim por diante. Se o sistema BIM FM é mantido

atualizado na forma como essas mudanças ocorrem, ele serve como um registro preciso das condições atuais da edificação. A equipe de FM não precisará procurar por meio de desenhos e outros documentos ou ainda quebrar paredes ou tetos para determinar as condições reais. Manter a equipe de manutenção treinada para manter o sistema atualizado promove a disponibilização de dados que embasarão decisões de qualidade. O custo de projetos de renovação/reforma também será reduzido através da diminuição de incerteza que os empreiteiros têm de lidar com a interpretação de projetos. (TEICHOLZ, 2013)

Para Teicholz (2013) as vantagens do BIM para manutenção incluem: base de informações unificada, proporcionando um manual do proprietário de um edifício mais completo; apoio eficaz para análises, especialmente para iniciativas de energia e sustentabilidade; modelo ciente de localização de equipamentos, acessórios e mobiliário, repleto de dados; apoio à resposta de emergência e de gestão de segurança e planejamento de cenários.

3.5 Manutenção Predial

A ausência da manutenção adequada em edificações é responsável por anomalias das mais variadas, que por sua vez são causadoras de danos materiais e, às vezes, pessoais. Esses danos são significativos e atingem não apenas ao proprietário, mas também a sociedade em geral, já que é causa de deterioração urbana, o que, em longo prazo, favorece a criminalidade, afasta turistas e reduz a auto-estima do cidadão (IBAPE/SP, 2005).

Segundo Gomide *et al.* (2006), a manutenção predial pode ser definida em linhas gerais como “o conjunto de atividades e recursos que garanta o melhor desempenho da edificação para atender às necessidades dos usuários, com confiabilidade e disponibilidade, ao menor custo possível”. A manutenção predial não tem como finalidade principal a execução de reformas e/ou alterações de sistemas em resposta às anomalias de concepção, projeto ou execução dos empreendimentos. Outro conceito importante relacionado à manutenção é a *manutenabilidade*, definido por Gomide *et al.* (2006) como a facilidade de dar manutenção em um bem para que este possa executar as funções para as quais foi criado. Os fatores que influenciam a manutenabilidade de um edifício são, basicamente, de ordem física, ou seja, as características físicas do imóvel podem propiciar ou não a manutenção do mesmo, dependendo da facilidade ou não de se executar a manutenção. Esta facilidade passa por todas as fases do ciclo na construção civil.

Segundo Castro (2007) mais do que discutir a prática ou não da manutenção em edificações, é fundamental discutir sobre a dualidade Manutenção Preventiva *Versus* Manutenção Corretiva. É preciso que se entenda a manutenção preventiva como um investimento a ser feito em um bem. Esse investimento propiciará maior vida útil, maior durabilidade, e menores gastos com a manutenção corretiva do mesmo. Para Gomide *et al.* (2006) os custos com manutenção preventiva devem ser encarados

como investimento patrimonial da edificação, havendo, portanto, a necessidade de acompanhamento desses custos pelos gestores. Desse modo, os valores gastos com as atividades do plano e estratégia geral da manutenção adotada são facilmente justificados.

4 | RESULTADOS

4.1 Levantamento de dados

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) é de responsabilidade da construtora a garantia da funcionalidade dos sistemas da edificação por até 5 anos, variando conforme o componente. Sendo assim, a Construtora XY realiza apenas o atendimento às ocorrências de manutenção que são consideradas dentro das condições de garantia. Nesses casos não são solucionadas as ocorrências por mau uso ou falta de manutenção periódica. Foram coletadas as ocorrências de 14 edificações, sendo que cada uma apresenta características particulares (número de pavimentos, número de apartamentos, ambientes de lazer). Porém, apresentam sistemas construtivos semelhantes (estrutura em concreto armado com vedação em alvenaria de bloco cerâmico) e estas variações não foram consideradas nas análises desta pesquisa.

Para definição do escopo do levantamento de dados foram excluídos empreendimentos que envolviam telhas *shingle*, telhas metálicas e lajes impermeabilizadas. Sendo assim foram extraídos do ERP da Construtora XY os dados e detalhes das ocorrências de manutenção em coberturas de fibro-cimento. Essas informações são provenientes do ciclo de rotina de trabalho do SAC (Setor de Atendimento ao Cliente): 1. Receber por telefone ou portal on-line a solicitação do cliente com suas descrições e percepções da falha / defeito; 2. Abrir a solicitação no sistema de informação - *Enterprise Resource Planning* (ERP); 3. Encaminhar um colaborador técnico ao empreendimento para análise da falha e apontamento da correção necessária; 4. Realizar correção necessária com equipe própria; 5. Encerrar a solicitação no ERP indicando a correção realizada.

Com base nos dados preenchidos na ficha de solicitação de serviço é complementado o ERP. A partir da extração destes foi possível filtrar apenas as 42 solicitações relacionadas ao sistema de cobertura e assim compilar os dados. A primeira etapa de análise dos dados levantados foi realizada através da interpretação das informações descritas e da experiência da autora em manutenção, com a inclusão da coluna “causa”, com o objetivo de facilitar a classificação e formatação dos dados.

4.2 Análise de dados levantados

Foram levantadas também informações através de visita às instalações administrativas da construtora e de entrevista informal com os tomadores de decisão

do SAC (gerente regional e gerente de atendimento). A partir dessas informações foi possível elaborar um fluxograma com as etapas do processo de ciclo de vida de um empreendimento (Figura 2), contemplando desde a concepção do seu projeto, a execução do imóvel, a ocupação e suas manutenções. Através da análise deste fluxograma foi identificada uma ruptura entre as etapas de manutenção e planejamento, o que caracteriza uma quebra no ciclo PDCA entre as etapas *Act* e *Plan*.

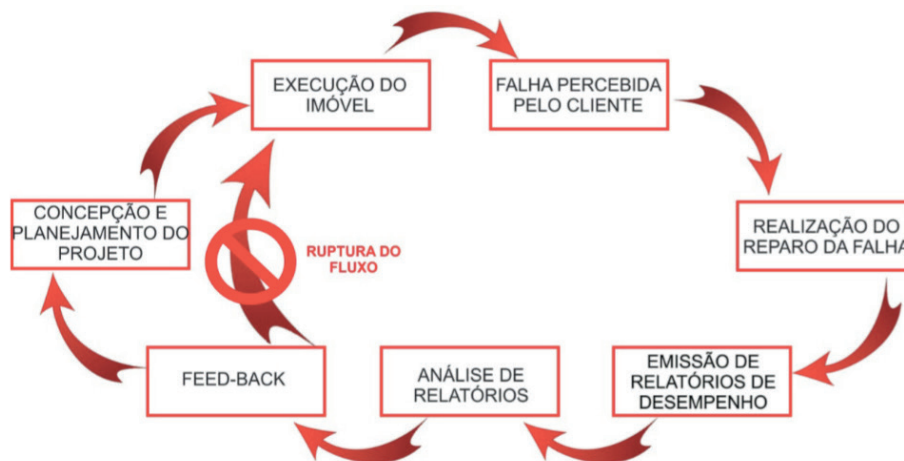


Figura 2: Fluxo de Informações no Ciclo De Vida do Empreendimento

FONTE: O autor (2015).

Essa ruptura fragiliza o uso da ferramenta de Melhoria Contínua, onde as falhas ocorridas formam um banco de dados e estas podem vir a embasar decisões em novos empreendimentos, como propostas de lições aprendidas e alternativas de medidas corretivas. Seguindo este raciocínio, foram realizadas análises mais aprofundadas de dois terços das ocorrências, visando formular uma proposta de fluxo de informações para eliminação dessa ruptura do processo de manutenção predial.

A análise do fluxo e formato das informações no processo de manutenção de coberturas foi realizada a partir das informações do banco de dados das solicitações de manutenção da construtora (ERP). A primeira análise realizada foi a classificação por tipologia de causa das solicitações, sendo elas: rufos, telhas, calhas e outro.

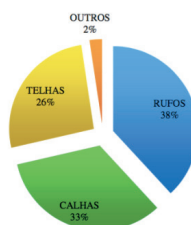


GRÁFICO 1 : INCIDÊNCIA X CAUSA

FONTE: O autor (2015).

As incidências de falhas ocorrem de forma equilibrada entre três causas, sendo necessária uma análise mais técnica/acadêmica das informações concedidas pela

construtora e assim organizar um diagrama de Ishikawa para esclarecer as causas com maior precisão (Figura 3). O Diagrama de Ishikawa, assim nomeado devido aos trabalhos do Professor Kaoro Ishikawa da Universidade de Tóquio, é ideal para descobrir as causas mais importantes de um problema, também é conhecido por diagrama espinha de peixe ou diagrama de causa-efeito. Segundo o Professor Hitoshi Kume (1993): “A saída ou resultado de um processo pode ser atribuído a uma grande quantidade de fatores, e uma relação causa-e-efeito pode ser encontrada entre esses fatores. Pode-se determinar a estrutura ou uma relação de causa-e-efeito múltipla observando o processo sistematicamente. É difícil resolver problemas complicados sem considerar esta cadeia de causas e efeitos, e o diagrama é um método simples e fácil de representá-la.” Nesta técnica, as possíveis causas podem ser agrupadas em temas principais, comumente utiliza-se o 6M: *Man* (mão de obra); *Method* (método de trabalho); *Machine* (máquinas e equipamentos); *Materials* (materiais); *Measurement* (medidas); Meio Ambiente

O diagrama elaborado destaca as quatro causas com maior incidência sendo elas: 1º Vedação em rufos; 2º Telhas quebradas; 3º Vedação em calhas; 4º Erro no dimensionamento de calhas.

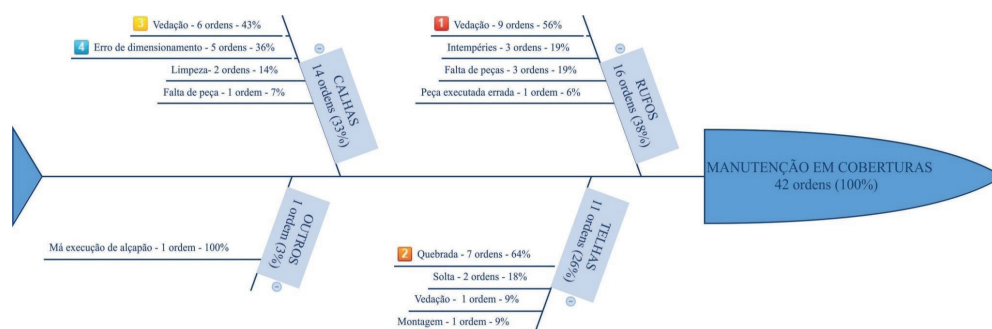


FIGURA 3 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA

FONTE: O Autor (2015).

4.3 Proposta de Fluxos Informacionais

Traçando um paralelo entre a teoria de gestão da informação e a prática apresentada neste trabalho, tem-se que as informações estão em constante trânsito entre transmissores e receptores, fazendo com que estas sofram mudanças tanto em formato quanto em conteúdo. As informações das solicitações devem ter seu uso explorado ao máximo. Portanto, foram criadas propostas de fluxogramas para atingir a solução para a causa principal de 65% das solicitações analisadas (Figuras 4, 5, 6 e 7).

O objetivo destes fluxos informacionais é traçar um roteiro para uso dos dados disponibilizados no ERP e que este uso venha a refletir na melhoria contínua dos produtos entregues, ou seja, os erros encontrados em empreendimentos já entregues não sejam cometidos novamente em novos projetos.

A formulação destes fluxos se deu através de quatro fontes: 1. Descrição técnica fornecida pelo levantamento de dados; 2. Experiência e know-how da autora; 3. Percepção da autora em visita às instalações da organização; 4. Recomendações técnicas e normas de execução de coberturas.

Essas propostas de fluxos visam atingir a causa específica da ocorrência de manutenção. Assim, foram organizados de tal forma que em cada ponta apresentasse uma solução. Os fluxos determinam também qual setor/área deve ser alertado ou receber aperfeiçoamento para evitar que a falha seja recorrente, fazendo assim um *feedback*, retro-alimentando o processo. Neste contexto, a meta principal foi a eliminação da ruptura identificada no processo que representa o ciclo de vida de um empreendimento na organização.

Como no exemplo da figura 4, para a eliminação das ocorrências provenientes de falha de vedação em rufos pode-se ter duas possibilidades: ou a vedação não foi nem sequer realizada ou, se realizada, não foi feita com qualidade. Seguindo o raciocínio de que haviam resquícios de material vedante no local da infiltração, esta foi mal executada. Sendo assim, a falta de qualidade pode ter sido por falha na mão de obra ou por falha do próprio material. A falha da mão de obra pode ter duas origens, ou a ferramenta utilizada era inadequada ou falta de qualificação do colaborador. Nesse caso é importante realizar a investigação com a equipe de produção para verificar qual ferramenta foi utilizada e quais os passos da instrução de trabalho foram executados.

A partir desta investigação é possível atuar na causa específica: em se constatando que a falha é oriunda de uso de ferramenta inadequada, a solução é a inclusão da especificação do utensílio correto na instrução de trabalho; em se constatando que a falha é oriunda de falta de qualificação do colaborador, a solução é a realização de treinamentos para as equipes que venham a realizar este mesmo serviço em outros empreendimentos. Esse raciocínio é semelhante na busca pela solução nos casos em que a vedação não foi sequer realizada e onde as possibilidades seriam: falta de instrução aos colaboradores, falta de fiscalização na execução ou, ainda, falta de projeto indicando este serviço.

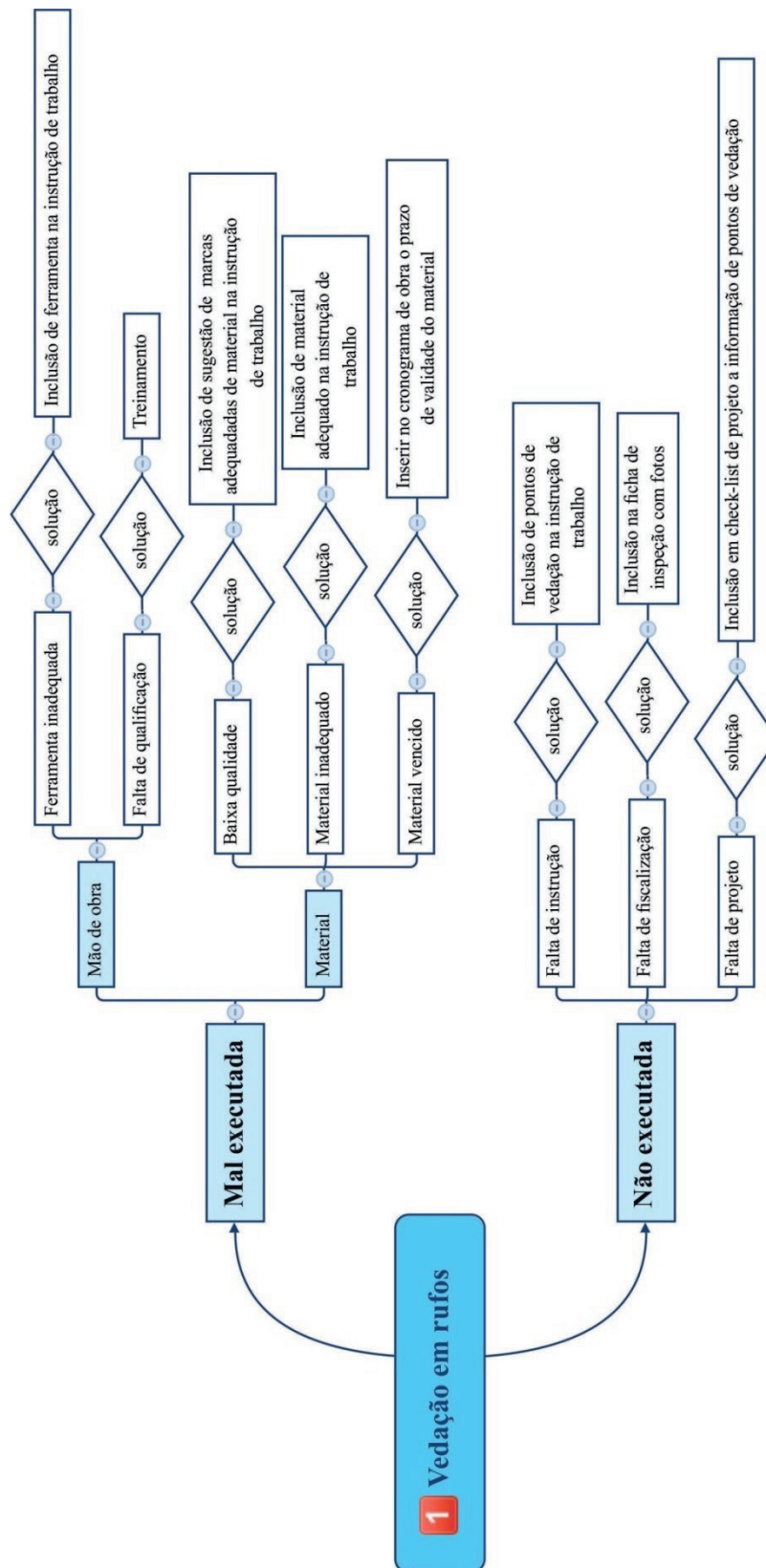


Figura 4 –Proposta De Fluxo Para Vedação Em Rufos

Foram elaboradas quatro propostas resultando em possíveis soluções para 65% das ocorrências de manutenção levantadas. Portanto, na sequência são apresentadas mais três propostas de fluxos informacionais, onde a linha de pensamento é semelhante para as ocorrências onde a causa da manutenção envolve: telhas quebradas, vedação em calhas e erro em dimensionamento de calhas. A proposta destes fluxos não configura

uma ferramenta fechada, isto é, como as causas específicas podem sofrer alterações ao longo do tempo, com a mudança de tecnologias e novos hábitos da sociedade, é necessário que a estratificação das informações seja refeita com periodicidade tal que venha a manter o ciclo PDCA sem ruptura e a busca por melhoria contínua.

Esses fluxos integram o IDM (Information Delivery Manual), onde as informações devem ser compartilhadas seguindo um formato determinado e também no momento correto do ciclo de vida da edificação. Trazendo essas informações em fases iniciais (planejamento e execução) e agregadas ao modelo BIM (conforme ilustrado na Figura 29), pretende-se obter uma melhor qualidade no produto final e por consequência a redução de solicitações de manutenção. A disponibilidade de documentos no conceito de um IDM também facilita a busca pela informação em caso de ocorrência de não-conformidade, uma vez que unifica informações que atualmente estão dispersas entre outros sistemas como ERP, emails, projetos, notas fiscais e demais documentos.

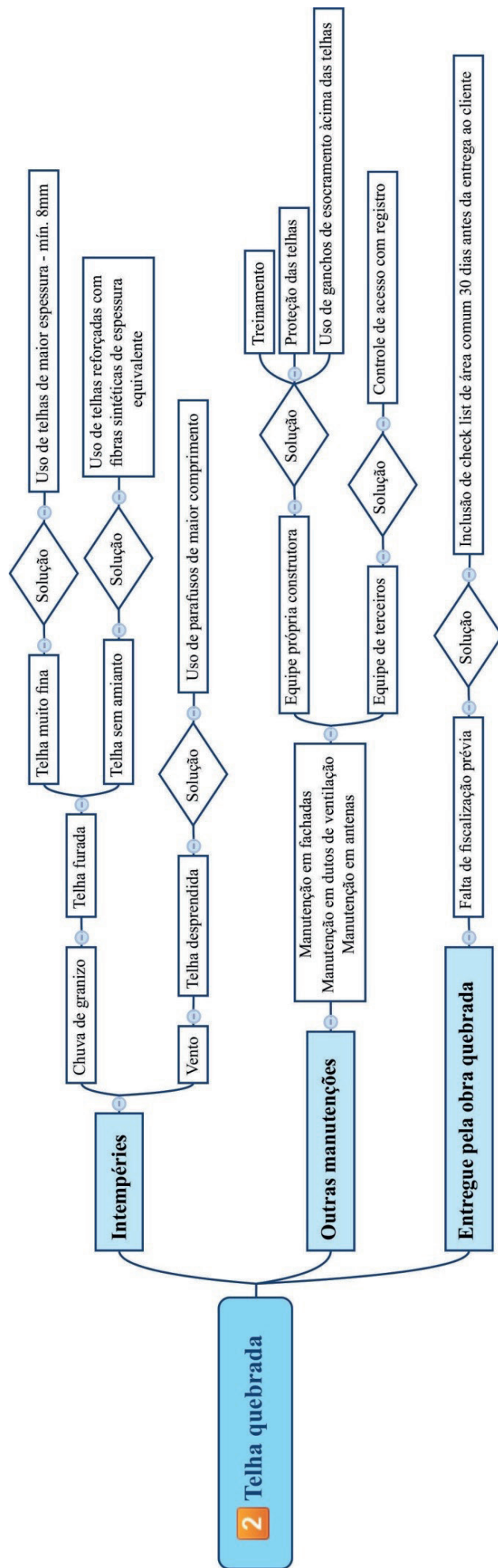


Figura 5 –Proposta De Fluxo Para Telha Quebrada

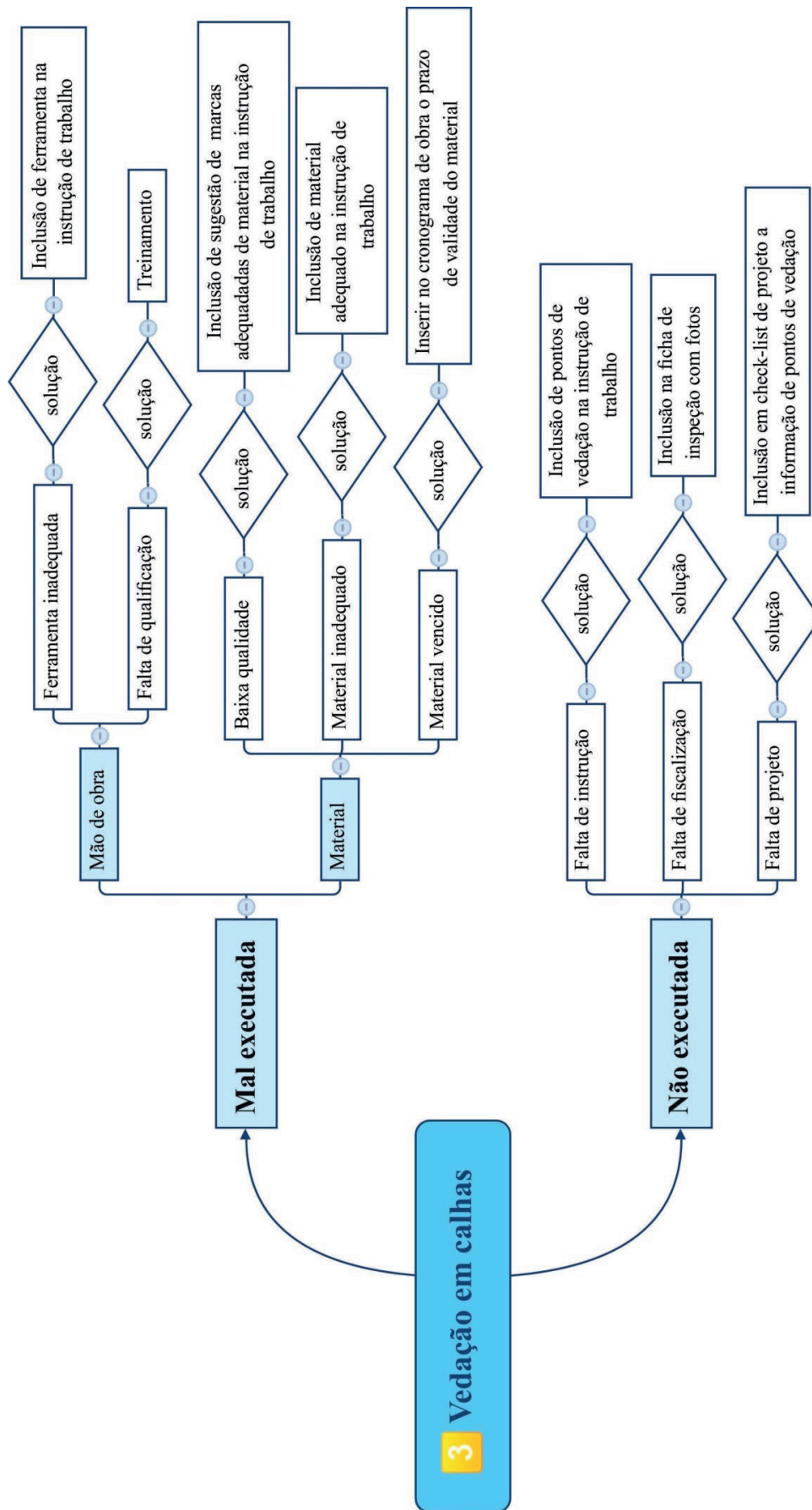


Figura 6 –Proposta De Fluxo Para Vedação Em Calhas

Fonte: O Autor (2015).

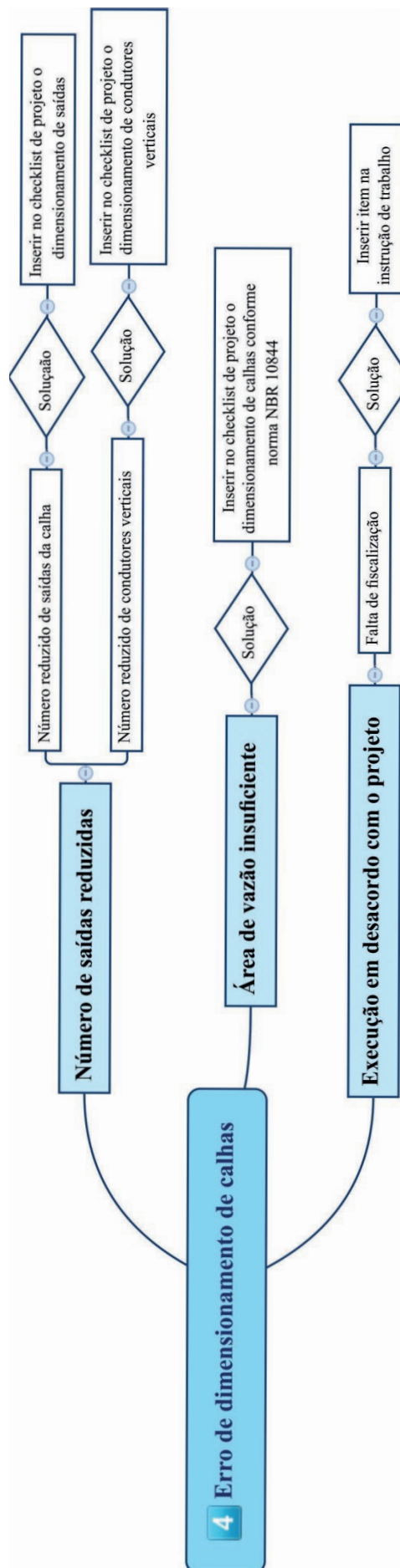


Figura 7 –Proposta De Fluxo Para Erro De Dimensionamento De Calhas.

Fonte:Autor (2015)

4.4 Resultado das análises

Após a análise do estudo de caso percebe-se que, com a posse das informações certas e no formato certo, pode-se desenvolver processos de melhoria contínua de qualidade do produto da construção civil, em muito com a valorização e uso do conhecimento tácito dos colaboradores. Não há valor agregado à informação, se esta não for usada para uma tomada de decisão ou a formulação de uma estratégia organizacional. Pode-se perceber também, através do estudo de caso, que com ações simples de análise das informações e correções pontuais é possível reduzir as causas de manutenção predial em 65%. O uso do processo colaborativo aplicado pelo processo BIM facilita o acesso e o cadastramento das informações ao longo do ciclo de vida da edificação, tanto na fase de execução quanto na fase de operação. Tendo o auxílio de software, o acesso e uso das informações é facilitado, resultando em produtividade e melhor qualidade nos processos executados.

A aplicação dos fluxos informacionais propostos teve como objetivo o reestabelecimento do ciclo PDCA dentro da organização estudada, onde a ruptura no fluxo de informações identificada provocava uma estagnação na qualidade do produto. Com a correção desta ruptura, o ciclo PDCA pode ser re-iniciado com periodicidade tal que favorece a melhoria contínua sem deixar que as solicitações de manutenção de mesma origem ocorram diversas vezes.

A proposta deste trabalho foi restrita a análise de sistemas de cobertura de fibrocimento, mas esta mesma linha de raciocínio pode ser aplicada à todos os demais sistemas construtivos que compõem uma edificação como por exemplo, ocorrências como tubulação hidráulica perfurada, curto circuito na rede elétrica, fissura na pintura, vidro quebrado e etc.

5 | CONCLUSÃO

De posse dos dados necessários, foi possível transformá-los em informações através da organização, interpretação e formatação destes, resultando assim, em um diagrama de causa e efeito (Ishikawa ou espinha de peixe) e no seu desdobramento em uma matriz de causas específicas. Após a classificação e quantificação das ocorrências de manutenção, foram elencadas as quatro causas com maior representatividade, somando cerca de dois terços (2/3) do total.

Seguindo o método de pesquisa proposto, foram elaborados quatro fluxos de informação visando à solução das causas específicas levantadas na matriz. Esses fluxos apresentam uma diversidade de ações, uma vez que a origem da causa é a carência de informações em setores variados, como setor de projetos, setor de compras, setor de qualidade de mão de obra ou outros. Assim estes fluxos visam o retorno da informação no departamento indicado para que a correção seja feita atuando na causa de não apenas no efeito das ocorrências.

Os resultados obtidos com esse trabalho mostraram que o uso de ferramentas de tecnologia de informação j

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JUNIOR, O. F. de. Mediação da informação: ampliando o conceito de disseminação. In: VALENTIM, M. (Org.) **Gestão da informação e do conhecimento**. São Paulo: Polis, Cultura Acadêmica, 2008. p.41-54.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.
- ATTADIA, Lesley Carina do Lago; MARTINS, Roberto Antonio. Medição de desempenho como base para evolução da melhoria contínua. **Revista Produção**, São Paulo, v. 13 n. 2, p. 33-41, 2003.
- BESSANT, J.; CAFFYN, S.; GALLAGHER, M. An evolutionary model of continuous improvement behavior. **Technovation**, v. 21, n. 2, p. 67-77, 2001.
- BESSANT, J. *et al.* Rediscovering continuous improvement. **Technovation**, v. 14, n. 1, p. 17-29, 1994.
- BUILDINGSMART. **BIM**. Disponível em: <<http://www.buildingsmart.org/>>. Acesso em 05 ago. 2015.
- CAFFYN, S. Development of a continuous improvement self assessment tool. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 19, n. 1, p. 1138-1153, 1999.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Tabela de garantias**. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/>>. Acesso em: 06 ago. 2015.
- CASTRO, U. R. **Importância da manutenção predial preventivas e as ferramentas para sua execução**. 2007. 44f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- GEUS, A. de. **A empresa viva**: como as organizações podem aprender a prosperar e se perpetuar. 6.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- GOMIDE, T. L. F.; PUJADAS, F. Z. A.; NETO, J. C. P. F. **Técnicas de inspeção e manutenção predial**: vistorias técnicas, check-up predial, normas comentadas, manutenção X valorização patrimonial, análise de risco. São Paulo: Pini, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. **IBAPE/SP**. 2005 – Disponível em :<www.ibape-sp.org.br>. Acesso em: 10 ago. 2015.
- INTERNATIONAL FACILITY MANAGEMENT ASSOCIATION. **About**. Disponível em: <www.ifma.org/>. Acesso em: 10 ago. 2015.
- KUME, H. **Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade**. 11 ed. São Paulo: Gente, 1993.
- LACASSE, M. A.; SJOSTROM C. **Recent advances in methods for service life prediction of buildings materials and components - an overview**. In: Proceedings. CIB WORLD BUILDING CONGRESS. Toronto:2004, p 1-10.
- LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistema de informação com internet**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 325f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) –

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MANZIONE, L. *et al.* Desafios para a implementação do processo de projeto colaborativo: análise do fatos humano. In: **Anais...TIC**,5. Salvador: Escola Politécnica USP, 2011.

MARCHAND, D. **Managing information quality**. In...Proceedings. Wormell, 1, INFORMATION QUALITY: DEFINITIONS AND DIMENSIONS, 1990, London. Proceedings. London: Taylor Graham, 1990. p.7-17.

MOTAWA, I.; ALMARSHAD, A. A knowledge-based BIM system for building maintenance. **Automation in Construction**, v. 29, p. 173–182, 2013.

SHIBA, S.; GRAHAM, A.; WALDEN, D. **TQM: quatro revoluções na gestão da qualidade**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

SUCCAR, B. Building Information Modeling Framework: a research and delivery foundation for industry stake holders. **Automation Construction**, v. 18, n.3, p. 357-375, 2009.

TEICHOLZ, P. *et al.* (Ed.). **BIM for Facility Managers**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.

VALENTIM, M. L. P. (Org.) **Gestão, mediação e uso da informação**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010.

WERKEMA, M.C.C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

INDICADORES DE PROJETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL NO PIAUÍ

Ailton Soares Freire

Instituto Federal do Piauí - IFPI

Terciana Nayala Feitosa de Carvalho

Instituto Federal do Piauí - IFPI

Carlos Renê Gomes Ferreira

Instituto Federal do Piauí - IFPI

Araci de Oliveira Parente Sousa

Instituto Federal do Maranhão - IFMA

Ronildo Brandão da Silva

Instituto Federal do Piauí - IFPI

RESUMO: Este trabalho identificou e quantificou indicadores de projeto para edifícios em alvenaria estrutural no estado do Piauí. Foram analisados oito projetos no sistema construtivo em alvenaria estrutural na tipologia arquitetônica de até 04 pavimentos. Estes projetos eram de edificações residenciais multifamiliar com quatro apartamentos por pavimento e sem pilotis, que serão erguidos na cidade de Teresina no estado do Piauí. Os índices calculados podem propiciar a identificação de fatores da edificação e critérios de projetos que contribuem para a elevação ou para a redução no consumo de materiais, assim, poderão constituir-se em parâmetros de referência e de aferição de projetos em desenvolvimento. Entende-se que, para o caso de edifícios em alvenaria estrutural no estado do Piauí, as informações conseguidas sobre os vários índices identificados e quantificados são

inexistentes.

PALAVRAS-CHAVE: Alvenaria estrutural, indicadores, Construção civil, Piauí.

ABSTRACT: This study identified and quantified project indicators for buildings in structural masonry in the state of Piauí. Eight projects were analyzed in the building system in structural masonry in architectural typology of up to 04 floors. These projects were multi-family residential buildings with four apartments per floor and no pillars, which will be erected in the city of Teresina in the state of Piauí. The calculated indices can provide the identification of factors and criteria of building projects that contribute to the increase or reduction in the consumption of materials, and may be in benchmarks and benchmarking projects in development. It is understood that, in the case of buildings in structural masonry in the state of Piauí, the information obtained about the various identified and quantified indices are non-existent.

KEYWORDS: Structural masonry, Indicators, construction, Piauí.

1 | INTRODUÇÃO

No passar dos últimos anos a atividade da construção civil, subsetor edificações,

tem avançado rapidamente, e os empreendimentos têm se tornado cada vez mais numerosos, basta observarmos a nossa volta em algumas das principais cidade de nosso país. Assim, para a implantação e colocação desses empreendimentos no mercado, torna-se essencial melhorar a eficácia e eficiência dos processos envolvidos na construção do edifício.

A preocupação da qualidade é essencial para a implantação e colocação no mercado desses empreendimentos e a alvenaria estrutural torna-se um sistema construtivo atrativo nesta busca pela relação custo x qualidade, visto que é um sistema construtivo racionalizado.

Apesar da utilização do sistema construtivo em alvenaria estrutural já ser bastante difundido pelo mundo e ter chegado ao Brasil há certo tempo, a primeira construção é a do Central Parque da Lapa, um conjunto de edifícios em alvenaria estrutural construído em 1972 na cidade de São Paulo.

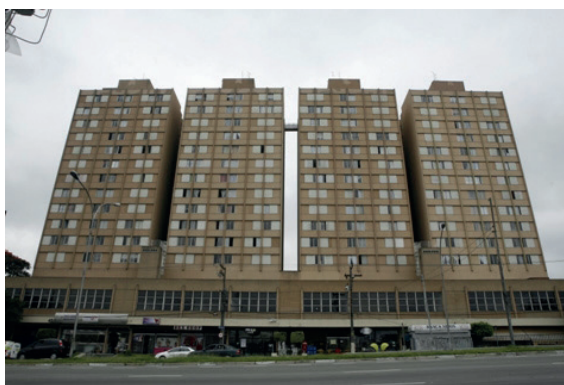


Figura 1: Conjunto habitacional Central Parque da Lapa.

Fonte: Comunidade da construção.

No Piauí o início ainda é bem recente, os primeiros edifícios data de 2003, com a construção de 144 unidades habitacionais (9 blocos com 16 apartamentos), utilizando bloco cerâmico produzidos pela Cerâmica Mafrense (MENDES e ANDRADE, 2006) utilizados em alguns edifícios financiados pela Caixa Econômica Federal, a partir do Programa de Arrendamento Residencial – PAR.



Figura 2: Edifício em alvenaria estrutural no Piauí

Portanto, a questão principal de pesquisa deste trabalho foi a identificação e quantificação de indicadores de projeto para edifícios em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos no estado do Piauí.

2 | USO DE INDICADORES

Com a necessidade de comparação e busca pela qualidade dos produtos entregues ao mercado, em qualquer ramo da atividade humana, o entender o sistema produtivo a partir de indicadores é essencial neste mercado competitivo.

Dentre as abordagens do gerenciamento produtivo mais conhecidos temos o trabalho de Kaplan e Norton (1997), conhecida por Balanced Scorecard (BSC), em que divide a avaliação, a partir de indicadores em 4 (quatro) perspectivas: Financeira, Processos Internos, Cliente e Aprendizagem e Crescimento.

Em seu trabalho, Kaplan e Norton (1997), conceituam sistema de indicadores como ferramentas para aferir o desempenho das organizações, nas perspectivas citadas, com os indicadores adequados, que transformam em informações para torná-las mais competitivas.

Para Takashina e Flores (1996) indicadores são como uma “forma de representação quantificáveis das características de produtos e processos”. Já a Fundação para o Premio Nacional da Qualidade (1995) indicador é “uma relação matemática que mede, numericamente, atributos de um processo ou de seus resultados, com o objetivo de comparar esta medida com metas numéricas preestabelecidas”.

De acordo com CTE (1994) estes indicadores podem ser de capacitação, quando informam sobre determinada estrutura de produção, ou de desempenho, quando informam sobre resultado atingido por determinado processo ou produto. Ao medir o desempenho de um produto ou serviço em relação à necessidade dos clientes são chamados de indicadores da qualidade e ao medir o desempenho de um processo são chamados de indicadores de produtividade.

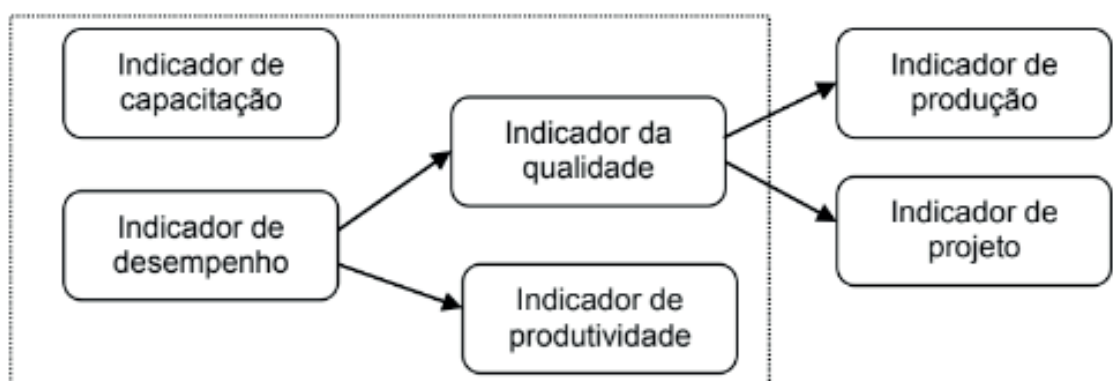


Figura 3: Classificação dos indicadores.

A partir da classificação do CTE (1994), Freire (2007) propõe a subdivisão do

indicador da qualidade em indicador da produção e indicador de projeto, este foco deste trabalho.

Com relação a academia, vários trabalhos são encontrados na literatura trazendo o uso de indicadores na construção civil, dentre eles temos: Oliveira (1999); Lantelme, Formoso e Tzoropoulos (2001); Novaes (2001); Costa (2003); Ohashi e Melhado (2004); Freire e Parsekian (2006); Freire (2007); Parsekian, Alcântara Junior, Lopes, Blanco, Freire, Dias, Campos (2011).

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Metodologia

Este trabalho foi realizado a partir de uma pesquisa exploratória através da técnica de análise documental, sobre projetos no sistema construtivo em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos para edifícios residenciais multifamiliar.

Foram analisados oito projetos estruturais na tipologia arquitetônica de até 04 pavimentos, a partir dos quais são quantificados dados relativos à caracterização de cada edificação e ao consumo de diferentes materiais.

A escolha dos projetistas ocorreu em decorrência dos seguintes critérios: Que este tenha algumas das certificações de qualidade (ISO, qualihab, SIQ-C do PBQP-H); relacionamento do projetista com o meio acadêmico ou reconhecimento profissional no setor de construção civil no estado de Piauí.

Foram utilizadas duas planilhas inicialmente, uma para a coleta dos dados a partir dos projetos analisados e outra que aplicará os dados da primeira planilha para a determinação dos índices de projeto.

Posteriormente foi realizada a análise e consolidação dos dados, momento em que a planilha de coleta dos dados foi tratada e transformada na planilha contendo os índices de projeto para cada um dos edifícios, ou seja, a relação entre dados de um mesmo edifício.

A partir desses índices calculados para cada edifício foi feita a média aritmética entre todos os oito índices de um mesmo item gerando um número, que foi denominado de indicador de projeto.

Uma tabela foi montada com estes resultados calculados e foi denominada de tabela dos indicadores de projetos, gerando resultados para elaboração dos dados constantes na análise final do trabalho.

3.2 Desenvolvimento da pesquisa

Foram determinados para cada empreendimento os índices de projeto, que é a relação entre dados de um mesmo empreendimento. A partir desses índices foi feita a média aritmética entre todos, que aqui chamamos de indicadores.

Estes indicadores estão descritos abaixo:

- **Índice de cargas** (KN/un) - Razão entre o somatório das reações nas estacas e o número de estacas.
- **Índice de cargas por área** (m^2/KN) - Razão entre a área do pavimento tipo e o somatório das reações nas estacas.
- **Índice de estaca** (m^2/un) - Razão entre a área do pavimento térreo e o número de estacas.
- **Índice de armadura em vigas baldrame** (kg/m^3) - Razão entre o consumo de aço em viga baldrame e o volume das vigas de fundação.
- **Índice de forma em viga baldrame** (m^2/m^2) - Razão entre a área de formas em vigas baldrame e a área do pavimento térreo.
- **Índice de concreto em viga baldrame** (m^3/m^2) - Razão entre o volume das vigas de fundação e a área do pavimento térreo.
- **Índice de forma no pavimento térreo** (m^2/m^2) - Razão entre a área de forma do pavimento térreo e a área do pavimento térreo.
- **Índice de forma no pavimento tipo** (m^2/m^2) - Razão entre a área de forma do pavimento tipo e a área do pavimento tipo.
- **Índice de aço em parede-térreo** (kg/m) - Razão entre o consumo de aço em paredes do pavimento térreo e o perímetro de parede estrutural do pavimento térreo.
- **Índice de aço em parede-tipo** (kg/m) - Razão entre o consumo de aço em paredes do pavimento tipo e o perímetro de paredes estruturais do pavimento tipo.
- **Índice de aço em parede-térreo por área** (kg/m^2) - Razão entre o consumo de aço em paredes do pavimento térreo e a área de parede do pavimento térreo.
- **Índice de aço em parede-tipo por área** (kg/m^2) - Razão entre o consumo de aço em paredes do pavimento tipo e a área do pavimento tipo.
- **Índice de aço em laje** (kg/m^2) - Razão entre o consumo de aço em laje do pavimento tipo e a área do pavimento tipo.
- **Índice de aço na escada** (kg/m^2) - Razão entre o consumo de aço na escada e a área da escada.
- **Índice de alvenaria estrutural** (m/m^2) - Razão entre o perímetro de paredes estruturais e a área do pavimento tipo.
- **Índice de alvenaria não-estrutural** (m/m^2) - Razão entre o perímetro de

paredes nãoestruturais e a área do pavimento tipo.

- **Índice de área de alvenaria estrutural** (m^2/m^2) - Razão entre a área de paredes estruturais (perímetro x pé-direito) e a área do pavimento tipo.
- **Índice de área de alvenaria não-estrutural** (m^2/m^2) - Razão entre o perímetro de paredes não-estruturais (perímetro x pé-direito) e a área do pavimento tipo.
- **Índice de escada** (m^2/m^2) - Razão entre a área da escada e a área do pavimento tipo.
- **Índice de graute em cinta de respaldo** (m^3/m) - Razão entre o volume de graute horizontal - respaldo e o perímetro de paredes estruturais.
- **Índice de graute em cinta a meia-altura** (m^3/m) - Razão entre o volume de graute horizontal-meia altura e o perímetro de paredes estruturais.
- **Índice de graute horizontal** (m^3/m) - Razão entre o volume de graute horizontal (respaldo + meia-altura) e o perímetro de paredes estruturais.
- **Índice de graute vertical** (m^3/m) - Razão entre o volume de graute vertical e o perímetro de paredes estruturais.
- **Índice de graute em cinta de respaldo por área** (m^3/m^2) - Razão entre o volume de graute horizontal-respaldo e a área do pavimento tipo.
- **Índice de graute em cinta a meia altura por área** (m^3/m^2) - Razão entre o volume de graute horizontal-respaldo e a área do pavimento tipo.
- **Índice de graute horizontal por área** (m^3/m^2) - Razão entre o volume de graute horizontal (respaldo+meia altura) e a área do pavimento tipo.
- **Índice de graute vertical por área** (m^3/m^2) - Razão entre o volume de graute vertical e a área do pavimento tipo.
- **Índice de blocos inteiros** (un/m^2) - Razão entre o número de blocos inteiros pela área do pavimento tipo.
- **Índice de meio-bloco** (un/m^2) - Razão entre o número de meio-bloco pela área do pavimento tipo.
- **Índice de bloco especial** (un/m^2) - Razão entre o número de blocos especial pela área do pavimento tipo.
- **Índice de bloco canaleta** (un/m^2) - Razão entre o número de blocos canaleta pela área do pavimento tipo.
- **Índice de meia-canaleta** (un/m^2) - Razão entre o número de meia-canaleta pela área do pavimento tipo.
- **Índice de meio-bloco por bloco inteiro** (%) - Razão entre o número de

meio-bloco por blocos inteiros multiplicado por 100.

- **Índice de bloco especial por bloco inteiro (%)** - Razão entre o número de blocos especiais por blocos inteiros multiplicado por 100.
- **Índice de bloco canaleta por bloco inteiro (%)** - Razão entre o número de bloco canaleta por blocos inteiros multiplicado por 100.
- **Índice de meia-canaleta por bloco inteiro (%)** - Razão entre o número de meia-canaleta por blocos inteiro multiplicado por 100.

Neste momento a pesquisa encontra-se na fase quantificação dos índices de projeto e determinação dos indicadores (Tabela 1), com dados coletados a partir dos oito projetos em alvenaria estrutural selecionados entre os projetistas em estrutura, com trabalhos no Piauí e que obedeceram aos critérios propostos neste trabalho para a seleção dos mesmos.

INDICADORES	REFERÊNCIA	UNIDADE	MÉDIA
Índice de cargas por estaca	nº de estacas	kN/un	174
Índice de cargas por área total do edificio	Pav. fundação	kN/m ²	9,85
Área de influência de estaca	Pav. fundação	m ² /un	3,4
Taxa de aço por volume de concreto em vigas baldrame	Volume das vigas	kg/m ³	92,3
Índice de forma em viga baldrame	Pav. fundação	m ² /m ²	0,8
Espessura média em viga baldrame	Pav. fundação	m ³ /m ²	0,08
Índice de forma no pavimento térreo	Pav. Térreo	m ² /m ²	1,1
Índice de forma no pavimento tipo	Pav. Tipo	m ² /m ²	0,9
Taxa de aço por comprimento linear de alvenaria do pav.terreo	Pav. Térreo	kg/m	1,6
Taxa de aço por comprimento linear de alvenaria do pav.tipo	Pav. Tipo	kg/m	1,5
Taxa de aço em alvenaria por área do pav. terreo	Pav. Térreo	kg/m ²	1,3
Taxa de aço em alvenaria por área do pav. tipo	Pav. Tipo	kg/m ²	1,2
Taxa de aço em laje do pav. tipo por volume de concreto	Pav. Tipo	kg/m ³	42,5
Taxa de aço na escada do pav.tipo por volume de concreto	Área da escada	kg/m ³	113,6
Índice linear de alvenaria estrutural por área do pav.tipo	Pav. Tipo	m/m ²	2,2
Índice linear de alvenaria não-estrutural por área do pav.tipo	Pav. Tipo	m/m ²	0,12
Índice de área de alvenaria estrutural por área do pav.tipo	Pav. Tipo	m ² /m ²	2,2
Índice de área de alvenaria não-estrutural por área do pav.tipo	Pav. Tipo	m ² /m ²	0,15
Índice de área de escada por área do pav.tipo	Pav. Tipo	m ² /m ²	0,1
Indice de graute por comprimento linear de cinta de respaldo	Paredes estruturais	m ³ /m	0,016
Indice de graute por comprimento linear de cinta a meia altura	Paredes estruturais	m ³ /m	0,07
Indice de graute por comprimento linear de cinta horizontal	Paredes estruturais	m ³ /m	0,022
Indice de graute vertical por comprimento linear de alvenaria	Paredes estruturais	m ³ /m	0,017

Índice de graute em cinta de respaldo por área do pav. tipo	Pav. Tipo	m ³ /m ²	0,012
Índice de graute em cinta a meia altura por área do pav. tipo	Pav. Tipo	m ³ /m ²	0,005
Índice de graute horizontal por área do pav. tipo	Pav. Tipo	m ³ /m ²	0,02
Índice de graute vertical por área do pav. tipo	Pav. Tipo	m ³ /m ²	0,012
Índice de blocos inteiros por área do pav.tipo	Pav. Tipo	un/m ²	19,2
Índice de meio-bloco por área do pav.tipo	Pav. Tipo	un/m ²	1,85
Índice de bloco especial por área do pav.tipo	Pav. Tipo	un/m ²	2,5
Índice de bloco canaleta por área do pav.tipo	Pav. Tipo	un/m ²	3,5
Índice de bloco mei-canaleta por área do pav.tipo	Pav. Tipo	un/m ²	0,4
Índice de meio-bloco por bloco inteiro	Blocos inteiros	%	11
Índice de bloco especial por bloco inteiro	Blocos inteiros	%	15,5
Índice de bloco canaleta por bloco inteiro	Blocos inteiros	%	19,8
Índice de meia-canaleta por bloco inteiro	Blocos inteiros	%	2,2

Tabela 1 – Indicadores de projeto na tipologia de até 04 pavimentos com bloco cerâmico

Este artigo faz parte de um projeto de pesquisa desenvolvido em três grandes etapas: levantamento e construção dos indicadores, análise dos indicadores obtidos e divulgação dos resultados.

A etapa a seguir será a análise dos indicadores de projetos obtidos para uma formatação final dos mesmos e a divulgação dos resultados alcançados.

4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Dentro da pequena amostra analisada neste trabalho, é possível perceber que alguns indicadores tendem a seguir um determinado padrão, independente do projetista, dentre estes indicadores temos: índice de carga por estaca (kN/und.), espessura média em viga baldrame (m³/m²), índice de área de escada por área do pavimento tipo (m²/m²).

Dois dos indicadores encontrados estão relativamente próximo ao esperado para estruturas convencionais de concreto, que são a taxa de aço por volume de concreto em vigas baldrame com um valor médio de 92,3 kg/m³ contra o esperado de 100 kg/m³ e taxa de aço em laje do pavimento tipo por volume de concreto 42,5 kg/m³ contra o esperado de 50 kg/m³.

Um fator interessante a destacar é que mesmo em projetos realizados pelo mesmo escritório pode haver variações entre os indicadores determinados, este fato deve-se a influencia do cliente na adoção de determinados fatores a influenciar o projeto.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por ser um sistema construtivo tradicional racionalizado, muito das características deste sistema tem sido implantado com êxito nos canteiros de obras, tais como a racionalização do processo, a colocação do recurso humano mais qualificado, o aumento da produtividade. Porém, muito ainda há de se avançar, principalmente nesta etapa de levantamento de informações que iram auxiliar a etapa de projeto, quantificação e planejamento do empreendimento.

Na continuação desta pesquisa, será realizada a análise dos indicadores obtidos para uma completa comparação com os indicadores levantados na bibliografia, na recomendação dos fabricantes ou na determinação de projetistas.

REFERÊNCIAS

CTE - CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo, CTE/Sinduscon-SP, 1994.

FREIRE, A. S.; PARSEKIAN, G. A. **Indicadores de Projeto para Edifícios em Alvenaria Estrutural**. Revista Técnica: Revista de Tecnologia da Construção, São Paulo, n. 143, p. 48-52, fev. 2009.

FUNDAÇÃO PARA O PRÊMIO NACIONAL DA QUALIDADE. **Prêmio nacional da qualidade: Instruções para inscrição**. São Paulo, 1995.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **A estratégia em ação: balanced scorecard**. Rio de Janeiro: Elsevier, 348 p. 1997.

LANTELME, E. M. V.; FORMOSO, C. T.; TZORZOPOULOS, P. **Gestão da Qualidade na Construção Civil: Estratégias e Melhorias de Processos em Empresas de Pequeno Porte**. Sistema de indicadores de produtividade para construção civil. Vol 2, Porto Alegre: UFRGS/PPGEC/NORIE, 2001. 98 p.

MENDES, P de. T. C.; ANDRADE, A. A. **Alvenaria estrutural com blocos estruturais cerâmicos**. In: Inovação Tecnológica na Construção Habitacional / Editores Luís Carlos Bonin [e] Sérgio Roberto Leusin de Amorim. — Porto Alegre : ANTAC. — (Coleção Habitar, v. 6). 2006.

NOVAES, C. C. Processo de projeto de edificações: estruturação de informações e indicadores para elaboração e controle da qualidade. In: II SIBRAGEQ - II Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído, 2001, Fortaleza, CE. Anais do II Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído, v.1. p.1 - 14, 2001.

OHASHI, E. A. M.; MELHADO, S. B. **A importância dos indicadores de desempenho nas empresas construtoras e incorporadoras com certificação ISO 9001:2000**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ENTAC, 10º, São Paulo, 2004.

PARSEKIAN, G. A.; ALCÂNTARA JUNIOR, P. S. B.; LOPES, G. M.; BLANCO, R.; FREIRE, A. S.; DIAS, T. C. M.; CAMPOS, A. P. **Sistema On-line de indicadores de projeto em edifícios de alvenaria estrutural – Benchmark**. Revista Gestão & Tecnologia de projetos, São Paulo, v. 06, n.01, p. 15-31, maio, 2011.

TAKASHINA, N. T.; FLORES M. C. X. **Indicadores da qualidade e do desempenho: como estabelecer metas e medir resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1996.

UTILIZAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO PARA MENSURAÇÃO DE DESPERDÍCIO EM OBRAS CIVIS

Evanielle Barbosa Ferreira

Centro Universitário Santo Agostinho
Teresina - Piauí

Samuel Jônatas de Castro Lopes

Centro Universitário Santo Agostinho
Teresina - Piauí

Danilo Teixeira Mascarenhas de Andrade

Centro Universitário Santo Agostinho
Teresina – Piauí

RESUMO: A indústria da construção civil se caracteriza mundialmente como uma das principais geradoras de resíduos. Sendo assim, são de suma importância a mensuração e gerenciamento de perdas dentro dos canteiros de obras, para que seja possível reduzir a ineficiência e ineficácia dos processos produtivos. A utilização de indicadores de desempenho ainda aponta como uma novidade nas construtoras piauienses, sendo que essa ferramenta possibilita a quantificação de perdas nos processos produtivos. O presente estudo visa quantificar as perdas no processo de execução do serviço de revestimento cerâmico e contrapiso em uma construtora de grande porte localizada na cidade de Teresina-PI. Foi verificado falhas no atual sistema de execução de serviços da construtora, sendo que os indicadores de desempenho possibilitaram à visualização em porcentagens das perdas,

dando suporte a administração da empresa para tomada de decisões. Esse estudo se caracterizou como uma pesquisa de campo, pois colheu os dados “in loco” e posteriormente analisou-os com base na literatura existente. Foi diagnosticado que na obra A, onde teve utilização de indicadores de desempenho, ocorreu uma redução de perdas na execução dos serviços em relação a obra B, que não utilizou indicadores de desempenho na sua execução. Em síntese, a utilização de indicadores de desempenho para gerenciamento de perdas na construção civil é de grande eficácia, propiciando economia de material, mão de obra e propiciando um melhor gerenciamento dos processos produtivos.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores de desempenho. Desperdício. Contrapiso. Revestimento cerâmico.

ABSTRACT: The construction industry is characterized worldwide as one of the main waste generators. Therefore, it is extremely important to measure and manage losses within construction sites, in order to reduce the inefficiency and ineffectiveness of production processes. The use of performance indicators still points as a novelty in Piauí's construction companies, being that this tool allows the quantification of losses in the productive processes. The present study aims to quantify the losses in the execution of the ceramic

coating service and subfloor at a large construction company located in the city of Teresina-PI. Failures were verified in the current system of execution of services of the constructor, being that the performance indicators made possible the visualization in percentages of the losses, supporting the administration of the company for decision making. This study was characterized as a field research, because it collected the data “in loco” and later analyzed them based on the existing literature. It was diagnosed that in construction A, where performance indicators were used, there was a reduction of losses in the execution of services in relation to construction B, which did not use performance indicators in its execution. In summary, the use of performance indicators to manage losses in construction is highly effective, providing material savings, labor and providing better management of production processes.

KEYWORDS: Performance indicators. Waste. Underfloor. Ceramic coating.

1 | INTRODUÇÃO

Os indicadores de desempenho são considerados grandes aliados no gerenciamento das organizações. Contudo, percebe-se que parte das empresas do ramo da Construção Civil não possui nenhum tipo de medição de desempenho, apesar da importância do mesmo. Segundo Neely (1999), nem sempre são nítidas quais medidas devem ser adotadas e como medi-las.

O indicador de desempenho refere-se aos objetivos futuros e a eficácia do negócio que está sendo avaliado (LEBAS, 1995). Dessa forma, a escolha de indicadores associa-se aos objetivos estratégicos da empresa e seus fatores críticos.

No Piauí, algumas empresas vêm investindo em melhorias e certificações através de programas de qualidade com base na ISO 9001, principalmente por conta das exigências dos órgãos contratantes que visam maior controle sobre os processos construtivos. Medidas como esta, abrem caminho para novas práticas de gestão nas obras e, conseqüentemente, uma melhoria contínua dos seus processos.

O setor da Construção Civil é tido como um dos setores com maior desperdício. Segundo Pinto (1995), os acréscimos no custo da construção, derivados da perda, são de 6% e os acréscimos na massa de materiais chegam a 20%. Em alguns casos a baixa qualidade da mão de obra, o mau planejamento da sequência de serviços e as faltas de controle na produção de argamassa acabam sendo os principais fatores de geração de resíduo.

A perda relacionada à obra relaciona-se com o excesso de materiais utilizados que, não são notados ou pouco é percebido, ao final da obra. Um processo que possui baixa qualidade resulta em desperdício, e tem como consequência o aumento no custo final da obra (FORMOSO et al, 1996). Envolve ainda, a inutilidade do uso de equipamentos, mão de obra e a efetuação de tarefas desnecessárias que acabam por gerar custos e não agregam valor (SACOMANO et al, 2004).

O intuito do presente artigo consiste em avaliar o elevado desperdício que ocorre

no ramo da Construção Civil. A maioria das empresas não possui critérios de medição e sistemas de indicadores, que revelam os índices de perda de recursos. As perdas neste setor não são geradas apenas no ato da execução de uma obra. O desperdício deriva ou ocorre do processo composto de várias etapas, que são: Planejar, projetar, fabricar materiais e componentes, executar e uso e manutenção (MESEGUER, 1991).

Assim, o objetivo deste trabalho é revelar a importância da diminuição dos índices de perda, bem como, explicar dados obtidos com o uso de indicadores realizada em uma empresa da Construção Civil, da cidade de Teresina-PI, no qual quantificou as perdas do revestimento cerâmico e do contrapiso e verificou-se os principais fatores que deram origem as perdas.

Para isso, partiu-se do pressuposto de que é benéfico à implantação de indicadores numa obra. As empresas se tornam menos vulneráveis aos imprevistos e, com isso, conseguem organizar-se melhor, através de um planejamento adequado. Com as medições é possível a identificação dos pontos deficientes, sendo possível a realização de um plano para melhoria.

2 | INDICADORES DE DESEMPENHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A preocupação com a produção é pequena, com relação à Construção Civil já que a própria construção é responsável por, aproximadamente, 50% do custo do empreendimento (MURO, 1994). A função produção além de melhorar a qualidade, produz um aumento na produtividade do setor. É importante a existência de indicadores para avaliação de desempenho e comparação entre as empresas do setor (LANTELME, 1994).

Takashina e Flores (1996) declaram que indicadores são necessários no planejamento e controle das empresas, pois permitem determinar metas e o seu desenvolvimento. Pois os resultados são de suma importância na avaliação crítica de desempenho, para a tomada de decisões por gestores e para novos planejamentos.

Através dessas medidas, tem-se base para a tomada de decisões. Segundo Bendell et. Al. (1993), as medições precisam ser vistas como complemento no programa de melhoria de qualidade.

Para Costa et. al. (2005), os indicadores de desempenho devem ser integrados e alinhados com o processo, além de estarem de acordo com os fatores críticos da empresa, facilitando sua introdução nos processos gerenciais.

3 | GERAÇÃO DE RESÍDUOS E PERDAS

Atualmente a quantidade de resíduos gerados pela construção civil é bastante considerável. A raiz do desperdício pode estar contida tanto no processo de fabricação

dos materiais, preparo dos recursos humanos, projeção, suprimentos e planejamento quanto no próprio processo de produção (FORMOSO et al, 1996).

As perdas dentro do canteiro de obras ultrapassam o que se refere a material e abrange mão-de-obra, equipamentos e parte financeira. O item material pode ser desperdiçado quando se utiliza espessuras maiores do que as previstas, quando o material é mal estocado e quando se faz necessário um retrabalho. Segundo Kuster (2007), em muitas obras os colaboradores trabalham, dão uma pausa para esperar materiais, voltam a trabalhar, desfazem o que foi feito anteriormente, continuam trabalhando, e assim continuamente.

A mão-de-obra pode gerar desperdícios quando deslocada desnecessariamente, quando não tem como produzir por falta de material ou quando está desestimulada por algum outro motivo (salário atrasado, problemas pessoais). Quanto aos equipamentos, geram desperdícios quando ficam ociosos, ou seja, parados; Quando são dimensionados errados (quantidades, potências) e também quando são deslocados de forma equivocada. Em relação às finanças é comum observar a falta de programação das empresas em relação à aquisição de materiais, em que muitas vezes pegam prejuízo por comprarem adiantado ou mais caro.

Segundo Agopyan et. al (1998), uma grande parcela do desperdício são previsíveis e através das medidas de prevenção, podem ser evitadas. Com isso, a importância da mobilidade na redução de perdas, recai para o ramo da Construção Civil, por meio de novos métodos de gestão.

4 | METODOLOGIA

O estudo deu-se em uma empresa do ramo da construção civil de Teresina, Piauí, cujo levantamento de informações fez-se diretamente em uma obra do tipo residencial.

Quanto à:	Classificação	Descrição
Natureza	Pesquisa Aplicada	Aplicação prática, que visa soluções para problemas concretos (RAMOS, 2009).
Abordagem	Quantitativa	Utiliza-se de recursos e técnicas estatísticas.
Objetivos	Pesquisa exploratória	Proporciona maior conhecimento sobre o tema, torna-o explícito (GIL, 2002).

Quadro 1 - Classificação do trabalho.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A primeira etapa do estudo dá-se através de uma pesquisa referente à revisão bibliográfica. As duas etapas seguintes deram-se através da análise e levantamento

de dados dos materiais utilizados para as obras, além do custo envolvido, seguido da comparação desses dados e interpretação para obtenção de resultados. Por fim, tem-se a explanação de tais resultados. Vale ressaltar que, o levantamento de dados deu-se em obra residencial, portanto os resultados obtidos dizem respeito a tal tipo de construção.

As medidas tomadas como referência para o estabelecimento de indicadores de desempenho foram baseadas em fatores críticos da empresa, e na própria geração de resíduos avaliadas por duas atividades do setor (contrapiso e reboco). Comumente em contra piso e reboco, temos a perda incorporada. Esta não gera resíduos, porém ocasiona ruínas em qualquer orçamento de obra, pois a mesma afeta na quantidade de material necessário e no tempo de mão-de-obra. Após a obra ter sido concluída ela prevalece para o resto da vida útil do empreendimento.

Notou-se a ausência de registro de dados sobre materiais utilizados na obra. Dessa forma, o levantamento de materiais, quantidades e custos foi feito por meio de acompanhamento na obra e notas fiscais obtidas.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados dois tipos de materiais que representam uma parcela significativa no orçamento e no cronograma da obra: Contrapiso e Revestimento Cerâmico. Os dados foram coletados em duas obras que serão retratadas como Obra A e Obra B.

5.1 Contrapiso

O contrapiso das duas obras seguiu a mesma metodologia de planejamento e execução de serviço impossibilitando qualquer tentativa de melhoria. A espessura mínima aferida foi de 8 centímetros e a máxima de 12 centímetros, onde deveria ser em média 5 centímetros. Os apartamentos giram em torno de 60 m² e consomem em média 27 traços de argamassa do tipo farofa sendo que cada traço é composto por um saco de cimento.

A obra A possui 144 apartamentos, ou seja, foram consumidos em média, para esse tipo de serviço, 3888 sacos de cimento. O preço de aquisição do cimento foi R\$ 18,00 por unidade, obtendo-se o custo total de cimento para esse serviço de R\$ 69.984,00.

A obra B possui 192 apartamentos, resultando em um consumo total de cimento de 5184 sacos, totalizando um valor de R\$ 93.312,00.

Foi constatado que os principais fatores que ocasionaram esse elevado consumo de insumos nesse serviço, deve-se à falta de um melhor nivelamento no ato de concretagem da laje, na falta de rebaixamento nas áreas molhadas como banheiros e varandas onde faz-se necessário existir caimento para os ralos, e o nivelamento da

entrada dos apartamentos com o hall da área comum de cada pavimento, exigindo que o ponto mais crítico da laje determine a altura geral do contrapiso da mesma.

Na tabela posterior, é quantificado em reais o total de recursos perdidos, uma perda incorporada que só foi possível dimensionar através dos indicadores.

OBRA A				
Material	Espessura	Quantidade Utilizada	Preço Unitário	Preço Total
Cimento Utilizado	10 cm	3888 sacos	R\$ 18,00	R\$69.984,00
Cimento Orçado	5 cm	1944 sacos	R\$ 18,00	R\$34.992,00

Tabela 1 – Espessura média do contrapiso, quantidade e preço do cimento utilizado na obra A.

Fonte: Elaborada pelo autor

OBRA B				
Material	Espessura	Quantidade Utilizada	Preço Unitário	Preço Total
Cimento Utilizado	10 cm	5184 sacos	R\$ 18,00	R\$93.312,00
Cimento Orçado	5 cm	2592 sacos	R\$ 18,00	R\$46.656,00

Tabela 2 – Espessura média do contrapiso, quantidade e preço do cimento utilizado na obra B.

Fonte: Elaborada pelo autor

Foi possível constatar que a raiz do problema está na execução do serviço, devendo haver uma conscientização da equipe responsável pela fiscalização e execução do serviço, mostrando os efeitos que a falta de acompanhamento e fiscalização no nivelamento pode ocasionar para a empresa.

Além do custo com o cimento, que por sua vez é um dos materiais mais caros em uma obra, ocorre percas no tempo de mão de obra desde a fabricação da argamassa até a limpeza final do serviço. O transporte vertical utilizado também é prejudicado, pois o mesmo poderia está sendo mais bem aproveitado através da diminuição do volume de material necessário para a execução do contrapiso. Ocorre também um excesso de peso na laje por conta do volume de contrapiso utilizado ser o dobro do que estava previsto, colocando o coeficiente de segurança dimensionado pelo engenheiro calculista em risco.

5.2 Revestimento cerâmico

O revestimento cerâmico utilizado na obra A seguiu rigorosamente o projeto arquitetônico, por outro lado a quantidade de recortes nas peças cerâmicas aumentou, resultando no final da obra em uma perca de 10,28%. O descarrego do material no canteiro de obras, o transporte do estoque para o apartamento em que será aplicado o

revestimento e a falta de atenção do profissional que está executando o serviço também ocasionou percas. Dessa forma, devido a grande quantidade de possibilidades que ocasionam as percas no revestimento, decidiu-se mudar na obra B um dos fatores que na opinião da administração teria maior possibilidade de gerar os resíduos, buscando uma redução no desperdício.

Na obra B buscou-se diminuir a quantidade de recortes dentro de cada ambiente, utilizando peças inteiras na parte superior e na maioria das extremidades. Além disso, foi determinada a quantidade exata de caixas de revestimento necessária em cada apartamento e as mesmas foram estocadas dentro dos apartamentos para quando a equipe de operários fosse executar o serviço já estivessem com o material no local, reduzindo assim a perca de mão de obra. Outro ponto considerável foi a conservação da forma de estoque do material no térreo, buscou-se seguir a mesma forma de armazenamento que o material vem dentro das carretas, pois aquela é a melhor forma para evitar que as peças se danifiquem.

Seguidamente serão apresentadas imagens da paginação e detalhamento do revestimento cerâmico da obra B e obra A, bem como, a forma de estoque do material no térreo.



Figura 1 – Paginação do revestimento cerâmico na obra B.

Fonte: Elaborada pelo autor.



Figura 2 – Detalhe de maior utilização de peças inteiras na obra B.

Fonte: Elaborada pelo autor.

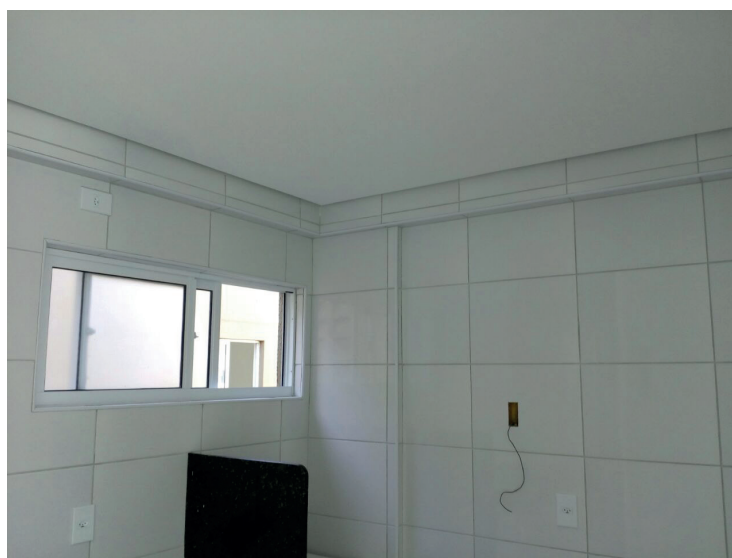


Figura 3 – Paginação do revestimento cerâmico na obra A.

Fonte: Elaborada pelo autor.



Figura 4 – Detalhe de maior utilização de recortes na obra A.

Fonte: Elaborada pelo autor.



Figura 5 – Armazenamento do Revestimento Cerâmico na Obra B.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Por conta dessas mudanças que foram realizadas foi diminuída a perda de material de 10,28% na obra A para 5,31% na obra B. À seguir, será apresentado uma tabela que contém os dados obtidos no canteiro de obra, características das peças e percentual de perda sobre o revestimento cerâmico das duas obras.

OBRA A	
Material Recebido	10.206,00 m ²

Material Aplicado	7.272,00 m ²
Material Reutilizável	1.885,00 m ²
Perda em porcentagem	10,28%
Dimensões da peça	34cm x 46cm

Tabela 3 – Quantidade de material recebido, aplicado e reutilizável assim como percas e dimensões do revestimento cerâmico na obra A.

Fonte: Elaborada pelo autor

OBRA B	
Material Recebido	11.817,00 m ²
Material Aplicado	9.905,28 m ²
Material Reutilizável	1.284,24 m ²
Perda em porcentagem	5,31%
Dimensões da peça	30cm x 58cm

Tabela 4 – Quantidade de material recebido, aplicado e reutilizável assim como percas e dimensões do revestimento cerâmico na obra B.

Fonte: Elaborada pelo autor

Abaixo, tem-se ilustrado um gráfico representativo, contendo o desperdício encontrado nas obras A e B em porcentagem. É possível uma melhor visualização dos resultados obtidos.

DESPERDÍCIO

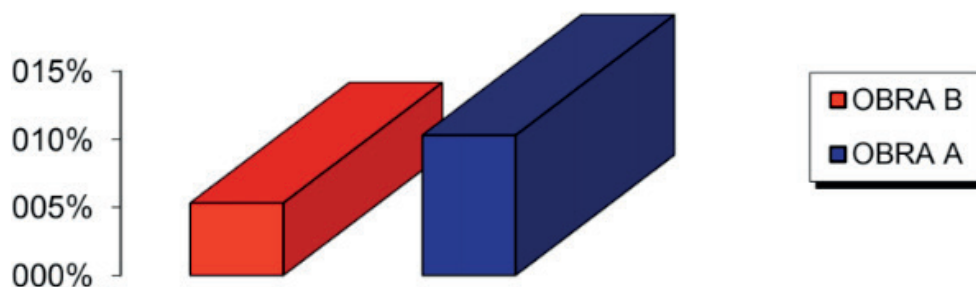


Gráfico 1 – Porcentagens de desperdício nas obras A e B

Fonte: Elaborado pelo autor

6 | CONCLUSÃO

O estudo realizado possibilitou concluir que um planejamento eficiente dentro de um canteiro de obras reduz significativamente as perdas, usando como ferramentas indicadores que possibilitam reconhecer os problemas dentro do canteiro de obras e traçar planos de ação para resolvê-los. Dessa forma, foi satisfatória a diminuição do índice de perdas no revestimento cerâmico devendo estas medidas de controle e qualidade se expandirem para outros tipos de serviços que ainda possuem elevado índice de perdas dentro da construção civil.

Enfoca-se que este estudo visa mostrar caminhos que ainda não são utilizados pela empresa e que podem vir a facilitar a diminuição de perdas. Os dados obtidos sobre perdas de materiais indicam que as mesmas são bastante elevadas nas duas obras estudadas. Levando em consideração que, boa parcela do desperdício é previsível e passível de ser evitada, através da introdução de medidas de prevenção. Faz-se necessário uma mobilização do setor no intuito de reduzir perdas existentes, com a implantação de um modelo novo de gestão.

A criação e aprimoramento de técnicas construtivas para tornar mais eficientes os serviços que ocasionam as perdas do contrapiso e um planejamento mais eficaz na área de revestimento cerâmico, no que diz respeito a projeto arquitetônico, com pontos de partidas que busquem a economia do material sem perder a qualidade estética, escolha ideal do tamanho das peças, e otimização na logística e armazenamento dos materiais são pontos a serem investigados mais profundamente, buscando tornar mais eficiente os serviços das construtoras, possibilitando entregas dentro do prazo e redução na geração de resíduos e perdas dos materiais.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, Vahan et al. **Alternativas para a redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obras**. São Paulo, 1998.

BENDELL, T. et. al. **Quality measuring and monitoring**. Century, 1993.

COSTA et. al. **Sistemas de Indicadores para Benchmarking na construção civil: manual de utilização**. Núcleo orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

FLORES, Mario CX. **Indicadores da qualidade e do desempenho: como estabelecer metas e medir resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

FORMOSO, Carlos T. et al. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil, 1996.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4^a ed. Atlas, São Paulo, 2002.

KUSTER, L. D. **Sustentabilidade na construção civil: diminuição de resíduos em obras**. UNASP-

LANTELME, Elvira Maria Vieira. **Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil.** 1994.

LEBAS, Michel J. **Performance measurement and performance management.** *International Journal Production Economics*. N. 41, p. 23-35, 1995.

MATTOS, Aldo Dórea. **Onde ocorrem as perdas.** Engefrom Engenharia. Disponível em: <<https://engefrom.wordpress.com/2015/07/06/a-construcao-civil-desperdica-um-predio-a-cada-tres-predios-construidos-pode/>>. Acesso em: 29 de julho de 2017.

MURO, E. **Japão: O Horizonte da Técnica.** Revista Técnica, n.13, São Paulo: PINI, 1994.

NEELY, Andy. **The performance measurement revolution: why now and what next ?** *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 19, n. 2, p. 205-228, 1999. Obras. UNASP-EC. 2007.

PINTO, T. de P. **De volta à questão do desperdício.** *Construção*. São Paulo: Pini, n. 2491, p. 18-19, 1995.

RAMOS, A. **Metodologia da pesquisa científica:** como uma monografia pode abrir o horizonte do conhecimento. Atlas, São Paulo, 2009.

SACOMANO, José Benedito, et al. **Administração de produção na construção civil.** Arte & Ciência, 2004.

O NÍVEL DE SERVIÇO E ÍNDICE DE QUALIDADE DA CALÇADA: ESTUDO DE CASO EST-UEA

Angra Ferreira Gomes

Universidade do Estado do Amazonas - UEA,
Escola Superior de Tecnologia - EST
Manaus – Amazonas

Valdete Santos de Araújo

Universidade do Estado do Amazonas - UEA,
Escola Superior de Tecnologia - EST
Manaus – Amazonas

RESUMO: O meio de andar a pé é a forma mais antiga de transporte sendo assim, os pedestres necessitam de calçadas seguras e acessíveis. Contudo, nas pesquisas realizadas pela Mobilize Brasil (2012) em cidades brasileiras, apontaram que a cidade de Manaus possui uma das piores calçadas, as quais, são de má qualidade, não possuem acessibilidade, são ocupadas por vendedores ambulantes ou muitas vezes inexistem. Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de nível de serviço e qualidade da calçada, o local escolhido para estudo foi a calçada da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade do Estado do Amazonas que é localizada na Avenida Darcy Vargas e apresenta uma frequência de caminhada significativa. Com base na metodologia de Ferreira e Sanches (2001), a calçada estudada foi dividida em dois trechos e com os dados obtidos pode-se definir o IQC e nível de serviço, cujo os resultados foram 0 e

2,628 respectivamente, péssimo e regular.

PALAVRAS-CHAVE: Acessibilidade, passeio, universidade.

ABSTRACT: The way of walking is the oldest form of transportation, so pedestrians need safe and accessible sidewalks. However, in the surveys carried out by Mobilize Brasil (2012) in Brazilian cities, they pointed out that the city of Manaus has one of the worst sidewalks, which are poor quality, have no accessibility, are occupied by street vendors and often do not exist. This study aims to present a study of service level and quality of the sidewalk, the place chosen for study was the sidewalk of the School of Technology, the State University of Amazonas which is located on Darcy Vargas Avenue and presents a frequency of walking Significant. Based on the methodology of Ferreira and Sanches (2001), the studied sidewalk was divided into two sections and with the data obtained, it is possible to define the IQC and service level, whose results were 0 and 2,628 respectively, poor and regular.

KEYWORDS: Accessibility, walkway, university.

1 | INTRODUÇÃO

O caminhar é o modo de transporte mais antigo que existe e dos mais importantes. É uma

atividade rotineira para muitas pessoas. Sendo assim, as calçadas são necessárias para oferecer caminhos seguros e acessíveis, garantindo condições adequadas e oferecendo o direito de ir e vir dos pedestres.

O Ministério das Cidades (BRASIL, 2004, p.7), quanto à circulação não motorizada, afirma que “caminhar além de ser a forma mais antiga e básica de transporte humano, constitui-se no modo de transporte mais acessível e barato”. Porém, o sistema não motorizado recebe pouca prioridade em relação ao transporte motorizado. A segurança dos pedestres nas calçadas tem sido quase que completamente esquecida. Segundo Ferreira e Sanches (2001, p. 47), “em muitas cidades, cobra-se uma taxa para manutenção de vias e calçadas, mas é fácil de confirmar que estes espaços não apresentam boas condições de conforto e segurança para seus usuários”.

De acordo com a equipe Mobilize Brasil (2012), as calçadas da cidade de Manaus são consideradas umas das piores calçadas do Brasil, após uma pesquisa realizada em doze capitais brasileiras, constatou-se que a cidade possui um grande problema de vendedores ambulantes que ocupam as calçadas, faltam rampas de acessibilidade e a maioria das calçadas são estreitas. A ausência de projeto faz com que não atendam pré-requisitos básicos que uma calçada deve ter e a falta de manutenção só faz à situação crítica se agravar. A Lei nº 672/2002 relacionada a logradouros públicos é descumprida e completamente ignorada, pelos bairros residenciais e órgãos públicos.

Sendo assim, é de grande importância o estudo de calçadas adequadas, pois elas contribuem para a qualidade de urbanização da cidade e são fundamentais para a mobilidade urbana sustentável. De acordo com Yázigi (2000), “constata-se que as calçadas são prioridade na questão de mobilidade, pois estão envolvidas em alguma etapa de qualquer tipo de deslocamento”. O objetivo desta pesquisa é apresentar um estudo do Nível de Serviço e Índice de Qualidade da Calçada (IQC) da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade do Estado do Amazonas.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolvimento do trabalho foi utilizado o método de Índice de Qualidade das Calçadas (IQC), desenvolvido por Ferreira e Sanches (2001), para determinar o nível de serviço e qualidade das calçadas. E são os destaques 3 etapas: Avaliação técnica; Ponderação dos indicadores e Determinação do IQC.

a) VISTORIA *IN LOCO*

Foi realizada uma vistoria *in loco* na calçada escolhida para o estudo, para que se obtivessem dados da mesma e conhecimento do seu estado atual. Foram feitos levantamentos sobre o que interfere na mobilidade, e registros fotográficos dos problemas encontrados, como: em relação à segurança, manutenção, acessibilidade, largura da calçada.

b) CONTAGEM DE PEDESTRES E DETERMINAÇÃO DA AMOSTRA

Para determinar a população foi realizada uma contagem de pedestres, que ocorreu durante quatro dias e foi feita em dois horários, pela parte da manhã e da tarde. As contagens foram realizadas em um período de uma hora, porém foi dividida em intervalos de 10 minutos.

c) AVALIAÇÃO TÉCNICA

A avaliação técnica foi realizada atribuindo-se a cada trecho de calçada um determinado número de pontos variando de 0 a 5 de acordo com seu desempenho em cada um dos indicadores de qualidade.

d) APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

O questionário utilizado foi adaptado conforme o modelo de Keppe Junior (2007) e foi aplicado com os usuários da calçada, para que se obtivessem informações quantitativas e qualitativas sobre segurança, conforto, largura efetiva, seguridade e atratividade visual. Com os dados coletados foi possível obter o IQC, pelo método de Ferreira e Sanches (2001).

e) PONDERAÇÃO DOS INDICADORES

Com os resultados obtidos no questionário, obteve-se o grau de importância atribuído pelos pedestres aos indicadores que caracterizam o ambiente das calçadas. O resultado permite observar a ponderação dos indicadores de acordo com a percepção dos usuários.

f) DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DAS CALÇADAS E NÍVEL DE SERVIÇO

A determinação do índice de qualidade das calçadas é uma avaliação final, feita utilizando a Equação 1, com base na avaliação técnica e na ponderação dos indicadores:

$$IQC = ps*S + pm*M + ple*Le + pse*Se + pav*Av \quad (1)$$

Onde:

S, M, Le, Se, Av: a pontuação obtida na avaliação técnica pelos aspectos de segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade e atratividade visual.

ps, pm, ple, pse, pav: os fatores de ponderação dos aspectos de segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade e atratividade visual.

Para completar a avaliação será definido o nível de serviço de acordo com cada faixa de índice de qualidade, conforme a Tabela 1.

IQC	Condição	Nível de Serviço
5	Excelente	A
4,0 a 4,9	Ótimo	B
3,0 a 3,9	Bom	C
2,0 a 2,9	Regular	D
1,0 a 1,9	Ruim	E

Tabela 1. Índice de Qualidade e Nível de Serviço.

Fonte: Adaptado de Ferreira e Sanches (2001).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa foi realizada na calçada da Escola Superior de Tecnologia – EST, localizada na Avenida Darcy Vargas. A escolha justificou-se pelo fato do local apresentar falta de manutenção e da avenida apresentar um grande fluxo de automóveis, sendo assim, as calçadas se tornam esquecidas, prejudicando o pedestre. Além disso, a EST possui aproximadamente mais de 2000 alunos, sendo que a maioria utiliza a calçada para se locomover, portanto, as calçadas são um local com grande concentração de pedestres. Na Figura 2, é possível observar a delimitação da área de estudo.



Figura 2. Área de Estudo.

Fonte: Adaptada do Google Earth.

Com a delimitação da área, iniciou-se a contagem de pedestres que utilizavam a calçada. As contagens foram realizadas por quatro dias, pela parte da manhã das 11h às 12h30 e pela parte da tarde das 17h às 18h. Durante esse período, tanto pela manhã quanto pela tarde, a contagem foi dividida em intervalos de 10 minutos.

A partir das contagens, foi obtida uma amostra de 90 pessoas, com as quais foi aplicado o formulário sobre a opinião em relação à calçada, com base na metodologia de Ferreira e Sanches (2001). O formulário de pesquisa foi dividido em duas partes:

- Na primeira parte foram solicitadas informações sobre o entrevistado – sexo, faixa etária, nível de escolaridade, motivo de circulação, frequência e modo de viagem mais utilizado.
- Na segunda parte foi solicitado que os entrevistados ordenassem os indicadores de qualidade (segurança, conforto, largura efetiva, seguridade e atratividade visual) de acordo com sua importância, numa escala de 1 (maior

importância) a 5 (menor importância).



Os dados coletados na segunda parte do questionário foram submetidos a procedimentos estatísticos, para verificar a importância dos indicadores obteve-se a ponderação de cada um, tendo os resultados expressos na Tabela 3.

Indicadores	Ponderação
Segurança	0,108
Conforto	0,192
Largura efetiva	0,228
Seguridade	0,171
Atratividade visual	0,298



Tabela 3. Ponderação Obtida.

Como pode ser observado na Tabela 3, dois indicadores destacam-se dos demais: segurança e atratividade visual. De acordo com a percepção dos entrevistados, o indicador “segurança” é mais importante que os outros indicadores e o indicador “atratividade visual” é menos importante.



A avaliação técnica do nível de qualidade das calçadas foi feita atribuindo-se um índice a cada trecho analisado e esse índice corresponde a uma escala pontos de 1 a 5 (ruim a excelente), relativo ao desempenho encontrado em cada um dos indicadores de qualidade. Os quadros de 1 a 5 demonstram o sistema de pontuação utilizado.

Descrição do cenário	Ilustração	Pontos
A calçada não existe, os pedestres precisam disputar o espaço do leito da rua com os veículos		0
Não existe conflito entre pedestres e veículos. Área para pedestres separada do fluxo de veículos por guias com 15 cm de altura.		3



Quadro 1. Sistema de Pontuação: Segurança

Descrição do cenário	Ilustração	Pontos
A calçada é inexistente. Apesar de ser demarcada, a calçada não apresenta condições de uso, pois se encontra coberta por mato.		0
Pavimento da calçada em condições ruins com quebras e desniveis e falta de manutenção.		2



Quadro 2. Sistema de Pontuação: Conforto

Descrição do cenário	Ilustração	Pontos
A faixa de pedestres obstruída. Por conta do mato na calçada, não existe condições de uso o que faz os pedestres caminharem no leito da rua.		0
A largura efetiva é ela é reduzida em alguns pontos da calçada e por conta da instalação de mobiliário urbano.		3

Quadro 3. Sistema de Pontuação: Largura Efetiva

Descrição do cenário	Ilustração	Pontos
A seguridade é totalmente prejudicada pela péssima configuração da paisagem urbana. A região onde se encontra a calçada não possui policiamento e a vegetação alta prejudica a iluminação.		0
A seguridade é prejudicada pela configuração da paisagem urbana, alguns trechos as árvores estão sem poda e prejudica a iluminação. Durante o dia os pedestres transmitem a sensação de seguridade. A noite por ter pontos escuros o pedestre pode ser vítima de assalto.		2

Quadro 4. Sistema de Pontuação: Seguridade

Descrição do cenário	Ilustração	Pontos
Configuração do espaço exterior desagradável, com vegetação alta e terreno com empreendimento abandonado.		0
A configuração do espaço exterior é composta por construções de uso residencial, comercial.		3

Quadro 5. Sistema de Pontuação: Atratividade Visual

Após obter a ponderação dos indicadores e a avaliação técnica dos trechos, foi possível atingir o índice de qualidade das calçadas, calculado pela Equação 1 e o nível de serviço, de acordo com a Tabela 1. Esses resultados são apresentados na Tabela 4.

Indicador	Trecho 1	Trecho 2
Segurança	0	3
Conforto	0	2
Largura Efetiva	0	3
Seguridade	0	2
Atratividade visual	0	3
IQC	0	2,628
Nível Serviço	F (Péssimo)	D (Regular)

Tabela 4. Análise da Calçada.

4 | CONCLUSÕES

O estudo do índice de qualidade da calçada e nível de serviço da calçada da EST teve como resultado no Trecho 1: nível de serviço Péssimo com o índice de qualidade de calçada igual 0 e; no Trecho 2, o nível de serviço foi D (Regular) e o índice de qualidade de calçada 2,628. Assim, foi constatado que a calçada precisa de uma melhoria, pois não está em condições adequadas para o trânsito dos pedestres e necessita de melhorias, e, no caso do trecho onde está coberto por vegetação, necessita da construção de uma calçada adequada. Por meio das vistorias *in loco*, foram constatados problemas como: falta de acessibilidade, largura efetiva inapropriada e falta de manutenção.

Esses problemas não se encontram apenas na calçada da EST, fazem parte do dia-a-dia dos pedestres pela cidade de Manaus. Calçadas em estados críticos que não oferecem segurança, conforto e acessibilidade, prejudicando os pedestres e principalmente quem tem mobilidade reduzida estão por todas as zonas da cidade e podem ser observadas visualmente.

REFERÊNCIAS

Brasil. Ministério das Cidades. Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável. Princípios e Diretrizes aprovadas no Conselho das cidades. Brasil, 2004, p. 7. Disponível em: <www.observatorioseguranca.org/.../>. Acesso em: 24 mai. 2016.

Brasil, M. **Mobilidade Urbana Sustentável. Estudo avalia as calçadas de Manaus e de outras 11 capitais brasileiras.** Disponível em: <<http://www.mobilize.org.br/noticias/1974/.../html>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

Ferreira, M. A. G.; Sanches, S. da P. **Índice de Qualidade das calçadas – IQC.** In: Revista dos Transportes Públicos, ANTP, Ano 23, 2º trimestre, 2001. Disponível em: <<https://mobilidadeape.files.wordpress.com/2015/05/c3adndice-de-qualidade-das-calc3a7adas-antp.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2016.

Keppe Junior, C. L. G. **Formulação de um indicador de acessibilidade das calçadas e travessias.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2007.

Yázigi, E. **O mundo das calçadas.** São Paulo: Humanitas /FFLCHP/USP; Imprensa Oficial do Estado, 2000.

UTILIZAÇÃO DO VANT PARA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO DE UMA AVENIDA EM BELÉM-PA

Diogo Wanderson Borges Lisboa

Universidade da Amazônia / UNAMA, Engenharia Civil, Belém – PA

Ana Beatriz Sena da Silva

Universidade da Amazônia / UNAMA, Engenharia Civil, Belém – PA

Anna Beatriz Aguiar de Souza

Universidade da Amazônia / UNAMA, Engenharia Civil, Belém – PA

Eliete Santana Chaves Barroso

Universidade da Amazônia / UNAMA, Engenharia de Produção, Belém – PA

Márcio Murilo Ferreira de Ferreira

Universidade da Amazônia / UNAMA, Engenharia Civil, Belém – PA

RESUMO: A aplicação de técnicas inovadoras em obras é um dos desafios para o setor de construção civil. Recentes estudos relatam que a inclusão do VANT na construção civil ainda é fundamental para o incremento de sistemas operacionais para o uso positivo desta tecnologia, principalmente para o monitoramento. Esta análise tem como finalidade os procedimentos para inspeção de segurança em obras por meio da captura de (fotos e vídeos) com VANT na obra de prolongamento de uma avenida localizada na região metropolitana de Belém. As informações coletadas a partir de voo em canteiro de obra com intuito de integrar ativos

visuais. A avaliação do processo de inspeção de segurança com VANT baseou-se nos aspectos: utilidade e desempenho do equipamento. Os dados obtidos, através do presente trabalho é possível perceber que para a engenharia, o uso de VANTs apresenta diversas vantagens, como monitoramento e acompanhamento da evolução da obra, mapeamento da área onde o projeto será realizado, avaliação de viabilidade, geração de pré-projetos e documentação fotográfica, além de gerar informações para a identificação de atos e condições inseguras. A principal contribuição desta pesquisa é o desenvolvimento de guias para coletar, processar e analisar as condições de segurança através os dados coletados com VANT, com a finalidade de identificar a capacidade de inserção dessa tecnologia em obras de construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Vant, Inspeção, Segurança, Canteiro de obra.

ABSTRACT: The application of innovative techniques in construction is one of the challenges for the construction industry. Recent studies report that the inclusion of the UAV in civil construction is still fundamental for the increase of operating systems for the positive use of this technology, mainly for the monitoring. The purpose of this analysis is the procedures to safety inspection in work by capturing (video, photo) with UAV in a extension work of an

avenue located in metropolitan region of Belém. The information is collected from a flight at a construction site with the intention of integrating the visual resources. The evaluation of the safety inspection process based on Advantages: utility and equipment performance. The data obtained through the present work is in a different way, for the use of UAVs presents the advantages, such as monitoring and monitoring the evolution of the work, the mapping of the area where the project will be carried out, the feasibility assessment, the generation of projects and reports, and generate information for the identification of unsafe acts and conditions. One of the main components of the guide to collect, analyze and analyze the security possibilities with the data collected with the UAV, with a key of identification of capacity of insertion of the technology in construction works.

1 | INTRODUÇÃO

A construção civil, interessada em se manter competitiva no mercado, tem estudado soluções que possibilitem a diminuição de custos de produção e aumento do padrão de capacidade dos seus produtos. Jarkas & Bitar (2012) admite que apesar dos avanços tecnológicos, a abundância de materiais de construção, ferramentas e meios financeiros disponíveis, a maioria dos projetos ultrapassam significativamente seus orçamentos. Portanto, dentre os problemas enfrentados pela construção civil à falta de organização e planejamento dos canteiros de obra tem ocasionado imensuráveis prejuízos, em especial pela ineficiência dos processos de logística e segurança do trabalho. Notícias recentes oriundas de jornais e sites em nível nacionais e internacionais revelam que os VANTs (Veículo Aéreo Não Tripulado) podem dar suporte em diversas atividades de construção de forma rápida e eficiente e com menor custo.

Os Veículos Aéreos não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones e em inglês denominado como Unmanned Aerial Vehicles/Systems (UAV/UAS), são toda aeronave projetada para operar sem piloto a bordo e que não seja utilizada para fins meramente recreativos (Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC, 2012). Inicialmente, os VANTs foram utilizados para fins militares, no entanto, seu uso está tornando-se cada vez mais atraente para aplicações comerciais e governamentais locais devido ao enorme potencial de monitoramento e inspeção Giuffrida (2015).

De acordo com a literatura alguns estudos mostram a aplicação dos ativos visuais dos VANTs na engenharia civil, como aerofotogrametria, mapeamento de áreas de riscos, montagem de estrutura metálica, monitoramento e controle de tráfego e manutenção de estradas e rodovias Mitishita et al. (2014).

Apesar dos avanços com a utilização dos VANTs na engenharia civil o estudo proposto se justifica pelo caráter inovador do uso de uma tecnologia emergente, mas que carece de estudos sistemáticos sobre as suas possíveis aplicações, benefícios, em especial para inspeção de segurança em obra. O foco em segurança de canteiro

decorre do fato de suas atividades serem críticas na obra e que muitas tarefas relacionadas às mesmas necessitam de uma visão mais ampla ou estão situadas em locais de difícil acesso às pessoas, que podem, por sua vez, serem alcançados pelos VANTs.

O presente estudo tem como objetivo desenvolver diretrizes para uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANTs) para inspeção em obras, com foco em segurança canteiro, além de identificar fatores-chaves de sucesso.

2 | VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTS)

O Sistema Aéreo Não Tripulado (UAS) é composto por uma estação de controle portátil para operação humana, podendo ser equipado com vários sensores, tais como, câmeras, infravermelho, radar, GPS ou outros dispositivos de comunicação especializados. Dentre os benefícios do uso do VANTs tem-se a capacidade de transferir dados em tempo real entre o VANT e a estação de controle, além de realizar voos mais rápidos, seguros e com um baixo custo quando comparado a aeronaves tripuladas.

Segundo Siebert e Teizer (2014) o avanço dos VANTs se dá devido ao baixo custo, agilidade de coleta e processamento, facilidade de manobra das aeronaves, e ao eficiente sistema de captura de imagem. O de asa rotativa se assemelha a um helicóptero ou multim, usualmente são aeronaves compactas, de fácil operação e menor custo, sua estrutura permite voos com melhor estabilidade. Por outro lado, o de asa fixa apresentam variados tamanhos de acordo com a funcionalidade, sendo que os de pequeno porte podem apresentar elevada susceptibilidade aos ventos fortes, Jorge & Inamasu (2014).

Devido ao caráter instável da indústria da construção e a dificuldade de monitoramento das atividades, muitos pesquisadores têm buscado aplicar o uso de VANT a fim de buscar alternativa para monitorar os processos, aumentando a confiabilidade das informações coletadas em campo, com o intuito de aperfeiçoar as condições no canteiro por meio da melhoria da visualização do mesmo. Kim e Irizarry (2015) buscaram avaliar o potencial, a utilização e o desempenho do VANT para atividades de 'monitoramento de canteiros em obras de construções de estradas. Como forma de aprimorar o entendimento inicial do uso desta tecnologia em diferentes ambientes da construção civil, o estudo resalta alguns fatores críticos que contribuem ou influenciam no desempenho de VANT para inspeção de segurança.

Dentre os benefícios, Kim e Irizarry (2015) destacam o monitoramento eficaz do local de trabalho, incluindo áreas de difícil acesso, o controle de tráfego de pessoas, veículos e equipamentos pesados, além da melhoria no desempenho da segurança do projeto e da identificação dos potenciais perigos em canteiros Kim & Irizarry (2015).

Gheisari e Esmaelli (2016) identificaram aplicações práticas de atividades que

podem contribuir com a melhoria da segurança, a fim de facilitar o trabalho de técnicos e gestores.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

O método inicial para o andamento deste trabalho consiste em etapas de estudos exploratórios que ajudam na pesquisa, gerando conhecimento teórico durante os processos de concepção ou aplicação no canteiro de obra. Segundo Hevner et al (2004), essa meta-teoria definida como Design Science Research não anseia alcançar verdades absolutas, grandes teorias ou leis gerais, mas sim identificar e compreender problemas do mundo real e propor soluções adequadas, fazendo avanços no conhecimento teórico de determinada área.

As imagens aéreas foram obtidas por um VANT tipo quadricóptero, modelo DJI Mavic Pro (Figura 1), controlado remotamente nas mediações do prolongamento da Av. João Paulo II, situada na região metropolitana de Belém, no estado do Pará, (Figura 2). O modelo utilizado possui uma câmera acoplada e realiza captura de imagens com resolução de 4K; tais imagens foram utilizadas para a validação da inspeção no sistema de processamento de imagens descrito neste artigo de forma a identificar os pontos de inspeção de segurança em canteiro de obra.



Figura 1 – Modelo do VANT -utilizado na obtenção de imagens.



Figura 2. Av. João Paulo II – localização do canteiro.

3.1 *Processamento de imagens*

A etapa de processamento de imagens utilizada neste estudo baseia-se na escolha do qual o tipo de tomada de foto ou vídeo que é necessário para o futuro trabalho de escritório. Podem-se tomar dois tipos de captura: pontuais, quando a ponto de inspeção são caracterizadas como de pequena extensão ou de varredura, quando o ponto de inspeção são numerosas e exigem o mapeamento de uma determinada região do canteiro.

O uso do VANT foi aplicado de forma precursora em duas pontes existentes na Av.

João Paulo II, para as quais estavam sendo projetadas obras de construção de pontes e alargamento e prolongamento de vias. Uma dessas pontes, sobre o lago do Bolonha, foi construída com 176 MT. Outra, sobre o lago Água preta, foi construída com 224 MT. Na vistoria inicial, cada uma dessas pontes apresentava números de trabalhadores e medidas de segurança diferentes entre si, necessitando de planejamentos distintos para o uso do VANT. Em comum todas elas apresentavam trechos sobre a água e alta densidade de pessoas envolvidas.

Na ponte sobre o lago do Bolonha a vistoria inicial indicava uma inspeção mais detalhada, visto que a estrutura treliçada estava pronta, assim verificando os nós (pontos de encontro da estrutura) da ponte. Nessas condições, a varredura executada pelo VANT (foto da figura 3) teve o objetivo de identificar e fotografar pontos.



Figura 3. Sequência de voo, tipo varredura na ponte sobre lago do Bolonha.

Na ponte sobre o lago Água Preta a vistoria inicial indicava uma inspeção mais ampla, visto que a estrutura da ponte ainda está em fase de construção, em parte dela seu acesso era restrito.















Figura 4. Sequência de voo, tipo varredura na ponte sobre Água Preta.

Neste dia, foram registradas as fotografias, para conhecer o canteiro e monitoramento do mesmo. As condições climáticas foram favoráveis ao voo, com ótimas condições de visibilidade e sem interferências atmosféricas. O Voo do VANT partiu do estacionamento da obra. 9h e 10h, a fim de evitar que as sombras provocadas pela inclinação do sol pudessem ofuscar detalhes da área. Em laboratório foi efetuado o processamento das imagens, onde foram descarregadas as imagens armazenadas no cartão de memória acoplado a câmera do VANT, permitindo selecioná-las e analisá-las para o estudo.

4 | RESULTADOS

Neste dia, foram registradas as fotografias, para conhecer o canteiro e monitoramento do mesmo. As condições climáticas foram favoráveis ao voo, com ótimas condições de visibilidade e sem interferências atmosféricas. O Voo do VANT partiu do estacionamento da obra. 9h e 10h, a fim de evitar que as sombras provocadas pela inclinação do sol pudessem ofuscar detalhes da área. Em laboratório foi efetuado o processamento das imagens, onde foram descarregadas as imagens armazenadas no cartão de memória acoplado a câmera do VANT, permitindo selecioná-las e analisá-las para o estudo.

Análise de conformidade		
Item	Descrição	1ª Visita
1) Tipo de captura #1. Visualização geral		
1.1	Delimitação de entradas e rotas de acesso externo ao canteiro	
1.2	Equipamentos de segurança EPIs	
1.3	Linha de Vida	
1.4	Tela de proteção	
1.5	Sinalização e isolamento da área de movimentação de carga ou descarga	
1.6	Acesso às escadas, rampas	
1.7	Os trabalhadores estão usando EPIs	
1.8	Escadas de uso coletivo, rampas e passarelas	
1.9	Há proteção para pontas verticais de vergalhão de aço expostas	
1.10	Tapumes	
Legenda:  Item conforme  Item não conforme		

Para inspeção de obras, tais equipamentos possibilitam comparativos do planejado e executado na obra, além de vistorias do canteiro, disposição de materiais,

organização dos funcionários, entre outros, o que proporciona ao gestor fazer uma análise geral da obra para futura tomada de decisões, examinando os pontos críticos que precisam ser remanejados. De acordo com Sarmiento (2008), monitoramento e controle são processos que visam observar e acompanhar a execução do projeto, permitindo que potenciais problemas possam ser antecipadamente identificados para que ações corretivas sejam tomadas antes de os problemas tomarem proporções incontroláveis. As condições dos eixos de execução das fundações, estrutura e superestrutura, já estavam em desenvolvimento. Pela anuência, precisão e segurança dos dados que oferece as imagens capturadas a partir do VANT, e com o apoio do relatório fotográfico apresentado, comprovou-se que a utilização de veículos aéreos não tripulados traz um custo benefício favorável na sua utilização na construção civil, avaliando o monitoramento da obra em si, a velocidade que as imagens são capturadas, o grau de detalhamento, o mapeamento remoto e a possibilidade de inspeção remota, também agregam segurança e mais vantagens na utilização dessa tecnologia. Noutro-se também que a segurança nos canteiros de obra também se beneficia com a utilização dessa ferramenta. Na construção civil, a segurança do trabalho está continuamente relacionada à logística do canteiro, entretanto durante a etapa de planejamento observa-se a dificuldade de associar as atividades de logística com a segurança do trabalho, usualmente os requisitos de segurança são trabalhados de forma independente da gestão da produção, Saurin (1997). Os VANTs nesse quesito possibilitam o processo de inspeção de segurança, pois permitem uma observação frequente e direta, principalmente em canteiros extensos, influenciando no tempo gasto para tais inspeções.



Figura 5. Itens de segurança visualizados/ Lago Bolonha

A análise dos itens de segurança no trecho de prolongamento da Av. João Paulo

II (lago do bolonha), foi realizada por meio da fotointerpretação, que versa distinguir e identificar elementos na superfície terrestre, por meio das imagens obtidas. A figura 5 apresenta as condições de segurança analisadas se mantiveram em conformidade com o checklist de segurança segundo o tipo de captura, demonstrando as rotas de acesso, placas de sinalização, limpeza e organização do canteiro.



Figura 6. Itens de segurança visualizados/ Lago Água Preta

A figura 6 apresenta as condições de segurança analisadas se mantiveram em conformidade com o checklist de segurança segundo o tipo de captura, demonstrando plataforma em toda periferia, todos os colaboradores estavam utilizando o capacete de forma adequada, sinalização, limpeza e organização do canteiro.

5 | CONCLUSÕES

O voo foi realizado a uma altitude de aproximadamente 16 MT e o processamento de 20 (vinte) imagens e 22 minutos de gravação de vídeos, obtidas na área de estudo possibilitou obter uma análise técnica quanto a eficácia do sistema Vant na modalidade de aerolevantamentos de baixo custo. Priorizou-se desta maneira a avaliação de aspectos quanto à qualidade dos produtos obtidos e do comportamento da plataforma então empregada.

O desempenho do equipamento DJI Mavic Pro satisfaz as necessidades para inspeção de segurança em termos de autonomia de voo, a estabilidade do dispositivo, a confiabilidade do sistema e a facilidade de uso. No total, 4 de voos foram realizados sem maiores problemas que possam causar danos a bens ou pessoas. Além disso, o uso do VANT para inspeção não provocou interferências significativamente nas atividades desenvolvidas em canteiro.

O sistema VANT utilizado nessa pesquisa não visa substituir a metodologia

indicadas pelas normas de engenharia para inspeção de segurança em canteiro de obra, e sim incorporar novas informações ao método hoje empregado, potencializando as informações por meio de imagens obtidas com o VANT, que poderão ser consultadas no momento desejado, possibilitando o esclarecimento de incertezas.

Questões associadas a preocupações com a invasão da privacidade, risco de queda e colisão não foram destacados pelos trabalhadores e equipe de gestão. No entanto, deve destacar que os ativos visuais coletados em canteiro devem ser aplicados em prol da segurança do trabalho, não devendo ser utilizado para punições e perseguições contra os trabalhadores. Estudos aprofundados devem ser realizados para qualificar o impacto de tecnologias de inspeção sobre o comportamento dos trabalhadores e de como as empresas devem empregar tais recursos, nutrindo a ética e o respeito a seus funcionários.

Dentre os benefícios levantados por Kim e Irizarry (2015) associados aos resultados do presente estudo foi possível verificar que o processo de inspeção com o auxílio do VANT tende a proporcionar melhorias no processo, tais como, gestão do comportamento dos trabalhadores, através da mudança de postura pelo monitoramento constante, inspeção eficaz do uso de equipamento de proteção individual, controle efetivo do canteiro e áreas de difícil acesso, fácil identificação dos problemas de segurança, e conseqüentemente melhoria do desempenho da segurança.

Com base nos dados obtidos, através do presente trabalho é possível perceber que para a Engenharia Civil, o uso de VANTs apresenta diversas vantagens, como monitoramento e acompanhamento da evolução da obra, mapeamento da área onde o projeto será realizado, avaliação de viabilidade e geração de pré-projetos, documentação fotográfica, redução de custos, segurança do canteiro, entre outros. Compreende-se que os canteiros de obra apresentam uma gama de atividades a serem executadas em prazos em sua grande maioria pré-estabelecidos, destacando-se assim o uso dos VANTs para reduzir o tempo para acompanhamento e inspeção destas, favorecendo a atenção em outros aspectos. Dessa forma, o estudo traz como principal contribuição um melhor entendimento do potencial de utilização desta nova tecnologia para o setor da construção.

REFERÊNCIAS

ALEJO, D.; COBANO, J.A.; HEREDIA, G.; OLLERO, A. “**Collision-Free 4D Trajectory Planning in Unmanned Aerial Vehicles for Assembly and Structure Construction.**” *Journal of Intelligent and Robotic Systems.* v.73, p.783-795. 2014.

GHEISARI, M., & ESMAEILI, B. (2016). “**Unmanned Aerial Systems (UAS) for Construction Safety Applications.**” In *Construction Research Congress 2016* (pp. 2642-2650).

GIUFFRIDA, F. “**Potential Uses and Considerations Regarding the Use of UAS Technology in Assessment. Inc.**”: PROPERTY DRONE CONSORTIUM.2015.

JARKAS, A. M.; BITAR, C. G. **“Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait.”** Journa of construction engineering and management, v. 138, n. 7, 2012.

JORGE, L. A. de C.; INAMASU, R. Y. **“Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão.”** In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 109-134.

KIM, S.; IRIZARRY, J. **“Exploratory study on factors influencing UAS performance on highway construction projects: as the case of safety monitoring systems.”** In: Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure, Ames, 2015.

MITISHITA, E.; EDUARDO, J.; GRAÇA, N. de.; CENTELHO, J.; MACHADO, A. **“O Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) em Aplicação de Mapeamento Aerofotogramétrico.”** XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. Gramado-RS.2014. Anais...

SARMENTO, V. **“Monitoramento e controle na gestão de projetos de obras industriais.”** Curso de gestão de projetos da Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2008.

SAURIN, T.A. **“Método para Diagnóstico e Diretrizes para Planejamento de Canteiros de Obra de Edificações”**.1997. 162f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de PósGraduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SIEBERT, S; TEIZER, J. **“Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle”** (UAV) system. Automation in Construction. v.41, p. 1-14. 2014.

THEMISTOCLEOUS, K; NEOCLEOUS K; PILAKOUTAS, K; HADJIMITSIS, D.G. **“Damage assessment using advanced non-intrusive inspection methods: Integration of Space, UAV, GPR and Field Spectroscopy.”** SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON REMOTE SENSING AND GEOINFORMATION OF THE ENVIRONMENT. 2014. BROMHEAD, E.N. (1979) “A simple ring shear apparatus” in Ground Engineering, Vol. 12, n. 5, p. 40-44.

CAUSAS E EFEITOS DA RESSONÂNCIA EM EDIFICAÇÕES URBANAS

Beth Luna Monteiro Moreira

Faculdade Martha Falcão - Wyden
Manaus – Amazonas

Biatriz Vitória da Conceição Moraes Custodio

Faculdade Martha Falcão - Wyden
Manaus – Amazonas

Juliana Silva de Oliveira

Faculdade Martha Falcão - Wyden
Manaus – Amazonas

Larissa Medeiros de Almeida

Faculdade Martha Falcão - Wyden
Manaus – Amazonas

Lucian Araújo da Silva

Faculdade Martha Falcão - Wyden
Manaus – Amazonas

Luciana de Oliveira Guimarães

Faculdade Martha Falcão - Wyden
Manaus – Amazonas

RESUMO: Segundo Thompson-Turk (1997), quando a frequência das ondas no terreno é próxima à frequência natural do edifício, então estão em ressonância, intensifica o movimento do edifício e tendendo a possibilidade de prejuízos. Neste resumo, entenderemos como devemos distanciar as ondas a fim de diferenciar as frequências através do uso de materiais e projeção de volume na estrutura das edificações, como Soares-Filho (2003) na pesquisa sobre a influência da rigidez das conexões com o desempenho do amortecedor

de massa sintonizado (AMS), na relação vigapilar. Então, compreendemos os impactos da ressonância. Metodologia: Resumo de pesquisas bibliográficas. Reunimos artigos e projetos para entendimento sobre o assunto. Através de sites e revistas científicas disponibilizados na instituição, afunilamos as informações e objetivamos. Critérios de inclusão e exclusão estabeleceram a pesquisa para resumo e amostra, através de consulta e análise dos dados. Resultados e Discussão: Para absorver reflexos das construções e edificações buscamos a melhoria na utilização dos materiais e a perfeita sintonia entre homem e agentes naturais, através da frequência dos materiais e volume utilizado nas estruturas urbanas, com o estudo das ressonâncias. Conclusões: A análise e estudos das vibrações em estruturas cada vez mais altas devem ser aprofundados, visto que a análise do comportamento dinâmico em nossa realidade engloba várias vertentes de pesquisa e poucas fontes de dados.

PALAVRAS-CHAVE: Ressonâncias. Edificações. Resumo. Estruturas. Frequência.

1 | INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos a estrutura das edificações urbanas sofrem diversas mudanças e degradações, sendo elas causadas por ações

humanas ou por fenômenos naturais, faz-se necessário um melhor acompanhamento de manutenção para a prevenção de danos. Uma das maiores dificuldades é a construção de estruturas capazes de suportar tais vibrações. Imaginamos como uma brisa leve pode derrubar um prédio inteiro, uma vez que a estrutura de um edifício deveria ser sólida e eficaz a essas ações, no entanto, é relativo, pois o momento em que se constrói é preciso calcular e averiguar todos os efeitos que podem surgir ao longo do tempo, seja ela ocasionado por fenômenos naturais. Uma rajada de vento pode ocasionar uma leve movimentação quase imperceptível, porém quando acontece uma segunda rajada e está é mais forte ocasiona uma soma de forças e levando assim um alto nível de vibrações até alcançar o colapso. A importância do estudo das causas e efeitos do vento e de atividades sísmicas nas construções está ligada ao desenvolvimento da tecnologia dos materiais, da ciência e das técnicas de construções, bem como ao melhor aproveitamento dos terrenos, com a construção de edifícios cada vez mais altos (BLESSMANN, 1986). Assim, é de fundamental importância fazer o controle da amplitude das vibrações das estruturas, sobretudo na ressonância sobre essas. Há casos em que somente o aumento da rigidez e da massa da estrutura não é a solução, pois as frequências naturais são modificadas. Por outro lado, torna-se necessário realizar o controle aumentando o valor de amortecimento das estruturas dessas edificações. Com esse intuito, utiliza-se de amortecedores que são elementos externos, os quais transformam a energia vibratória em energia de dissipação (AVILA, 1997). O assunto em questão tem uma limitação de dados que dificulta a abordagem mais intensa, por esta razão, descreveremos simples e superficialmente este resumo, limitando-nos aos dados coletados através de artigos do meio acadêmico. Com isso, o presente artigo tem como objetivo a mostra das causas e efeitos que o fenômeno de ressonâncias em edificações apresenta através das principais causas, tais como, ações de natureza, como o vento – que ocasiona danos – o terremoto – que traz consigo elevados picos de oscilações e vibrações tendendo a desestruturar locais específicos, antes em perfeito estado – e as ações humanas – como o tráfego de carros e máquinas de grande porte.

2 | METODOLOGIA

O estudo aqui apresentado foi laborado a partir de pesquisas, de forma exploratória e descritiva para resumo e mostra, por meio da reunião de dados de artigos apresentados por pesquisadores e acadêmicos de outras instituições e publicados em sites e revistas científicas, através de comparativos as informações foram restringidas e objetivamos usando critérios de inclusão e exclusão de dados em duplicidade. Visto que o assunto tem poucas fontes publicadas difundidas, consideramos somente as informações mais concisas para formatar de maneira que haja simples e fácil entendimento. Sendo assim, a pesquisa tem como intuito apresentar inspiração à

comunidade acadêmica ao qual estamos inseridos, assim apresentamos este relato do que foi entendido.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mas, o que é ressonância? Ressonância, é termo da física que explica uma oscilação forçada – onde quando a força externa é contínua e periódica e possui a mesma frequência da oscilação livre do sistema, haverá um efeito de ressonância que aumentará as amplitudes do deslocamento do bloco. E as ressonâncias nas edificações são os abalos estruturais que ocorrem causados por ações humanas. Por exemplo, os efeitos causados pela marcha de soldados numa ponte, uma vez que o ato de marchar gera frequências de vibrações na estrutura que pode se igualar ao valor da frequência natural da ponte, ocasionando dessa maneira o aumento da amplitude de vibração, podendo levar a estrutura ao colapso. Outro exemplo, no ambiente urbano existe uma série de máquinas – perfuratriz, bate-estacas e etc. – para construção de fundações que constituem um complexo sistema vibrante com elevados graus de liberdade e consequentes frequências naturais, sujeitando as estruturas das construções ao fenômeno da ressonância podendo levar a produzir vibrações danosas, e até mesmo, a ruína da construção (MOURA et al.,2009). Foram analisados alguns artigos que mostraram que o fenômeno de ressonância em edificações tem relação com as forças externas que podem provocar abalos ou até mesmo colapso, um caso de ressonância em estruturas que ficou famoso, foi o ocorrido em 1940 na ponte sobre o rio Tacoma, nos Estados Unidos da América. Quando a ação de ventos, em torno de 65 Km/h, atingiu a ponte e gerou uma frequência de oscilação na ponte que coincidiu com o valor da frequência natural da estrutura, levando a estrutura ao colapso.



Figura 1. Colapso da ponte Tacoma – EUA.

Fonte: estruturandocivil.com.br

Como podemos evitar um colapso? Por exemplo, aumentando a inércia das

estruturas ou simplesmente mudar a inércia do edifício de modo a distanciar a frequência natural dos terremotos. Mas, há também alguns sistemas sofisticados como uma espécie de amortecedores que separam a base do edifício do solo possibilitando uma absorção melhor dos impactos. Carril Jr (2000) buscou determinar as forças e efeitos causados pelo vento em torres treliçadas, utilizando investigações numéricas e experimentais. Ele dimensionou uma torre de 100 metros e analisou as respostas ressonantes, não ressonantes e o fator de resposta de rajada. Visando minimizar as vibrações das edificações para impedir que as frequências das mesmas ressonem, os projetos de engenharia costumam dimensionar as estruturas com uma margem de segurança significativa nos cálculos. Além da utilização de componentes mecânicos para absorver ou minimizar as vibrações. Um exemplo disso é o uso de amortecedores como Soares-Filho (2003) na pesquisa sobre a influência da rigidez das conexões com o desempenho do amortecedor de massa sintonizado (AMS), na relação vigapilar. O superdimensionamento de estruturas é eficiente na prevenção de colapsos por ressonância, mas encarece o projeto. O grande desafio dos engenheiros e pesquisadores é obter estruturas seguras com baixo custo de projeto. Com isso, ao invés de projetar estruturas extremamente robustas, os engenheiros têm incorporado ao projeto elementos absorvedores de energia (amortecedores), minimizando as vibrações. Há estudos também para complemento de fatores que assegurem a integridade de pontes não robustas. Uma solução utilizada pelos engenheiros em pontes sobre rios e oceanos, consiste em anexar juntamente à ponte, um sistema de tubulação capaz de armazenar uma quantidade considerável de água em situações extremas, como em tempestades com fortes ventos. Um sistema de bombas hidráulicas transfere água do rio ou oceano para a tubulação anexa à ponte, com isso eleva-se a massa da estrutura total, alterando as características da frequência de oscilação da mesma, evitando assim que os ventos causem o fenômeno de Ressonância na ponte. É importante salientar que o fenômeno de ressonância, não só ocorre em grandes frequências de oscilação, é possível termos ressonância em objetos através da ação de baixas frequências, basta essa frequência atuante se equivaler com o valor da frequência natural do objeto para que ocorra tal fenômeno.

Frequência crítica para alguns casos específicos de estruturas submetidas a vibrações pela ação de pessoas	
Caso	Frequência Crítica (Hz)
Ginásio de esportes	8,0
Salas de dança ou de concerto sem cadeiras fixas	7,0
Escritórios	3,0 a 4,0
Salas de concerto com cadeiras fixas	3,4
Passarelas de pedestres ou ciclistas	1,6 a 4,5

Tabela 2. Frequência crítica para alguns casos específicos de estruturas submetidas a vibrações pela ação de pessoas. Fonte: NBR6118I2003.

As vantagens aqui apresentadas têm como objetivo expandir a informação de forma clara e salientar a magnitude deste estudo para a área da Engenharia em perícias e preventivas. Por se tratar de um assunto pouco exposto, tornou-se laborioso o esclarecimento e desenvolvimento do ponto.

4 | CONCLUSÕES

As considerações e citações coletadas mostraram-nos e constataram bibliograficamente que as principais fontes geradoras dos efeitos gerados em prédios, pontes e estruturas em geral, estão sujeitos à ação das forças externas (vibrações forçadas, tremores causados por terremotos, vento, furacões entre outros). Diante desse fenômeno de ressonância, os projetos estruturais são desenvolvidos a fim de prever esforços externos atuantes no objeto (estrutura) através de projetos, do uso de materiais e projeção de volume na estrutura das edificações. Dessa forma, verificamos a importância do estudo preliminar da região em que essa estrutura irá ser instalada, também verificar das condições climáticas da região (forças médias que os ventos atingem a estrutura, verificar se há histórico de tremores e outras ações da natureza na região), analisar a intensidade do fluxo de veículos e de pessoas sobre as estruturas.

REFERÊNCIAS

ALBERTO, L. **As Atividades Aeróbicas e as Vibrações em Edificações**. Abcem, 2012. Disponível em: . Acesso em: 13/04/2018.

ANTONIO, L; SOUZA, A; NAZARI, B. **Vibração: fonte de incômodo à população e de danos às edificações no meio urbano**. Scielo, 2013. Disponível em: . Acesso em 14/04/2018

AVILA, Suzana Moreira. Análise dinâmica de estruturas elásticas e elastoplásticas com amortecimento não proporcional. 1997. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. 1997.

MOURA, A. S.; REIS, J. G. R.; MONT'ALVERNE, A. M. Avaliação da Frequência de Vibração das Fundações Superficiais dos Aero geradores das Usinas Eólicas da Prainha e da Taíba. Revista Tecnologia. v.30, n.1, p.77-88, 2009.

SILVA, L. **Controle de Vibrações em Edifícios Altos sujeitos a vento ou terremotos**. EE/UFG. 2015. Disponível em: . Acesso em: 13/04/2018.

SISTEMA MINI TARP: UMA PROPOSTA PARA A ELIMINAÇÃO DOS IMPACTOS PROVOCADOS PELAS ENCHENTES E CONTAMINAÇÃO DO RIBEIRÃO ARRUDAS

João Carlos Teixeira da Costa

Centro Universitário UNA

Belo Horizonte - MG

Raíssa Ávila Nascimento

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Belo Horizonte - MG

RESUMO: A água é o líquido mais importante do planeta, pois é a partir dela que ocorrem as reações necessárias para manutenção da vida. O planeta Terra é constituído, em sua grande maioria, por água e somente o Brasil possui cerca de 200mil microbacias. A cidade de Belo Horizonte - MG possui 98 bacias elementares e a precipitação intensa que ocorre na cidade, deixa todos os anos a população em alerta quanto a recorrência de inundações. Uma solução para as inundações recorrentes seria a implantação do sistema mini TARP, modelo já utilizado na cidade de Chicago.

PALAVRAS-CHAVE: TARP. Enchente. Esgoto. Drenagem

1 | INTRODUÇÃO

A água é o líquido mais importante do planeta Terra, a partir dela, iniciam as reações químicas necessárias para a realização de funções básicas de praticamente todos os seres

vivos tais como vírus, bactérias, plantas, fungos e seres humanos. As civilizações através da evolução dos tempos se instalaram ao redor dos rios, para a promoção das navegações, irrigação de pastagens, cultivos, pesca para alimentação e criação de animais. Tem-se deste modo, que a água dê de os primórdios da humanidade desempenha, não somente a função de alimentar e cultivar, mas também é um potencial natural de extrema importância para o desenvolvimento econômico das populações ao redor do mundo (BRESSANI, 2010).

A maior parte do planeta Terra é constituído por água, sendo que 12% de toda a água doce do mundo está no Brasil, são cerca de 200 mil microbacias espalhadas em seis regiões hidrográficas, incluindo a bacia Amazônica. O Brasil, desta forma torna-se um enorme potencial hídrico produzindo volumes de água dezenove vezes acima do mínimo estipulado pela Organização das Nações Unidas (ONU) (MMA, 2018).

Neste cenário, está Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, um dos grandes polos econômicos da região sudeste, contando com uma população aproximada de 2,3 milhões de habitantes. Belo Horizonte possui microbacias hidrográficas que integram importantes bacias no estado de Minas Gerais

como a do Ribeirão Arrudas que compõe o Rio das Velhas. Em quase todo o seu percurso, principalmente nos trechos que passa pela cidade, recebe esgoto de forma clandestina por falta de monitoramento adequado e em todos os anos incorre em grandes enchentes causando prejuízos para a população (IBGE, 2018).

É de extrema importância a reavaliação dos sistemas de drenagem em Belo Horizonte bem como a educação da população, além de uma maior fiscalização por parte do poder público em monitoramento de emissão de esgotos em rios e mananciais, para conduzir a cidade à uma melhor qualidade de vida, reduzindo riscos de enchentes, assim como vem sendo realizado na cidade de Chicago, Illinois nos Estados Unidos. Conforme Vestena (2008), é importante para a população e para o meio ambiente o estudo aprofundado das bacias hidrográficas no Brasil e no mundo para a realização de planos que contenham enchentes e agentes poluidores para aumentar a qualidade de vida de todos.

Neste contexto, foi proposto uma solução no sistema antigo de drenagem e esgotamento sanitário do trecho canalizado do Ribeirão Arrudas na cidade de Belo Horizonte, através do estudo de sua bacia hidrográfica e na proposta de implantação de um modelo simplificado do sistema TARP atualmente utilizado na cidade de Chicago nos Estados Unidos. Para atingir este objetivo foram realizados a determinação das vazões de projeto do sistema de drenagem conforme manual técnico da cidade de Belo Horizonte, foi inserido um sistema adaptado da cidade de Chicago como proposta para redução dos impactos de enchentes e contaminações por esgotos e os resultados foram comparados com os valores obtidos através do modelo atual de drenagem para avaliar a sua eficácia.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Belo Horizonte

2.1.1 *Demografia*

Como pode ser observado nas informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) presentes na Tabela 01 do ANEXO B, 96,2% da população de Belo Horizonte recebe serviços relativos a esgotamento sanitário e 44,2% das residências possuem processo de urbanização completo (bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). É possível concluir com base nestas informações, que Belo Horizonte é uma cidade urbanizada e necessita manter um processo de atualização constante dos modelos hidrológicos e de saneamento, minimizando os impactos de grandes enchentes, consequentemente reduzindo desta maneira os índices de poluição de seus rios (IBGE, 2018).

2.1.2 *Hidrologia*

Belo Horizonte possui 98 bacias elementares e 256 sub-bacias que integram

um importante conglomerado de regiões banhadas por importantes rios como o Rio das Velhas e o Ribeirão do Onça, como podemos ver na figura 01, segundo dados da Secretaria de Drenagens Urbanas (DRENURBS, 2010).

A precipitação acumulada do mês de março no ano de 2018 ultrapassou números acima de 50% em relação à média histórica da cidade, dados demonstrados na Figura 01 segundo informações do Instituto Nacional de Meteorologia (2018). Este fato coloca a população sob alerta, pois transtornos recorrentes de inundações causam desastres todos os anos e leva a população a questionar a eficiência do sistema de drenagem principalmente na região do Ribeirão Arrudas onde, além da destruição, provoca contaminação por dejetos presentes em suas águas (MENDES, 2013).

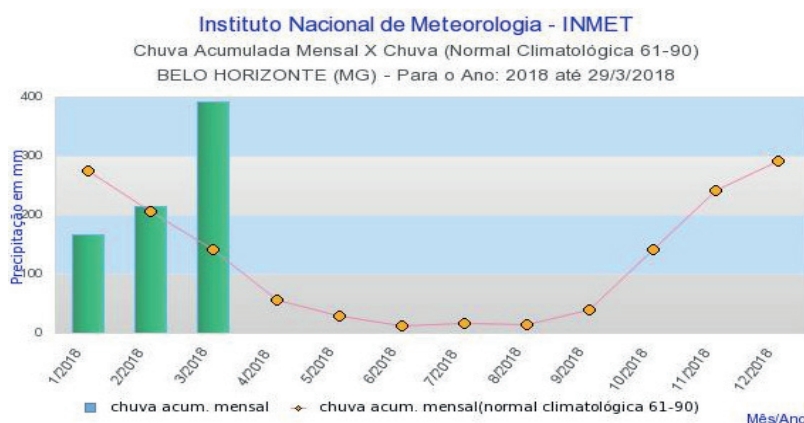


Figura 01: Precipitação média acumulada

Fonte: INMET

2.1.3 Mecanismo básico das enchentes e suas consequências

Grande parte dos rios e córregos da cidade incluindo trechos do Ribeirão Arrudas, sofreram profundos processos de modificações, tais como canalizações, estreitamento entre as margens e receberam cobertura de pavimentação ou concreto. Estas modificações além de alterarem a paisagem, são responsáveis por modificações de ciclos hidrológicos de extrema importância, como a evapotranspiração e a vazão superficial dos escoamentos que equilibram os índices de precipitações, pois, a água que antes evaporava dos rios atualmente cobertos, não consegue garantir ao ambiente índices de umidade relativa satisfatórios para proporcionar constância nas chuvas e regular a vazão superficial (VESTENA, 2008).

O avanço das áreas pavimentadas das camadas do solo da cidade, cada vez mais urbanizada, reduz a capacidade de infiltração do mesmo. Este fenômeno é apresentado na Figura 02. A água que esco na superfície impermeabilizada segue o curso natural da microbacia, partindo das partes mais altas da cidade até as partes mais baixas, encontrando o leito do ribeirão. Com a capacidade de infiltração do solo reduzida, a vazão superficial da bacia é alterada e esco com maior força e volume (MENDES, 2013).

Esta situação é melhor explicada por Bressani (2010). O rio possui dois leitos,

sendo o primeiro o leito menor ou o leito natural e o segundo leito, denominado leito maior ou limite de inundação, aonde as cheias, a cada dois anos, extravasam o limite e impactam em grandes destruições.



Figura 02: Característica de inundações

Fonte: BRESSANI

Somados a estes fatores, conforme afirma Mendes (2013), o Ribeirão Arrudas sofreu intensas modificações ao longo dos anos e muitas destas, ocorreram através de obras de engenharia que foram potencializadoras de problemas referente as inundações, são elas:

- Fechamento do curso do rio em trechos que ele compete curvas com grandes avenidas, como a Tereza Cristina;
- A quantidade de terra e gramíneas implantadas após as obras de canalização são insuficientes para absorver o volume das chuvas e segurar a força da água;
- Canalização do curso natural do rio e alteração na intensidade da sinuosidade de seu traçado.

2.1.4 Mecanismo básico de manejo incorreto de efluentes e suas consequências

A cidade conta com o sistema de separação total. Este sistema funciona por meio de sarjetas, grelhas e bocas de lobo espalhadas pela cidade que transferem as águas de origem pluvial até leitos de rios, incluindo o Arrudas por meio de galerias pluviais. O esgoto das casas, é conduzido pelo coletor público de efluentes e é destinado até as ETE's da região através de coletores de diâmetros que variam ao longo dos trechos conforme a vazão (PBH, 2014).

O problema está no avanço da população em conjunto com o crescimento desorganizado, que faz com que os antigos sistemas hidráulicos de esgotamento e captação de águas pluviais de Belo Horizonte se tornem sobrecarregados do ponto de vista técnico, não sendo capazes desta maneira, de desafogar o ribeirão do esgoto produzido diariamente pelos moradores. Atualmente o Ribeirão Arrudas conta com uma estação de tratamento de efluentes (ETE), denominada ETE Arrudas, onde 92%

da água que passa pela estação é tratada. O processo da estação de tratamento de esgoto do Ribeirão Arrudas separa a parte líquida da sólida para tratar cada uma delas. O sistema de tratamento das águas do Arrudas é notavelmente ineficaz, como podemos ver na Figura 02 do ANEXO A, pois com a falta de monitoramento, a cidade ainda possui problemas com a carga de esgotos clandestinos derramados sobre suas águas (MENDES, 2013).

2.1.5 Ribeirão Arrudas

A Tabela 01 apresenta dados hidrológicos da bacia do Ribeirão Arrudas conforme informações do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (CBH). Estes dados são utilizados para o dimensionamento de sistemas hidráulicos como a ETE e ações de minimização de enchentes ao redor do rio (CBH, 2016).

Dados Hidrológicos	Valor	Unidades
Área Total da Bacia	228,37	Km ²
Extensão do rio	43,41	Km
Vazão média de longo período	5,9	m ³ /s
Vazão mínima (Q7,10)	1,57	m ³ /s

Tabela 01: Dados Hidrológicos da Bacia Arrudas

Fonte: CBH

2.1.6 Estruturas hidráulicas de condução em Belo Horizonte

Os recursos hídricos são de fundamental importância para a sociedade contemporânea, pois sendo eles transportados, conduzidos e armazenados de forma adequada, impactam diretamente na qualidade de vida da população. Desta maneira, a hidráulica se preocupa com constantes aperfeiçoamentos técnicos, para garantir o aproveitamento destes recursos com maior segurança e eficiência (BAPTISTA e LARA, 2014).

Os elementos hidráulicos de reservação e condução objeto de estudo deste trabalho são:

- Canais em leito aberto;
- Sarjetas;
- Galerias pluviais.

Os elementos acima citados são componentes da microdrenagem de Belo Horizonte. Tais elementos possuem a finalidade de conduzir as águas precipitadas que acumulam sobre as superfícies pavimentadas ou obstruídas até o seu destino final, neste caso, o canal aberto do Ribeirão Arrudas (PBH, 2014). A drenagem de área urbanizada é definida como a interceptação ou captação dos escoamentos superficiais

provenientes de precipitações em áreas urbanas pavimentadas desprovidas de infraestrutura para drenagem, parceladas ou não (PBH, 2014).

2.2 Considerações em relação a Chicago

A população de Chicago é, atualmente, em torno de 3 milhões de habitantes, esse crescimento acelerado proporciona o aumento dos índices de processos modificadores do sistema hidrológico na região, como a impermeabilidade do solo, a redução de áreas verdes e a poluição de importantes rios, ao exemplo do Rio Chicago que desagua no Rio Michigan. Esta poluição deve-se a semelhante condição do Ribeirão Arrudas, pois com o aumento da população ocorre a liberação de maiores índices de dejetos e a carga de esgoto despejada não consegue ser eliminada com o curso natural de suas águas. O sistema de drenagem combinado desta importante cidade, aonde o esgoto sanitário e a drenagem pluvial percorrem através dos mesmos veículos (galerias e túneis), favorecem a poluição e contaminação extensa ao longo da microbacia hidrográfica. (BRESSANI, 2010).

A diferença entre Belo Horizonte e Chicago é que nesta última, ocorre a mitigação dos recursos públicos para elaboração de modelos de drenagem cada vez mais eficazes tais como o TARP sistem, a elaboração de leis estaduais rígidas capazes de esquematizar projetos de uso e ocupação do solo visando a redução de impactos com enchentes e principalmente, na educação da população para melhorias na relação homem-natureza (BRESSANI, 2010).

2.2.1 O sistema TARP

O TARP-sistem (Tunnel and Reservoir Plain) foi desenvolvido por setores municipais responsáveis pela elaboração de sistemas hidrológicos e de esgotamento sanitário da cidade de Chicago na década de 70 como plano de alto impacto para a redução de epidemias por contaminação por efluentes e prejuízos provenientes de enchentes. Este período foi marcado por grandes cheias nos rios Chicago e Fox que compõem a bacia do Rio Michigan. A população sofreu diretamente com os resultados de inundações constantes pois, com o sistema combinado, o esgoto transportado até o curso do rio não era eliminado e contaminava as fontes de água da cidade (BRESSANI, 2010).

O TARP atualmente gerido pela Metropolitan Water Reclamation District of Greater (MWRDG), manteve o tradicional sistema combinado de esgotos e drenagem pluvial, porém, como proposta a redução de enchentes, foi elaborado um plano de construção de túneis subterrâneos abaixo do nível do Rio Chicago por onde a água drenada é transmitida até um reservatório após ser tratada em subestações de tratamento de esgoto ao longo do percurso do túnel. A água armazenada tem a finalidade de atuar como redutor de vazão, reduzindo significativamente o fluxo de água que anteriormente transbordava provocando cheias e inundações. Esta água é bombeada de volta ao rio

após ser tratada e descontaminada, conforme é ilustrado na Figura 03 do ANEXO A, e a disposição dos túneis em conjunto com as estações são mostradas na Figura 04 do ANEXO A. As informações relativas ao sistema TARP são públicas e o laboratório de hidrologia Ven Te Chow Hydrosystems Lab (VTCHL) da universidade de Illinois detém o acervo (VTCHL, 2018).

2.3 Proposta para a solução de enchentes e despoluição do Ribeirão Arrudas

Como possíveis soluções para o problema de esgotamento de efluentes no seio do ribeirão, é proposto a elaboração de um complexo de pequenas estações de tratamento de esgotos (ETE's) distribuídas ao longo dos bairros das cidades, pelas quais dividem espaço com o Arrudas e a renaturalização dos cursos d'água, que irá transformar trechos do ribeirão em parques naturais garantindo assim uma melhor absorção de água pelo solo, evitando enchentes (MENDES, 2013).

Dentro do mesmo contexto, para contensão de enchentes e redução de índices de efluentes despejados em rios, o TARP-sistem é a melhor opção custo-benefício a médio e longo prazo, conforme afirma Bressani (2010), pois este sistema de túneis e reservatórios possui um custo de implantação de 45 milhões de dólares, para um reservatório com capacidade de 1325 milhões de litros, impactando na queda de 1730 milhões com o custo de perdas por danos provocados pelas enchentes (BRESSANI, 2010).

3 | METODOLOGIA

3.1 Lista de Software utilizados

Os softwares utilizados no presente trabalho são descritos a seguir:

- Google Earth;
- Microsoft Office Excel;
- AutoDesk AutoCad 2016.

3.2 Definição do modelo mini-TARP

O sistema mini-TARP, é uma adaptação do modelo de drenagem da cidade de Belo Horizonte em conjunto com o sistema TARP da cidade de Chicago. Foi esquematizado através das proposições de Bressani (2010) e Mendes (2013). No presente trabalho, foi abordado apenas os parâmetros relativos à drenagem e o sistema é composto por:

- Reservatório de extravasamento

Possui a finalidade de armazenar volume suficiente de água drenada para evitar que o Ribeirão Arrudas transborde;

- Túneis-galeria

É o sistema de túnel adaptado para o contexto de Belo Horizonte. Será dimensionado como uma galeria de águas pluviais, porém será executado a aproximadamente 100 metros de profundidade e conduzirá água previamente tratada pelas UTE's dos bairros até o reservatório e a velocidade do escoamento deverá ser limitada entre 0,72m/s e 12,00m/s.

- Unidades de tratamento de efluentes bairro a bairro (UTE b-b)

Tem por finalidade fornecer tratamento prévio a água pluvial, seja ela proveniente de efluentes, efluente combinado com água pluvial ou puramente pluvial;

- Estação de tratamento e recalque

Será elaborada de maneira estratégica próxima ao reservatório de extravasamento para bombear a água após o tratamento final, devolvendo água potável ao Ribeirão Arrudas.

3.3 Métodos de cálculo

Os parâmetros de cálculo segundo a PBH (2014) e Baptista e Lara (2014) são da seguinte maneira definidos:

- Área de drenagem (A)

É a área relativa ao plano de empoçamento das águas no local e foi calculada ao redor do Ribeirão Arrudas com auxílio da plataforma *Google Earth* conforme mostra a figura 05 do ANEXO A, por meio do método da delimitação geomorfológica.

- Período de recorrência (T)

Período em que determinada precipitação máxima de uma região é ultrapassada estatisticamente;

- Tempo de concentração (tc)

Tempo que a bacia leva para escoar toda a água precipitada sobre a mesma;

- Vazão De Projeto (QP)

Por vazão de projeto entende-se o valor máximo relacionado diretamente ao hidrograma de cheia, calculado de forma indireta a partir da transformação da chuva de projeto em vazão do escoamento superficial.

As vazões de projeto para o sistema de microdrenagem foram calculadas pelo Método Racional, proveniente da seguinte fórmula:

$$Qp = 0,00278. C. I. A$$

Aonde C é o coeficiente de escoamento superficial, I é intensidade da chuva de projeto e A é a área de drenagem;

- Vazão de máximo rendimento em canais abertos (Qc)

Foi calculada a vazão de máximo rendimento do canal do Ribeirão Arrudas pelo método do rendimento máximo bem como as dimensões do reservatório de extravasamento do sistema mini-TARP, conforme a equação (02). Os parâmetros geométricos dos mesmos foram adotados conforme a Figura 06 do ANEXO A e a largura do canal estimada com auxílio da plataforma *Google Earth* conforme apresentado na Figura 07 do ANEXO A.

$$Q_c = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{p^{2/3}} I_p^{1/2}$$

Aonde Q_c é o valor da vazão de máximo rendimento do canal e foi utilizada também para cálculo do volume do reservatório, A é a área da seção transversal de canal aberto, n o coeficiente de Manning relativo ao tipo de material que compõe o canal, p é o perímetro molhado e I_p é a declividade de fundo;

- Sistema de recalque

As bombas possuem a finalidade de produzir energia cinética a água, para atingir alturas manométricas capazes de vencer obstáculos e a sua potência é dada pela equação:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta}$$

Aonde, P é a potência requerida, γ é o peso específico da água, Q a vazão que a bomba deverá fornecer e foi utilizado o valor da vazão de projeto calculada pela equação 01, H é a altura manométrica (perdas de carga localizada, contínua e altura geométrica) e η o rendimento do motor. Para efeito didático foi assumido o valor de rendimento $\eta=100\%$ e altura manométrica igual ao dobro da lâmina d'água do reservatório do mini-TARP.

O diâmetro de recalque foi encontrado pelo método da potência, considerando o tempo de uso da bomba igual a 24 horas (uso contínuo). Este cálculo foi realizado por meio da equação (04) a seguir.

$$D_r = K \sqrt{Q}$$

Aonde D_r é o diâmetro de recalque, K é o fator de Bresse, foi adotado $K=1,2$ por ser desconhecida informações econômicas mais detalhadas sobre a região e Q é a vazão de projeto previamente definida.

- Diâmetro de túnel-galeria

O diâmetro do túnel foi obtido pela equação (5).

$$A_1 U_1 = A_2 U_2 = Q$$

Aonde A_1 e A_2 são o valor das áreas de seções distintas de um mesmo condutor transportando líquido a vazão constante, U_1 e U_2 são as velocidades do escoamento e Q é a vazão, que neste caso foi igualada ao valor da vazão de projeto (Q_P).

Os parâmetros anteriormente explicados, estão descritos na Tabela 02 do ANEXO A e foram adotados conforme os autores citados.

3.4 Modelagem ideal de funcionamento

O sistema mini-TARP, deverá ocasionar no cenário hidrológico de Belo Horizonte o modelo ideal de drenagem apresentado no diagrama da Figura 03, levando em consideração o aumento das perdas nas águas armazenadas no reservatório por evaporação e o retorno das águas do sistema combinado tratadas antes de chegar ao rio.

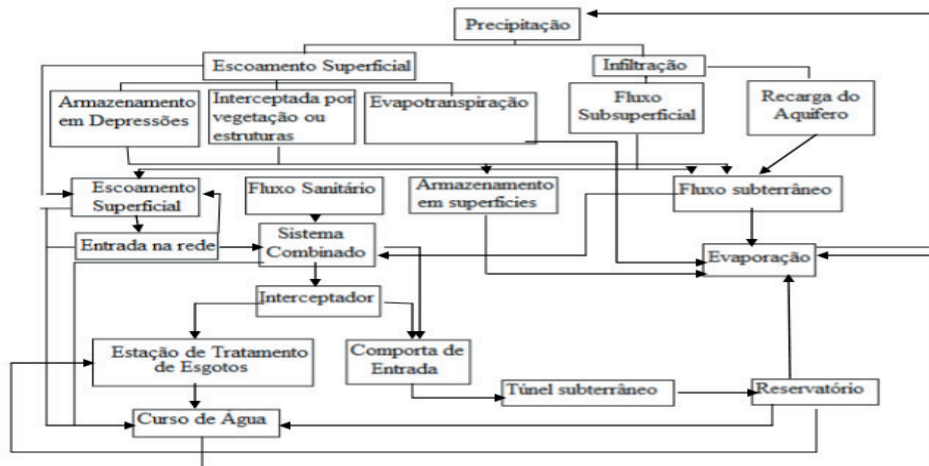


Figura 03: Modelo hidrológico ideal com aplicação do mini-TARP

Fonte: BRESSANI

3.5 Avaliação de dados

A avaliação dos resultados, foi realizada por meio do *software Microsoft Excel*, inserindo como dados de entrada, as vazões obtidas pelos métodos descritos no tópico 3.3 e a capacidade de drenagem de sarjetas conforme são definidas pela PBH (2014), para a realização de análise quantitativa percentual das vazões do sistema mini-TARP.

4 | RESULTADOS

4.1 Geometria e vazões de canal

Geometria	Figura/ANEXO	Resultado	Unidades
A	08/A	1,5	ha
B	07/A	10,0	m
y	06/A	5,0	m
Parâmetros	Equação	Resultado	Unidades
QP	1	0,82	m ³ /s

Qc	2	276,0	m³/s
----	---	-------	------

Tabela 02: Resultados de geometria e vazões do canal

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

O resumo dos resultados do dimensionamento do canal e da geometria do Ribeirão Arrudas são mostrados na Tabela 02 e foram obtidos através de aplicação direta das fórmulas anteriormente descritas no tópico 3.3 e nas figuras dos respectivos anexos. Os cálculos foram descritos no ANEXO C

4.2 Geometria de reservação, tuneis-galeria, recalque e potência de bomba

Os resultados mostrados na Tabela 03, foram obtidos de modo semelhante ao tópico 4.1 anteriormente descrito e os cálculos são apresentados no ANEXO C.

Reservatório	Figura/ANEXO	Resultado	Unidades
Volume mínimo	06/A	300,0	m³
Comprimento	06/A	20,0	m
Lâmina mínima de água	06/A	15,0	m²
Sistema de recalque	Equação	Resultado	Unidades
Dr	4	1000,0	mm
H	3	30,0	m
P	3	250	KW
Tuneis-galeria	Equação	Resultado	Unidades
Diâmetro do túnel	5	422	mm

Tabela 03: Dimensionamento de reservatório, recalque e túnel

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

O funcionamento do sistema é melhor ilustrado nas Figuras 09 e 10 do ANEXO A, demonstrando a posição de serviço dos elementos anteriormente dimensionados.

4.3 Análise de resultados

Os valores demonstrados nas Tabelas 04 e 05, representa a capacidade de armazenamento de água durante uma chuva de projeto com intensidade $I=195\text{mm/h}$. Este resultado reduz o volume total de água que escoaria superficialmente sobre o trecho do Ribeirão Arrudas escolhido para análise. Esta redução é proveniente da capacidade do reservatório de absorver uma quantidade mínima de trezentos metros cúbicos de água ($300,0\text{ m}^3$), pois no caso de sua ausência, tal volume ficaria retido na superfície da bacia pavimentada e desaguaria direto no leito do ribeirão. O ribeirão, por sua vez, não conseguiria dar vazão a este volume devido à velocidade do escoamento superficial originado pela precipitação, fazendo com que o nível de suas águas se

elevassem provocando inundações (BRESSANI, 2010).

Outro papel fundamental do sistema é o controle da evapotranspiração. A água armazenada, passa a desenvolver este processo, reduzindo o volume do reservatório através da perda de parte de suas águas para o ambiente, melhorando as condições de umidade e favorecendo as precipitações de maneira que elas, somadas a redução adequada do escoamento superficial passem a ocorrer de forma menos impactante para a população (VESTENA, 2008).

Para efeito de comparação, os valores das capacidades máximas de suporte de vazão das sarjetas, atualmente implantadas no município de Belo Horizonte estão descritas na Tabela 04. As sarjetas são denominadas pelo seu tipo, variando de A à C conforme a sua capacidade de drenagem de águas pluviais. Os valores apresentados, são referentes à mesma intensidade de projeto de 195mm/h utilizada para o dimensionamento do sistema mini-TARP e conseqüentemente a mesma declividade de projeto de canais $I_p=0,002$ (PBH, 2014).

Tipo de sarjeta	Vazão	Unidades
A	0,040	m ³ /s
B	0,080	m ³ /s
C	0,120	m ³ /s

Tabela 04: Capacidade máxima de vazão de sarjetas em Belo Horizonte

Fonte: PBH (adaptada)

Para melhor ilustrar a relação entre a capacidade das sarjetas em relação a vazão de projeto e a vazão de projeto em relação a vazão de máximo rendimento anteriormente calculada, foram elaborados os gráficos ilustrados nas Figuras 04 e 05. Com base nas informações neles contidas, observa-se que a diferença entre a capacidade de vazão a ser drenada para o reservatório do sistema proposto é expressivamente maior que a capacidade de drenagem das sarjetas para uma mesma vazão de projeto utilizada para o dimensionamento de sarjetas, reservatório e galerias. Este resultado mostrou através da análise quantitativa percentual que a capacidade de armazenamento do mini-TARP é de 97% para a precipitação de intensidade pluviométrica prescrita para o município de Belo Horizonte.

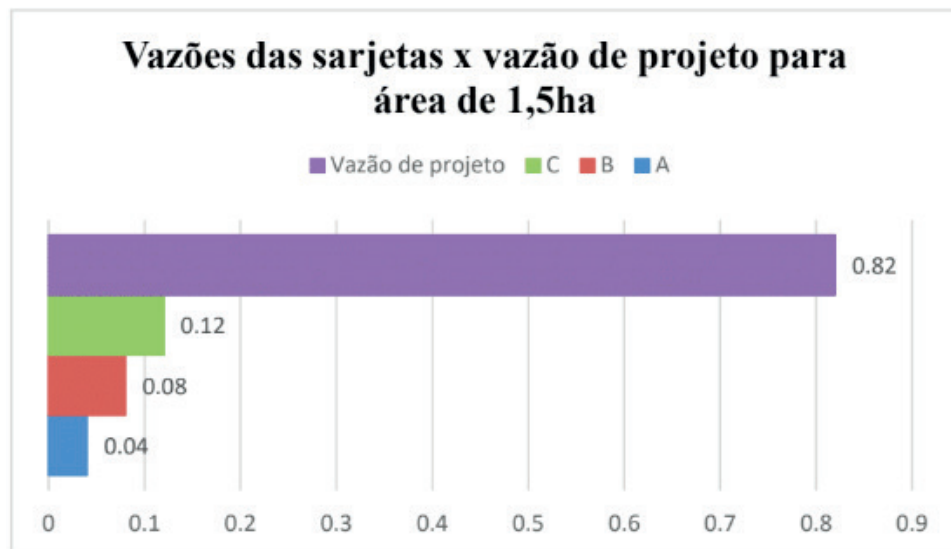


Figura 04: Relação vazão de projeto x capacidade de sarjetas

Fonte: PRÓPRIO AUTOR



Figura 05: Porcentagem de rendimento

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

5 | CONCLUSÃO

O modelo proposto demonstrou ser uma alternativa satisfatória para o problema recorrente de enchentes no entorno do Ribeirão Arrudas.

Somados a minimização de enchentes, a culturalização da responsabilidade da sociedade sobre os impactos que circundam o escopo da preservação de rios é de extrema importância para a redução das consequências sócio-ambientais provenientes da má utilização dos recursos hídricos de grandes cidades como Belo Horizonte.

A implantação de um novo modelo de drenagem e a educação acerca do tema, além de um maior acompanhamento dos órgãos governamentais para fiscalizar e acompanhar de forma mais próxima as ações tanto da população quanto do próprio governo, é peça fundamental para o desenvolvimento sustentável e tecnológico no campo da hidrologia impactando diretamente de forma positiva na sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, M. B; LARA, M. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica**, 3ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

BRESSANI, Daniela de Almeida. **Hidrologia Urbana: Discussão do fenômeno, comparação Brasil e EUA e aplicação de modelo a Chicago**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo, 2010.

CBH. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. **Unidade territorial estratégica Ribeirão Arrudas**. Cartilha digital. Belo Horizonte, 2016. Disponível em <https://issuu.com/cbhriodasvelhas/docs/cartilha_arrudas_22_5x27cm_2016_04_> Acesso em Abril 2018.

DRENURBS. Secretaria de Drenagem Urbana de Belo Horizonte. **Bacias elementares de BH**. Mapas. Belo Horizonte, 2010. Disponível em <<https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias>> Acesso em Março de 2018

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Panorama 2018**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/panorama>> Acesso em: Março de 2018.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Belo Horizonte: Infográficos 2018**. Gráficos Estações Pluviométricas do Cercadinho e Pampulha. Belo Horizonte, 2018. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos.php> Acesso em: Março de 2018.

MENDES, Giulia. **Arrudas: 1 Km de pureza, 46 Km de esgoto**. Cartilha Arrudas. Publicado por Jornal METRO. Belo Horizonte, Segunda-feira, 22 de abril de 2013.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Água. Texto digital. Brasília, 2018. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/agua>> Acesso em: Março de 2018.

PBH. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. **Instrução técnica para elaboração de estudos e projetos de drenagem urbana do município de Belo Horizonte**. Manual técnico de projeto. Belo Horizonte. MG. 2014, 53 pg.

VESTENA, Leandro Redin. **A importância da hidrologia na prevenção e mitigação de desastres naturais**. Artigo científico. Publicado por *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais* V. 4 N. 1 Jan./Abr. 2008, 11 pág.

VTCHL, Ven Te Chow Hydrosystems Lab. **Tunnel and reservoir plan**. Cartilha digital. Chicago. Illinois. 2018. Disponível em <<http://vtchl.illinois.edu/tunnel-and-reservoir-plan/>> Acesso em: Abril 2018.

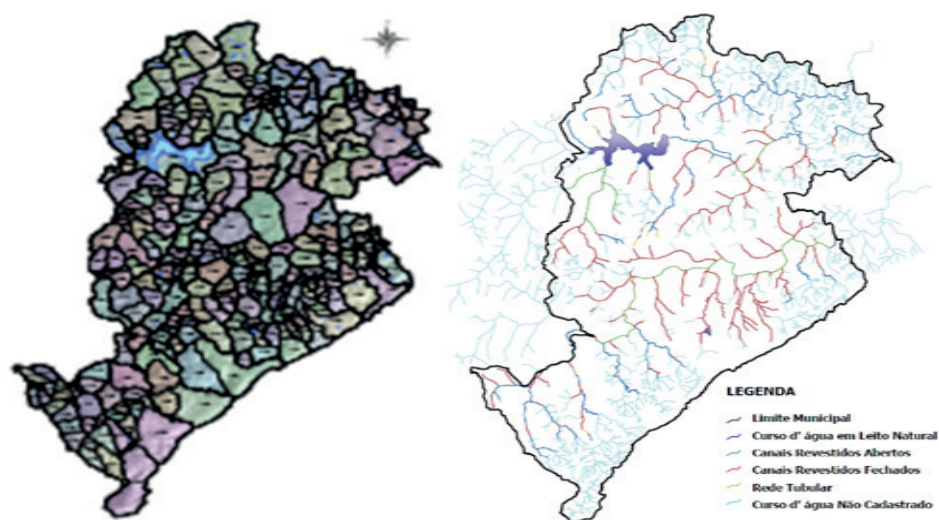


Figura 01: Delimitação de bacias e cursos d'água do município de BH

Fonte: DRENURBS



Figura 02: Esgoto clandestino no Ribeirão Arrudas

Fonte: MENDES

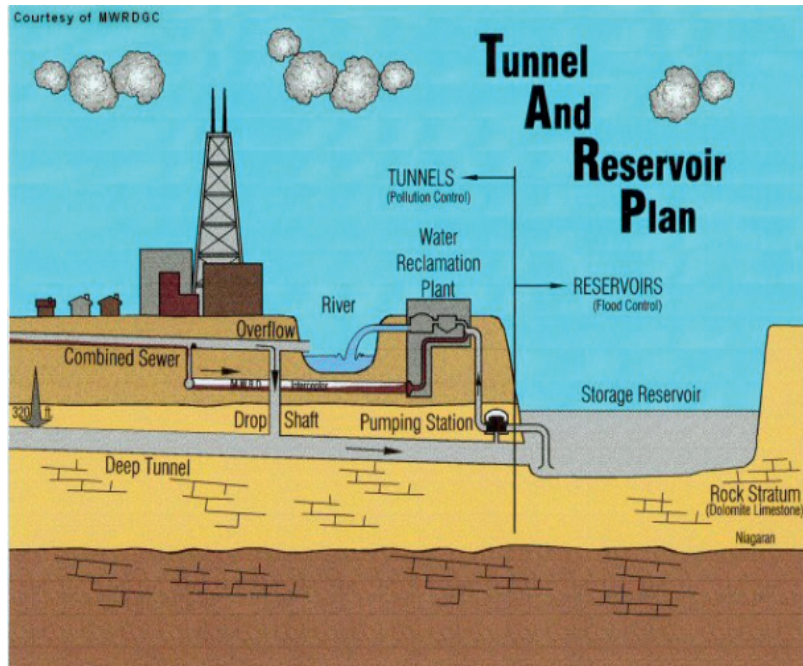


Figura 03: Ilustração do funcionamento do sistema TARP

Fonte: VTCHL

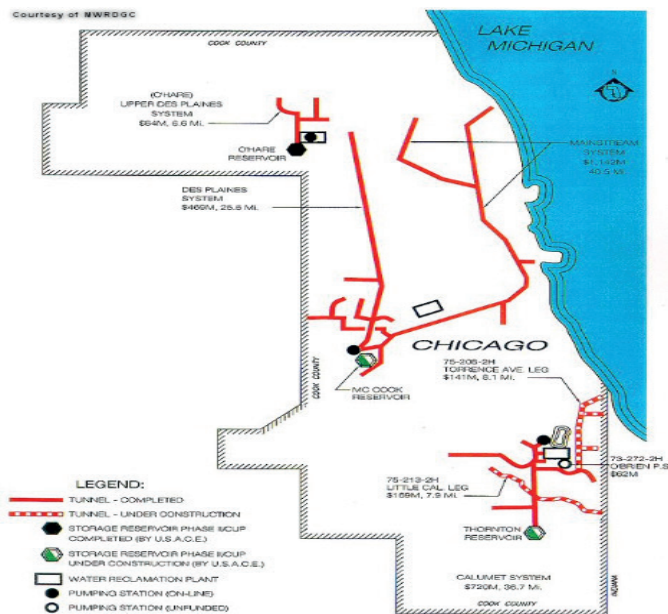


Figura 04: Disposição de túneis e estações em Chicago

Fonte: VTCHL



Figura 05: Local de estudo da bacia do Ribeirão Arrudas

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Quadro 13.1 – Características das seções de máxima eficiência hidráulica

Forma	Seção	Geometria Ótima	Profundidade Normal (y)	Área (A)
Trapezoidal		$\alpha = 60^\circ$ $b = \frac{2}{\sqrt{3}} y$	$0.968 \left[\frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.622 \left[\frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/4}$
Retangular		$B = 2y$	$0.917 \left[\frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[\frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/4}$
Triangular		$\alpha = 45^\circ$	$1.297 \left[\frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[\frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/4}$
Circular		$D = 2y$	$1.00 \left[\frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.583 \left[\frac{Qn}{1^{1/2}} \right]^{3/4}$

Figura 06: Parâmetros geométricos em canais

Fonte: BAPTISTA e LARA

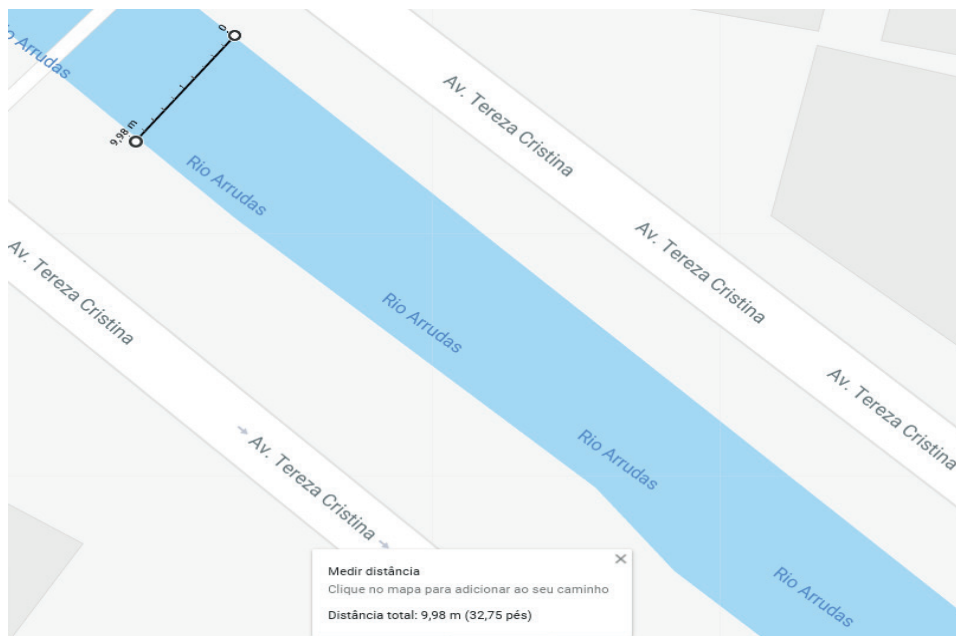


Figura 07: Largura do canal

Fonte: PRÓPRIO AUTOR



Figura 08: Área de contribuição no entorno do Arrudas

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

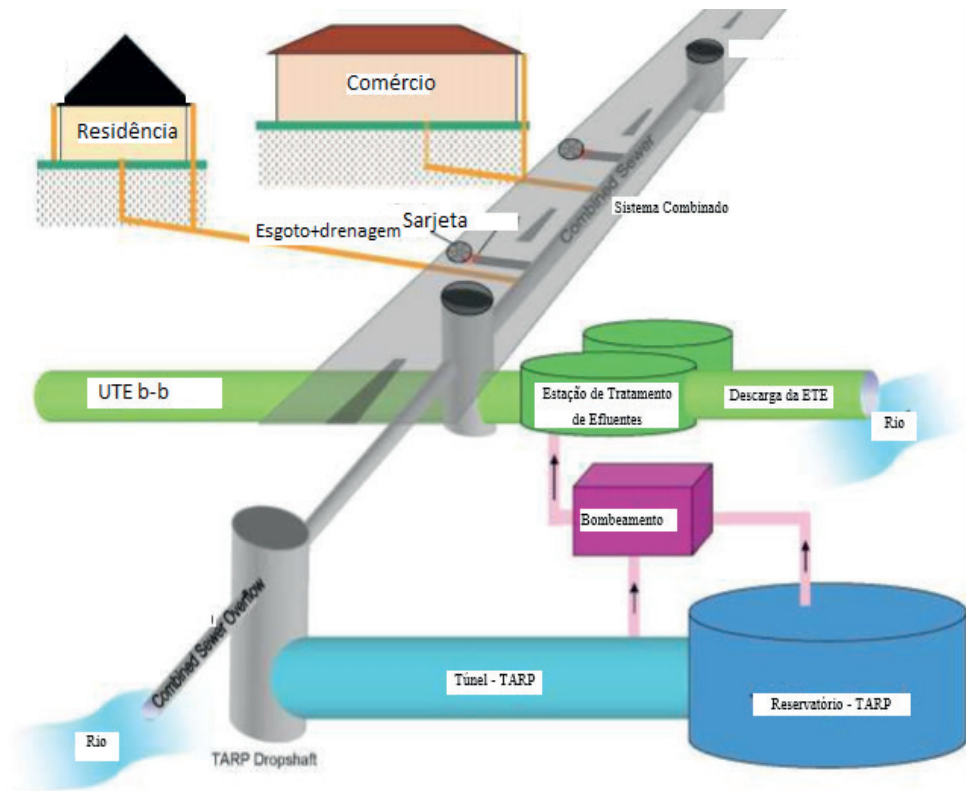


Figura 09: Sistema TARP
 Fonte: BRESSANI (adaptada)

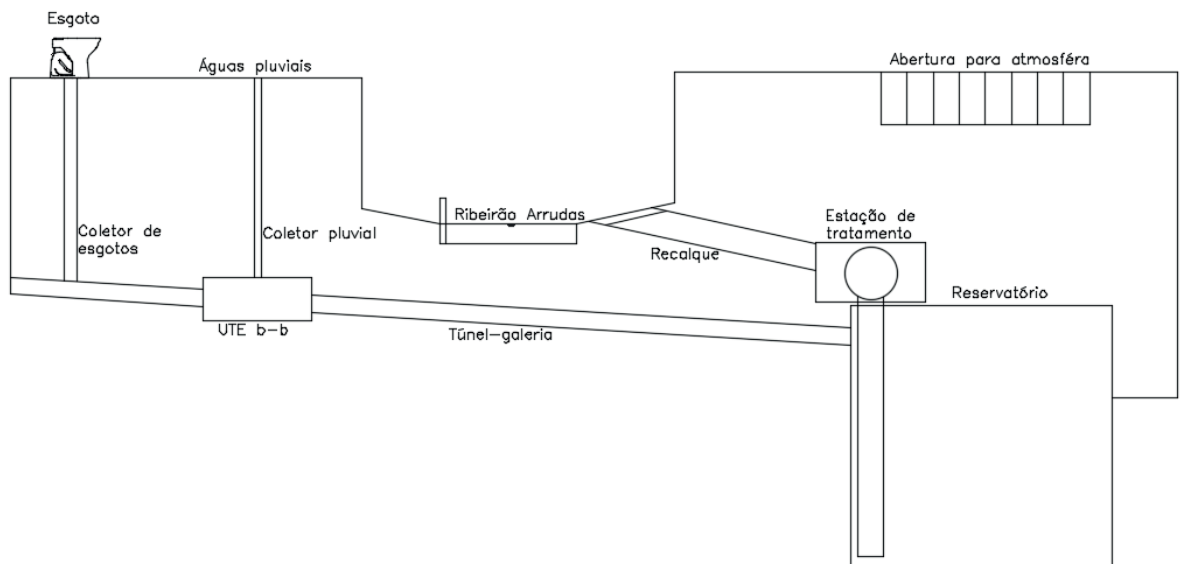


Figura 10: Sistema TARP
 Fonte: PRÓPRIO AUTOR

ANEXO B

TABELAS

População (Hab)	Área total (Km ²)	Área relativa urbanizada (%)	Esgotamento sanitário (%)
2.375.151	331	44,2	96,2

Tabela 01: Dados de Belo Horizonte

Fonte: IBGE

Parâmetro	Valor adotado	Unidade
Peso específico da água	10	KN
Tempo de recorrência (T)	10	anos
Tempo de concentração (tc)	10	minutos
Intensidade pluviométrica (I)	195	mm/h
Coefficiente de escoamento superficial (C)	1,00	adimensional
Coefficiente de Manning (n)	0,015	adimensional
Declividade de projeto (Ip)	0,002	m/m

Tabela 02: Parâmetros para cálculo

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

ANEXO C

MEMORIAL DE CÁLCULO

1- Profundidade média do canal y

$$B = 2y$$

$$y = \frac{B}{2}$$

$$y = \frac{10}{2} = 5,0m$$

2-Vazão de Projeto (QP)

$$QP = 0,00278x(195)x(1,5ha) = 0,82m^3/s$$

3- Vazão de máxima eficiência

$$Qc = \frac{1}{0,015} \times \frac{50^{5/3}}{20^{2/3}} \times 0,002^{1/2} = 275,8 = 276,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

4- Volume mínimo

$$\text{Vol. min(reservatório)} = \text{Vol. max(escoado)}$$

$$\text{Vol. min(reservatório)} = 276 \text{ m}^3 \approx 300,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

5-Comprimento do reservatório

Adotado=20,0m

6- Lâmina d'água do reservatório

$$\text{Lâmina} = 75\% \times \text{comprimento} = 0,75 \times 20 = 15 \text{ m}$$

7- Diâmetro de recalque

$$Dr = K\sqrt{QP} = 1,2\sqrt{0,82} = 1,00 \text{ m} \approx 1000 \text{ mm}$$

8- Potência de bomba

$$P = 10000 \times 0,82 \times 30 = 246000 \approx 250 \text{ KW}$$

9- Diâmetro do túnel-galeria

Para o cálculo do diâmetro, foi considerado que o túnel será circular e a velocidade média do escoamento no túnel que pode variar entre os valores 0,75m/s e 12m/s conforme descrito no tópico 3.2 foi igualada a 6m/s. fazendo $U1=6\text{m/s}$ e $Q=QP$ (vazão de projeto) temos:

$$A1U1 = A1 \times 6 = 0,82$$

$$A1 = \frac{0,82}{6} = 0,14$$

$$\frac{\pi D^2}{4} = 0,14$$

$$D = \sqrt{0,178} = 0,422 \text{ m} \approx 422 \text{ mm}$$

LEVANTAMENTO QUANTITATIVO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE FACHADAS EM EDIFICAÇÕES MULTIPAVIMENTOS NA ÁREA URBANA CENTRAL DE PATOS DE MINAS - MG

Roni Alisson Silva

Centro Universitário de Pato de Minas-UNIPAM,
Patos de Minas-MG

Douglas Ribeiro Oliveira

Centro Universitário de Pato de Minas-UNIPAM,
Patos de Minas-MG

Rogério Borges Vieira

Centro Universitário de Pato de Minas-UNIPAM,
Patos de Minas-MG

desempenho do revestimento de pintura e fissuração causada por deformações estruturais e higrotérmicas.

PALAVRAS-CHAVE: Manifestações patológicas, fachadas, revestimento.

LIFTING FACHADAS EXPRESSIONS
OF PATHOLOGICAL OF QUANTITY IN
BUILDINGS SEVERAL FLOORS IN URBAN
AREA CENTRAL PATOS DE MINAS – MG

RESUMO: Este trabalho visa o levantamento das principais manifestações patológicas em fachadas de edificações multipavimentos da região central da cidade de Patos de Minas-MG, através de inspeções visuais e registro fotográfico. São estudados ao todo doze tipos de manifestações patológicas, enquadradas em quatro classes, presentes em fachadas frontais de cento e vinte e sete edificações da Zona de Adensamento Preferencial um (ZAP-1) da cidade, definida pela Lei Complementar nº 271 de 2006. Na análise quantitativa das manifestações patológicas separam-se as edificações em quatro diferentes finalidades de ocupação – residencial, comercial, institucional e residencial/comercial – e faz-se também o levantamento com relação à orientação geográfica, e às quatro classes de manifestações: a percolação de água, desempenho da argamassa e substrato,

ABSTRACT: This work aims to survey the main pathological manifestations in several floors building façades in the central area Patos de minas-MG, through visual inspection and photographic record. All twelve kinds of pathological manifestations are going to be studied, classified into four classes, and which are present in 127 front building façades of Densification Preferred Zone one (ZAP-1) from the city, defined by Complementary Law No. 271 of 2006. The quantitative analysis of the pathological manifestations separate the buildings in four different occupation purposes - residential, commercial, institutional, and residential/commercial - and it was also conducted a survey related to the geographical orientation and the four classes of pathological manifestations: water percolation, mortar performance and substrate, performance of paint coating and cracking caused by structural

and hygrothermal deformations.

KEYWORDS: Pathological manifestations, facades, coating.

1 | INTRODUÇÃO

Com a expansão do setor da construção civil observado nos últimos anos, a utilização de sistemas construtivos ágeis, novas tecnologias, materiais alternativos e a implantação da norma brasileira de desempenho das edificações habitacionais - NBR 15575-4 (ABNT, 2013), é relevante que estudos sobre acabamento, revestimento e pintura sejam realizados, de modo a fornecer dados e embasamento técnico-científico para a melhor escolha dos sistemas construtivos e materiais adequados de acordo com a exigência intrínseca de cada edificação.

As manifestações patológicas se manifestam no acabamento de edificações com o decorrer do tempo pela exposição a fatores agressivos como a umidade, variações de temperatura, vento, insolação, e a presença de agentes biológicos. O revestimento de fachadas é a parte afetada de maneira mais crítica por manifestações patológicas, devido a sua exposição constante a tais intempéries. As manifestações patológicas presentes nesses sistemas podem ser consideradas imperfeições construtivas oriundas de erros técnico-operacionais, ou da utilização de métodos, ou materiais inadequados a cada realidade.

No Município de Patos de Minas, por exemplo, é predominante a utilização de saibros, e areias de baixa qualidade em compostos cimentícios, dos quais as argamassas de revestimento, constantemente associadas às manifestações patológicas. Segundo Oliveira e Agopyan (1992) a região do Triângulo Mineiro é caracterizada pela utilização de saibro tanto em argamassas de assentamento quanto em revestimento, principalmente devido à disponibilidade de tal material, ainda que haja consenso na construção civil que o saibro é indesejável para revestimentos argamassados por apresentar manifestações como trincas, retenção de umidade, e descolamento da película de tinta.

O presente trabalho teve como objetivo diagnosticar as manifestações patológicas e realizar um levantamento quantitativo das mesmas para compreensão do estado de conservação das fachadas na zona de adensamento preferencial um (ZAP-1) da cidade de Patos de Minas-MG.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Zona de Adensamento Preferencial um (ZAP-1) da cidade de Patos de Minas-MG, localizada na mesorregião do Triângulo Mineiro, microrregião do Alto Paranaíba. Segundo o IBGE (2010) possui 138.710 habitantes,

área territorial de 3.189.771 km² e densidade demográfica de 43.49 hab/km². A seguir na figura 1 pode ser visualizada a Rua Major Gote, via principal da cidade, e objeto de estudo por compor a ZAP-1.



Figura 1: Fotografia da Rua Major Gote, inserida na ZAP-1, Patos de Minas

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

De acordo com a Lei Complementar nº 271 da Prefeitura Municipal de Patos de Minas, o zoneamento institui as regras gerais de uso e ocupação do solo para cada uma das Zonas em que se subdividem as Macrozonas. No caso desta pesquisa, definiu-se que seria objeto de estudo a Macrozona de Adensamento Preferencial um (ZAP-1). Esta lei prevê que esta Macrozona possui as seguintes destinações:

Art. 54. A Macrozona de Adensamento Preferencial um tem como objetivos:

I - Orientar e intensificar o adensamento e a diversificação do uso do solo, de forma a otimizar, a utilização dos equipamentos e infraestrutura instalados;

II - Incentivar o uso residencial junto às atividades comerciais e de serviços, de forma a evitar ociosidade da estrutura urbana, fora dos horários comerciais.

A área de estudo, assim como definido pela Lei Complementar nº 271 é composta majoritariamente por edificações com dupla utilização, comercial e residencial. Foram adotadas como objeto amostral as edificações acima de dois pavimentos, pertencentes a todos os logradouros do zoneamento referido.

As construções foram classificadas em quatro finalidades de acordo com seu uso: de ocupação, residencial, comercial, residencial e comercial e institucional. Já as manifestações patológicas citadas no Quadro 1, foram separadas em quatro grupos de acordo com o tipo de manifestação.

Tipos de manifestações Patológicas	Simbologia Adotada	Grupo patológico
Deslocamento de pastilhas ou placas cerâmicas	P-1	Revestimento/Substrato
Fissuração do revestimento	P-2	Revestimento/Substrato

Degradação da pintura	P-3	Pintura
Deslocamento da pintura	P-4	Pintura
Formação de eflorescência	P-5	Percolação de líquidos
Descolamento da argamassa de revestimento	P-6	Revestimento/Substrato
Esfarelamento ou desagregação	P-7	Revestimento/Substrato
Manchamento do revestimento	P-8	Percolação de líquidos
Infiltração de líquidos	P-9	Percolação de líquidos
Fissuras próximas aos vãos de aberturas	P-10	Deformações
Fissuras horizontais	P-11	Deformações
Fissuras verticais	P-12	Deformações

Quadro 1: Tipos de manifestações Patológicas pertencente a cada grupo

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

A metodologia consistiu em vistoriar visualmente as edificações, registrando o número de ocorrências patológicas observadas, além da orientação geográfica, finalidade de uso das edificações, compondo ainda, um registro fotográfico para posterior análise. Ressalta-se que na ocorrência de duas ou mais áreas da fachada acometidas com a mesma manifestação patológica gera-se apenas um registro. Assim, o trabalho retrata o número de casos observados sem fazer distinção entre o grau de acometimento de cada edificação.

Após coleta de dados fez-se a análise dos resultados de modo a caracterizar o estado de conservação das fachadas e quais as manifestações patológicas eram predominantes.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 observam-se as manifestações patológicas detectadas na área em estudo. O principal grupo patológico presente nas fachadas tem relação com o desempenho do revestimento e do substrato, correspondente a 31,5 % dos casos estudados. Esse número pode ser consequência da utilização de argamassas contendo saibro. As argamassas de revestimento com utilização de saibro apresentam menor desempenho mecânico, devido à presença de alto teor de impurezas orgânicas, e à presença de partículas de características siltosas. (OLIVEIRA, VIEIRA. R, VIEIRA; 2016)

As manifestações devidas a deformações se mostraram presentes em 29,4 % dos casos, seguidas pelas manifestações devido à percolação de líquidos, 21,8 %, e na pintura, 17,3% dos objetos de estudo.

Na área em estudo obteve-se média de 4,7 tipos de manifestações patológicas por construção, um valor representativo da baixa qualidade dos materiais e técnicas empregados na construção regional. Tais defeitos além de desvalorizar os imóveis,

requerem elevado custo para reparos em comparação à simples adoção de medidas mitigadoras durante a execução. Segundo Oliveira e Agopyan (1992) as soluções de problemas em revestimentos argamassados podem ser bastante onerosas já que 30% do custo da obra são empregados em serviços com argamassas.

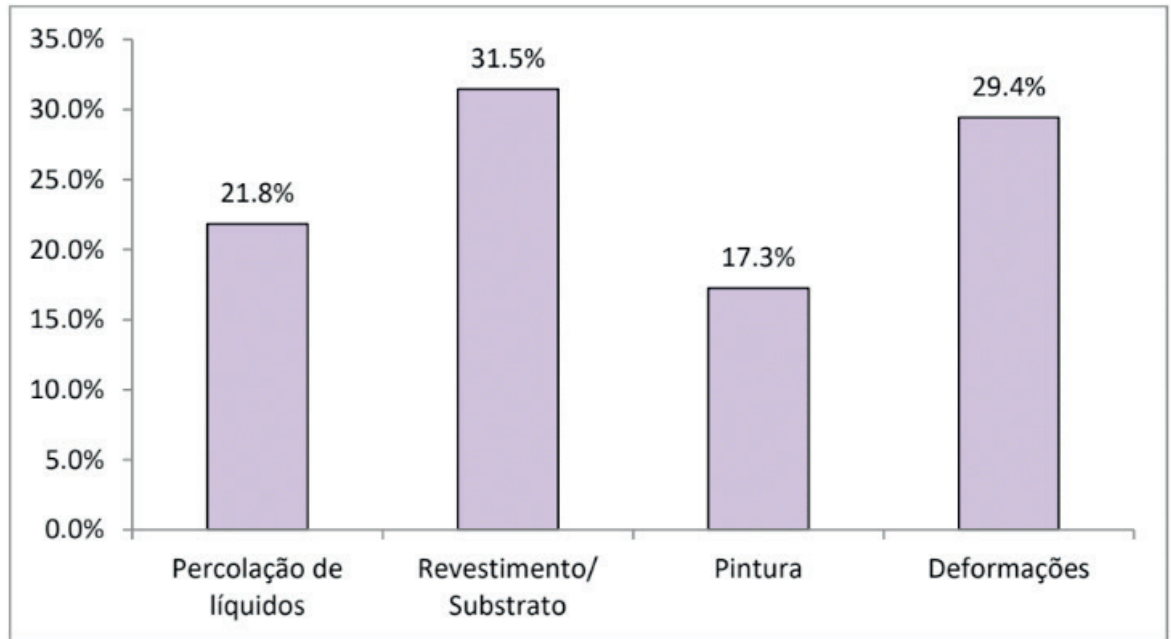


Figura 2. Levantamento quantitativo de manifestações patológicas

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

Na Figura 3 são apresentados os dados em relação ao tipo de construção. As edificações de dupla finalidade para uso residencial e comercial são as que têm o maior número de casos registrados, devido ao fato já citado de ser uma área predominantemente composta por edificações de dupla finalidade.

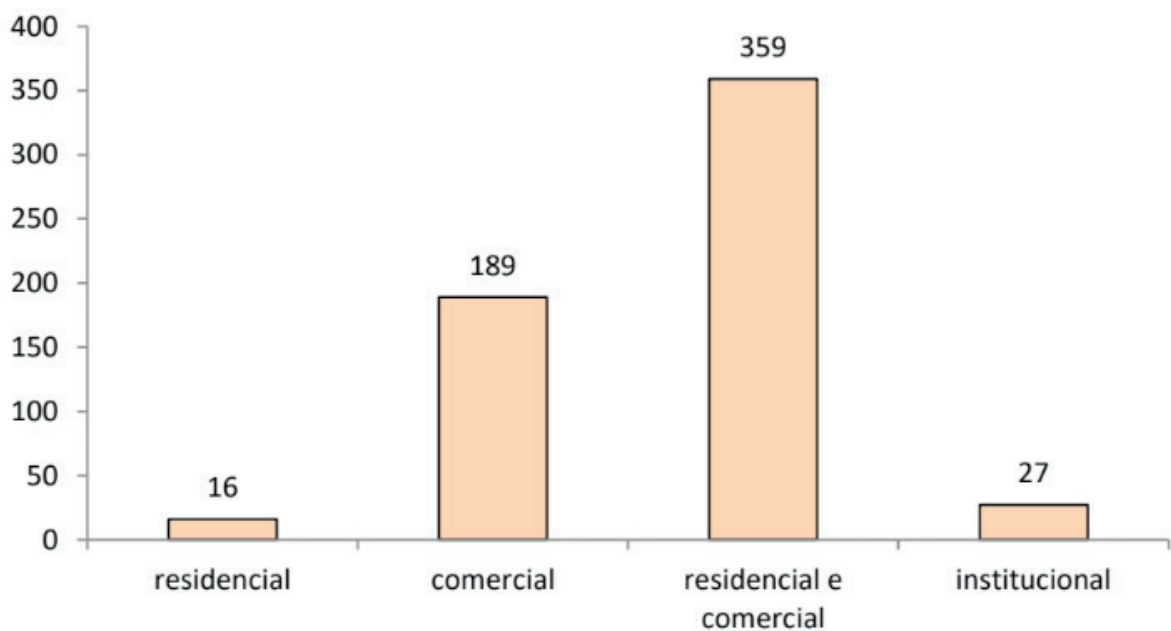


Figura 3. Manifestações patológicas por uso das edificações

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

Na Figura 4, têm-se a incidência de cada grupo de manifestações patológicas nas quatro orientações geográficas. Ressalta-se a predominância de manifestações no revestimento e substrato em todas as orientações das fachadas. Porém, mostra-se relevante a ocorrência de manifestações devido às deformações da alvenaria nas fachadas voltadas para leste e oeste, as quais recebem maior incidência solar durante todo o ano. A incidência solar mais direta nessas fachadas leva a maiores variações térmicas durante o dia, e exige dos revestimentos uma maior capacidade de acomodar deformações. Oliveira *et. al* (2016) afirma que o contorno das edificações, e as peculiaridades na geometria, na orientação das fachadas, e condições climáticas, influenciam muito os mecanismos de degradação, os quais são resultados de interações acumulativas das condicionantes da edificação.

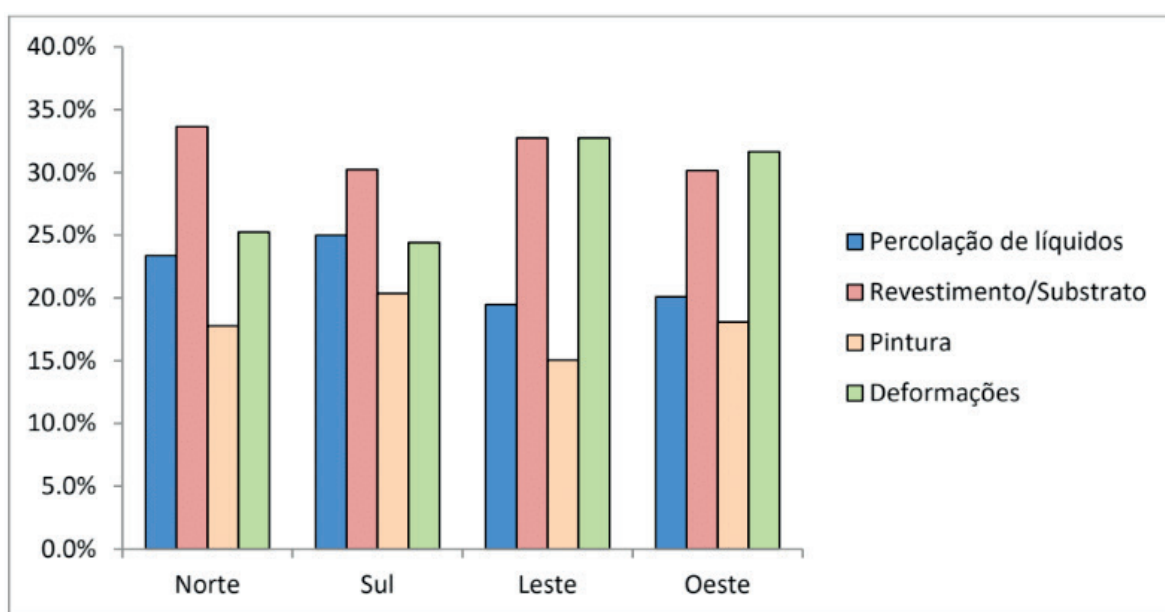


Figura 4. Relação entre manifestações patológicas e orientação geográfica

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

4 | CONCLUSÃO

A falta de mão-de-obra qualificada, e a utilização indevida de materiais de baixa qualidade, como saibros, barro, dentre outros, além dos cronogramas construtivos cada vez mais enxutos podem ser tomados como os fatores preponderantes para as manifestações patológicas estudadas.

O principal grupo de manifestações patológicas foi detectado no revestimento/substrato com 31,5% dos casos, em contraste às manifestações patológicas ocorridas na pintura, representando 17,3% dos acometimentos patológicos.

O alto índice de manifestações na classe de revestimento/substrato pode ser atribuído à cultura regional de utilização de materiais inadequados como o saibro.

As manifestações por deformações na alvenaria e revestimento se mostraram mais presentes nas fachadas voltadas para leste e oeste, graças à insolação direta e

às maiores variações térmica nos revestimentos empregados.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE**. São Paulo, 2013. 63 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=314800>>. Acesso em: 01 de Julho de 2016.

Oliveira, D. R; Vieira. R. B; Vieira. S.P. **Correlação entre os índices físicos de argamassas produzidas com diferentes materiais inertes, as manifestações patológicas e as propriedades do revestimento**. In: Congresso Brasileiro de Patologias de Construções, 2., 2016, Belém. Anais... . Belém: Casa Leiria, 2016. p. 823 - 835.

Oliveira, M. B. de; Agopyan, V. **Verificação de algumas propriedades de argamassas com saibro da região de Uberlândia para assentamento de tijolos cerâmicos**. São Paulo: EPUSP, 1992. 40 f. - (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/73).

Oliveira, V. C; Bauer, E; Oliveira, M. J; Carvalho, M. T; Henrique, E. S. **Os fenômenos pré-danos nas fachadas** - Conceituação e aplicação. In: Congresso Brasileiro de Patologias de Construções, 2., 2016, Belém. Anais... . Belém: Casa Leiria, 2016. p. 1823 - 2214.

Prefeitura de Patos de Minas (Município). **Lei Complementar nº 271**, de 1 de novembro de 2006. Institui a Revisão do Plano Diretor do Município de Patos de Minas, e Dá Outras Providências...

NOVOS PARADIGMAS E DESAFIOS NO ENSINO DE DISCIPLINAS PROFISSIONALIZANTES DE ENGENHARIA CIVIL COM BASE NA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS

Henrique Clementino de Souza

Faculdade Estácio de Natal, Curso de Engenharia Civil.
Natal-RN

RESUMO: A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma metodologia pedagógica que apresenta possibilidades de utilização na Engenharia Civil. Trata-se de uma técnica que constitui-se no ensino centrado no estudante e na resolução de problemas reais ou simulados. O aluno é estimulado a apresentar soluções para os problemas que lhe são reportados, fazendo com que recorram aos conhecimentos das disciplinas e desenvolvam aspectos de discussão, estudos, aquisição e integração de novos conhecimentos. Objetivou-se analisar os desafios da prática da ABP adotada como estratégia pedagógica no ensino de disciplinas profissionalizantes da Engenharia Civil. A metodologia adotada baseou-se em grupos focais de discussão e na construção de modelos teórico que evidenciassem a aplicabilidade da ABP no âmbito da Engenharia Civil. Os dados obtidos foram sistematizados em relatórios que evidenciaram as análises desta pesquisa. Através da ABP, os objetivos cognitivos são estabelecidos e construídos pelos estudantes e pelo professor, fazendo uso do aprendizado do aluno para pensar e formular soluções para os

problemas estudados. A ABP trata de princípios de um ensino integrador de conteúdos e de diferentes áreas do conhecimento, fazendo com que os alunos resolvam problemas da futura vida profissional. Esta pesquisa aponta a identificação dos corpos discente e docente em termos da adequada realização das atividades de problematização de situações reais para fins de resolução de problemas. Na avaliação do efeito deste método de aprendizagem tornou-se imperativo analisar os possíveis ganhos de aprendizagem proporcionados pela metodologia ABP. A ABP tornou-se uma opção viável, merecedora da gradual utilização pedagógica.

PALAVRAS-CHAVE: disciplinas profissionalizantes, Engenharia Civil, aprendizagem baseada em problemas.

ABSTRACT: The Problem-Based Learning (PBL) is a pedagogical methodology presents possibilities of use in Civil Engineering. It is technique that is based on student-centered teaching and solving real or simulated problems. The student is stimulated present solutions to the problems that are reported to them, making them use the knowledge of the disciplines and develop aspects of discussion, studies, acquisition and integration of new knowledge. The objective was to analyze the challenges of the practice of the PBL adopted as a pedagogical strategy in

the teaching of professional disciplines of Civil Engineering. The methodology adopted was based on focus groups of discussion and the construction of theoretical models that showed the applicability of the PBL in the scope of Civil Engineering. The data obtained were systematized in reports that evidenced the analyzes of this research. Through the PBL, cognitive goals are established and constructed by the students and the teacher, making use of the student's learning to think and formulate solutions to the problems studied. The PBL deals with principles of content education and different areas of knowledge, making students solve problems of the future professional life. This research identifies the identification of the student and teacher bodies in terms of the adequate accomplishment of the problematic activities of real situations for the purpose of problem solving. In evaluating the effect of this learning method it became imperative to analyze the possible learning gains provided by the PBL methodology. PBL has become a viable option, deserving of gradual pedagogical use.

KEYWORDS: Professional Disciplines, Civil Engineering, Problem-Based Learning.

1 | INTRODUÇÃO

As experiências docentes no âmbito do Ensino Superior brasileiro na contemporaneidade ainda são fortemente revestidas de uma prática pautada em uma pedagogia de cunho tradicional caracterizada pela assimilação bancária e, fortemente arraigada em uma visão cartesiana e, por demais desumanizada quanto ao aspecto do processo de ensino-aprendizagem, assim como da relação professor-aluno.

De acordo com Freire (2005), no âmbito da denominada assimilação bancária: “o educador é o que sabe; os educandos, os que não sabem”; “o educador é o que pensa; os educandos, os pensados”; “o educador é o que diz as palavras; os educandos, os que escutam docilmente” e, “o educador, finalmente, é o sujeito do processo; os educandos, meros objetos”. Diante desse viés tão perfeitamente retratado por Paulo Freire, a pedagogia tradicional ao longo dos últimos tempos perdurou como a prática prevalente no cerne do ensino superior brasileiro, assim como na educação básica.

Com base no ideário Freireano as inquietações surgem da necessidade de buscar-se uma educação crítica, problematizadora, ativa e reflexiva que venha a substituir gradualmente a pedagogia tradicional caracterizada pela assimilação bancária supramencionada, buscando-se para tanto habilitar o corpo discente do ensino superior a um posicionamento crítico, criativo, pensativo e, principalmente analítico em torno da realidade que os permeiam.

Deste modo, o projeto educacional a ser cunhado no bojo da educação superior brasileira deve ser paulatinamente desenvolvida visando à construção de uma autonomia individual do aluno sob constante estímulo-provocação oriunda do docente que o acompanha. Disso, o aluno certamente se tornará consciente e sabedor de sua responsabilidade como participe da sociedade, buscando construir/reconstruir, significar e resignificar conhecimentos, habilidades e atitudes.

Entretanto, devido à pedagogia tradicional ainda prevalecer nos espaços educacionais e, na maior parte das práticas docentes, torna-se imperativo o gigantesco desafio de elaborar e aplicar permanente e gradativamente ações educativas que privilegiem os conhecimentos prévios do alunado, que promovam a perspectiva interacionista dos grupos constituídos, assim como estimulem a construção de ambientes investigativos e criacionais de aprendizagem, através da exposição e compartilhamento de dúvidas, construção de hipóteses, experimentações e constituições de novos aprendizados mutuamente socializados.

De modo a iniciar-se a tão almejada ruptura com a pedagogia tradicional fortemente enraizada no âmbito educacional universitário, vem à tona as metodologias ativas de ensino-aprendizagem, onde dentre várias proposições contemporaneamente discutidas, tem-se a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) ou Problem-Based Learning (PBL), como abordagem pedagógica que vêm sendo gradualmente implementada na formação de profissionais que sejam capazes de desenvolverem conhecimentos, habilidades e atitudes em prol de fato a aprenderem a aprender.

AABP surgiu no final da década de 1960 na Faculdade de Medicina da Universidade McMaster, na cidade de Hamilton, Canadá. A ABP, por sua vez, consiste em uma metodologia, portanto, não tão atual, mas pouco conhecida no âmbito pedagógico de ensino e aprendizagem com ampla utilização no ensino superior, principalmente na área do conhecimento da saúde, mais especificamente na área da Medicina, assim como em outros níveis educacionais, sendo proporcionalmente menos utilizado. A ABP, portanto, se baseia grandemente na utilização de problemas cotidianos (reais ou simulados) para iniciar, estimular e direcionar a aprendizagem de conhecimentos conceituais, técnicos, atitudinais e procedimentais voltadas majoritariamente para o âmbito profissional.

Segundo Rikers e De Bruin (2006), a ABP pode ser considerada como uma das mais proeminentes protagonistas do construtivismo na esfera educacional. No Brasil, o uso da ABP na estruturação curricular é mais comum em instituições de ensino superior, dentre as quais podemos mencionar: a Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (SP); a Faculdade de Medicina da Universidade Estadual de Londrina (PR); a Faculdade de Medicina de Marília (SP); a Faculdade de Medicina do Centro Universitário Serra dos Órgãos (RJ) e o curso de Medicina da Universidade Federal de São Carlos (SP). Contudo, em outras áreas do conhecimento como na área tecnológica, por exemplo, o emprego dessa estratégia de ensino-aprendizagem ainda é bastante incipiente. O negativo reflexo deste fato é a escassez de pesquisas publicadas sobre o uso da ABP no ensino superior tecnológico, destacando-se a pesquisa de Andrade e Campos (2007).

A ABP certamente proporciona o desenvolvimento teórico e prático, especificamente em se tratando deste estudo, o ensino da Engenharia Civil calcado na utilização de casos e situações-problemas que permitam contribuir para o desenvolvimento das capacidades intelectuais do corpo discente. A ABP caracteriza-

se por ser uma metodologia que permite ao estudante ter uma ação proativa na sua formação acadêmico-profissional. A ABP e seus desdobramentos no campo da Engenharia Civil permite reduzir os abismos oriundos da elevada fragmentação teórico-prática, o mecanicismo e o excessivo cartesianismo que fortemente permeia a formação acadêmica da Engenharia Civil.

O estudo ora apresentado proporciona uma visão geral e introdutória da ABP, enfocando aspectos principais, tais como: a fundamentação, características, formatos e problemas tipicamente adotados, assim como expõe a aplicação desta metodologia didático-pedagógica no cerne do curso de Engenharia Civil, o qual tradicionalmente foge ao centro das discussões e aplicações tipicamente associadas às diversas áreas do conhecimento da saúde.

Esta pesquisa problematiza-se fundamentalmente a partir da apresentação de respostas à seguinte questão: A Aprendizagem Baseada em Problemas proporciona novas perspectivas de aprendizagem para as disciplinas profissionalizantes da Engenharia Civil dentro de contextos práticos?

Esta pesquisa tem por objetivo analisar os novos cenários e desafios da prática da Aprendizagem Baseada em Problemas adotada como estratégia didático-pedagógica no ensino de disciplinas profissionalizantes da Engenharia Civil. Como objetivos específicos, têm-se: analisar a viabilidade da utilização da Aprendizagem Baseada em Problemas no curso de Engenharia Civil; e, discutir o fomento a disseminação do uso da ABP como estratégia de aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem em cursos de Engenharia Civil.

A metodologia adotada para consecução desta pesquisa baseou-se no estabelecimento de grupos focais de discussão e no entendimento de modelos teórico-conceituais que evidenciem a aplicabilidade da ABP no âmbito de três disciplinas da respectiva graduação cuja pesquisa foi estruturada com base na verificação das seguintes etapas: observação da realidade; teorização; definição de hipóteses de solução; e, aplicação à realidade, a qual se constitui como etapa final para verificação da consecução das atividades inerentes a ABP.

Com este estudo é possível discutir sobre a experiência de utilização da referida metodologia em 3 (três) disciplinas profissionalizantes do curso de Engenharia Civil de 1 (uma) instituição de ensino superior privada situada na cidade de Natal/RN, contemplando-se a visão dos agentes pedagógicos envolvidos (discentes e docentes), evidenciando para tanto as limitações intrínsecas e extrínsecas, assim como contextuais de um novo paradigma de educação no campo da Engenharia Civil, tornando notório os avanços obtidos com relação ao desenvolvimento cognitivo tanto do corpo discente quanto dos docentes.

2 | A APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS E AS SITUAÇÕES-PROBLEMAS PARA ESTUDOS

Perrenoud (2000) destaca a situação-problema como um recorte de uma realidade, de um cenário complexo, de algo que é dinâmico. Uma das características marcantes de uma situação-problema é desafiar o aprendiz para agir no intuito de transpor um obstáculo e realizar uma aprendizagem.

Moraes (1999), lista alguns atributos profissionais desejáveis na formação de profissionais da engenharia, dentre os quais: (a) conhecimentos: ciência e tecnologia, computação, administração, impactos ambientais e sociais da tecnologia, etc.; (b) habilidades: desenvolvimento de projetos, solução de problemas, comunicação, trabalho em equipe, auto-avaliação e avaliação de pares, etc.; e (c) atitudes: ética, responsabilidade para com colegas, sociedade e profissão, iniciativa, flexibilidade, empreendedorismo, motivação para o aprendizado autônomo ao longo da vida, dentre outras.

Meirieu (1998) define a situação-problema como uma “situação didática” na qual é proposta ao sujeito uma tarefa que somente obterá sucesso se este realizar uma aprendizagem. Esta aprendizagem, que é o verdadeiro objetivo da situação-problema, ocorre quando determinados obstáculos são superados na realização da tarefa proposta.

A adequada inicialização dos trabalhos que envolvam a ABP dar-se por meio da elaboração de uma rica e significativa situação-problema, pois somente a partir desta preocupação inicial a ser observada é que o êxito da ABP será inicialmente atingido. As situações-problema devem ser concebidas por meio de objetivos adequados e previamente determinados, priorizando para maior eficácia e eficiência do processo de ensino-aprendizagem situações-problema que denotem exemplos da vida real, além de que devem requerer dos estudantes conhecimentos prévios relacionados às suas formações teórico-práticas e, por conseguinte, profissionais.

No âmbito da Engenharia Civil percebeu-se que seria interessante promover alterações que visassem consolidar alguns aspectos educacionais, tais como: ênfase no pensamento conceitual e na resolução de situações-problemas; ampliação das competências profissionais da matriz curricular objetivando priorizar a formação sob enfoque mais profissional, assim como desenvolver habilidades de comunicação; melhoria da interdisciplinaridade no processo de aprendizagem acadêmico-profissional; e, incrementar as oportunidades de colaboração entre diferentes profissionais atuantes na área da Engenharia Civil.

A situação-problema é na ABP o principal componente para o êxito da prática desta metodologia pedagógica, ou seja, a situação-problema, portanto, se constitui como a força motriz para a efetivação do processo de ensino-aprendizagem, o qual deve ser concebido em ciclos estruturados de atividades previamente determinadas e adequadamente designadas.

A Figura 1, a seguir, é apresentada as etapas do ciclo de aprendizagem da ABP, a qual pode ser denominada de Processo de Tutoria. Inicialmente, o corpo discente é apresentado ao um cenário de uma situação-problema. Na atividade desenvolvida, por exemplo, os estudantes na disciplina de Mecânica dos Solos não tiveram acesso a um relatório de sondagem geotécnica, o qual se fosse permitido o respectivo acesso certamente facilitaria o imediato entendimento da situação-problema proposta.

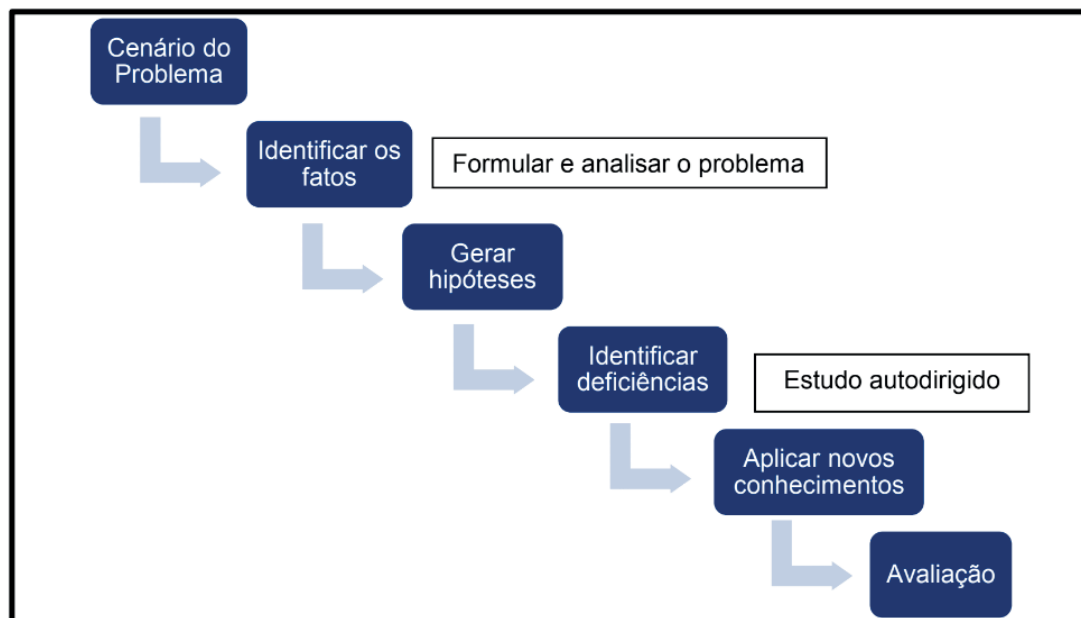


Figura 1 – Ciclos de aprendizagem na metodologia da ABP

Em um segundo passo, os alunos deveriam analisar a situação-problema exposta e reformulá-la, identificando os pontos cruciais relacionados a situação-problema. Esta etapa é fundamental para que os estudantes possam ter a real representação da situação-problema, assim sendo possível melhor compreender os fatos envolvidos e, demandando a estes a geração de hipóteses para possíveis soluções.

O essencial a se extrair analiticamente neste ciclo é a identificação das possíveis deficiências de conhecimento que o grupo possa ter e, que dificultam, ou impedem, a proposição de soluções para a situação-problema. A partir desta conclusão sobre as deficiências não é algo apenas inerente ao professor-tutor, mas sim algo construído em nível de grupo e que, com foco na solução do problema central já identificado, acaba por gerar uma etapa de estudos autodirigidos entre os membros do grupo para aprimoramento de entendimentos mútuos.

Por sua vez, cada aluno deverá ser capaz de aplicar os novos conhecimentos obtidos a partir do momento individual de aprendizagem no processo de solução coletiva da situação-problema. Assim, ao final de cada ciclo, ou de cada situação-problema, os alunos devem refletir sobre os conhecimentos que foram obtidos ao longo do processo. Desta forma, a ABP se constitui basicamente como uma abordagem instrucional que permite os estudantes desenvolver estratégias de aprendizagem mais

flexíveis, significativas, enriquecedoras, vivenciais e constituir conhecimentos mais sólidos.

3 | A APLICAÇÃO DA ABP EM DISCIPLINAS DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

O Curso de Engenharia Civil da Faculdade Estácio de Natal objeto da investigação científica ora apresentada é um curso que funciona na modalidade semipresencial, denominada internamente de modalidade Flex, onde o corpo discente é vinculado formalmente a Universidade Estácio de Sá (UNESA) sediada na cidade do Rio de Janeiro/RJ. O curso é concebido para integralização mínima em 10 (dez) períodos letivos, ou seja, 5 (cinco) anos e, cuja estruturação curricular é constituída por disciplinas do núcleo básico (cálculos, química geral, físicas geral e experimental, linguagem de programação, desenho técnico, resistência dos materiais, dentre outras) e disciplinas do núcleo profissionalizante (hidráulica, mecânica dos solos, estruturas de concreto I, pontes, estradas, hidrologia, saneamento básico, instalações elétricas, instalações hidráulicas, estruturas de aço, estruturas de madeira, investigação de campo e remediação, tópicos especiais em Engenharia Civil I, dentre outras).

Para uma vinculação cada vez mais efetiva as exigências do mercado de trabalho e aos novos perfis profissionais requeridos pela formação da Engenharia Civil, o referido curso objetiva formar profissionais contextualizados com as novas tendências de mercado cujo trabalho deve ser pautado numa atuação ativa, criativa, crítica e reflexiva no qual as decisões a serem adotadas pelos profissionais egressos da Instituição impliquem na articulação de saberes provenientes das diversas áreas do conhecimento constituintes da matriz curricular e, por meio de sólidas bases científicas e instrumentais, com ênfase no conhecimento científico, das bases tecnológicas, com ênfase no conhecimento técnico e nas qualificações tácitas do indivíduo e que são mediados pela dimensão ética e profissional requeridas pela sociedade e pelas organizações.

Neste contexto, a presente pesquisa foi desenvolvida com a aplicação inicial e experimental da ABP no curso de Engenharia Civil. O objetivo geral relacionou-se ao ensino no âmbito das disciplinas de Mecânica dos Solos, Investigação de Campo e Remediação e Tópicos Especiais em Engenharia Civil I (Geotecnia), sendo tais turmas constituídas por 24, 33 e 35 alunos, respectivamente, durante o semestre letivo de 2017.1.

A experiência de adoção da ABP vinculada ao curso de Engenharia Civil teve como principal objetivo fazer com que os estudantes apreendessem e construíssem conhecimentos essenciais (conceituais) sobre temas relacionados a cada uma das disciplinas elencadas no parágrafo supracitado. Alguns temas principais que teriam abordados nas atividades de tutoria junto aos estudantes eram: investigação geotécnica; processos de compactação de solos; estabilidade de taludes; estudos

de encostas naturais; utilização de geossintéticos; estudos de enchentes urbanas e drenagem pluvial; gerenciamento de áreas contaminadas; técnicas de remediação ambiental, dentre outros temários atinentes às disciplinas em questão. Além disto, o uso metodologia da ABP concomitantemente visou alcançar objetivos nas áreas cognitivas, especificamente voltadas para o desenvolvimento de habilidades e no comportamento típicos de trabalhos em equipe simulando situações da futura prática profissional.

Embasando-se no que preconiza Delisle (2001), o processo de trabalho associado à ABP foi desenvolvido por meio das seguintes etapas: 1) estabelecimento de relações com a situação-problema; 2) estabelecimento de estrutura ou plano de trabalho para a resolução da situação-problema; 3) construção de abordagens da situação-problema; 4) re-equacionamento da situação-problema; e, 5) elaboração e apresentação dos produtos associados as resoluções das situações-problemas. As três primeiras etapas foram desenvolvidas na quinta aula de cada umas das três disciplinas supramencionadas com duração de 2 (duas) horas. A quarta etapa foi realizada 1 (uma) semana depois e, a última etapa na semana subsequente. Assim, a experiência de aplicação da ABP teve uma duração de 3 (três) semanas, totalizando 9 (nove) horas de atividades com os estudantes das disciplinas.

3.1 Estabelecimento de relações com o problema

Esta etapa diz respeito ao processo de motivação do corpo discente no aspecto de despertar o envolvimento destes e, fazer com que estes percebessem o quão importante é dedicarem seus tempos e estarem atentos aos todos os aspectos quem envolvam a resolução da situação-problema apresentada. Uma das formas de se efetuar essa dinâmica é a iniciação com uma leitura e discussão de textos correlacionados ao tema da disciplina e do conteúdo estudado no momento, apresentando-se tópicos que sejam relacionados à situação-problema em apreço de forma concreta. Inicialmente foram desenvolvidos diálogos com o corpo discente de cada disciplina com intuito de averiguar quais informações e conhecimentos prévios eles, por ventura, já possuíam ou precisariam possuir para resolução da situação-problema.

3.2 Estabelecendo uma estrutura ou plano de trabalho para a resolução do problema

Nesta etapa da ABP recomenda-se aos alunos que seja construído 1 (um) quadro a ser usado como instrumento de direcionamento dos trabalhos a serem desenvolvidos pelos estudantes sob observação do professor-tutor. Este quadro deve ser composto por quatro colunas que deverão ser preenchidas com as ideias, os fatos, questões para a aprendizagem e o plano de ação.

A primeira coluna do quadro a ser preenchida deve se relacionar ao que for solicitado aos alunos no tocante as ideias para solucionar a situação-problema,

estimulando o envolvimento de todos na discussão e aproveitando os conhecimentos existentes entre os integrantes de cada grupo. Efetuado o preenchimento da primeira coluna, a segunda coluna começou a ser elaborada e, foi intitulada de fatos ou, em outras palavras, “o que vocês sabem sobre...?” Com base nesta discussão, os alunos listaram informações que obtiveram através da exposição da situação-problema e, a partir dos seus conhecimentos prévios sobre o tema em vigor na disciplina. A partir do preenchimento da segunda coluna foi possível avançar para a terceira coluna, nomeada como “questões para a aprendizagem”. Nesta coluna, os alunos tiveram que listar os aspectos que precisavam de maiores definições, elaborações e análises, ou seja, nesta coluna foram listados os aspectos que precisavam ser aprofundados para que fosse possível encontrar as soluções para a situação-problema apresentada. Esta coluna é relevante, pois permite o encaminhamento das pesquisas e aprendizagens que serão realizadas pelos alunos, dando-lhes maior segurança e direcionamento as suas investigações.

Por fim, a última coluna, denominada de “Plano de Ação”, foi construída através do registro do modo de estruturação e funcionamento pensado pelos alunos em termos de buscar formas de como realizar as análises em torno da situação-problema. Após o preenchimento das três colunas, os alunos foram organizados em grupos de no máximo 5 (cinco) sujeitos e, nesta nova configuração partiu-se para a próxima etapa do processo de ABP.

3.3 Construção da abordagem da situação-problema

Esta etapa teve por intuito garantir a construção de um mecanismo eficaz e eficiente para a solução da situação-problema apresentada, a partir da prática de uma aprendizagem de cunho investigativo e colaborativo. Esta experiência foi desenvolvida nas turmas das 3 (três) disciplinas alvos da experimentação da metodologia da ABP, onde optou-se pela formação de grupos com no máximo 5 (cinco) componentes.

Cada grupo foi organizado objetivando definir e analisar propostas para a resolução da situação-problema. Foram realizados debates no âmbito de cada grupo com atuação tutorial do professor, objetivando orientar este processo, permitindo-se, por sua vez, que cada aluno participante do grupo pudesse reavaliar seus conhecimentos prévios e, possibilitando paralelamente o exercício do aprimoramento na elaboração das questões de aprendizagem. Como resultado houve a seleção das questões mais pertinentes ao problema proposto. Coube a cada grupo formado preencher a coluna intitulada Plano de Ação, elaborando as estratégias para coleta de informações atinentes à resolução da situação-problema em questão.

Aos alunos foi concedido o prazo de 1 (uma) semana para estudarem autonomamente e, posteriormente se reunirem novamente para re-equacionar a situação-problema e prepararem uma breve exposição oral do processo de trabalho em grupo e dos conhecimentos apreendidos e compartilhados.

3.4 Reequacionamento da situação-problema

Na semana posterior ao trabalho individual e coletivo do corpo discente de cada disciplina, direcionou-se cada grupo que fosse efetuada a apresentação aos demais de 1 (um) relatório das atividades realizadas. Este relatório se transformou em um dos instrumentos de avaliação da situação-problema, tendo como critérios os recursos utilizados para investigar as questões de aprendizagem, a pertinência do plano de ação desenvolvido para o alcance das soluções e os conhecimentos adquiridos pelos indivíduos e pelos grupos.

Por meio do intercâmbio de informações expressas nos relatórios e através dos debates foi sugerido aos grupos que realizassem uma nova avaliação de todo o processo de estruturação do trabalho desenvolvido para a resolução da situação-problema, onde foi possível considerar a manutenção e a exclusão de ideias iniciais, a apreensão de novos conhecimentos, a inserção, caso necessário, de novas questões de aprendizagem e a reformulação das estratégias do plano de ação. Após estas discussões, cada grupo teve mais 1 (uma) semana para preparar uma apresentação final da atividade, em suma tratando-se da resolução da situação-problema.

Neste processo o professor-tutor atua fomentando sugestões, propondo outras questões e, dirimindo possíveis dúvidas de maior grau de complexidade. Impende ressaltar que o docente que se utiliza da ABP sempre deve estar atento a difícil tarefa que é orientar os estudantes, contudo deve estar ciente que não se faz necessário determinar rigidamente o percurso de aprendizagem do alunado.

3.5 Elaboração e apresentação dos produtos/resultados

O uso da metodologia da ABP exige a substituição do paradigma das avaliações somativas voltando-se numa transformação para uma avaliação formativa. O processo avaliativo tem como enfoque os aspectos da aprendizagem, em suas dimensões cognitivas, afetivas e relacionais. Portanto, a avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios dos estudantes é efetuada no primeiro momento de aplicação da ABP; a capacidade e a evolução da autonomia e da organização dos alunos para resolver situações simples e/ou complexas; a capacidade de desempenhar trabalhos em grupos, os quais podem surgir divergências de opiniões; o incremento de competências para se fazer compreender em comunicações orais e escritas; a ampliação da responsabilidade por parte do próprio aluno no seu processo de aprendizagem e, o desenvolvimento da capacidade de aprender a aprender, são aspectos de suma relevância na avaliação da aprendizagem quando do uso de metodologias ativas de ensino, principalmente em se tratando da ABP.

No âmbito desta pesquisa, optou-se por realizar um processo avaliativo estruturado com base na visão do aluno sobre o seu próprio processo de aprendizado, ou seja, o aluno era estimulado a realizar a sua auto-avaliação, da heteroavaliação procedida pelos demais componentes do grupo, além da avaliação realizada pelo

professor-tutor. Complementarmente foi solicitado aos alunos a elaboração de 1 (um) documento escrito, o qual deveria constar a explicitação dos conhecimentos que foram adquiridos com a experiência relatada, as dificuldades enfrentadas ao se trabalhar com a metodologia da ABP e a autocrítica sobre o próprio desempenho dentro do grupo de atividades, além dos comentários sobre a participação dos demais integrantes. A avaliação pelo professor-tutor procedeu-se por meio das observações, pareceres analíticos e leitura dos produtos apresentados pelo corpo discente de cada disciplina.

Através da ABP, os objetivos cognitivos são estabelecidos e construídos pelos estudantes e pelo professor devendo coincidir com os objetivos de aprendizado de cada disciplina profissionalizante. É possível entender que a ABP faz uso do conhecimento já concebido pelo aluno para aprender a pensar, raciocinar e formular soluções para os seus problemas de estudo. A ABP se inspira nos princípios de um ensino integrado e integrador dos conteúdos e das diferentes áreas do conhecimento envolvidas, fazendo com que os alunos aprendam a aprender e se preparem para resolver problemas relativos ao exercício da Engenharia Civil.

Deve ser ressaltado que as vantagens e limitações da ABP devem ser analisadas, considerando-se, ainda, as condições específicas da formação profissionalizante. Como resultados, a pesquisa preliminarmente aponta a identificação dos corpos discente e docente em termos da adequada condução/realização das atividades que pautam a problematização de situações reais para fins de resolução de problemas e, melhorias nos rendimentos qualitativo e quantitativos do alunado. Assim, para avaliar o efeito deste método de aprendizagem sobre a formação do egresso torna-se imperativo analisar o currículo proposto e os subsequentes ganhos de aprendizagem proporcionados pela utilização da metodologia ABP.

Muito se tem discutido sobre a inadequação da metodologia da ABP a metodologia tradicionais para a formação de engenheiros civis voltados para a atuação num mundo em constante mudança que demanda a integridade profissional. Nessa direção, a ABP mostra ser uma opção viável, merecedora de ampla disseminação por parte de pesquisadores, discentes e equipes pedagógicas envolvidas nas ações de planejamento e gestão de cursos de Engenharia Civil.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na atualidade apregoa-se de modo gradativo e intensivo a utilização de metodologias ativas de ensino-aprendizagem e, conseqüentemente de avaliações que estimulem o aspecto da pró-atividade do alunado. Faz-se mister considerar a integração entre as diversas áreas do conhecimento que embasam a formação profissional do Engenheiro Civil, no tocante às competências e habilidades, estas devem abranger a capacidade de realizar conexões entre os conhecimentos científicos e a complexidade do seu campo profissional, rompendo com a dicotomia por vezes estabelecida entre

a teoria e a prática, entre o trabalho manual e o intelectual. Caso tais visões não sejam contempladas, eleva-se o risco da geração de profissionais incapaz de realizar estudos/atividades de diversas complexidades e, sem a competência necessária para refletir a respeito dos processos contextos que envolvem a atuação no âmbito da Engenharia Civil.

Todas as possibilidades de se trabalhar a ABP têm em comum e em si o fato de o problema a ser estudado e analisado sempre anteceder a teoria.

Esta pesquisa traz consigo a reflexão acerca da possibilidade da aplicação da metodologia ABP na área tecnológica, especificamente na Engenharia Civil, onde visualiza-se inúmeras dificuldades dos alunos em lidar com a construção dos seus próprios processos de aprendizagem. A contínua dissociação dos referenciais instituídos pelos rígidos programas de disciplinas da graduação, fortemente baseados em livros e apostilas expõe os alunos a uma posição de insegurança/desconforto quanto aos seus aprendizados. A proposição de atividades baseadas na metodologia ABP vem à tona como uma forma diferenciada e estimuladora da construção de situações baseadas na vida real que possam expor os alunos como partes interessadas na solução de situações-problemas que façam parte do cotidiano, ou seja, aproximados de suas realidades.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. B. S. A.; CAMPOS, L. M. L.; Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, Brasil, 2007.

DELISLE, Robert. Como realizar a aprendizagem baseada em problemas. 1. ed.. Lisboa: ASA, 2001.

FREIRE, Paulo. Pedagogia do Oprimido. 44. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

MEIRIEU, Philippe. Aprender... sim, mas como? Porto Alegre: Artmed, 1998.

MORAES, M. C. O perfil do engenheiro dos novos tempos e as novas pautas educacionais. In: VON LINSINGEN, I. et al. (Orgs.). Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões contemporâneas da educação tecnológica. Florianópolis: EDUFSC, 1999. p. 53-66.

PERRENOUD, Philippe. Dez novas competências para ensinar. Porto Alegre: Artmed, 2000.

RIKERS, R. M. L. P.; BRUIM, A. B. H.; Adv. Health Science. Educ. 2006, 11, 315.

INICIANDO A VIDA ACADÊMICA POR MEIO DO ESTUDO DAS SECÇÕES CÔNICAS E SUAS APLICAÇÕES NA ENGENHARIA CIVIL

Raimundo Nonato de Oliveira Sobrinho

Centro Universitário UniFanor I Wyden
Fortaleza – Ceará

Gabriel Alves de Abreu

Centro Universitário UniFanor I Wyden
Fortaleza – Ceará

Paulo Henrique Teixeira da Silva

Centro Universitário UniFanor I Wyden
Fortaleza – Ceará

Paulo Rafael de Lima e Souza

Centro Universitário UniFanor I Wyden
Fortaleza – Ceará

RESUMO: Ao iniciar a vida acadêmica em algum curso de engenharia é possível se deparar com uma das cadeiras primárias a de Geometria Analítica e é nesta disciplina tão importante que temos os primeiros contatos com as cônicas. Estas por sua vez serão de suma importância, não somente na engenharia civil, mas como nas demais engenharias (civil, elétrica, mecânica etc.). Secções cônicas, quase sempre referenciadas simplesmente por cônicas são resultantes de um acréscimo de um plano a um duplo cone. Estas cônicas são bastante populares no nosso cotidiano. Estas mesmas estão presentes em muitas maravilhas produzidas pelo homem ao longo da história da construção civil. Na antiguidade essas curvas, ainda pouco estudadas, não tinham o valor que

atribuímos hoje. Porém com o desenvolvimento de diversas áreas do saber, tais como física, arquitetura e computação, houve um maior crescimento em diversas aplicações, das quais podemos citar o avanço na indústria automobilística, de telecomunicações, cálculo estrutural, projetos de pesquisas e explorações espaciais. Embasados por essa importância do estudo das cônicas esta atividade foi proposta pelo professor da disciplina e em forma de seminário e texto de pesquisa, foi apresentado aos demais alunos da turma.

PALAVRAS-CHAVE: Geometria; Cônicas; Engenharia; Construção.

ABSTRACT: When starting the academic life in some engineering course it is possible to come across as one of the primary chairs of Analytical Geometry and it is in this discipline so important that we have the first contacts with the conics. These in turn will be of paramount importance, not only in civil engineering, but also in other engineering (civil, electrical, mechanical, etc.). Conical sections, almost always referenced simply by conics, are the result of an addition of a plane to a double cone. These conics are quite popular in our daily lives. These are present in many wonders produced by man throughout the history of construction. In antiquity these curves, still little studied, did not have the value that we attribute today. However, with the development

of several areas of knowledge, such as physics, architecture and computing, there was a greater growth in several applications, among which we can mention the advance in the automobile industry, telecommunications, structural calculation, research projects and space explorations. Based on this importance of the study of conics, this activity was proposed by the teacher of the discipline and in the form of a seminar and research text, was presented to the other students in the class.

KEYWORDS: Geometry; Conics; Engineering; Construction.

1 | INTRODUÇÃO

As secções cônicas, nada mais são, do que simples variações da intersecção de um plano e um cone dupla folha e tem seus estudos graças a Geometria Analítica, disciplina esta compartilhada por diversos cursos das áreas exatas, na engenharia civil não poderia ser diferente. Sendo esta uma das cadeiras iniciais.

Ao iniciar uma graduação é muito comum cometer muitos erros decorrentes do ensino médio, dentre eles não observar a tamanha importância de uma disciplina em sua formação e posteriormente no seu ambiente de trabalho e em seus projetos, isso foi observado na turma de graduação de engenharia civil da UNIFANOR I WYDEN iniciada em 2017.1. Pensando nisto foi elaborado este trabalho como forma de atrair os olhares os estudantes para o imenso universo a Geometria Analítica citando algumas as maravilhas criadas pelo homem através das secções cônicas.

Buscando realizar um contraste, mostraremos não somente feitos atuais, mas também coisas pensadas por nossos antecessores. Infelizmente esses não tinham a capacidade tecnológica existente hoje, tão pouco estudos recentes sobre essas curvas. Mesmo assim realizaram construções impressionantes.

São diversas as aplicações das cônicas, não se restringindo a construção civil. Podemos citar a descoberta das órbitas dos planetas em torno do sol, que seguem o princípio de uma elipse, observada em 1609 por Johannes Kepler (1571 – 1630) e a trajetória de projéteis descritas por uma parábola em um dos livros de Galileu Galilei (1564 – 1642). Deixamos esta brecha para tentar despertar a curiosidade de prezados leitores a pesquisar outras aplicações.

2 | REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Parábola

A parábola é estabelecida como local geométrico dos pontos em um eixo XY, onde as distâncias a um ponto fixado e uma reta fixa são equidistantes.

Contendo mais detalhes e aplicando artifícios matemáticos aplicados em casos da Geometria Analítica, assim podemos certificar os requisitos para obtenção da

parábola pelo aproveitamento do eixo XY de coordenadas cartesianas. Um eixo d verticalmente e pontos F e V, como na imagem a seguir

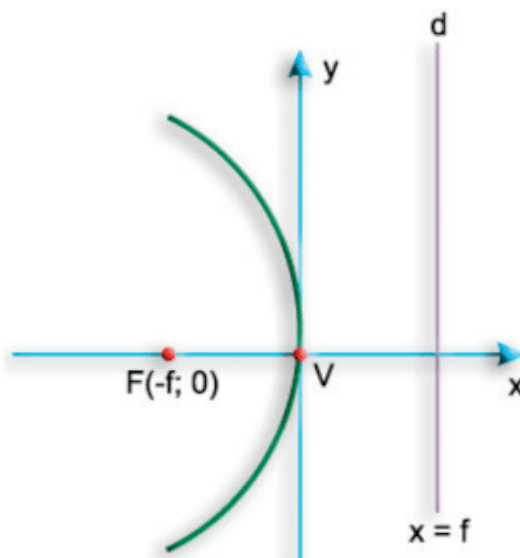


Figura 1. Exemplo e uma parábola. Disponível em: <<http://sbrecci.com/matematica/aula-279/>>. Acesso em 19 nov. 2018.

A lonjura da reta d ao ponto V deve ser igual à distância dos pontos V e F. Definimos assim uma série de pontos os quais deverão estar no mesmo afastamento de F e d. Veja:

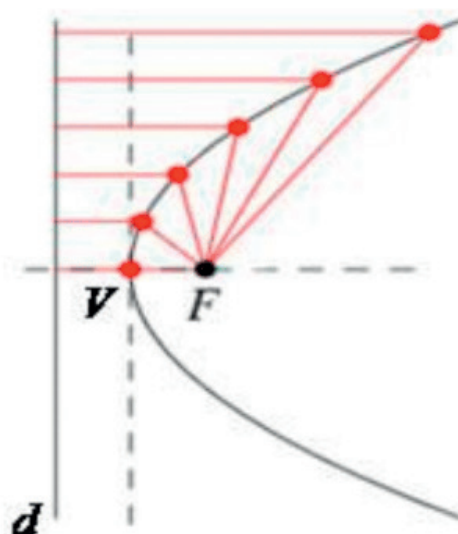


Figura 2. Parábola e suas distâncias entre vértice e foco. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/matematica/parabola.htm>>. Acesso em 19 nov. 2018

A parábola é construída pela junção de todos os pontos do plano que estão à mesma distância do ponto F e da reta d. Assim os pontos que possuem essas características formam a parábola. Expressão matemática para tais verificações:

Temos que:

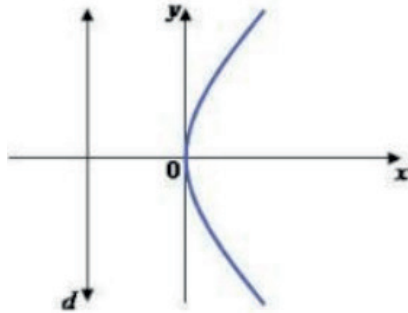
$$\overline{VF} = \frac{\overline{FD}}{2}$$

$$\overline{VF} = \frac{p}{2} = c$$

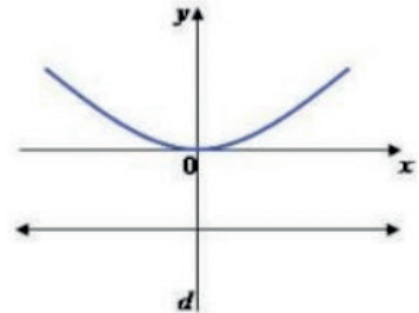
- V: Vértice
- F: Foco
- c: coeficiente no qual mostra a lonjura do foco ao vértice, que define a concavidade da parábola.

Desta forma podemos apresentar 4 situações como mostra a figura a seguir:

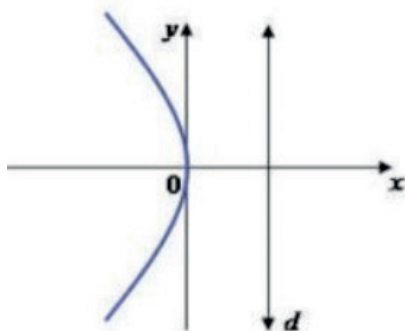
1ª Situação: $y^2 = 4cx$



2ª Situação: $x^2 = 4cy$



3ª Situação: $y^2 = -4cx$



4ª Situação: $x^2 = -4cy$

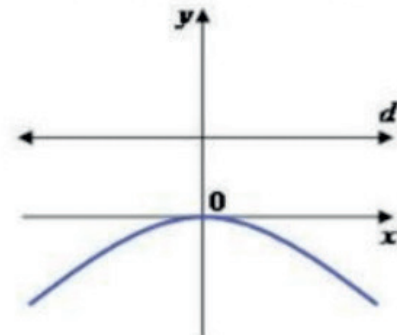


Figura 3. Tipos de parábolas de acordo com sua lei de formação. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/matematica/parabola.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2018. Adaptado.

Nos exemplos e imagens acima, as representações da parábola apresentadas eram somente no plano R^2 (2 Dimensões), no entanto, ao rotacionarmos a mesma em torno do seu próprio eixo, formamos uma figura derivada da rotação da parábola, chamada: parabolóide, onde é a representação no R^3 (3 Dimensões) da parábola.

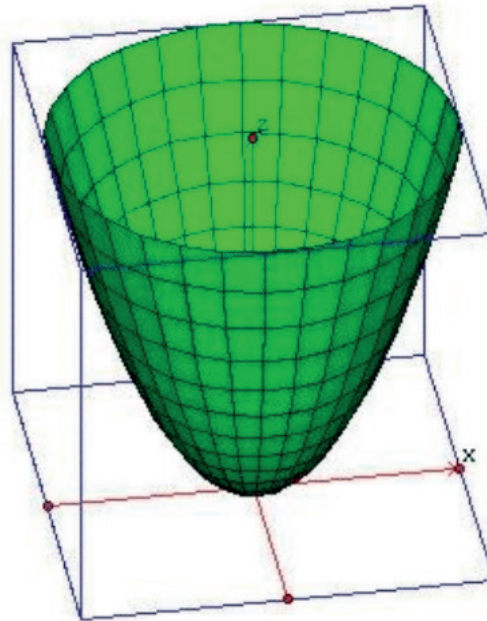


Figura 4. Modelo de uma parabolóide. Disponível em: <<http://www.matematiques.com.br/conteudo.php?id=526>>. Acesso em 19 nov. 2018.

2.2 Elipse

Elipse, Local geométrico onde os pontos de um eixo XY cujas distancias a dois pontos fixados desse plano têm soma constante, ou seja, é o conjunto de todos os pontos no eixo, tais que a somas das distancias citadas acima formem a figura geométrica.

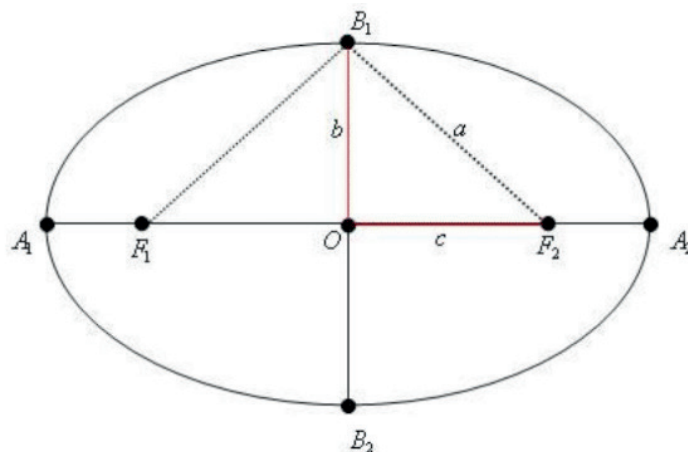


Figura 5. Modelo de uma elipse. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/matematica/elipse.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

Dados dois pontos distintos do plano F_1 e F_2 e seja $2c$ a lonjura entre eles, assim temos que a soma das distancias F_1 e F_2 é a constante $2a$ ($2a > 2c$)

Elementos Constituintes da Elipse:

F_1 e F_2 → são os focos
 C → Centro da elipse
 $2c$ → distância focal

$2a$ → medida do eixo maior
 $2b$ → medida do eixo menor
 c/a → excentricidade

Há uma relação entre os valores a , b e $c \rightarrow a^2 = b^2 + c^2$.

Equação da Elipse

1º Caso: Elipse com focos sobre o eixo x .

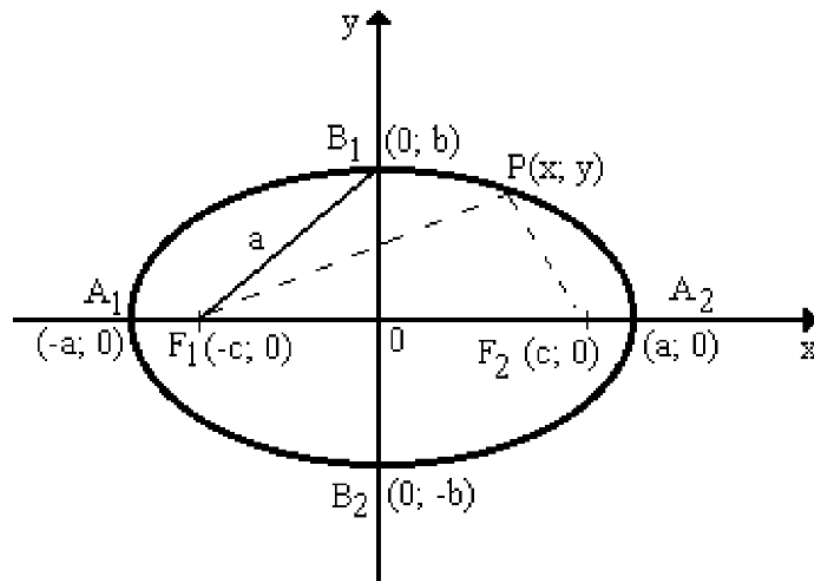


Figura 6. Elipse com focos sobre o eixo x . Disponível em: <<https://www.algosobre.com.br/matematica/geometria-analitica-elipse.html>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

Nessa ocasião, as coordenadas relacionadas aos focos são $F_1(-c, 0)$ e $F_2(c, 0)$. Portanto, a equação retraída da elipse com o cerne do sistema cartesiano, sobre o eixo X será:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

2º Caso: Elipse com focos sobre o eixo y .

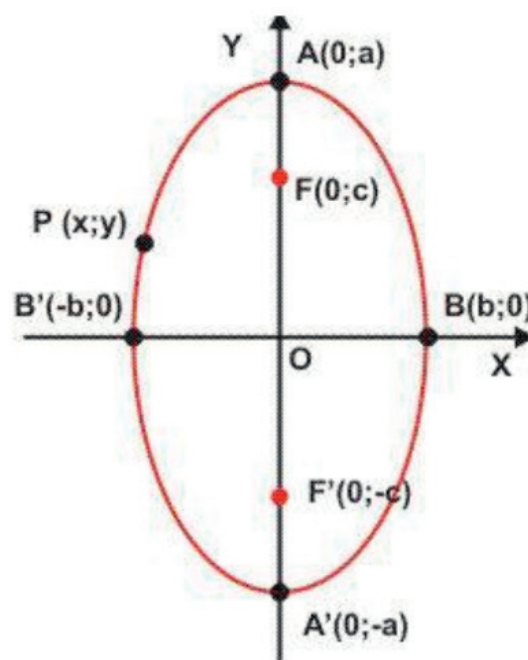


Figura 7. Elipse com focos sobre o eixo y . Disponível em: <<https://sabermatematica.com.br/elipse-geometria-analitica.html>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

Já nesta, as coordenadas relacionadas aos focos são $F_1(0, -c)$ e $F_2(0, c)$. Portanto, a equação retraída da elipse com o cerne do sistema cartesiano, sobre o eixo Y será:

$$\frac{x^2}{b^2} + \frac{y^2}{a^2} = 1$$

Nos exemplos e imagens a cima apenas nos mostra representações da elipse no plano R^2 (Duas dimensões), para retratar a elipse, mas no espaço R^3 (Três Dimensões), giramos a mesma entorno do seu próprio eixo, assim formando uma elipsoide, figura derivada da rotação da elipse

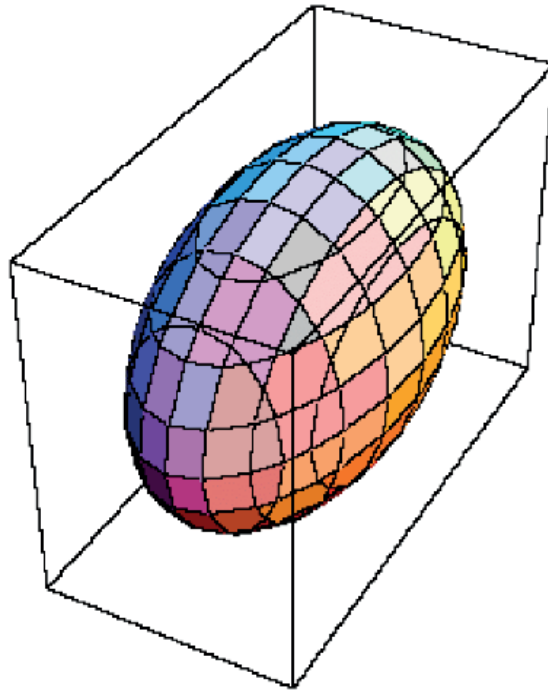


Figura 8. Modelo de uma elipsoide. Disponível em: <<http://www.mat.ufmg.br/~syok/cursos/mat039/quadricas/quadricas.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

2.3 Hipérbole

Hipérbole, desenho geométrico, formado pelo conjunto dos pontos presentes em um eixo XY, tais que a divergência de suas distancias a dois pontos diferentes fixos, é uma constante, menor do que a divergência entre os pontos fixados.

Sendo F_1 e F_2 , dois pontos do eixo XY e seja $2c$ a lonjura entre os mesmos, hipérbole é a união dos pontos do plano, onde a divergência das distancias à F_1 e F_2 é a constante 2^a ($0 < 2a < 2c$).

Elementos Constituintes da Hipérbole:

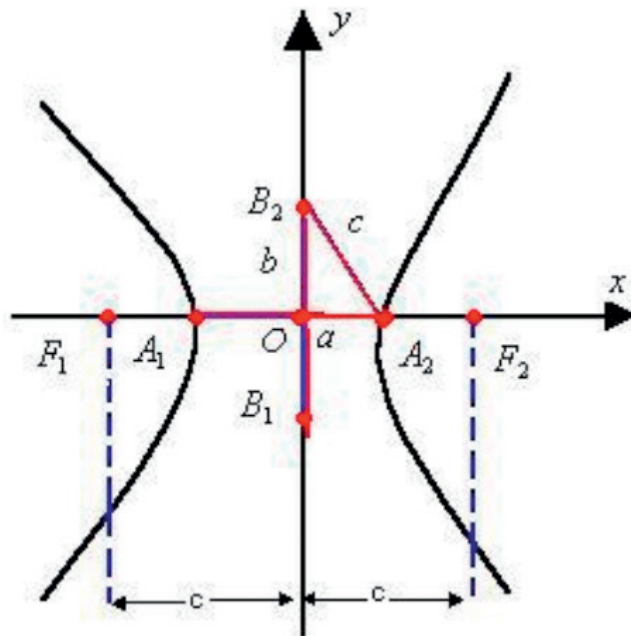


Figura 9. Hipérbole e seus respectivos elementos. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/matematica/hiperbole.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

F1 e F2: Focos da Hipérbole
 O: Centro da Hipérbole
 2c: Distancia Focal

2a: Medida do eixo real
 2b: Medida do eixo imaginário
 c/a: excentricidade

Relação entre a, b e c $\rightarrow a^2 = b^2 + c^2$.

Equação retraída da hipérbole:

1º Caso: Focos no eixo X.

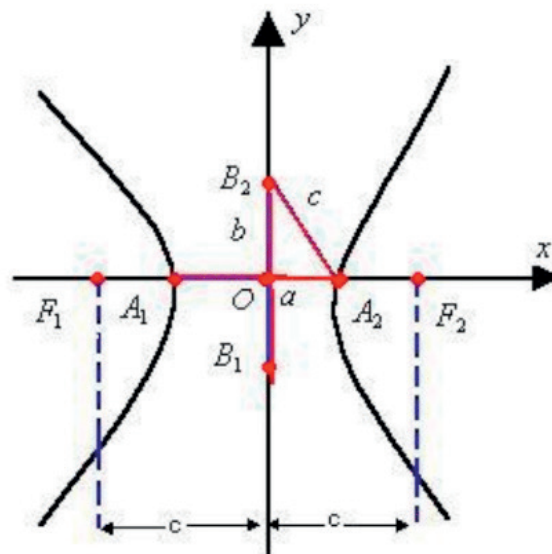


Figura 10. Hipérbole com focos no eixo x. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/matematica/hiperbole.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

Os focos se encontram através das coordenadas F1(-c, 0) e F2(c, 0). Portanto, a

equação retraída da hipérbole com o centro no cerne do eixo XY e focos pelo eixo X é:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

2º Caso: Focos no eixo Y.

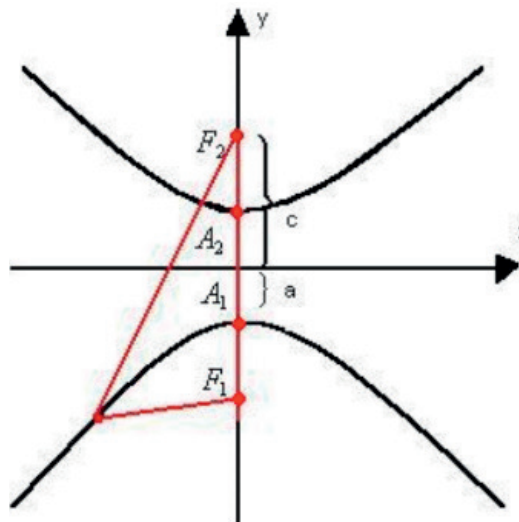


Figura 11. Hipérbole com focos no eixo y. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/matematica/equacao-hiperbole.htm>. Acesso em: 19 nov. 2018.

Os focos se encontram através das coordenadas $F_1(0, -c)$ e $F_2(0, c)$. Portanto, a equação retraída da hipérbole com o centro no cerne do eixo XY e focos pelo eixo Y é:

$$\frac{y^2}{a^2} + \frac{x^2}{b^2} = 1$$

Nos exemplos e imagens a cima mostra representações da hipérbole no plano R^2 (Duas dimensões), para retratar a hipérbole, mas no espaço R^3 (Três Dimensões), giramos a mesma entorno do seu próprio eixo, assim formando um hiperboloide, figura derivada da rotação da hipérbole.

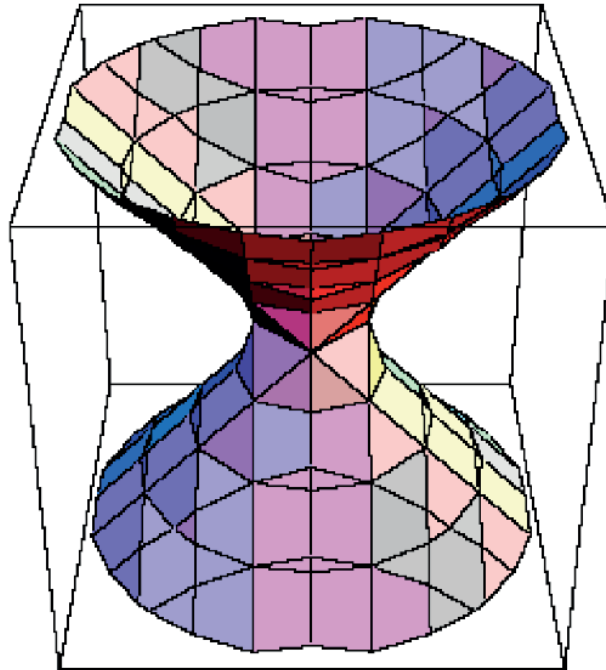


Figura 12. Modelo de uma hiperboide. Disponível em: <<http://www.mat.ufmg.br/~syok/cursos/mat039/quadricas/quadricas.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

3 | BUSCANDO POR APLICAÇÕES

Basta que se tenha um pequeno entendimento do que são as cônicas para começar a observá-las frequentemente no dia a dia. Voltando para o ramo da engenharia civil, ao realizar um passeio pelas ruas de uma cidade é possível ver (em algumas) pontes pênsis, túneis com formato de parábola na seção transversal, passarelas, construções que lembram hipérbolas, dentre milhares de obras que poderiam ser citadas.

A parábola é muito utilizada na engenharia civil por suas propriedades resistentes a grandes cargas. Com elas são possíveis vãos cada vez maiores, sendo sustentados apenas por cabo realizando uma distribuição de forças uniformes.



Figura 13. Ponte Juscelino Kubitschek, Brasília – DF. Disponível em: <<http://rmg.com.br/portfolio/ponte-jk-3-ponte-de-brasilia/>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

Além desse fator tão importante, elas podem ser usadas em designer cada vez mais modernistas, como é o caso de obras do famoso Oscar Niemeyer.



Figura 14. Igreja da Pampulha em Belo Horizonte – MG. Disponível em: <<http://rmg.com.br/portfolio/ponte-jk-3-ponte-de-brasilia/>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

Elipse é outra cônica que não deixa de ter sua colaboração para esse ramo. É fato que na antiguidade não haviam microfones, tão pouco alto-falantes para que fossem realizados eventos para grandes públicos. Logo estudiosos tinham que buscar formas alternativas para resolver essa questão.

Uma das formas encontradas foi a realização de construções com formato de elipse ou elipsoide – formato de uma elipse em 3 dimensões formado a partir da rotação de uma elipse em um eixo reto que toque seus dois focos. A partir desse formato era possível, graças as propriedades acústicas, que as ondas sonoras chegassem com mais eficiências aos seus focos. Sabendo disso foram construídos teatros, igrejas, auditórios, dentre outros neste formato. Conta ainda – a história – que esses locais eram destinados a autoridades e/ou membros da nobreza.



Figura 15. Teatro José de Alencar, Fortaleza – CE. Disponível em: <http://terradaluzeditorial.com.br/catalogo/theatro_jose_de_alencar.html>. Acesso em: 19 nov. 2018.

Por fim, mas de importância igualitária, tem-se a hipérbole. Quando crianças, ou mesmo de relance, ao assistir “Os Simpsons” uma famosa série norte americana, criada por Matt Groening, é possível observar logo em sua abertura a usina nuclear de Springfield torres com formatos bem semelhantes ao de uma hipérbole. De fato, é uma, porém no espaço conhecidas como hiperboloides, que é o sólido formado a partir dessa curva.

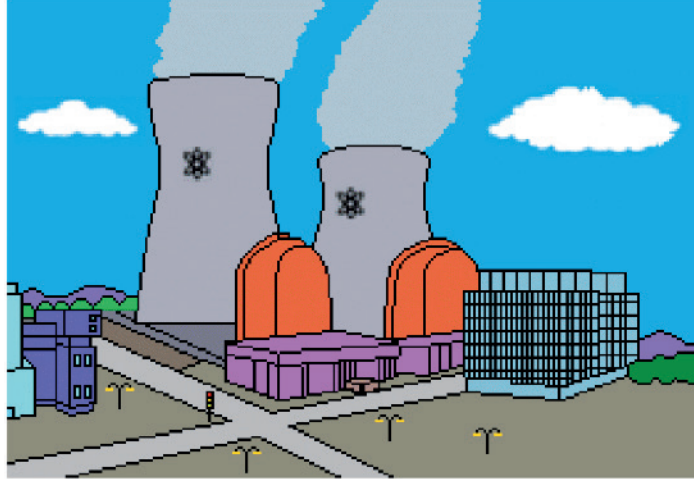


Figura 16. Usina nuclear de Springfield, Os Simpsons. Disponível em: <<http://www.habbid.com.br/pixelclub/usina-nuclear-de-springfield/178515>>. Acesso em 19 nov. 2018.

Como dito por Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C) “A arte imita a vida”. Neste caso não diferente. Esse formato é aplicado a construção de torres de refrigeração em usinas nucleares por suas propriedades aerodinâmicas, capazes de minimizar efeitos dos ventos e manter a sua estrutura íntegra, além é claro da reação custo vs. benefício entre seus materiais e sua resistência como é visto na Figura 5.



Figura 17. Central nuclear de Grafenrheinfeld, Grafenrheinfeld – Alemanha. Disponível em: <<https://www.dw.com/en/nuclear-lawsuit-backdown-by-german-power-utilities-labeled-insincere/a-36723357>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o passar dos tempos estas curvas foram surgindo como importantes participantes no processo da evolução científica. Com características especiais foram utilizadas em inúmeros projetos, em diversas áreas de conhecimentos, como na engenharia, com suas propriedades físicas que foram cruciais para a resolução de problemas estruturais de grandes obras e sua forma perfeita utilizada em monumentos pelo mundo.

É bem vasto o campo de atuação das seções em aplicações que nem foram abordadas nesse trabalho, como na indústria automobilística, de telecomunicações, etc. E bastante utilizadas em projetos de pesquisas e explorações espaciais.

Devido ao grande campo de atuação em várias áreas, novos projetos e pesquisas surgem a cada, afirmando que os estudos dessas curvas é grande importância para os dias atuais.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, G. S. Cálculo das funções de uma variável. v.1 Rio de Janeiro: LTC, 2011.

BOULOS, P.; CAMARGO, I. Geometria analítica. São Paulo: Makron, 2005.

CAMPAGNER, Carlos Alberto. **Geometria Analítica – Cônicas**. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/matematica/geometria-analitica-conicas.jhtm>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

GASPAR, A. Simões. **As Cônicas, Quádricas e Suas Aplicações**. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/16921/1/2014_AntonioSimoGaspar.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2017.

GEOGEBRA, **Secções cônicas**. Disponível em: <<https://www.geogebra.org/material/show/id/1086603>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

LEITHOLD, Louis. O cálculo com geometria analítica: um. São Paulo: Harbra, 1994.

LORENZO, P. G. Novaes. **Educação Matemática no Ensino Superior**. Disponível em: <<http://www.conferencias.ulbra.br/index.php/ciem/vi/paper/viewFile/776/429>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

MARINHO, Vinícius. **Secções cônicas**. Disponível em: <http://www.mat.ufmg.br/~espec/monografiasPdf/Monografia_ViniciusMarinho.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017;

NUNES, Vitor. **O que são secções cônicas**. Disponível em: <<https://www.matematica.pt/faq/seccoes-conicas.php>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

REIS, F. H. Espíndola. **As secções cônicas na engenharia civil**. Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/1714/1084>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

REIS, Genésio Lima dos; SILVA, Valdir Vilmar da. Geometria analítica. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

RIVED, **Definição unificada das cônicas**. Disponível em: <http://www.dmm.im.ufrj.br/projeto/rived/modulo_excentricidade/excen_teor.html>. Acesso em: 21 ago. 2017.

SIMMONS, George Finlay. Cálculo com geometria analítica. v.1. São Paulo: Makron, 1988.

SÓ MATEMÁTICA, **Geometria Analítica – Cônicas**. Disponível em: <<http://www.somatematica.com.br/emedio/conicas/conicas.php>>. Acesso em 20 ago. 2017.

SOUZA, E. Henrique. **Cônicas e suas aplicações**. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/4193/1/PDF%20-%20Eudes%20Henrique%20de%20Souza.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

STEINBRUCH, Alfredo. Geometria analítica. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

STEWART, James. Cálculo. V.1. São Paulo: Cengage, 2010.

UFRGS. **Cônicas**. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/geotri/modulo4/cont_conicas.html>. Acesso em: 23 ago. 2017.

WINTERLE, Paulo. Vetores e geometria analítica. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2000.

SOBRE A ORGANIZADORA

Franciele Braga Machado Tullio - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-221-0



9 788572 472210