

A Pesquisa e a Iniciação Científica na

ENGENHARIA CIVIL

UniAraguaia



MILTON GONÇALVES DA SILVA JÚNIOR
CRISTINA DE FATIMA MATTOS ANTUNES
FERNANDO ERNESTO UCKER
(ORGANIZADORES)



2020

A Pesquisa e a Iniciação Científica na

ENGENHARIA CIVIL

UniAraguaia



MILTON GONÇALVES DA SILVA JÚNIOR
CRISTINA DE FATIMA MATTOS ANTUNES
FERNANDO ERNESTO UCKER
(ORGANIZADORES)



2020

2020 by Editora e-Publicar
Copyright © Editora e-Publicar
Copyright do Texto © 2020 Os autores
Copyright da Edição © 2020 Editora e-Publicar
Direitos para esta edição cedidos à Editora e-Publicar pelos autores.

Editora Chefe

Patrícia Gonçalves de Freitas

Editor

Roger Goulart Mello

Diagramação

Roger Goulart Mello

Projeto gráfico e Edição de Arte

Patrícia Gonçalves de Freitas

Revisão

Os Autores

Todo o conteúdo dos artigos, dados, informações e correções são de responsabilidade exclusiva dos autores. O download e compartilhamento da obra são permitidos desde que os créditos sejam devidamente atribuídos aos autores. É vedada a realização de alterações na obra, assim como sua utilização para fins comerciais.

A Editora e-Publicar não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Conselho Editorial

Dr^a Cristiana Barcelos da Silva – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Dr^a Elis Regina Barbosa Angelo – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Dr. Rafael Leal da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dr. Fábio Pereira Cerdera – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Dr^a Danyelle Andrade Mota – Universidade Tiradentes

Me. Doutorando Mateus Dias Antunes – Universidade de São Paulo

Me. Doutorando Diogo Luiz Lima Augusto – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Me. Doutorando Francisco Oricelio da Silva Brindeiro – Universidade Estadual do Ceará

M^a Doutoranda Bianca Gabriely Ferreira Silva – Universidade Federal de Pernambuco

M^a Doutoranda Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Me. Doutorando Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes

M^a Doutoranda Jucilene Oliveira de Sousa – Universidade Estadual de Campinas

M^a Doutoranda Luana Lima Guimarães – Universidade Federal do Ceará



2020

M^a Cristiane Elisa Ribas Batista – Universidade Federal de Santa Catarina
M^a Andrelize Schabo Ferreira de Assis – Universidade Federal de Rondônia
Me. Daniel Ordane da Costa Vale – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Me. Glaucio Martins da Silva Bandeira – Universidade Federal Fluminense
Me. Jose Henrique de Lacerda Furtado – Instituto Federal do Rio de Janeiro
M^a Luma Mirely de Souza Brandão – Universidade Tiradentes
Dr^a. Rita Rodrigues de Souza - Universidade Estadual Paulista
Dr. Helio Fernando Lobo Nogueira da Gama - Universidade Estadual De Santa Cruz
Dr. Willian Douglas Guilherme - Universidade Federal do Tocantins
Dr^a. Naiola Paiva de Miranda - Universidade Federal do Ceará
Dr^a. Dayanne Tomaz Casimiro da Silva - UFPE - Universidade Federal de Pernambuco

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

P474 A pesquisa e a iniciação científica na engenharia civil – UniAraguaia
[recurso eletrônico] / Organizadores Milton Gonçalves da Silva
Júnior, Cristina de Fatima Mattos Antunes, Fernando Ernesto
Ucker. – Rio de Janeiro, RJ: e-Publicar, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Digital Editions

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-89340-00-3

1. Engenharia civil – Pesquisa – Brasil. I. Silva Júnior, Milton
Gonçalves da. II. Antunes, Cristina de Fatima Mattos. III. Ucker,
Fernando Ernesto.

CDD 620.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Editora e-Publicar

Rio de Janeiro – RJ – Brasil
contato@editorapublicar.com.br
www.editorapublicar.com.br



2020

APRESENTAÇÃO

O Centro Universitário Araguaia - UniAraguaia, mantendo sua vocação global de ser aberto à comunidade, caminhando numa dinâmica diferenciada, aparelhada para atender às exigências do avanço tecnológico atual, amplia seu espaço de atuação comprometendo-se a ser uma instituição plural e disponível, disponibilizando serviços nas áreas dos cursos oferecidos, tornando mais amplo o trabalho que já vem sendo desenvolvido como um centro de Ciência e do Saber, e comprometida com uma concepção progressista onde predomina o ensino de qualidade, a formação crítica do profissional em relação à sociedade e compreensão do papel que lhe é inerente, para que possa analisar e contribuir na discussão dos problemas regionais e nacionais.

Assim, o Curso de Engenharia Civil da UniAraguaia, com início no ano de 2014, a partir da ideia de propor um ensino diferenciado, e tendo como principais objetivos desenvolver conhecimentos para identificar e propor soluções técnicas aos problemas da sociedade através do domínio e utilização de soluções tecnológicas aplicadas nas diversas áreas da Engenharia Civil, propõe o livro intitulado “A Pesquisa e a Iniciação Científica na Engenharia Civil – UniAraguaia”.

Este livro se inclui em um processo mais amplo de reflexão sobre as áreas de atuação da Engenharia. A formação profissional dos acadêmicos do curso de Engenharia Civil passa por etapas diferenciadas de aquisição, compreensão e aplicação das competências por meio de pesquisas científicas e de práticas. Diante deste cenário, os discentes e docentes se utilizam do espírito científico para a prática dos fundamentos, sendo a pesquisa entendida como ferramenta para a evolução tecnológica, apoiado na interdisciplinaridade que propicia o diálogo entre os vários campos e a integração do saber.

A aprendizagem através da pesquisa científica, é entendida como processo de construção de conhecimentos, habilidades e valores em interação com a realidade e com os demais indivíduos, no qual são colocadas em uso capacidades pessoais. Portanto, este é um projeto interdisciplinar baseado em princípios educacionais que propõem a formação crítica e construtiva, a autonomia intelectual e preparação técnico-científica dos discentes do curso, orientados por professores-pesquisadores, que gerou a interação do discente com o objeto de estudo.

A escolha dos capítulos baseou-se na amplitude e importância da Engenharia Civil no contexto urbano atual, onde as mais diversas ferramentas e tecnologias utilizadas necessitam, quase sempre, da atuação deste profissional. Por isso, a diversidade do conhecimento precisa ser praticada constantemente no cenário educacional contemporâneo.

Em suma, de um modo ou de outro, todos os autores deste livro, sob diferentes perspectivas, apontam o papel estratégico e a importância da sedimentação do saber na área da Engenharia Civil, reafirmando a pesquisa como ferramenta indispensável no enfrentamento e na superação dos vários problemas sociais vivenciados pela sociedade em nosso país. Assim, desejamos que esta obra seja uma referência para cientistas, trabalhadores e educadores da área e um estímulo ao nosso corpo docente na busca pelo aperfeiçoamento profissional.

Os Organizadores

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....05

CAPÍTULO 1 - AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DA PLATAFORMA BIM POR CONSTRUTORAS QUE TRABALHAM COM OBRAS DE PEQUENO PORTE.....11

Sávio Viana da Silva
André Mendes Martins
João Pedro Magalhães

CAPÍTULO 2 – ANÁLISE DAS ROTAS DE FUGA DE UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL EM SITUAÇÃO DE SINISTRO LOCALIZADO NA CIDADE DE GOIÂNIA – GO.....31

Anna Caroline F. Cordeiro
Cristina de F. M. Antunes
Luiz Guilherme Gonzaga Borba Ferreira
André Mendes Martins

CAPÍTULO 3 – ESTUDO COMPARATIVO DE PRODUTIVIDADE ENTRE FERRAMENTAS CAD E BIM48

Wagner Antonio da Silva
Cristina de Fatima Mattos Antunes
Álvaro Pereira do Prado Neto
Guilherme Dias Costa Pinto

CAPÍTULO 4 – LEI Nº 3.057 DE 2015: IMPACTO E CONSIDERAÇÕES SOBRE ACESSIBILIDADE NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA.....63

Jonas Nascimento Carvalhedeo
Cristina de Fatima Mattos Antunes
Luciana Joyce Hamer
Túlio Meirelles Pinheiro

CAPÍTULO 5 – SOLO-CIMENTO AUTOADENSÁVEL PARA CONFECCÃO DE BLOCOS MODULARES: INFLUÊNCIA DA AREIA E DA RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO.....80

Vitória Maria Machado da Costa
Fábio Henrique Casarini Gerônimo
Edgar Bacarji
Amanda Corrêa

CAPÍTULO 6 – ANÁLISE DAS INVESTIGAÇÕES DOS ACIDENTES OCORRIDOS EM EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL PESADA NO ANO DE 2017
.....101

Maria Luiza de Vargas Castilho
Isabelle Rocha Arão
João Pedro Magalhães

CAPÍTULO 7 – A GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS SOB A ÓTICA DE PROFISSIONAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....112

Daniel Luis Lima Pereira
Maria Cecília dos Santos Vieira
Laynara Xavier Barroso
Fábio Henrique Casarini Gerônimo

CAPÍTULO 8 – ESTRESSE E SÍNDROME DE *BURNOUT* EM PROFISSIONAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL124

Tereza Cristina de O. Rocha
Maria Cecília dos Santos Vieira
Luciana Joyce Hamer
Isabelle Rocha Arão
Amanda Corrêa

CAPÍTULO 9 – UTILIZAÇÃO DE PISO DRENANTE COMO MÉTODO DE CONTROLE DA DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO EM GOIÂNIA-GO
.....136

Larissa Monteiro de Carvalho
Thais Borini de Castro
Mateus de Leles Lima

CAPÍTULO 10 – UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS ORIUNDOS DE RESÍDUOS CLASSE A EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO155

Vaney dos Santos Pereira
Cristina de Fatima Mattos Antunes
Luiz Guilherme Gonzaga Borba Ferreira
Laynara Xavier Barroso

CAPÍTULO 11 – BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE NAS CONSTRUTORAS.....166

Larissa Borille
Túlio Meirelles Pinheiro
Álvaro Pereira do Prado Neto
Guilherme Dias Costa Pinto

CAPÍTULO 12 – ESTUDO SOBRE O SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO EM LAJES SUBPRESSÃO.....180

Zilda Sousa Lima de Barros
Lucas de Amorim Melo Garcia Pinheiro
Phablo Verissimo Inácio Dias

CAPÍTULO 13 – INFILTRAÇÃO ADVINDA DO SOLO EM UM IMÓVEL RESIDENCIAL PRONTO: CONSEQUÊNCIAS, PREVENÇÕES E TRATAMENTO195

Daniela Fernandes Guimarães
Lucas de Amorim Melo Garcia Pinheiro

CAPÍTULO 14 – INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS VOLTADAS PARA A REDUÇÃO DE CO₂ EM FÁBRICAS DE CIMENTO.....211

Gabriel Soares Cardoso
Fernando Ernesto Ucker
Milton Gonçalves da Silva Junior
Mateus de Leles Lima

CAPÍTULO 15 – AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO E UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS EM MORRINHOS – GO.....230

Lucas de Lima Castro
Fernando Ernesto Ucker
Milton Gonçalves da Silva Junior
André Mendes Martins

SOBRE OS ORGANIZADORES.....244



CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DA PLATAFORMA BIM POR CONSTRUTORAS QUE TRABALHAM COM OBRAS DE PEQUENO PORTE

Sávio Viana da Silva, Engenharia Civil – Centro Universitário Araguaia
André Mendes Martins, Professor-pesquisador curso de Engenharia Civil – Centro Universitário Araguaia
João Pedro Magalhães, Professor-pesquisador curso de Engenharia Civil – Centro Universitário Araguaia

RESUMO

Com o passar dos anos novas tecnologias que facilitam o desenvolvimento de projetos no ramo têm sido criadas e aperfeiçoadas. Nesse contexto surge a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), considerada por profissionais do ramo a sucessora da tecnologia *Computer Aided Design* (CAD). Capaz de integrar todas as disciplinas de um projeto à uma única interface, o BIM traz automação e praticidade na elaboração do projeto e ainda maior fidelidade com a realidade do que será executado. Embasado neste contexto que este trabalho tem o objetivo de fazer a análise de viabilidade econômica da migração da tecnologia CAD para a plataforma BIM em empresas que trabalham com pequenas construções. O estudo é realizado de maneira qualitativa expondo a plataforma BIM e os principais *softwares* disponíveis no mercado para uso e um levantamento de custos para a adoção dos mesmos em obras de pequeno porte e explana de que forma o uso do BIM pode contribuir para melhorar a elaboração e o gerenciamento de projetos junto à execução no canteiro de obras. Os resultados mostram que para a aquisição do BIM chega a ser mais vantajoso que a plataforma CAD, o que viabiliza economicamente a mudança das plataformas. Conclui-se que o benefício da aquisição do BIM por empresas que trabalham com pequenas construções se dá tanto nas qualidades e vantagens que tornam o BIM superior ao CAD, quanto na viabilidade econômica de aquisição da plataforma, mas deve-se lembrar que cada empresa possui suas próprias peculiaridades que devem ser levadas em consideração na aderência do BIM.

Palavras-chave: Implementação do BIM; Desenvolvimento de projetos; Projetos em BIM.

INTRODUÇÃO

Ao se pensar em elaborar o projeto de uma edificação, o objetivo é a entrega do mesmo completo no menor tempo e com maior detalhamento possível, englobando todas as disciplinas e suas devidas compatibilizações, o que evitará falhas na fase de execução. As disciplinas se encaixam entre a arquitetura e as demais engenharias, que somando nortearão todo o processo construtivo da edificação.




Até meados dos anos 70 os projetos eram criados a próprio punho, o que fazia com que projetar se tornasse algo que necessitava de bastante tempo e desgaste por parte do projetista. A partir de 1960, com o alavancar das indústrias de programas gráficos, os computadores tornaram-se uma ferramenta ainda mais poderosa e indispensável. Logo em seguida, na década de 1970, o meio dos projetos arquitetônicos foi surpreendido com o lançamento da tecnologia *Computer Aided Design* (CAD), traduzindo, desenho auxiliado por computador. Com o CAD os projetos passaram a ser produzidos no computador. (PROCONCEPT, 2018 e BARRETO, SANCHES, *et al.*, 2019; COSTA, FIGUEIREDO e RIBEIRO, 2015)

O CAD trouxe inúmeros benefícios para o processo de projetar, entre eles estão a maior eficiência, agilidade e maior qualidade do produto final. Com o uso amplo dos sistemas em CAD houve maior ênfase aos projetos e os desenhos foram automatizados. Posteriormente o CAD evoluiu para representações em 3D e se tornou indispensável para Arquitetura, Engenharia e Construção – (AEC). Contudo essa ferramenta de representação é limitada, já que abrange apenas parâmetros gráficos do que será construído (NUNES e LEÃO, 2018).

A evolução da tecnologia no ramo dos projetos continuou até chegarmos ao desenvolvimento do *Building Information Modeling* (BIM). O termo BIM foi citado pela primeira vez no ano de 1992 em um artigo publicado pelos estudiosos Eastman, G. A. Van Nerdeveem e F.P. Tolman, abordando várias visões sobre a modelagem de informações na construção e seus benefícios para auxiliar na estruturação de um modelo de construção(SAEPRO, 2019).

Cardoso et al. (2013) afirmam que a plataforma “BIM são softwares de bases de dados, em formato digital de todos os aspectos a considerar na edificação de um projeto, permitindo a criação de um modelo visual 3D e facilitando a visualização do resultado do projeto em estudo.”, essa projeção permite ao usuário inserir dados relacionados aos materiais utilizados, custos, informações específicas de determinado material, prazos de execução etc., algo que na plataforma CAD não é possível.

O BIM chegou ao Brasil em meados de 2002 e vem ganhando espaço em território nacional de forma lenta e gradativa. O cenário da construção civil ainda é bastante fechado para a adesão de novas tecnologias, apesar da plataforma BIM se mostrar superior ao CAD. Pesquisa elaborada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) aponta que apenas 9,2% de um total de 700 empresas de engenharia no Brasil fazem uso do BIM. Outra pesquisa da FGV, mostra que quando se trata de empresas de edificações residenciais, esse índice sobe para 14,8%



(considerando o uso da plataforma BIM em alguma fase do projeto). (CASTELO e BEZERRA, 2018; CASTELO, MARCELLINI e VIANA, 2018; MENEZES, 2011).

Apesar da crescente disseminação da plataforma BIM no Brasil, essa tecnologia ainda precisa de maior divulgação e estudos relacionados ao seu uso, tão obstante, é perceptível o quanto esforço de promove-lo na construção civil. Assim como a tecnologia CAD foi um marco na construção civil, a tecnologia BIM vem para revolucionar a maneira de representação das edificações e também a parte do gerenciamento de uma obra. Dentre os fatores de resistência de adesão da plataforma relatados por quem já aderiu a plataforma BIM, estão o elevado custo do treinamento de pessoal, a atualização dos computadores para suportarem os *softwares* e os preços dos programas. Contudo a adesão da plataforma prevê o retorno do investimento a médio e longo prazo (MENEZES, 2011; COSTA, FIGUEIREDO e RIBEIRO, 2015).

Inúmeros benefícios são oferecidos pela plataforma BIM à construção civil, porém deve ser feita uma análise preliminar entre a viabilidade do custo de investimento e o retorno financeiro. Diante desse contexto formula-se a hipótese principal desse trabalho: Se a plataforma BIM é aplicável na construção civil como um todo, logo, é possível aplica-la em obras em pequeno porte. Neste contexto o objetivo desse trabalho é analisar a viabilidade econômica de migração da tecnologia CAD para a plataforma BIM em empresas que trabalham com pequenas construções.

MATERIAL E MÉTODOS

O capítulo em questão expõe a metodologia usada neste trabalho, os tipos de abordagens e os procedimentos técnicos utilizados.

Este trabalho, quanto a sua natureza se enquadra em uma pesquisa aplicada, a pesquisa possui abordagem qualitativa, o objetivo do estudo é de caráter descritivo e o método científico é de caráter dedutivo.

Estas características se firmam no fato de que o mesmo busca analisar a viabilidade do uso do BIM em construtoras que trabalham com pequenas construções, onde é feita uma análise partindo do geral expondo os benefícios do BIM e o valor dos softwares disponíveis no mercado e vai se afinando através verificação das combinações dos fatores de adesão da plataforma buscando a dedução da solução mais viável ao adquirente, expõe a plataforma BIM com seus principais softwares disponíveis no mercado para uso, faz um levantamento de custos para a adoção dos mesmos em obras de pequeno porte e ainda evidencia os benefícios



do BIM e o valor dos softwares disponíveis no mercado e vai se afinando através verificação das combinações dos fatores de adesão da plataforma buscando a dedução da solução mais viável ao adquirente.

Relacionados ao BIM são apresentados aspectos como sua definição, seus benefícios, suas utilidades, interpolarização dos *softwares* através do formato IFC, os principais programas disponíveis no mercado brasileiro atual, e seus respectivos valores de aquisição. Em seguida são caracterizadas de obras de pequeno porte.

A segunda parte do trabalho se baseia na análise de quais programas são necessários para a elaboração de projetos, gerenciamento dos mesmos. Sabendo que nenhum software BIM é capaz de englobar todo esses processos e ciente que a solução se baseia na escolha de programas especializados para cada área, nasce a necessidade de saber escolher qual deles se adequa mais as necessidades presentes e que possua o melhor custo benefício para o adquirente.

O terceiro passo é levantar o orçamento do custo médio para a elaboração do projeto de uma construção de pequeno porte, expondo os valores referentes aos programas e ao profissional envolvidos em Custo Unitário Básico (CUB) por hora. Em primeiro caso sem o uso da plataforma BIM e em seguida com a plataforma, essa pesquisa mostra a diferença de custo da obra sem e com a adesão da plataforma.

O custo de aquisição dos programas à principio foram levantados nos respectivos sites de seus desenvolvedores e dando preferência para os valores anuais de cada, dividido pelo número de horas contados nos 365 dias do ano a fim de obtermos os valores em R\$/h, onde referencialmente foram escolhidos os valores dos planos anuais por serem um fator comum entre os desenvolvedores, já que nem todas possuem planos mensais de adesão. Os valores respectivos a remuneração horária dos profissionais provém de pesquisa bibliográfica e uma pesquisa de campo feita na cidade de Goiânia, Goiás. Todos os valores, tanto dos programas quanto dos profissionais, foram levantados no segundo semestre de 2019 e estão sujeitos a alterações e reajustes após esta data.

E por último, analisar as informações obtidas provar se é viável ou não a adesão da plataforma para construções de pequeno porte e qual a melhor escolha custo benefício dos programas disponíveis no mercado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são expostos os resultados obtidos por meio de todo procedimento metodológico estabelecidos.

1.1 Análise De Viabilidade

1.1.1 Análise custo-benefício e custo dos programas BIM e CAD mais populares no mercado

Existem inúmeros *softwares* BIM no mercado, porém foram levantados as características e valores das soluções mais populares. Após o estudo de cada programa e suas funcionalidades resta escolher qual deles suprirá as demandas de uma pequena construção, nesse caso, é levado em consideração a necessidade dos programas para a criação do projeto arquitetônico, hidrossanitário, estrutural, elétrico, mecânico, orçamento e pôr fim um para a compatibilização dos mesmos. De cada programa foi feito o levantamento de informações diretamente de seus desenvolvedores, sendo possível notar similaridades de funções entre os mesmos de acordo com cada disciplina proposta. É através deste levantamento que se torna possível fazer comparações entre os programas e fazer a escolha do melhor custo-benefício para a elaboração dos projetos.

Tabela 1 - Programas BIM mais populares e usuais para a criação de projetos seus respectivos valores de mercado.

(continua)

Software	Característica	Valor (R\$)	
Revit	Projetos arquitetônicos, MEP e Estrutural	974,01/mês	
		7.839,59/ano	
		21.166,88/triano	
Navisworks	Gerenciamento e Custo	Simulate 453,20/mês	Manage 1.112,40/mês
		3.625,60/ano	8.961,00/ano
		785,00/triano	24.205,00/triano

Tabela 1 - Programas BIM mais populares e usuais para a criação de projetos seus respectivos valores de mercado.

(continuação)

ArchiCAD	Projetos Arquitetônicos	165,00/mês
TQS Pleno_LP&S	Concreto armado/Grande porte	1.360,00/mês
TQS Unipro_LP&S	Concreto Armado/Até 20 pisos	880,00 / mês
TQS Unipro12_LP&S	Concreto Armado/Até 12 pisos	570,00 / mês
Alvest pleno	Alvenaria Estrutural/Grande porte	380,00 / mês
Paredes de Concreto	Edifícios de Paredes de Concreto	380,00 / mês
TQS Pleno_LP&S + PREO	Concreto Armado e Pré-Moldado/Grande Porte	1.660,00 / mês
TQS EPP+	Concreto Armado/Até 8 pisos	380,00 / mês
TQS EPP	Concreto Armado/Até 5 pisos	270,00 / mês
TQS EPP3	Concreto Armado/Até 3 pisos	150,00 / mês
Alvest Light	Alvenaria Estrutural/Até 5 pisos	190,00 / mês
Sketchup	Projetos arquitetônicos	3.854,00
Tekla STRUCTURES	Projeto estrutural	Sob consulta
QIBuilder	Projetos hidrossanitário, elétrico, preventivo de incêndio, SPDA, gás, cabearmento estruturado e alvenaria estrutural.	3.540,00/ano
Eberick	Projeto estrutural de grande, médio e pequeno porte.	4.140,00/ano
Edificius	Projeto arquitetônico	De 3.106,15/ano à 3.550,52/ano
Edificius LAND	Projeto arquitetônico para paisagismo	De 1.773,04/ano à 2.217,41/ano
EdiLus CONCRETE	Projeto estrutural em concreto ABNT	395,49/mês
		2.661,78/ano
		4.883,63/biano
EdiLus CONCRETE	Projeto estrutural em concreto NP EN Eurocódigo	217,74/mês
		1.328,67/ano
		2.439,59/biano

Tabela 1 - Programas BIM mais populares e usuais para a criação de projetos seus respectivos valores de mercado.

(conclusão)

EDILUS STEEL	Projeto estrutural em Aço NP EN Eurocódigo	217,74/mês
		1.328,67/ano
		2.439,59/biano
EdiLus MANSORY	Projeto de estruturas de alvenaria NP EN Eurocódigo	217,74/mês
		1.328,67/ano
		2.439,59/biano
PriMus	orçamento de obra	884,30/ano
PriMus PLUS	PriMus + PriMus-K + PriMus-TO	1.328,67/ano
PriMus FULL	PriMus + PriMus-K + PriMus-IFC + PriMus-TO	1.773,04/ano
Solarius PV	Desenho de sistemas solares fotovoltaicos	528,80/ano
TerMus BRIDGE	Cálculo de pontes térmicas	442,08/ano

Fonte: O autor.

É fato que em uma construção de pequeno porte não há a obrigação de adquirir todos os programas listados. Já sabido das necessidades envolvendo as disciplinas consideradas para a criação dos projetos e na busca de encontrar a melhor combinação custo-benefício dos programas listados na Tabela 1, para aquisição, se obteve as seguintes possibilidades:

Tabela 2 - Programas BIM escolhidos dando prioridade de aquisição à desenvolvedora Autodesk.

Software	Característica	Valor (R\$/hora)
Revit	Projetos arquitetônicos, MEP e Estrutural	0,89
Navisworks	Gerenciamento e Custo	1,03
		Total: 2,92

Fonte: O autor.

Os programas escolhidos na Tabela 2 foram o Autodesk Revit para a elaboração dos projetos arquitetônico, hidrossanitário, mecânico, estrutural, elétrico e orçamento, e o Navisworks Manage para a detecção e gerenciamento de conflitos, cronograma de projeto 5D

análises e simulações. O apelo desta escolha dá preferência a programas da Autodesk. Vale salientar de que o *software* Navisworks possui duas versões a Simulate e Manage, de acordo com as ações disponíveis em cada uma delas a melhor escolha se manteve na Manage pois possui recursos mais completos que facilitarão a coordenação e prevenção de incompatibilidades nos projetos.

Tabela 3 - Programas BIM escolhidos dando prioridade de aquisição à desenvolvedora AltoQI.

Software	Característica	Valor (R\$/hora)
ArchiCAD	Projetos arquitetônicos	0,23
Eberick	Projeto estrutural de grande, médio e pequeno porte.	0,29
QiBuilder	Projetos hidrossanitário, elétrico, preventivo de incêndio, SPDA, gás, cabeamento estruturado e alvenaria estrutural.	0,35
PriMus FULL	Orçamento e controle de obra	0,21
		Total: 1,08

Fonte: O autor.

A Tabela 3 dá preferência a escolha por programas da desenvolvedora AltoQI onde já é possível notar uma economia de R\$ 1,84/hora. A observação fica em ter de adquirir *softwares* externos para complementar a elaboração dos projetos, já que a AltoQI não possui programas para as disciplinas de arquitetura e orçamentação e controle de obras. Para isso foram escolhidos os programas ArchiCAD, da Graphisoft SE e PriMus FULL, da ACCA Software por serem os de melhor custo-benefício.

Tabela 4 - Programas BIM escolhidos dando prioridade de aquisição à desenvolvedora ACCA Software.

Software	Característica	Valor (R\$/hora)
Edificius	Projetos arquitetônicos	0,36
EdiLus CONCRETE	Projeto estrutural em concreto ABNT	0,31

QiBuilder	Projetos hidrossanitário, elétrico, preventivo de incêndio, SPDA, gás, cabeamento estruturado e alvenaria estrutural.	0,35
PriMus FULL	Orçamento e controle de obra	0,21
		Total: 1,23

Fonte: O autor.

Para a Tabela 4 foi dada a preferência aos programas da desenvolvedora ACCA Software, onde é possível notar que em comparação às tabelas de combinação de preços anteriores os valores encontrados se apresentam de maneira intermediária não sendo a solução mais interessante para os adquirentes. Salienta-se que os valores dos produtos da ACCA Software sofrem constantes variações pois os mesmos são vendidos em Euros. A observação fica por conta de adquirir *softwares* para os projetos hidrossanitários e elétricos, onde foi escolhido o programa QiBuilder, da AltoQI por ser o de melhor custo-benefício.

Tabela 5 - Programas BIM escolhidos dando prioridade a combinação de melhor custo-benefício.

Software	Característica	Valor (R\$/hora)
ArchiCAD	Projetos arquitetônicos	0,23
TQS EPP3	Estruturas de concreto armado até 3 pisos	0,21
QiBuilder	Projetos hidrossanitário, elétrico, preventivo de incêndio, SPDA, gás, cabeamento estruturado e alvenaria estrutural.	0,31
PriMus FULL	Orçamento e controle de obra	0,21
		Total: 0,96

Fonte: O autor.

A Tabela 5 mostra a melhor combinação de programas custo benefício para uma obra de pequeno porte. Com o valor de R\$ 0,96/h bate os valores das combinações anteriores e mostra que a melhor opção é fazer a mesclagem entre os programas de diferentes desenvolvedoras no mercado. O programa de maior uso pelas empresas da construção civil para a criação de projetos em CAD é o Autodesk AutoCAD e seu respectivo valor é de:

Tabela 6 - Valor de aquisição do software CAD, Autodesk AutoCAD

Software	Característica	Valor (R\$/hora)
AutoCAD	Elaboração de desenhos e representações em 2D e 3D	0,73

Fonte: O autor.


Em relação aos valores, considerando o Autodesk AutoCAD em comparação com o conjunto de programas BIM, a escolha pelo programa CAD seria a solução mais viável. Mas, como a solução CAD tem fins apenas para representação gráfica, se torna extremamente desgastante fazer os cálculos de dimensionamento manualmente para os projetos demandando um tempo muito maior para que os mesmos fiquem prontos, e por esse motivo que em geral os escritórios usuários dessa plataforma fazem a aquisição de programas que auxiliem na elaboração destes cálculos, aumentando assim o valor gasto para o uso da plataforma.

1.1.2 Requisitos mínimos para o processamento dos softwares BIM e CAD junto ao custo médio dos *hardwares* disponíveis no mercado

Com relação aos requisitos mínimos de *hardware* recomendados para o processamento dos programas BIM citados, de acordo com as especificações gerais fornecidas pelas desenvolvedoras, chegamos as seguintes configurações:

- CPU: 6 núcleos ou mais, maiores que 2,6 GHz;
- Memória: 8 GB RAM;
- Disco Rígido: 256 GB com 10.000 RPM ou mais, preferencialmente o modelos *olid state disk* (SSD);
- Placa de vídeo: NVIDIA GeForce® GT 650M, similar ou superior.

Um computador com especificações similares as recomendadas ficam em torno de R\$ 4.000,00. Vale ressaltar que esse valor é uma média geral de computadores vendidos no mercado.



Com relação aos requisitos mínimos de *hardware* recomendados para o processamento dos programas CAD citados, de acordo com as especificações gerais fornecidas pelas desenvolvedoras, chegamos as seguintes configurações:

- CPU: Duo core, superiores a 3,0 GHz;
- Memória: 8 GB RAM;
- Disco Rígido: Superior a 6,0 GB;
- Placa de vídeo: GPU 1 GB com 29 GB/s de largura de banda e compatível com DirectX 11.

Um computador com especificações similares as recomendadas ficam em torno de R\$ 3.000,00. Ressaltado novamente que esse valor é uma média geral de computadores vendidos no mercado.

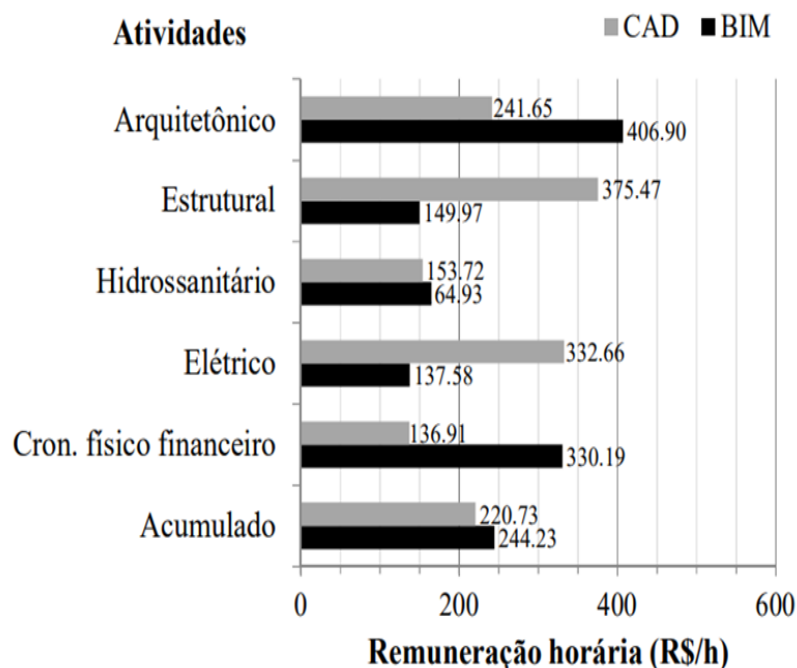
1.1.3 Análise de remuneração horária para desenvolvimento de projetos e processos no BIM em comparação ao CAD

Através de um estudo de caso promovido por Nunes e Leão (2018) onde foram comparados a eficiência da plataforma BIM relação ao CAD, na elaboração de projetos de uma casa unifamiliar padrão Minha Casa Minha Vida (MCMV), considerando os projetos arquitetônico, hidrossanitário, elétrico, estrutural e de cronograma físico financeiro, foi possível chegar a valores que tendência o uso do BIM ao invés do CAD.

A primeira parte se inicia com o levantamento de dados relativos a remuneração horária para o desenvolvimento de projetos e processos em edificações sem qualquer tipo de alterações no projeto durante sua criação e logo após o mesmo caso de remuneração só que considerando alterações no projeto.

Após a apuração dos dados, nota-se que há diferenças consideráveis em cada disciplina de projeto atuando de maneira favorável e desfavorável a plataforma BIM, mas de maneira geral, no acumulado, a remuneração no BIM se mantém 10,65% maior que a plataforma CAD.

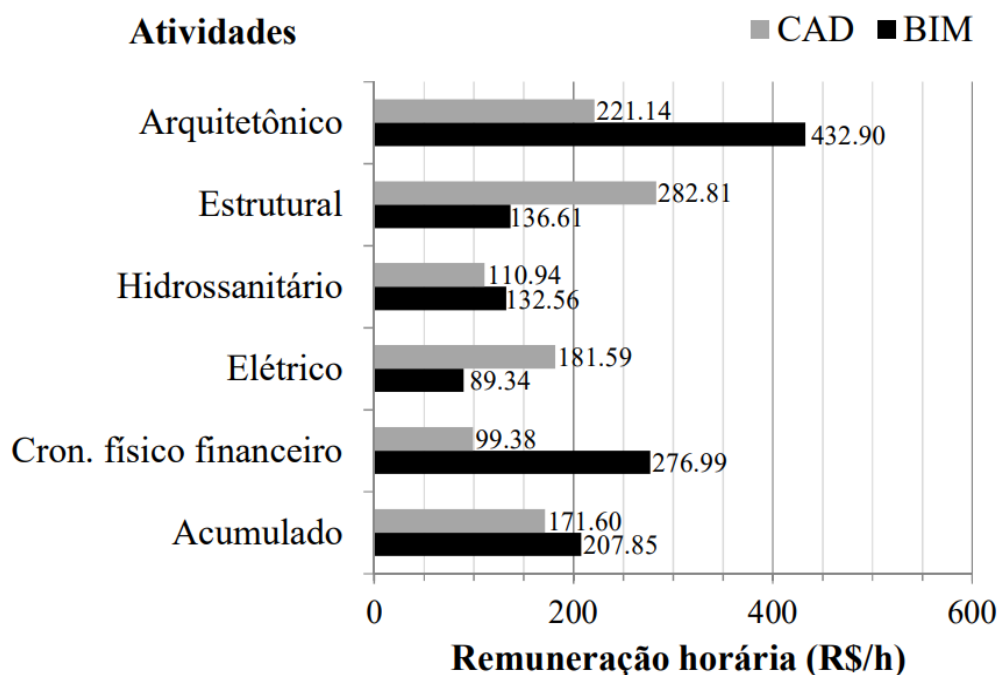
Figura 1 - Comparativo de remuneração horária para desenvolvimento dos projetos sem qualquer alteração.



Fonte: Nunes e Leão (2018).

Para o desenvolvimento de projetos e processos da edificação com alterações nos projetos a remuneração no BIM se mantém 21,12% maior que o CAD.

Figura 2- Comparativo de remuneração horária para desenvolvimento dos projetos com alteração.



Fonte: Nunes e Leão (2018).

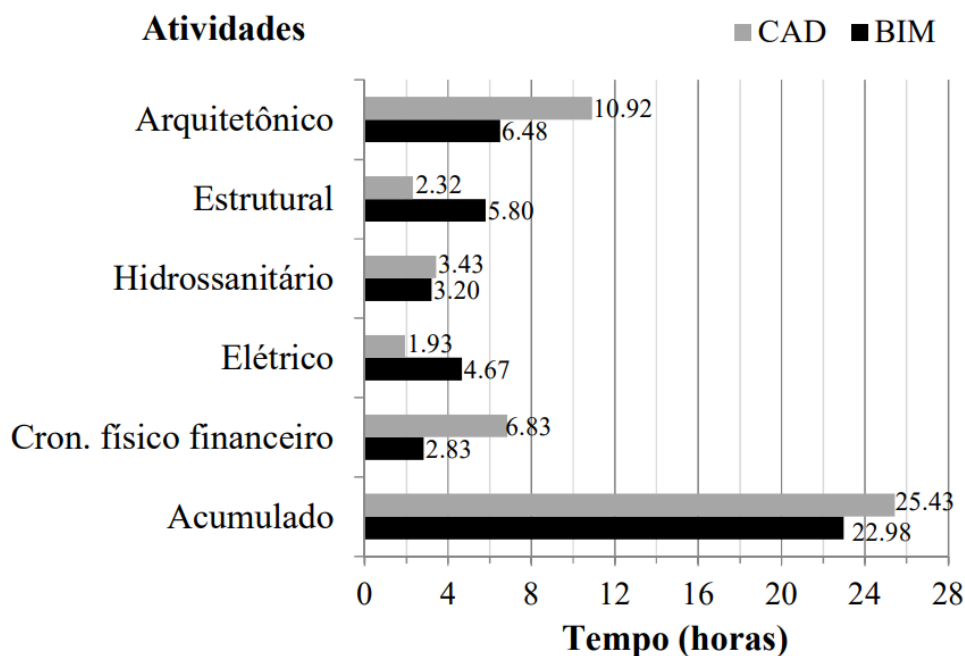
1.1.4 Fator tempo

Através do estudo de Nunes e Leão (2018) também é possível fazer comparativos com relação ao tempo gasto para a elaboração dos projetos de uma edificação de 75,18 m² englobando as características de uma construção de pequeno porte, onde o BIM se mantém 10,66% mais rápido que o CAD.

Essa diferença sobe para 21,10% quando de projetos que tenham algum tipo de alteração no meio do processo, onde tal fato se deve a automação que a plataforma BIM fornece aos seus usuários. Para projetistas esse poder de fazer alterações no projeto de forma automática faz com que não haja tanto impacto de tempo e custo para tais alterações, diferente da plataforma CAD que requer mudanças manuais nas demais pranchas dos projetos de acordo com o que foi mudado no projeto base.

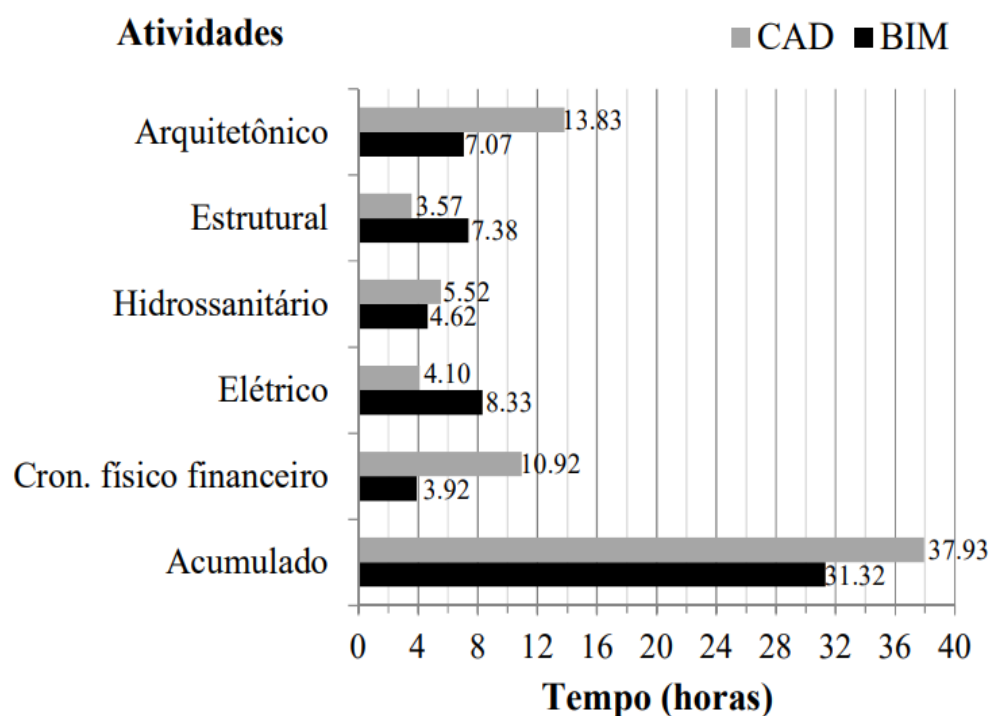
A comparação do fator tempo entre o BIM e o CAD é restrita a diversos fatores que influenciam na diferença entre as plataformas. Cada programa possui seus próprios métodos de trabalho e ferramentas próprias que podem ser mais complicadas de lidar do que outras, mas que em aspectos gerais não derrubam a superioridade do BIM sobre o CAD.

Figura 3 - Comparativo horário de desenvolvimento de processos e projetos.



Fonte: Nunes e Leão (2018).

Figura 4 - Comparativo horário de desenvolvimento de projetos com alteração.



Fonte: Nunes e Leão (2018).


Em uma breve pesquisa de mercado na cidade de Goiânia – GO, onde foram perguntados os valores médios cobrados e o prazo dos escritórios usuários da plataforma CAD e BIM para a elaboração dos projetos arquitetônico, hidrossanitário, elétrico, estrutural, mecânico e orçamento, de uma construção de pequeno porte de médio padrão, foram obtidos os seguintes valores expostos na Tabela 7.

Tabela 7 - Pesquisa rápida de mercado considerando o preço cobrado e o prazo de entrega.

Plataforma	Valor cobrado pelo profissional (R\$/m²)	Prazo de entrega (dias úteis)
CAD	20	20
BIM	25	7

Fonte: O autor.

Nos comparativos de preço a aquisição do BIM se mostra mais caro que do CAD com uma diferença de R\$ 0,23/ha favor do CAD. Tal fato mostra que os valores se mantêm muito próximos um do outro. Entretanto na consideração de preço do CAD não inclui que o usuário venha a adquirir um *software* de auxílio para os devidos dimensionamentos e resolução de cálculos necessários para a criação dos projetos, com isso o tempo de desenvolvimento e suscetibilidade a erros fica extremamente maior que no BIM.



Na aquisição de um programa de auxílio para os cálculos envolvidos nos dimensionamentos do projeto, como *Microsoft Excel*, que para melhor escolha está incluído no plano *Office 365 Personal* da *Microsoft* disponível para assinatura anual no valor R\$ 239,00, que passando pra horas fica no valor de R\$ 0,03/h, faz com que a diferença entre o CAD e o BIM caia para R\$ 0,20/h.

Para o processamento do BIM há a necessidade de *hardwares* que possuam configurações mais avançadas que para o CAD, contudo essas recomendações não se mostram com diferenças discrepantes uma da outra, se firmando em R\$ 1.000,00 mais em conta para os padrões CAD.


Analisando o fator tempo, de maneira geral entre as duas plataformas, vemos que no BIM se exige menos tempo para se projetar do que no CAD, além de ceder maior confiabilidade e compatibilidade dos projetos graças às inúmeras ferramentas nele disponíveis como por exemplo a busca e correção automática de incompatibilidades e processos automatizados, que no caso do CAD são feitos de forma manual e exaustiva. Essa diferença no tempo de desenvolvimento é legitimada nos valores levantados nas Figuras 3 e 4 e na Tabela 7. Utilizando o valor horário de melhor custo benefício de cada plataforma apresentado na Tabela 5 com o BIM e na Tabela 6 com o CAD, multiplicado pelas 24 horas diárias apresentam-se os seguintes resultados em R\$/dia para cada plataforma:

- BIM –R\$ 23,04/dia;
- CAD – R\$ 18,24/dia.

Nota-se que o CAD possui menor custo diário que o BIM. Mas, com o BIM é possível otimizar em 14 dias o tempo de desenvolvimento dos projetos, o que traz uma economia de R\$ 189,12 em relação ao CAD nesse período. Com isso BIM, se torna não apenas uma solução viável para empresas especializadas em pequenas construções como também a melhor custo benefício, pois mesmo com um investimento inicial maior que o CAD, devido ao menor tempo gasto na elaboração dos projetos, se torna um investimento que ao longo do tempo tem um retorno financeiro superior ao CAD.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da pesquisa deste trabalho foi possível fazer a análise de viabilidade de adoção do BIM por empresas que trabalham com pequenas construções, provando que é possível fazer a migração da plataforma CAD para o BIM sem que haja sacrifícios econômicos. Também serviu para ampliar os conhecimentos sobre o BIM com relação aos *softwares*



disponíveis no mercado, seus benefícios para a construção civil, sua facilidade de criação (que impacta diretamente no tempo de criação dos projetos), suas definições, dimensões e superioridades com relação ao CAD.

É possível dizer que fazer a troca de plataforma em empresas que trabalham no ramo de desenvolvimento de projetos para a construção civil exige esforço e um investimento inicial que devem ser minuciosamente estudados pelo adquirente antes da troca efetiva. Esse motivo se dá pelo fato de que cada empresa possui seus próprios desafios de implementação a serem estudados e vencidos para que a utilização do BIM se torne realidade.

O estudo expõe que mesmo se tratando de empresas que trabalham com obra de pequeno porte onde o fluxo de caixa se mantém menor a uma de grande porte, é cabível a inserção do BIM nesse tipo de construção, mesmo que o investimento inicial de aquisição seja mais elevado que no CAD, com o BIM é possível otimizar o tempo requerido para a criação dos projetos em até 65%.

Outro benefício BIM que não pode ser esquecido é a facilidade e otimização na compatibilização das disciplinas que compõem um projeto através de ferramentas encontradas em alguns programas da plataforma. Esse tipo de recurso auxilia na prevenção de que projetos saiam para a execução apresentando incompatibilidades que poderão resultar negativamente de forma expressiva no valor final da obra.

De maneira geral o BIM traz uma enorme contribuição para o ramo da construção civil e é questão de tempo para que ele tome o lugar da plataforma CAD futuramente, mas para isso é preciso que ainda mais estudos na área sejam promovidos para que seu potencial seja exposto e disseminado e abraçado por escritórios da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCA SOFTWARE. Quem somos. **ACCA Software**, 2019. Disponível em: <<https://www.accasoftware.com/ptb>>. Acesso em: 1 nov. 2019.

ALLEVANT ENGENHARIA. Allevant. **Allevant Engenharia**, 2018. Disponível em: <<https://allevant.com.br/modelagem-bim-usada-em-empresas/>>. Acesso em: 21 set. 2019.

ALMEIDA, R. C. D. G. Impacto do uso do BIM na elaboração de projetos As Built de sistemas prediais hidrossanitárias. **UFG**, 2016. Disponível em: <https://www.eec.ufg.br/up/140/o/IMPACTO_DO_USO_DO_BIM_NA_ELABORAÇÃO_D_E_PROJETOS_AS_BUILT_DE_SISTEMAS_PREDIAIS_HIDROSSANITÁRIOS.pdf>. Acesso em: 02 out. 2019.

ALTOQI. AltoQi Soluções BIM para projetos de engenharia. **ALTOQI**, 2019. Disponível em: <https://www.altoqi.com.br/institucional/#tab_altoqi>. Acesso em: 27 out. 2019.

ALTOQI. EBERICK, 2019. Disponível em: <<https://www.altoqi.com.br/eberick/>>. Acesso em: 22 out. 2019.

ALTOQI. QiBuilder, 2019. Disponível em: <<https://www.altoqi.com.br/qibuilder/>>. Acesso em: 27 out. 2019.

AUTODESK. A evolução do CAD. **Autodesk**, 2017. Disponível em: <<https://blogs.autodesk.com/por-dentro-da-autodesk-brasil/2017/01/02/a-evolucao-do-cad/>>. Acesso em: 2019 set. 2019.

BARRETO, B. V. et al. O BIM NO CENÁRIO DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRO. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 11, n. 1, p. 41-51, Junho 2019. ISSN 2318-6127.

BIBLUS. IFC what's it for? What's its connection with BIM? **Biblus**, 2017. Disponível em: <<http://biblus.accasoftware.com/en/ifc-whats-it-for-whats-its-connection-with-bim/>>. Acesso em: 13 out. 2019.

BUILDINGSMART. O que nos fazemos. **buildingSMART Internacional**, 2019. Disponível em: <<https://www.buildingsmart.org/about/what-we-do/>>. Acesso em: 02 out. 2019.

CARDOSO, A. et al. BIM: O que é? **Universidade do Porto**, 2013. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12_13/files/REL_12MC08_01.PDF>. Acesso em: 22 set. 2019.

CARREIRA, L. F. A. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS: ESTUDO DE CASO DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL TIPO SOBRADO NA CIDADE DE CAMPO MOURÃO - PR. **ROCA Repositório de Outras Coleções Abertas**, Campo Mourão, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8040/1/compatibilizacaooprojetossobrado.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2017.

CARREIRÓ, D. C. Aplicação da Metodologia BIM a um Caso de Estudo através do software Autodesk Navisworks. **INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA**, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/8691/1/Dissertação.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2019.

CASTELO, A. M.; BEZERRA, I. Blog do IBRE. **FGV & IBRE**, 2018. Disponível em: <<https://blogdoibre.fgv.br/posts/construcao-digital>>. Acesso em: 21 set. 2019.

CASTELO, A. M.; MARCELLINI, L.; VIANA, I. Blog do IBRE. **FGV & IBRE**, 2018.

COSTA, G. C. L. R. D.; FIGUEIREDO, S. H.; RIBEIRO, S. E. C. ESTUDO COMPARATIVO DA TECNOLOGIA CAD COM A TECNOLOGIA BIM. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 34, n. 2, p. 11-18, 2015. ISSN 0101-5001. Disponível em: <<http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/454/290>>. Acesso em: 06 out. 2019.

DOLABELA, S.; FERNANDES, G. M. Revista Pensar. **Revista Pensar Engenharia**, 2014. Disponível em: <http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a127.pdf>. Acesso em: 19 set. 2019.

DUARTE, J. R. A. Revit - Software BIM para Projeto. **JRRIO**, 2019. Disponível em: <<http://www.jrrio.com.br/software/revit-software-bim.html>>. Acesso em: 16 out. 2019.

GRAPHISOFT. ARCHICAD. **GRAPHISOFT**, 2019. Disponível em: <<https://www.graphisoft.com/br/archicad/index.html>>. Acesso em: 21 out. 2019.

INTERNET ARCHIVE WAY BACK MACHINE. TRIMBLE: História da empresa, 2019. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20120415160523/http://www.trimble.com/about_history.shtml>. Acesso em: 25 out. 2019.

JOHANNES, M. SOFTWARE BIM: FERRAMENTAS PARA TODAS AS OCASIÕES. **ENGENHEIROS E ARQUITETOS: O "Hub" dos profissionais do setor AECO**, 2019. Disponível em: <<https://www.e-zigurat.com/blog/pt-br/software-bim-ferramentas/>>. Acesso em: 16 out. 2019.

MENDES, A. C. B. Estudo aprofundado sobre o formato universal para troca de informações BIM IFC: estrutura do IFC para o BIM 4D - planejamento e controle. **Repositório Institucional UNESP**, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/155153/000879602.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 02 out. 2019.

MENEGARO, B. F.; PICCININI, Â. C. Aplicação da Metodologia BIM (Building Information Modeling) no processo de projeto, com foco na compatibilização. **UNESC**, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/5878/1/BrunaFerreiraMenegaro.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2019.

MENEZES, G. L. B. B. D. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo horizonte, 2011. 153-171. Acesso em: 29 set. 2019.

MESQUITA, H. D. C. et al. Estudo de caso da análise de interferências entre as disciplinas de um edifício com projetos convencionais (re) modelados em BIM. **SciELO**, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762018000300426&lang=pt>. Acesso em: 19 set. 2019.

MONTEIRO, A. C. N. et al. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: IMPORTÂNCIA, MÉTODOS E FERRAMENTAS. **Revista Campos do Saber**, v. 3, n. 1, p. 53-77, Jan/Jun 2017. ISSN 2447-5017.

MONTEIRO, A.; MARTINS, J. P. Building Information Modeling (BIM) - teoria e aplicação. **Repositório aberto**, 2011. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/69849/2/60875.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2019.

MONTEIRO, A.; MARTINS, J. P. Building Information Modeling (BIM) - teoria e aplicação. **Repositório Aberto**, 2011. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/69849/2/60875.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2019.

NASCIMENTO, L. A. D.; SANTOS, E. T. A construção da tecnologia da informação ao processo de projeto na construção civil. **Academia.edu**, São Paulo. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/30909448/workshopgestao.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DA_contribuicao_da_tecnologia_da_informac.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190923%3A>. Acesso em: 23 set. 2013.

NÓBREGA, U. R. G. A importância da compatibilização de projetos das edificações para minimizar as falhas na execução, reduzir custos e garantir um maior controle de qualidade. **Universidade Federal da Paraíba**, 2017. Disponível em: <<http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/2016.2/a-importancia-da-compatibilizacao-de-projetos-das-edificacoes-para-minimizar-as-falhas-na-execucao-reduzir-custos-e-garantir-um-maior-controle-de-qualidade.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2019.

NUNES, G. H.; LEÃO, M. Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional. **Revista de Engenharia Civil**, n. 55, p. 47-61, Julho 2018.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. Estruturas de concreto - Capítulo 1. **FEC - UNICAMP**, 2004. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/EESC/introducao.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2019.

PROCONCEPT. A história do software CAD: como tudo começou. **ProConcept**, 2018. Disponível em: <<https://www.proconcept.com.br/2018/07/18/a-historia-do-software-cad/>>. Acesso em: 27 set. 2019.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. O que é gerenciamento de projetos? **Project Management Institute**, 2019. Disponível em: <<https://brasil.pmi.org/brazil/AboutUS/WhatIsProjectManagement.aspx>>. Acesso em: 23 set. 2019.

RAIMUNDO, L. M.; BUTTLER, A. Orçamentação e Planejamento de obras residenciais de médio e pequeno porte - Estudo de caso. **Revista Científica Eletrônica Estácio**, Ribeirão Preto, v. 10, n. 10, p. 24-38, jul/dez 2017. Disponível em: <<http://estacioribeirao.com.br/revistacientifica/arquivos/revista10/2.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2019.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAIS, M. D. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **SciELO**, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212013000200012>. Acesso em: 22 set. 2019.

SAEPRO. Breve histórico do BIM. **SAEPRO**, 2019. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/saepr/saepr-2/conheca-o-projeto/breve-historico-do-bim/>>. Acesso em: 28 set. 2019.

SEBRAE. SEBRAE Mercados. **Inovação na construção civil**, 2014. Disponível em: <http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/12/2014_04_07_RT_Dez_ConstCivil_BIM_pdf.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2019.

SILVA, L. O.; CARVALHO, N. C. COMAPTIBILIZAÇÃO DE PROJETOS E REPRESENTAÇÃO GRÁFICA NA ENGENHARIA CIVIL. **Repositório Institucional**, 2018. Disponível em: <http://45.4.96.19/bitstream/aee/372/1/2018_1_LUCAS_NADIEL.pdf>. Acesso em: 10 26 2019.

TEIXEIRA, J. D. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS ATRAVÉS DA MODELAGEM 3D COM USO. **Repositório UFSC**, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/164583/TCC%20JULIANODT%20Versao%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 16 out. 2019.

TQS. TQS home. **Home**, 2019. Disponível em: <<http://www.tqs.com.br/home>>. Acesso em: 21 out. 2019.

TRIMBLE. Tekla, 2019. Disponível em: <<https://www.tekla.com/br/produtos/tekla-structures>>. Acesso em: 21 out. 2019.

VAGAS.COM. Vagas, 2019. Disponível em: <<https://www.vagas.com.br/>>. Acesso em: 13 nov. 2019.



ZIMERMANN, M. C. Softwares BIM: veja quais são as plataformas disponíveis no mercado. **Mais Engenharia**, 2019. Disponível em: <<https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/software-bim-veja-quais-sao-as-plataformas-disponiveis-no-mercado/>>. Acesso em: 16 out. 2019.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE DAS ROTAS DE FUGA DE UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL EM SITUAÇÃO DE SINISTRO LOCALIZADO NA CIDADE DE GOIÂNIA – GO

Anna Caroline F. Cordeiro, Engenharia Civil – Centro Universitário Araguaia
Cristina de F. M. Antunes, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil – Centro Universitário Araguaia

Luiz Guilherme Gonzaga Borba Ferreira, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil – Centro Universitário Araguaia

André Mendes Martins, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil – Centro Universitário Araguaia

RESUMO

A preocupação com as medidas de prevenção e combate a incêndio e evacuação nos casos de desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público, tem crescido exponencialmente a fim de garantir que as pessoas afetadas sejam retiradas da área de risco com segurança e em menor tempo hábil. O combate a incêndio consiste não apenas em impedir o fogo, mas também em garantir que essa situação, em caso de descontrole, afete o mínimo de vidas possíveis. Além disso, a prevenção de perdas trabalha com a conscientização e a propagação dos cuidados básicos em situações de riscos. O estudo tem por objetivo avaliar se as rotas de fuga de um condomínio residencial, para situações de incêndio e/ou pânico atendem as normas específicas e possibilitam a evacuação necessária. Como também, avaliar se os moradores e funcionários são capazes de averiguar e decidir pela melhor forma de evacuar a área em ocasiões necessárias, analisar as medidas ativas de proteção que abrangem a detecção, alarme e extinção do fogo (automática e/ou manual), e levantar as medidas passivas que abrangem o controle dos materiais, meios de escape, compartimentação e proteção da estrutura do edifício. Este estudo foi desenvolvido em um Condomínio Residencial no Setor Universitário, município de Goiânia-GO. Foram elaborados e aplicados questionários diferentes para os funcionários e os moradores do Condomínio. A partir dos dados coletados desejou-se conhecer qual o conhecimento dos moradores do residencial em relação a situações de incêndio e/ou pânico, como eles reagiriam a uma situação em que seja necessária a evacuação, e se os funcionários são capazes de auxiliá-los em tais situações. Buscou-se verificar e comparar se as instalações e estruturas implantadas no residencial seguem vigência à legislação competente. Com os resultados foi possível entender o posicionamento dos moradores em relação a uma situação de sinistro, onde 62,78% disse saber como agir caso fosse necessário, eles também tiveram uma visão do que pode ser melhorado no residencial para sua segurança na evacuação e foi possível detectar as inconformidades das instalações que necessitam de ajustes para se adequar as normas.

Palavras-chave: saídas de emergência; rotas de fuga; residencial.

INTRODUÇÃO

A preocupação com as medidas de prevenção e combate a incêndio e evacuação nos casos de desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público, tem



crescido exponencialmente a fim de garantir que as pessoas afetadas sejam retiradas da área de risco com segurança e em menor tempo hábil.

Em dezembro de 1961, no estado do Rio de Janeiro, em Niterói, mais de 500 pessoas morreram no incêndio que envolveu cerca de três mil pessoas no Gran Circus Norte-Americano (O GLOBO, 2013). Alguns anos depois, em fevereiro de 1974, em São Paulo, devido a um curto-circuito no sistema de ar-condicionado, o Edifício Joelma ficou em chamas, levando a morte 191 pessoas e mais de 300 ficaram feridas (GLOBO, 2014).

Em janeiro de 2013, o desastre na Boate Kiss, em Santa Maria-RS, feriu 600 pessoas e 242 acabaram mortas. Nesse acidente, fogos de artifícios foram usados dentro do ambiente fechado, o que causou a combustão do material isolante acústico e a rápida propagação do fogo. grande parte das mortes foi causada pela intoxicação de gases como cianeto e monóxido de carbono liberados na combustão desse material. O ambiente não possuía rotas de evacuação e nem sinalização adequada (SCHUQUEL, 2018).

Incidentes como os narrados acontecem de forma imprevisível. No entanto, com a existência de um sistema eficaz de instalações de prevenção e combate a incêndios e de pessoas capacitadas para manuseá-lo, pode-se evitar esses desastres, preservando-se assim as vidas locais e os bens materiais.

O combate a incêndio consiste não apenas em impedir o fogo, mas também em garantir que essa situação, em caso de descontrole, afete o mínimo de vidas possíveis. Além disso, a prevenção de perdas trabalha com a conscientização e a propagação dos cuidados básicos em situações de riscos.

A relevância do estudo deste tema leva em consideração a grande ocorrência de desastres ocasionados pela negligência da sindicância, não exercendo sua responsabilidade civil em relação à prevenção de incêndios dos empreendimentos, ou até mesmo dos próprios condôminos.

Além disso, a preocupação em como a população deve agir em casos de incêndio/pânico é de extrema importância. Saber como se comportar, quais decisões tomarem e como agir, tem se mostrado decisivo no sucesso do combate a pequenos focos de incêndio, até evacuações de empreendimentos.

De acordo com Brentano (2007), para se ter uma edificação segura, além de um sistema de proteção bem projetado e executado, é necessário que esse estabelecimento passe por inspeções, verificações e manutenções constantes. É preciso, também, que os usuários



saibam como agir em caso de incêndio e quaisquer outro desastre que possa vir a ter, e a edificação deve ter pessoas treinadas para operar o sistema de forma eficiente no combate ao fogo e comandar a saída com segurança da edificação.

As rotas de fuga devem ser suficientes para a população do edifício evacuar em condições propícias e sem acontecimento de acidentes graves nessa evacuação. Todos os níveis da edificação deverão ter comunicação por escadas, com resistência ao fogo conciliável com a ocupação. Deverão possuir sistema de ventilação, facilitando o arejamento e a retirada de possível entrada de fumaça (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE GOIÁS, 2017).

Os corredores devem ter largura suficiente para acomodar as pessoas com relativo conforto e segurança, devem estar totalmente desobstruídos, ter sinalização para orientação das pessoas e serem revestidos com materiais que não sejam combustíveis (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE GOIÁS, 2017).

A literatura apresenta algumas formas de evacuação predial, sendo a mais comum a chamada evacuação livre, no qual através de um aviso sonoro a população do empreendimento é avisada sobre o sinistro e inicia o processo de evacuação sem qualquer tipo de controle.

Assim, este estudo tem por objetivo avaliar se as rotas de fuga de um condomínio residencial, para situações de incêndio e/ou pânico atendem as normas específicas e possibilitam a evacuação necessária. Como também, avaliar se os moradores e funcionários são capazes de averiguar e decidir pela melhor forma de evacuar a área em ocasiões necessárias, analisar as medidas ativas de proteção que abrangem a detecção, alarme e extinção do fogo (automática e/ou manual), e levantar as medidas passivas que abrangem o controle dos materiais, meios de escape, compartimentação e proteção da estrutura do edifício.

MATERIAL E MÉTODOS

Essa pesquisa é classificada como exploratória por proporcionar maior familiaridade com o problema, com vista a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Envolveu levantamento bibliográfico, questionário com funcionários e moradores do condomínio residencial em estudo e análise dos resultados para estimular a compreensão dos fatos. Está classificada, por fim, como pesquisa bibliográfica e estudo de caso (GIL, 2007).

Inicialmente foi realizado levantamento bibliográfico da legislação relacionada ao combate de incêndio, saídas de emergência e procedimentos administrativos para

regularização imobiliária. Para o estudo de caso, o servidor de dados do empreendimento, forneceu acesso aos projetos arquitetônicos, além de outras informações importantes.

ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi desenvolvido em um Condomínio Residencial no Setor Universitário, município de Goiânia-GO (Figura 8). Entregue no ano de 1994, o Condomínio Barão de Duas Barras possui uma área total construída de aproximadamente 9.540,79m², contendo 8 blocos de apartamentos com 4 apartamentos por andar, totalizando 192 unidades. Os apartamentos são padrões, com área privativa do apartamento contendo 72,79 m², área privativa do estacionamento de 12,50 m² e área total do apartamento de 85,29 m².

Figura 8 – Condomínio Barão de Duas Barras



Fonte: Google Maps (2020)

COLETA DE DADOS

Foram elaborados e aplicados questionários diferentes para os funcionários e os moradores do Condomínio durante o mês de Maio. Para os funcionários foram elaboradas questões referentes a treinamentos, caso os forem oferecidos e a aplicabilidade do conhecimento adquirido em situações de incêndio e/ou pânico (Anexo 1). Já para os moradores, foram elaboradas questões referentes a percepção e uso dos equipamentos de segurança em situações de incêndio e/ou pânico (Anexo 2). Essa análise foi dividida em duas partes.

A primeira parte foi aplicada aos funcionários, em dias e horários variados, de acordo com a sua escala. Já a segunda parte foi aplicada aos moradores (um representante por apartamento), em horários diversificados durante os finais de semana.

Além da aplicação dos questionários, também foi feita a inspeção dos blocos residenciais, onde pôde-se realizar a coleta de dados sobre as instalações de combate a incêndio para o comparativo com as normatizações.

ANÁLISE DOS DADOS

A partir dos dados coletados deseja-se conhecer qual o conhecimento dos moradores do residencial em relação a situações de incêndio e/ou pânico, como eles reagiriam a uma situação em que seja necessária a evacuação, e se os funcionários são capazes de auxiliá-los em tais situações. Verificar e comparar se as instalações e estruturas implantadas no residencial seguem vigência à legislação competente. Os resultados foram apresentados na forma de gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PERFIL DOS ENTREVISTADOS

Os resultados da pesquisa são representados em forma de gráficos, sendo determinado todo o universo amostral pesquisado, e este subdividido de acordo com o sexo e idade (Gráfico 1), considerando:

- O total de pessoas entrevistadas por sexo;
- A faixa etária, sendo está dividida em três níveis: 18 a 30 anos, 31 a 49 anos e acima de 50 anos.

Gráfico 1 – Percentual de entrevistados de acordo com o sexo

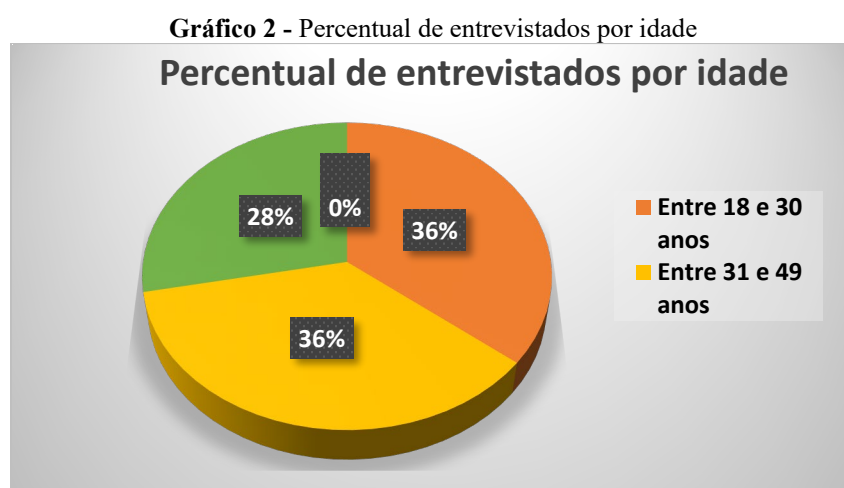


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Pode-se perceber que de acordo com o gráfico que houve considerável proximidade no número de mulheres e homens entrevistados. Uma explicação para significativa semelhança

relacionada ao sexo dos entrevistados pode ser sugerida em função dos horários e dias alternados que o questionário foi aplicado.

A seguir, o Gráfico 2, apresenta dados relativos à faixa etária dos entrevistados. Observa-se, que de acordo com os dados, a pesquisa atingiu de forma significativa todos os níveis de idade descritos no questionário utilizado na entrevista, o que atribuiu homogeneidade neste quesito.



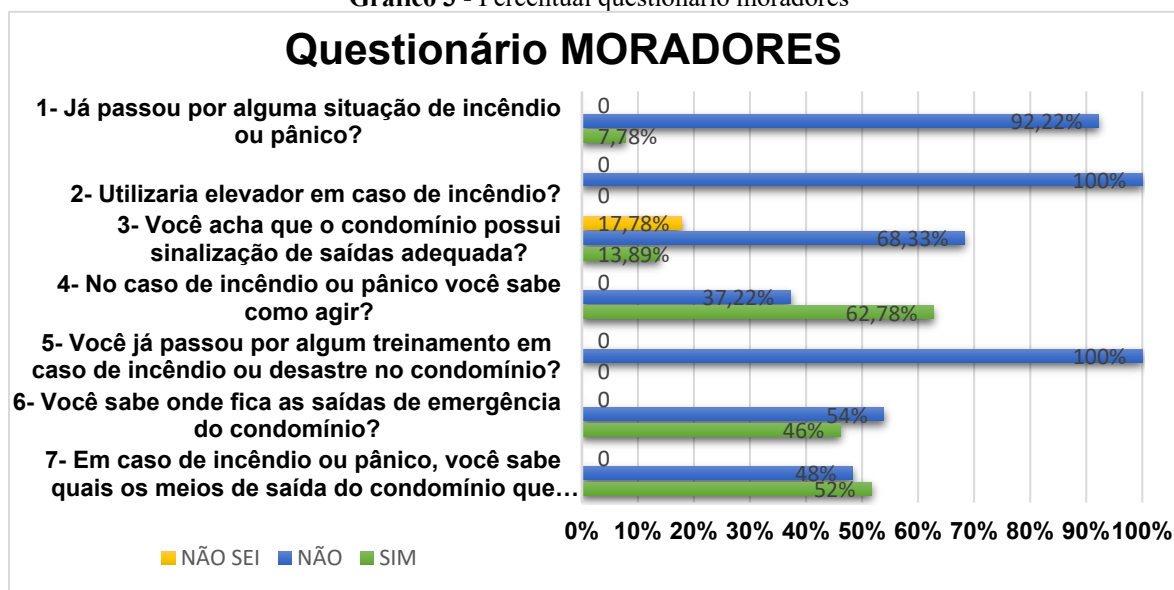
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Em relação aos dois resultados apresentados, destaca-se que durante a realização das entrevistas, não houve escolha de um perfil específico de pessoas. Nota-se que a amostragem foi bem balanceada sendo composta por pessoas de ambos os sexos e de faixas-etárias diferentes, havendo coincidentemente igualdade no percentual de idade Entre 18 e 30 anos, e entre 31 e 49 anos.

NÍVEL DE CONHECIMENTO DOS MORADORES

Com o intuito de conhecer o que os moradores do residencial fariam em relação a situações de sinistro, e como eles reagiriam, o abordamos com as seguintes perguntas descritas no Anexo 2, cujo resultado pode ser observado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Percentual questionário moradores



O diálogo com parte considerável dos entrevistados permitiu observar que grande parte nunca havia passado por situação de incêndio e/ou desastre, porém caso ocorresse nos blocos residenciais, eles tinham noção de como agir e o que se fazer, principalmente utilizando os meios de escape disponíveis à eles nos blocos residenciais, no caso, só contendo a escada.

Houve dúvida sobre algumas perguntas abordadas, como a sinalização do residencial. Alguns preferiram não opinar, pois nunca haviam parado para observar e assim preferiram responder que não sabiam. Como também sobre as saídas de emergência do condomínio, grande porcentagem sabia o que fazer em caso de sinistro e como agir, não utilizando o elevador em caso de incêndio e/ou desastre, porém não considerava a escada como uma saída de emergência primária, mesmo não sabendo opinar qual outra solução para o questionamento, porém como é a única rota de fuga disponível à eles, não teriam por onde mais optar para a evacuação e a utilizariam.

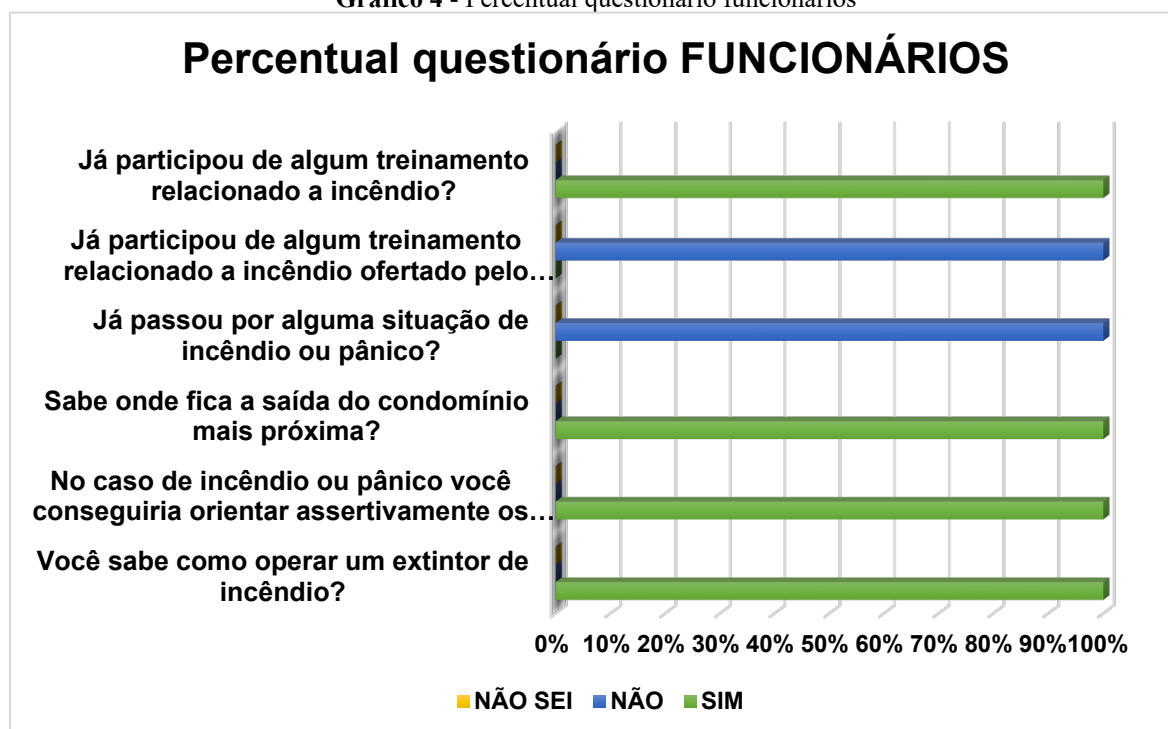
No que se refere à pergunta 8 (Anexo 2), que interroga sobre qual seria sua primeira atitude/ação em caso de incêndio ou pânico, mesmo que em palavras diferentes o contexto das respostas foi semelhante. Atribuíram o uso da escada nos blocos que residem para seu meio de escape, pois é a única rota de fuga disponível para evacuação do local.

NÍVEL DE CONHECIMENTO DOS FUNCIONÁRIOS

Com o intuito de observar e conhecer se os funcionários estão aptos e treinados à aplicabilidade do conhecimento adquirido em situações de incêndio e/ou pânico, caso fosse

ofertado pelo condomínio, conseguindo assim orientar os moradores a tal situação e direciona-los para a saída mais segura, foram realizadas perguntas descritas no Anexo 1. Foram selecionadas as mais relevantes para montagem do gráfico e análise dos dados. O resultado pode ser observado no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Percentual questionário funcionários



Pôde-se constatar que todos possuem treinamento relacionado a incêndio e/ou sinistro e sabem como agir mesmo que nunca tenham passado por tal situação, porém, atribuídos em outros locais que já trabalharam ou treinamentos para aperfeiçoamento pessoal e agregação do currículo, nenhum ofertado pelo condomínio relatado. Ao abordar essas questões, eles relataram que em nenhum momento desde o ingresso de trabalho no residencial os foi fornecido o treinamento para capacitá-los a esse tipo de situação, nem mesmo para o contrato de trabalho o treinamento foi um pré-requisito.

AVALIAÇÃO DAS INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE INCÊNDIO DO CONDOMÍNIO EM COMPARAÇÃO COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE

Norma Técnica Nº 11/2017 – Saídas de emergência

De acordo com o citado sobre a NT 11/2017 (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE GOIÁS,2017), foi redefinido alguns conceitos sobre os componentes das Saídas de Emergência, que são compostos por: Acessos ou corredores, Rotas de saídas horizontais

(quando houver), escadas ou rampas, descarga e elevador de emergência. Assim, foi feito o comparativo com o que se tem aplicado no residencial e se está adequado a norma vigente.

Ao analisar as saídas de emergência competentes no condomínio, foi possível constatar que a única saída de emergência disponível dos blocos residenciais para a evacuação dos moradores é a escada (Figura 9).

Figura 9–Escada de emergência



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Ao fazer o comparativo com a normatização vigente, foi possível observar que a mesma segue em conformidade com a norma no quesito largura das saídas de acordo com a capacidade da unidade de passagem, dimensionamento dos degraus adequado, e que se encontra livre de quaisquer obstáculos para o fácil escoamento dos ocupantes do recinto. Oferece resistência ao fogo nos elementos estruturais, conforme prescrito em norma, além da incombustibilidade. Porém, ao analisar os outros requisitos, foi constatado o não segmento em relação ao piso, que este deveria ter condições antiderrapantes.

Já o corrimão (Figura 10), foi adotado de maneira correta na forma e pode ser agarrado fácil e confortavelmente, na altura e projeção ideal. No entanto, só houve a instalação de um lado do acesso, sendo que deveria constar nos dois lados segundo a norma.

Figura 10–Corrimão



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Norma Técnica N° 18/2014 – Iluminação de emergência

As rotas de saída devem ter iluminação natural e/ou artificial em nível suficiente para iluminar toda rota de fuga de tal forma que os ocupantes não tenham dificuldade de transitar por ela. Ao observar a iluminação de emergência do bloco residencial (Figura 11), foi possível verificar que ela não segue a norma vigente no aspecto de iluminância noturna.

Possui a quantidade de pontos de iluminação necessária para iluminar todo perímetro em cada andar, mas a forma como essa iluminação é acionada, e sendo a única forma de acionamento, não está de acordo a normatização. Pois se deve a um ponto interruptor (Figura 12) que ao ser acionado a luminária se acende por cerca de apenas 10 segundos e depois desse tempo se desliga automaticamente, sendo necessário fazer esse acionamento por tempo indeterminado dependendo do sinistro que ocorrer ou da necessidade de iluminação do caminho.

Foi possível observar também que o mesmo não possui gerador, bateria ou qualquer fonte de energia em caso de falta de abastecimento. Assim, em caso de incêndio e/ou pânico, esse método não se torna capaz de suprir a necessidade que o ambiente precisa em caso de evacuação. Para isso a norma demanda pontos de iluminância que se acionam automaticamente em caso de sinistro iluminando todo percurso enquanto houver transição de pessoas, podendo ser abastecido de energia em várias modalidades na falta desse fornecimento enquanto durar a evacuação, este pode conter lâmpadas incandescentes,

fluorescentes, semicondutores ou fonte de luz instantânea com desempenho lumínico adequado que atenda a necessidade do local.

Figura 11–Iluminação de emergência



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Figura 12–Interruptor da iluminação de emergência



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Norma Técnica N° 21/2014 – Sistema de proteção por extintores de incêndio

A NT 21/1014, estabelece critérios para a proteção contra incêndio em edificações e áreas de risco. Nela consta capacidade extintora mínima para cada tipo de extintor portátil, e a distância máxima que o operador deve percorrer.

Ao observar se o bloco residencial segue os critérios da norma, pode-se notar que o extintor fixado na parede está de acordo com a altura e distância estabelecida pela norma técnica. Mas, ao verificar a disponibilidade dos extintores no local, verificou-se que só havia um extintor disponível Classe B e C (Figura 13), sendo que a norma estabelece que deve conter no mínimo duas unidades extintoras, sendo uma para incêndio classe A e a outra para incêndio classes B e C, também sendo permitida a instalação de duas unidades extintoras iguais de pó ABC.

A Norma técnica também estabelece que pode haver uma única unidade extintora, por pavimento, de classe específica (A, B ou C) conforme risco predominantemente em edificações ou áreas de risco, nas seguintes condições: Risco Alto = área até 150m² e Demais riscos = área até 250m², no qual o bloco residencial estudado ultrapassa essas medidas máximas.

Pôde-se também verificar que a sinalização de emergência da unidade extintora não se encontra adequada perante a normatização, que deveria ser confeccionada a placa sinalizadora de forma a possuir resistência mecânica, espessura suficiente para que não seja transferida para a superfície da placa possíveis irregularidades da superfície que for fixada, não propagar chamas e resistir a água e intemperismo.

Figura 13–Unidade extintora Classe B e C



Fonte: Acervo pessoal (2020)

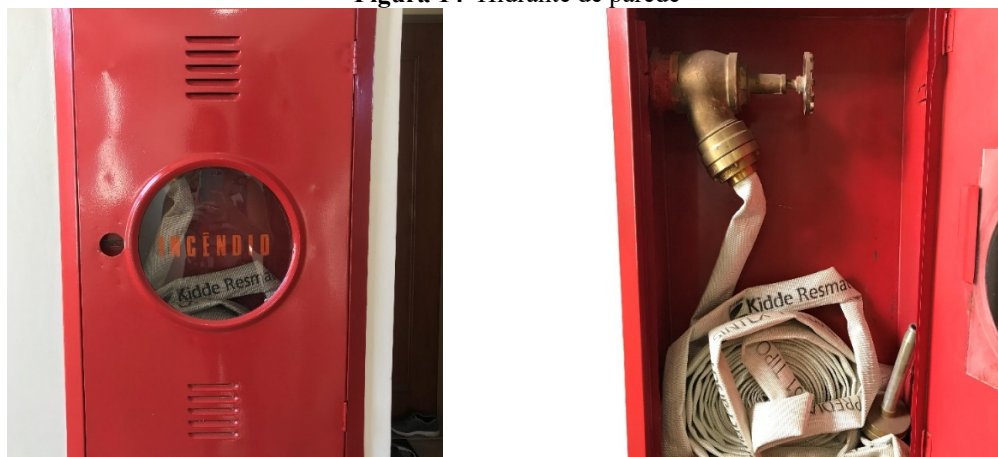
Norma Técnica Nº 22/2014 – Sistema de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio

A NT 22/2014 fixa condições necessárias para o dimensionamento, instalação, manutenção, manuseio, e características dos componentes de sistemas de hidrantes. Assim, ao fazer a comparação com as exigências especificadas na norma técnica, foi possível verificar que o hidrante de parede (Figura 14) disponível em cada andar dos blocos residenciais supre a necessidade e está dimensionado e instalado de forma correta, com sua manutenção em dia para facilitar o manuseio em caso de sinistro a qualquer momento que se for contactado.

O abrigo do hidrante de parede está conforme especificações da norma, contendo as dimensões suficientes para acondicionar com facilidade as mangueiras e acessórios,

permitindo rápido acesso e utilização de todo conteúdo em caso de incêndio. Porém, a sinalização solicitada por norma não existe.

Figura 14—Hidrante de parede



Fonte: Acervo pessoal (2020)

MELHORIAS SUGERIDAS PARA OS BLOCOS RESIDENCIAIS VISANDO A SEGURANÇA DOS MORADORES

Em relação às saídas de emergência, os pisos das escadas deveriam ser substituídos por um material antiderrapante e serem dotadas de corrimãos de ambos os lados.

Quanto a iluminação de emergência o residencial necessita revisar toda a instalação, devendo conter lâmpadas incandescentes, fluorescentes, semicondutores ou fonte de luz instantânea, acionadas automaticamente em caso de sinistro ou sensorial de presença. Ser composta de material resistente ao fogo, por no mínimo 2 horas e com distância dos pontos de iluminação máxima prescritos em norma.

Rever a possibilidade da instalação de sistemas de detecção e alarme de incêndio, proporcionando o fornecimento das indicações sonoras e/ou visuais, no tempo necessário para a evacuação da edificação. A central deve acionar o alarme geral da edificação, que deve ser audível em toda edificação, e seguir todos os requisitos mínimos instituídos pela norma técnica.

Aplicação das sinalizações de emergência em todo condomínio, garantindo que as ações adequadas sejam tomadas e ajudar as orientações sobre as ações a serem tomadas, facilitando a localização dos equipamentos e das rotas de saída.

Por fim, adequar o sistema de proteção por extintores quanto a quantidade necessária do equipamento para cada andar dos blocos residenciais, conforme a norma estabelecida pelo Corpo de Bombeiros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo proposto assumiu o compromisso de reconhecer como os moradores e funcionários do residencial agiriam em casos de incêndio/pânico, como eles se comportariam, quais decisões seriam tomadas. Avaliar se as rotas de fuga do condomínio para essas circunstâncias atendem as normas específicas e possibilitam a evacuação com segurança das pessoas que ali residem.

A entrevista alcançou todos os quesitos propostos em relação ao perfil dos entrevistados e todos os itens do questionário tiveram respostas. Boa parte dos moradores que participaram demonstraram interesse nas informações e se manifestaram a favor em continuar recebendo-as. Pode-se afirmar que o maior desafio está justamente em integrar o entrevistado na possibilidade de ocorrência de sinistro e o condomínio possibilitar a evacuação segura do morador.

Acredita-se que o trabalho despertou o senso crítico daqueles que foram interrogados em relação à suas atitudes e as inconformidades do residencial foram instigadas. Espera-se que mudanças de hábitos e percepções ocorreram, proporcionando melhorias ao residencial.

O questionamento que fica é em relação a aprovação do Corpo de Bombeiros, uma vez que há vários itens que estão fora da legislação, os quais foram citados nos resultados e discussão. Como laudo de conformidade do residencial (CERCON) foi expedido e se mantém até hoje, contudo segundo a norma, ao ser emitido tem validade por até 1 (um) ano a contar do dia da primeira inspeção. Foi feita uma solicitação de acesso a esse laudo à síndica do Condomínio, porém, ela se negou a disponibilizar qualquer documento relativo ao residencial.

Diante deste estudo, fica claro a necessidade de fiscalização por parte dos órgãos competentes quanto a adequação das instalações de combate a incêndio. Além do importante papel da administração do Residencial em se atentar à essas necessidades e realizar as adequações necessárias para garantir a segurança dos moradores.

REFERÊNCIAS

ALVES, Martha. **Incêndio destrói centro cultural do Liceu de Artes e Ofícios de SP**, 2016. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/02/1407165-incendio-atinge-centro-cultural-do-liceu-de-artes-e-oficios-de-sao-paulo.shtml>>. Acesso em: 19 de março de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9077: Saídas de emergência em edifícios**. Rio de Janeiro, 2001.

Brasil. **Lei nº 8.078**, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078.htm>. Acesso em: 20 de março 2019.

Brasil. **Lei nº 13.425**, de 30 de março de 2017. Estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2017/lei-13425-30-marco-2017-784547-publicacaooriginal-152268-pl.html>>. Acesso em: 02 de março 2019.

Brasil. **Lei nº 10.406**, de 10 de janeiro de 2002. Câmara Legislativa. Disponível em: <http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina_leis.php?id=5911>. Acesso em: 16 de março 2019

BRENTANO, T. **Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações**. 3.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. p.450.

CAVERSAN, Luiza. **Tragédia do Joelma foi a pior da cidade**, 2003. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u83443.shtml>>. Acesso em: 17 de março de 2019

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE GOIÁS. **Norma Técnica 01- Procedimentos administrativos**, de 20 de maio de 2019.

_____. **Norma Técnica 02- Conceitos básicos de segurança contra incêndio**, de 07 de novembro de 2014.

_____. **Norma Técnica 03 – Terminologia de segurança contra incêndio**, de 07 de novembro de 2014.

_____. **Norma Técnica 11- Saídas de emergência**, de 10 de maio de 2017.

_____. **Norma Técnica 18- Iluminação de emergência**, de 07 de novembro de 2014.

_____. **Norma Técnica 19- Sistemas de detecção e alarme de incêndio**, de 07 de novembro de 2014.


_____. **Norma Técnica 20- Sinalização de emergência**, de 07 de novembro de 2014.

_____. **Norma Técnica 21- Sistema de proteção por extintores de incêndio**, de 07 de novembro de 2014.

_____. **Norma Técnica 22- Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio**, de 07 de novembro de 2014.

_____. **Norma Técnica 23- Sinalização de chuveiros automáticos**, de 07 de novembro de 2014.

FERREIRA, Luiz. **Incêndio no Grande Avenida deixa 17 mortos**, 2015. Disponível em: <<https://f5.folha.uol.com.br/saiunonp/2015/01/1574606-incendio-no-grande-avenida-deixa-17-mortos.shtml>>. Acesso em: 13 de Março de 2019.



FIRE PROTECTION. **Saídas de Emergência: como dimensionar**, 2018. Disponível em: <<https://fireprotection.com.br/saidas-de-emergencia-como-dimensionar/>>. Acesso em: 23 de Março de 2020.

GLOBO. **Incêndio no Edifício Joelma, onde mais de 180 morreram, faz 40 anos**, 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/globo-news/noticia/2014/01/incendio-no-edificio-joelma-onde-mais-de-180-morreram-faz-40-anos.html>>. Acesso em: 20 de Março de 2019.

GOIÁS. **Lei nº 15.802**, de 11 de setembro de 2006. Institui o Código Estadual de Segurança contra Incêndio e Pânico e dá outras providências. Disponível em: <http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina_leis.php?id=354>. Acesso em: 14 de março de 2019.

MENDES, Leo. **Incêndio no Canecão Mineiro completo 15 anos sem que vítimas tenham sido indenizadas**, 2016. Disponível em: <<http://cbn.globoradio.globo.com/editorias/pais/2016/11/26/INCENDIO-NO-CANECAO-MINEIRO-COMPLETA-15-ANOS-SEM-QUE-VITIMAS-TENHAM-SIDO-INDENIZADAS.htm>>. Acesso em: 15 de Março de 2019.

MOTA, Natalia. **Maior tragédia de Porto Alegre, incêndio completa 40 anos**, 2016. Disponível em: <<https://www.metrojornal.com.br/foco/2016/04/25/maior-tragedia-porto-alegre-completa-40-anos.html>>. Acesso em: 15 de Março de 2019.

MURARO, Cauê. **Edifício Wilton Paes de Almeida: prédio que desabou em SP foi projetado na década de 1960 e era patrimônio histórico**, 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/edificio-wilton-paes-de-almeida-predio-que-desabou-em-sp-foi-projetado-na-decada-de-1960-e-era-patrimonio-historico.ghtml>>. Acesso em: 13 de Março de 2019.

O GLOBO. **Incêndio deixa dez mortos no Ninho do Urubu, Centro de Treinamento do Flamengo**, 2019. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/esportes/incendio-deixa-dez-mortos-no-ninho-do-urubu-centro-de-treinamento-do-flamengo-23437241>>. Acesso em: 25 de Março de 2019.

O GLOBO. **Em Niterói, incêndio no Gran Circo Norte-Americano mata mais de 500 pessoas**, 2013. Disponível em: <<https://acervo.oglobo.globo.com/em-destaque/em-niteroi-incendio-no-gran-circo-norte-americano-mata-mais-de-500-pessoas-8969092>>. Acesso em: 25 de Março de 2019.

ONO, R., VALENTIIN, M. V., VENEZIA, A. **A Segurança contra o incêndio no Brasil: Arquitetura e Urbanismo**. São Paulo. Projeto Editora. 2008.

PAULS, 1987. **Calculando tempo de Evacuação para Edifícios Altos. Diário de Segurança Contra Incêndio**, n.12, p 213-236, 1987.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Hospital Municipal Cidade Tiradentes**, 2011. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/noticias/?p=35325>>. Acesso em: 27 de Março de 2020.

PREVIDELLI, Amanda. **Os maiores incêndios do Brasil antes de Santa Maria**, 2013. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/brasil/os-maiores-incendios-no-brasil/>>. Acesso em: 23 de março de 2019.



SCHUQUEL, Thayna. **Boate Kiss: cinco anos depois da tragédia, o que mudou?**, 2018. Disponível em: < <https://www.metropoles.com/brasil/boate-kiss-cinco-anos-depois-o-que-mudou> >. Acesso em: 06 de Março de 2019.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Instalação de Sprinklers**, 2017. Disponível em: <[https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/instalacoes_e equipamento_industrial/prot eng-comercio/produtos/seguranca-e-protecao/instalacao-de-sprinklers](https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/instalacoes_e Equipamento_industrial/prot_eng-comercio/produtos/seguranca-e-protecao/instalacao-de-sprinklers)>. Acesso em: 25 de Março de 2020.

CAPÍTULO 3

ESTUDO COMPARATIVO DE PRODUTIVIDADE ENTRE FERRAMENTAS CAD E BIM

Wagner Antonio da Silva, Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Cristina de Fatima Mattos Antunes, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

Álvaro Pereira do Prado Neto, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

Guilherme Dias Costa Pinto, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

RESUMO

O gerenciamento de informação da construção tem sido uma prática de tendência atualmente em substituição à ferramentas de construção e gerenciamento de projetos tradicionais, trazendo diversos benefícios de economia, agilidade e qualidade para a construção civil. Este trabalho faz um estudo comparativo entre ferramentas computacionais que automatizam os processos de desenho de projetos, mas que não carregam informações paramétricas em seus elementos, com tecnologias que tem essa capacidade de interação e troca dinâmica de informações sobre os elementos projetados, que vão muito além de informações gráficas. A metodologia utilizada se baseou em análises bibliográficas e em estudo de caso em um escritório de projetos, onde duas plataformas distintas foram utilizadas para o lançamento de um projeto arquitetônico. Como resultado final foi possível analisar a eficiência dos programas utilizados mensurando-os de modo a concluir qual foi o mais rápido e eficiente para adoção nos trabalhos do dia a dia. A plataforma BIM é constituída de um extenso grupo de ferramentas que tem por finalidade trabalhar de forma integrada usando como base essa parametrização.

Palavras-chave: Modelagem de informação da construção, BIM, Medição de tempo, CAD.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil no Brasil e no mundo sempre enfrentou muitos problemas e, para fazer frente à eles, precisa ser muito dinâmica. Esse dinamismo se faz necessário também pela constante e crescente competitividade do setor da construção, que atualmente tem passado por fortes crises econômicas no país.

Para ajudar a superar os obstáculos tem surgido programas computacionais e ferramentas cada vez mais eficientes, de modo a melhorar o rendimento dessas empresas, aumentar a satisfação dos clientes bem como a produtividade de todos os profissionais envolvidos, através da diminuição de erros em projetos, nas obras, diminuição de retrabalhos e melhora na comunicação entre esses profissionais.



O estudo de ferramentas e metodologias Building Information Modeling (BIM) se faz necessário exatamente para demonstrar o quanto essa tecnologia pode auxiliar na solução dos problemas destacados, ou seja, quais os impactos da utilização de ferramentas BIM na compatibilização de projetos da construção civil?

De acordo com Picchi (1993) o processo produtivo é caracterizado pela presença de etapas interdependentes e um nível de gerenciamento geral quase inexistente. Assim, os profissionais incluídos no processo, como construtores, projetistas, colaboradores e fornecedores não tem uma efetiva interação pois geralmente estão em ambientes separados. Essa situação dificulta os trâmites de informação entre esses profissionais, levando a grandes prejuízos financeiros além de atrasos nos agendamentos das obras.

O ganho de produtividade e facilidade de se fazer modificações nas tecnologias paramétricas, juntamente com os recursos de compatibilização de projetos, se propõem a auxiliar nesses trâmites de informações.


O foco desse trabalho é demonstrar, através de estudo de caso e de revisões bibliográficas, o quão importante é a metodologia BIM para auxiliar na produtividade e assertividade desses projetos.

Os problemas de construção oriundos da demora em se elaborar os projetos, suas possíveis alterações e os trabalhos praticamente isolados entre as várias disciplinas, sem as devidas análises de compatibilidade, geram muitos prejuízos nos empreendimentos. Prejuízos estes que vão desde simples atrasos nos cronogramas até a perda de grandes montantes de ativos. Mas a mensuração dessa produtividade e a verificação das compatibilidades sempre foram difíceis de serem realizadas, ou por falta de ferramentas ou por prazos pequenos demandados para a elaboração dos projetos.

O lançamento do projeto e a compatibilização em BIM se propõem suprir essas dificuldades, visto que a plataforma trabalha os projetos e documentos relacionados a eles, de forma integrada, onde as alterações em um item facilitam modificações imediatas em outro item ou essa é feita automaticamente.

Isso gera um grande ganho de tempo de produção destes projetos, diminui drasticamente o retrabalho, ao mesmo tempo em que os elementos são tratados de forma viva e dinâmica no decorrer da obra, facilitando as alterações que possam surgir no futuro.

Esse trabalho tem por objetivo demonstrar os impactos na produtividade que podem ser obtidos com o uso de tecnologias BIM, ressaltando as dificuldades e malefícios de se criar



projetos sem integração, ao mesmo tempo em que se analisa o tempo gasto para a produção de um projeto nessa tecnologia quando comparado com as ferramentas CAD.

METODOLOGIA

Para se atingir os resultados desejados e elucidar a importância da compatibilização de projetos com ferramentas BIM foi utilizado neste trabalho uma pesquisa exploratória em fontes secundárias de autores específicos da área, trabalhos científicos e acadêmicos afim de embasar o tema, bem como um estudo de caso de lançamento de projeto arquitetônico com e sem a tecnologia BIM.

Com o intuito de avaliar a possibilidade de mudança de metodologia de trabalho do CAD para o BIM, o estudo de caso, foi realizado em um escritório de projetos, no qual foi refeito o projeto de duas casas geminadas que haviam sido projetadas inicialmente em 2014.

Este projeto foi relançado primeiramente no Autocad da Autodesk, representando o modo sem parametrização e sem integração, e depois no Revit também do mesmo fabricante, representando a tecnologia BIM, reproduzindo em ambos planta baixa, planta de cobertura, um corte longitudinal, um transversal, quatro fachadas, sendo estes parte integrante do projeto legal. Deve-se ressaltar ainda que a residência está nos padrões aprováveis pelo programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) do Governo Federal.

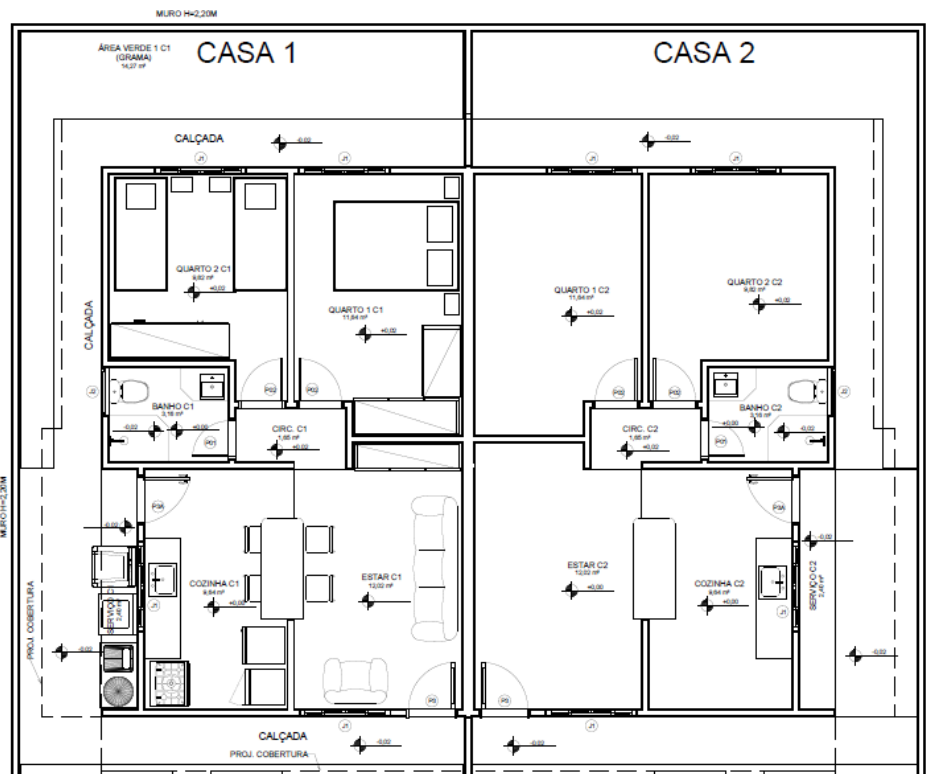
Ainda para visualizar os impactos do uso do BIM sobre alterações que por ventura possam ser solicitadas pelo cliente, foi feita uma alteração do projeto acrescentando um banheiro de modo a transformar um dos quartos em suíte.

O projeto utilizado para estudo contém uma sala, uma cozinha, dois quartos, um banheiro e uma área de serviço, com área total construída de 56,58 m² por unidade geminada. A planta baixa do projeto original é demonstrada na Figura 6, já a planta baixa do projeto com a suposta alteração solicitada pelo cliente está na Figura 7.

Foi utilizado um computador da marca Lenovo, com processador I-5 da Intel, com o Windows 10 como sistema operacional e com 8 Gigabytes de memória RAM para o lançamento do projeto em ambos os programas.

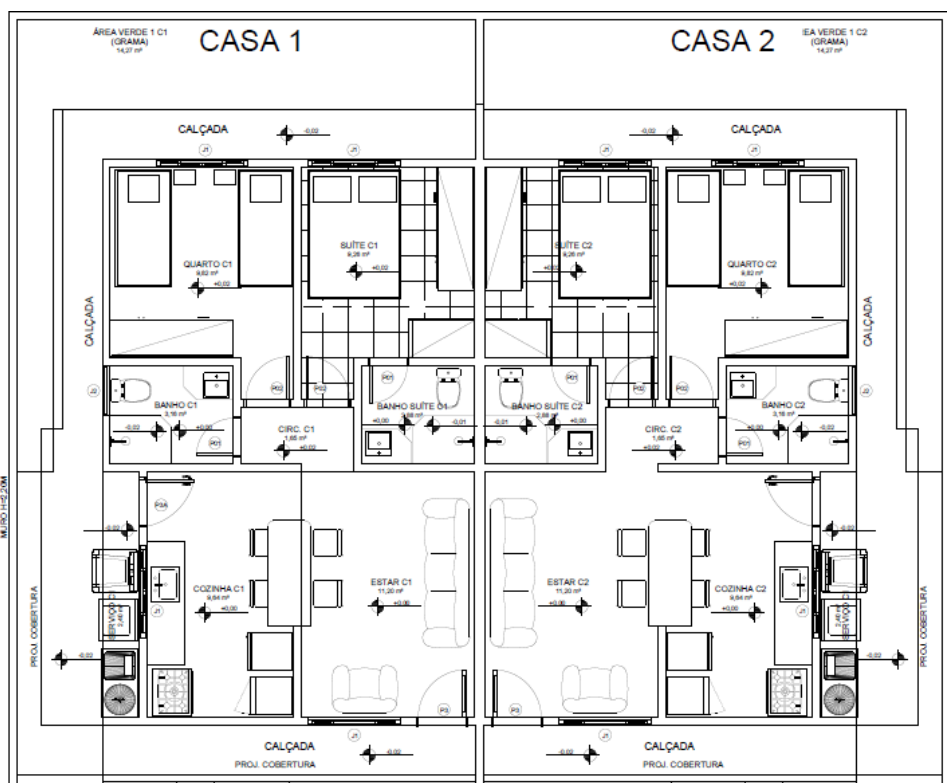
Todo o processo foi desenvolvido pelo mesmo profissional, de modo a manter o mesmo nível de conhecimento e qualidade de produção. Deve-se ressaltar que esse profissional possuía experiência de dez anos de trabalho com o Autocad e dois anos de experiência com o programa Revit da Autodesk.

Figura 6 – Planta baixa das casas geminadas sem modificações do cliente.



Fonte: O autor (2019)

Figura 7 – Planta baixa das casas geminadas com modificações do cliente.



Fonte: O autor (2019)



No Autocad foi usado o modelo (template) usado no escritório que possui cotas já configuradas no padrão da ABNT NBR 10126:1987 e com as camadas (layers) já criadas obedecendo o padrão da Associação Brasileira dos Escritórios de Engenharia (ASBEA), também adotado pelo departamento de análise de projetos da Prefeitura de Goiânia, o qual serve de modelo para outras cidades do estado de Goiás.

Já no Revit foi utilizado o modelo produzido para o programa Minha Casa Minha Vida versão 2019. O mesmo já vem com cotas configuradas proporcionais às escalas finais de impressão, bem como as espessuras e tipos de traços de linhas, sem que seja necessário criar essas configurações. No entanto, elementos como paredes, telhados e pisos tiveram que ser configurados durante a produção do projeto.

Apesar da possibilidade de criar esses elementos no Revit e poder transferi-los de um projeto para outro, ou salva-los no modelo, avaliou-se que o aproveitamento desses elementos prontos traria um resultado muito tendencioso para o programa da plataforma BIM, por isso que optou-se por computar o tempo de criação destes durante o lançamento do projeto.

ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado em um escritório de engenharia situado no Setor Oeste em Goiânia, o qual possui engenheiros e estagiários em seu quadro técnico.

O foco principal do escritório é desenvolver projetos de engenharia e arquitetura, bem como projetos complementares, tais como projetos estruturais, hidrossanitários e elétricos, utilizando-se principalmente ferramentas CAD.

No entanto, devido ao Decreto – Lei 9.377, de 17 de maio de 2018, o qual traça estratégias para a implantação do BIM em projetos governamentais e privados, o escritório quer agilizar o processo de implantação desta metodologia de trabalho, de modo a atender à tempo e à hora às necessidades do mercado.

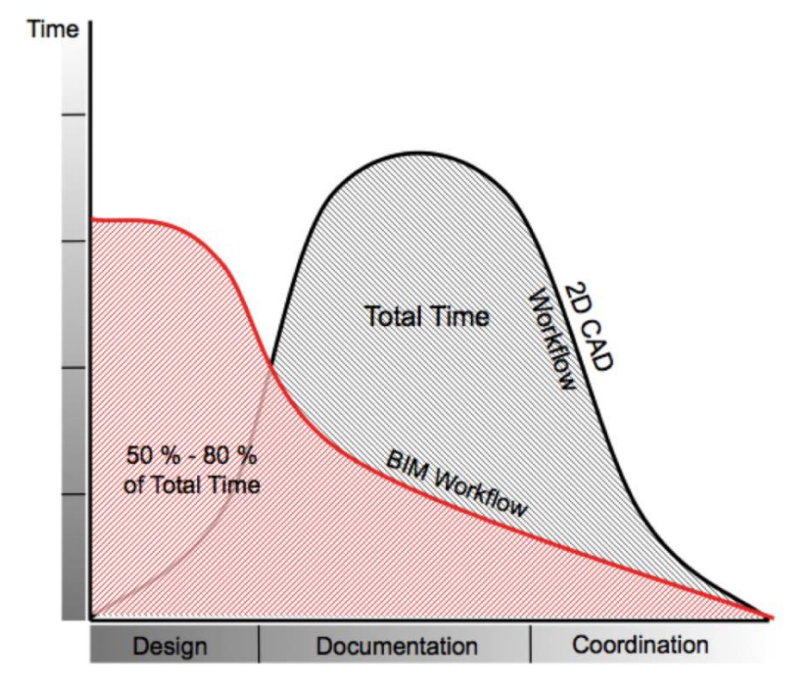
COLETA DOS DADOS

O processo de medição consistiu-se em anotar o tempo gasto em se lançar cada elemento e em demonstrar o que foi produzido utilizando-se a captura de imagem de tela após o término de cada item do projeto, de modo a consolidar um instrumento palpável de análise de produtividade em ambas as ferramentas.

O objetivo é verificar se o trabalho realmente reflete o apresentado na Figura 8 até o início da documentação, que demonstra maior demanda de tempo inicial de projeto quando se

trabalha com a tecnologia BIM, onde o custo geral é menor, mas uma menor demanda de tempo na parte de implementação do projeto, onde o custo é bem maior.

Figura 8 – Comparação tempo de projeto de CAD com BIM.



Fonte: Graphisoft (2019).

ANALISE DOS DADOS

O método de pesquisas e baseou em medir o tempo gasto no lançamento de um projeto legal, ou seja, para aprovação na prefeitura de Senador Canedo, no estado de Goiás e essa medição teve como foco analisar e comparar a produtividade entre os programas, não entrando em outros âmbitos tais como: trabalho de grupo e de gerenciamento de informações.

Cada conteúdo do projeto foi considerado como um elemento e a medição de tempo se baseou na conclusão de cada um deles, tanto no Autocad quanto no Revit. Para exemplificação pode-se citar a planta baixa, onde marcou-se o tempo para concluí-la, nos moldes da ABNTNBR13532:1995- Elaboração de projetos de edificações-arquitetura, a qual cita o que deve conter em cada elemento.

Para que não houvesse cansaço e conseqüente perda de produtividade o trabalho nos projetos se perpetuaram por no máximo duas horas corridas com intervalos de 15 minutos, não ultrapassando um total de quatro horas por dia.



Ao final elaborou-se tabelas comparativas de tempo de produtividade para medir a diferença entre as metodologias tradicionais e BIM de desenvolvimento de projetos levando à análise quantitativa e qualitativa do uso das ferramentas

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após finalizado o projeto no Autocad e no Revit os elementos foram organizados em pranchas no formato A0, como na Figura 9. O projeto feito no Revit ficou com aparência final semelhante ao realizado no Autocad quando na prancha. As diferenças entre os projetos são mais perceptíveis nos resultados que se podem obter a posteriori e na facilidade de extração de diversas vistas do projeto, inclusive desenhos tridimensionais na plataforma BIM.

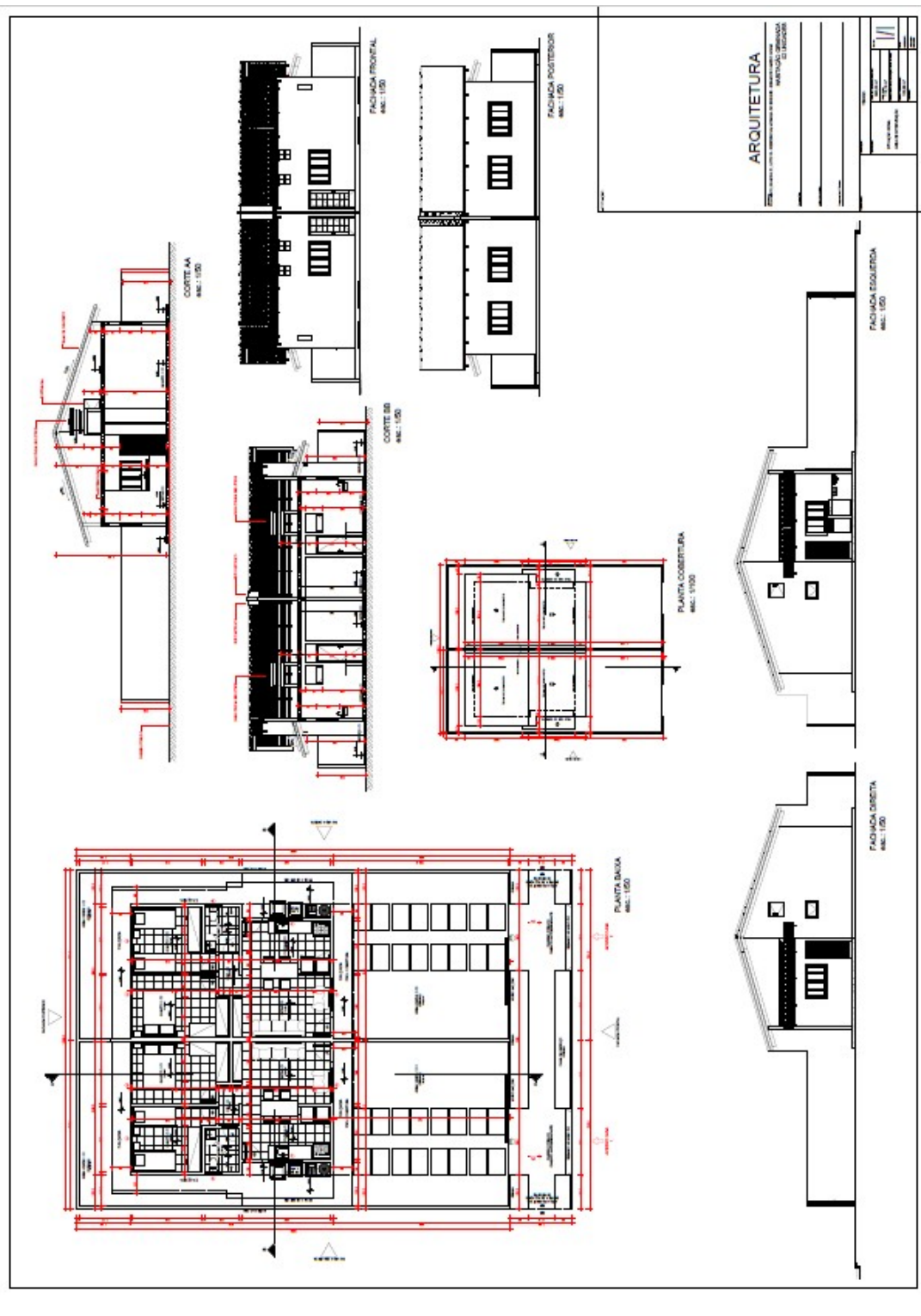
Quando o projeto é lançado no Autocad os elementos resultantes são somente linhas, quando muito, blocos com informações adicionais sobre os elementos. No entanto eles não são tratados como elementos paramétricos que refletem em outras vistas, tais como cortes ou desenhos3D.

O Revit, como uma boa ferramenta BIM, trata os elementos do projeto como famílias parametrizadas, as quais tem informações gráficas e dados dinâmicos sobre os elementos. Por exemplo, na família de janelas tem-se informações de suas dimensões e quando estas são alteradas são refletidas também nos desenhos em planta, cortes, fachadas, desenhos tridimensionais e em quaisquer outros pontos que façam referência ao elemento, inclusive em relatórios e listas de materiais que também podem ser produzidos.

Com ele o projeto tridimensional já é criado simultaneamente ao lançamento dos elementos do projeto de modo que ao final da construção virtual em plantas já se tem vários elementos prontos automaticamente, tais como perspectivas e plantas 3D, como na Figura 10.

O fato de necessitar de mais informações iniciais para o lançamento do projeto no Revit faz com que haja uma demora maior no lançamento da planta baixa e da planta de cobertura quando comparado com o Autocad, como visto na Tabela 1 e no Gráfico 1.

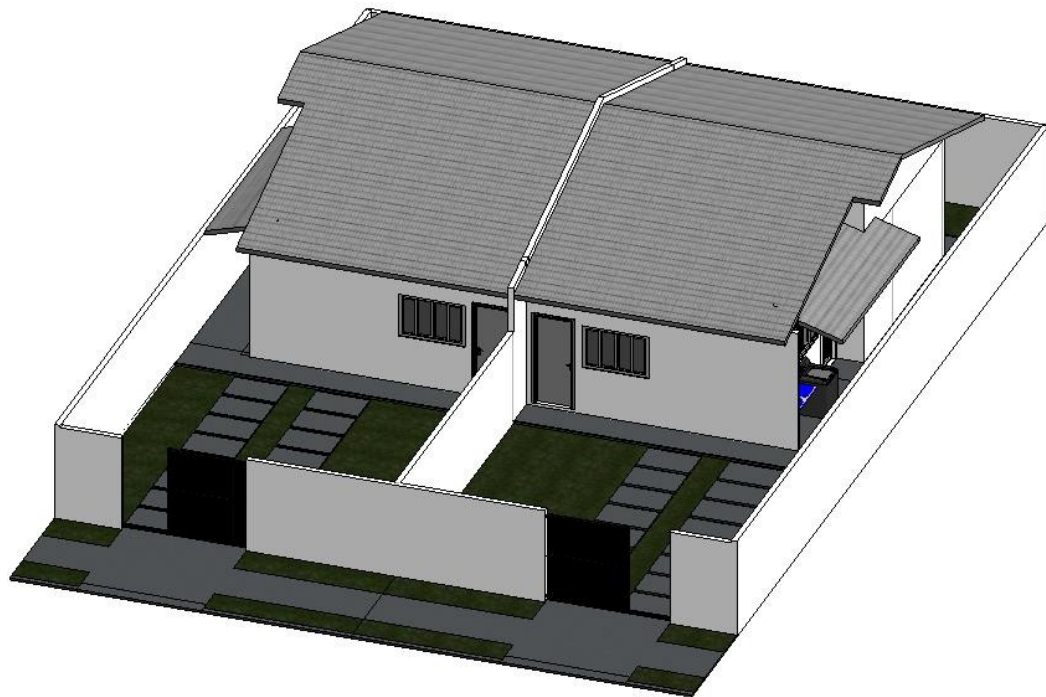
Figura 9 – Projeto finalizado em prancha no Autocad.



Fonte: O autor (2019)

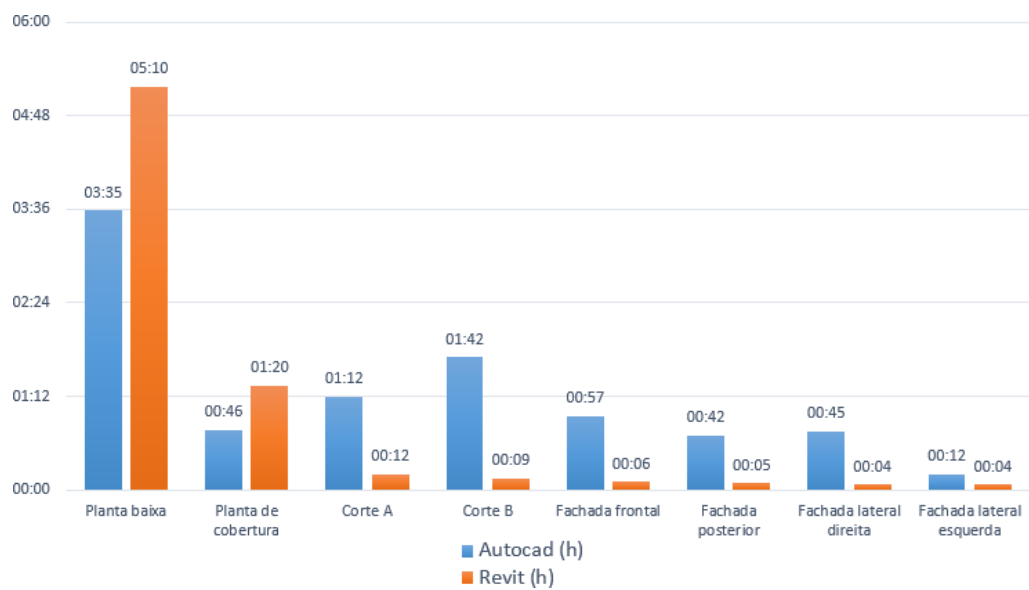


Figura 10 – Vista 3D gerada automaticamente pelo Revit.




Fonte: O autor (2019)

Gráfico 1 – Comparativo de tempo gasto para lançamento do projeto.



Fonte: O autor (2019)

Como um dos principais objetivos do BIM é acumular informações dos elementos e passa-las entre os vários estágios no ciclo de vida do projeto é necessário que se obtenha várias informações sobre o mesmo antes que esse possa ser iniciado para evitar retrabalhos.



É necessário saber o tipo de pintura, tanto interna quanto externa, tipo de piso ou revestimento de parede, qual o tipo das esquadrias, se de madeira ou de metal, como será o telhado, se de telha cerâmica, telha de concreto ou laje, só pra citar alguns exemplos.

Por isso podemos observar um gasto maior de tempo no lançamento da planta baixa e da planta de cobertura. Para se chegar à essas plantas no Revit é necessário que se tenha quase todas as informações sobre a construção. A Tabela 1 demonstra os tempos medidos durante o lançamento dos elementos do projeto.

Tabela 1 – Tempo comparativo entre as ferramentas Autocad e Revit nos lançamento dos elementos do projeto

Item projeto	Autocad (h)	Revit (h)
Planta baixa	03:35	05:10
Planta de cobertura	00:46	01:20
Corte A	01:12	00:12
Corte B	01:42	00:09
Fachada frontal	00:57	00:06
Fachada posterior	00:42	00:05
Fachada lateral direita	00:45	00:04
Fachada lateral esquerda	00:12	00:04
Σ	09:51	07:10

Fonte: O autor (2019)

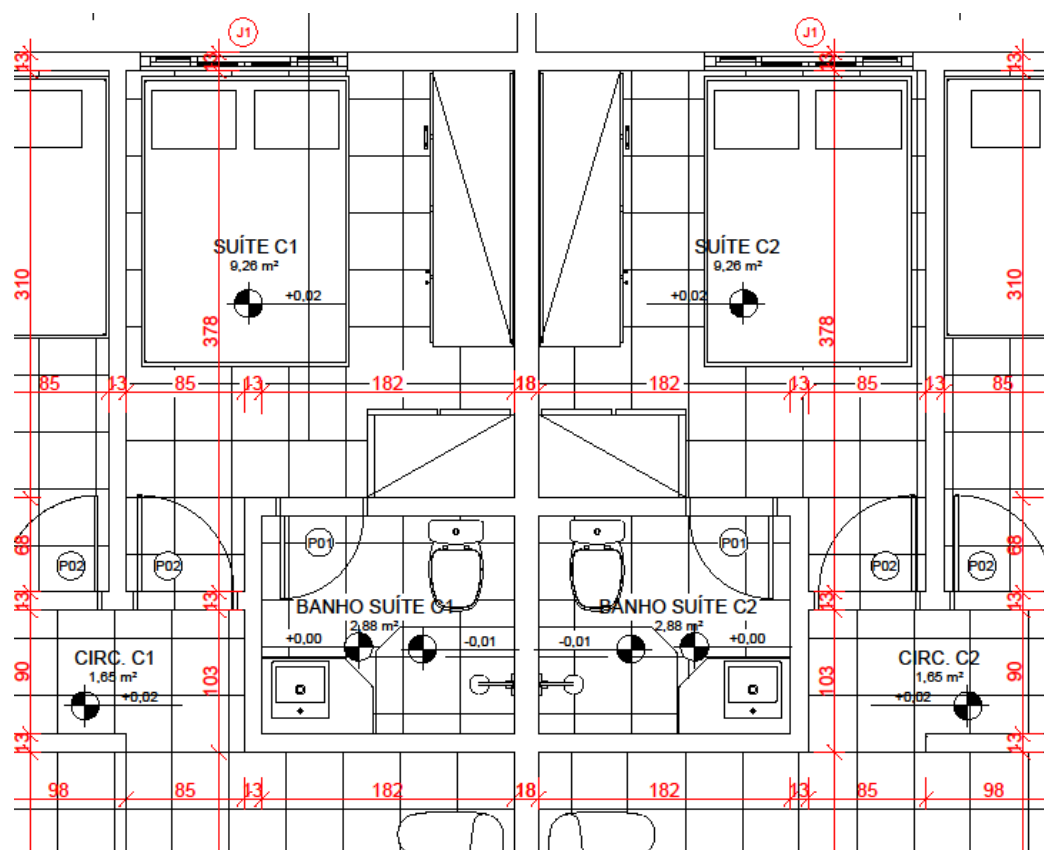
Após realizada a construção virtual, imitando ao máximo os métodos construtivos reais, outros elementos podem ser obtidos quase instantaneamente pelo Revit, necessitando somente de alguns ajustes de informações ou estéticos. Por isso a grande disparidade de valores encontrados no Gráfico 1 para os demais elementos.

No Autocad também há uma redução considerável do lançamento dos cortes para a geração das fachadas, mas essa diminuição se deve à cópias e reaproveitamentos de informações de um desenho para outro. Mas as alterações de elementos em um determinado ponto não é feita automaticamente em outro ponto, fazendo-se necessário a alteração em todos os desenhos em que os elementos modificados possa aparecer, aumentando o risco de falhas e incompatibilidades.

A Figura 11 demonstra uma simulação de uma alteração solicitada pelo usuário, onde é inserido um banheiro em um dos quartos transformando-o em suíte. No Autocad foi necessário alterar a planta baixa, o Corte A e o Corte B, pois, como foi mencionado, esse programa não interpreta as linhas como famílias de paredes, peças sanitárias ou esquadrias, como no Revit. Além disso foi necessário recalcular as novas áreas e digitá-las novamente no novo banheiro e na suíte.

Já no programa que usa a metodologia BIM essas alterações precisam ser feitas somente em um local para que sejam refletidas automaticamente em quaisquer outros pontos do projeto, tais como cortes, fachadas e até mesmo em listas de materiais, alterando suas quantidades, recurso que não pode ser usado no Autocad.

Figura 11 – Planta baixa com banheiro acrescentado no quarto.

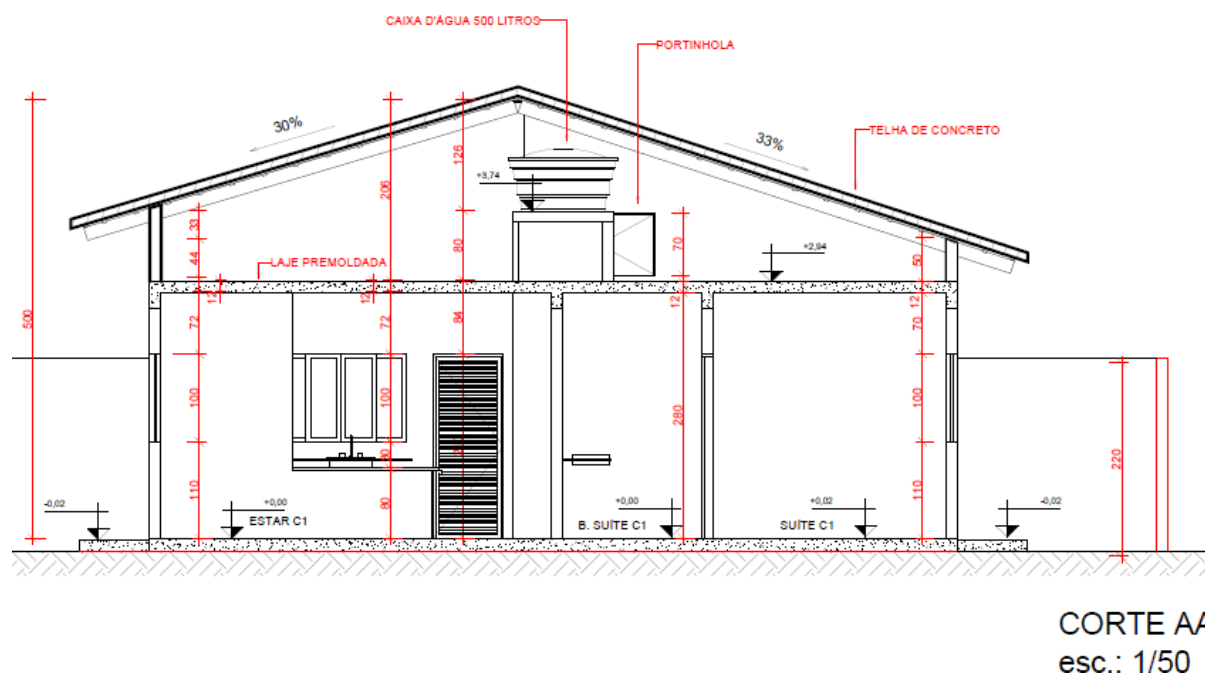


Fonte: O autor (2019)

Após feita a mudança na Planta Baixa no Autocad foi necessário alterar o Corte A redefinindo as linhas que separavam a sala e o quarto para abrir espaço para o banheiro. Foi preciso também desenhar linhas que representam a bancada do banheiro e a cuba, como demonstrado na Figura 12, no entanto tais esforços são desnecessárias no Revit.

Na exibição dos elementos, para fins de aprovação de projeto na prefeitura que é o foco desse estudo, não há uma diferença muito grande entre os resultados obtidos em um programa ou outro. Contudo os valores de tempo gasto nessas alterações são bastante consideráveis, como demonstrado na Tabela 2.

Figura 12 – Corte A com banheiro acrescentado no quarto.



Fonte: O autor (2019)

Tabela 2 – Tempo comparativo entre as ferramentas Autocad e Revit na transformação de um quarto para suíte

Item projeto	Autocad (h)	Revit (h)
Planta baixa	00:32	00:22
Corte A	00:12	00:03
Corte B	00:02	00:00
Σ	00:46	00:25

Fonte: O autor (2019)

Como exibido no Corte B da Tabela 2 o Revit automatizou de tal forma a alteração que não foi necessário nenhuma intervenção manual no projeto. Já no Corte A foi necessário fazer ajustes de cotas e colocação de nome do ambiente, visto que as áreas e níveis já são corrigidos automaticamente na correção da Planta Baixa.



Deste modo pôde-se observar que houve uma demora maior na produção das plantas baixas no Revit, mas um ganho considerável de tempo em outras etapas, como mencionado por Nunes e Leão (2018).

Além disso, como ressalta Florio (2007), no momento que o projeto foi alterado com a transformação dos quartos em suítes, as falhas de compatibilidade foram extremamente minimizadas com a ferramenta BIM.

No entanto, deve-se ressaltar que na ferramenta BIM não se estava lançando as plantas baixas e sim fazendo-se uma construção virtual, ao passo que no resultado final não se tinha somente plantas, mas um protótipo de uma simulação da construção, como demonstrado na Figura 10.

CONCLUSÃO

O estudo de caso demonstrou um gasto maior de tempo com a ferramenta BIM na fase inicial, onde se faz necessária a obtenção de uma grande gama de informações, senão praticamente todas, antes que seja iniciada o projeto, e uma grande queda do uso desse tempo logo após essa etapa, como representado na Figura 8, nos estudos de Graphisoft (2019).

As vantagens em se utilizar as tecnologias BIM, que possuem parametrização, em detrimento às tecnologias CAD, que não as possuem, foi comprovada neste estudo, como visto na pesquisa de Venâncio (2015).

O referencial teórico foi bastante satisfatório, pois as informações corroboraram para a comprovação deste estudo, visto que os autores tiveram como foco o ganho de produtividade, a melhoria de qualidade e a otimização da compatibilidade na confecção e alteração de projetos.

A metodologia utilizada de medição de tempo de lançamento dos desenhos também atendeu às necessidades, pois utilizou-se de mecanismos simples, tais como cronômetro e captura de imagens da tela do computador à medida em que foram sendo finalizadas cada uma das etapas.

Como o foco principal de um bom projeto é a economia juntamente com o aumento de produtividade e de qualidade no final da obra, pode-se concluir que haverá um processo de transição bastante acelerado do uso de tecnologias CAD, não parametrizadas e não compatibilizadas, para a plataforma BIM nos escritórios, construtoras e incorporadoras nos próximos anos. Haja visto que a integração nos projetos proporcionada por essa plataforma

tende a facilitar também a compatibilização, aumentando a eficiência do mesmo como um todo.

REFERÊNCIAS

ACHTEN, H.; BEETZ, J. **What Happened to Collaborative Design? In: Conference on education and research in computer aided architectural design in Europe.** 27, 2009, Istanbul. Proceedings... Istanbul: eCAADe & ITL/YTU: 358-365 p. 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 13531. Elaboração de Projetos de Edificações: Atividades técnicas.** Rio de Janeiro, 1995 a, 10 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 13532. Elaboração de Projetos de Edificações: Arquitetura.** Rio de Janeiro, 1995 a, 8 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15965. Sistema de classificação de informação da construção.** Rio de Janeiro, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 5670. Seleção e contratação de serviços e obras de engenharia e arquitetura de natureza privada.** Rio de Janeiro, 1977.

BRASIL. **Decreto – Lei 9.377, de 17 de maio de 2018.** Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. Brasília, 17 de maio de 2018, 130º da Independência e 130º da República. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Decreto/D9377.htm>. Acesso em 10 maio de 2019.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** Brasília, DF, 2016p.124.

COELHO, S; NOVAES, C. Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. **Revista Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v.3, n.1, p. 44-48, 2008.

COSTA, C.H.A.; STAUT, S.L.S.; ILHA, M.S.O. **Projeto de sistemas prediais hidráulicos sanitários com BIM: mapeamento de literatura.** XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, p. 2760 - 2769, Novembro 2014.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors.** Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. 490 p.


FABRICIO, Márcio Minto. **Projeto Simultâneo na construção de edifícios.** Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2002, 329p.

FLORIO, W. **Contribuições do building information modeling no processo de projeto em arquitetura,** In: SEMINÁRIO TIC 2007 – Tecnologia da informação e comunicação na construção civil, 2007, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: TIC 2007, 2007. CD-ROM.

GRAPHISOFT (2019). **Why should I switch from CAD to BIM?** Disponível em: <https://www.graphisoft.com/archicad/open_bim/about_bim/>. Acesso em: 10 abril. 2019.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos.** São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo – IPT-SP (Mestrado Profissionalizante), 2003.

KVAN, T. Collaborative design: what is it? **Automation in Construction**, v. 9, n. 4, p. 409-415, Kidlington, July 2000.



LEÃO, M. Aulas. Tecnologias BIM na gestão de empreendimentos na construção civil. Sinop: FACET - UNEMAT, 2013.

MELHADO, S. B. **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1994, 277p.

NUNES, G. H., LEÃO, M. **Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre CAD tradicional e a modelagem BIM.** R. de Engenharia Civil, São Paulo, n 55, 47-61, 2018.

PICCHI, F.A. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios.** Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1993. 462 p.

RIBEIRO, Tollendal G.R. **Modelagem de informações de edificações aplicadas no processo de projetos de aeroportos.** 2010. 132f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)- Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

SANTOS, A. POWELL, J. FORMOSO, C.T. **Transferência de Know-How no ambiente da Construção Civil.** In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 2., 1998, 801p. p. 9-17. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, SC., 1998.

SILVA, M.A.C.; SOUZA, R. de. **Gestão do processo de projeto de edificação.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2003. 181 p.

SIMOFF, S.J.; MARY, L.M. **Analysing participation in collaborative design environments.** *Design Studies*, v 21 p. 119-144, 2000, Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/destud>> Acesso em: 22 mar.2012.

SOLANO, R. da S., **Compatibilização de projetos na construção civil de edificações: método das dimensões possíveis e fundamentais.** In: Encontro nacional de engenharia de produção, 25, 2005, p. 2768-2773. Porto Alegre. *Anais Porto Alegre: ABEPRO*, 2005.

VENÂNCIO, M.J. **Avaliação da Implementação de BIM – building information modeling em Portugal.** 2015. 374 p. Dissertação (mestrado) - Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto. 2015.

CAPÍTULO 4

LEI Nº 3.057 DE 2015: IMPACTO E CONSIDERAÇÕES SOBRE ACESSIBILIDADE NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA

Jonas Nascimento Carvalhedo, Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Cristina de Fatima Mattos Antunes, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

Luciana Joyce Hamer, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

Túlio Meirelles Pinheiro, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

RESUMO

O crescimento urbano acelerado e sem planejamento adequado, observado nos últimos anos na cidade de Goiânia, implicou em vários problemas de infraestrutura urbana, principalmente no que se refere à acessibilidade, como: calçadas desniveladas, poucas rampas de acesso e nos locais onde já existe piso tátil o mesmo está deteriorado e não cumpre mais sua função, que é justamente guiar e alertar o usuário em seu trajeto. O surgimento da Lei nº 3.057/2015 que estabeleceu a implementação de piso tátil direcional e de alerta nas calçadas, surgiu como um potencial fator de mudança e melhoria da mobilidade urbana, com a expectativa de tornar o espaço mais democrático e acessível para todos. Com isso, o objetivo desse estudo foi mensurar o quanto as calçadas de quatro bairros da cidade (Bairro da Vitória, Bairro Nova Suíça, Setor Campinas e Setor Leste Universitário) já têm o piso tátil instalado e se essa adaptação foi feita de acordo com a Lei. Para obter esse quantitativo e demais informações, foi feito primeiramente uma pesquisa bibliográfica, no intuito de aumentar o conhecimento sobre o tema e orientar a coleta dos dados em campo, em seguida, foram feitas visitas nos bairros, observando as calçadas e tomando nota daquelas que tem ou não o piso tátil, verificando ainda o nível de desgaste, a cor e a textura do piso, classificando assim se o piso estava apto ou não a desempenhar suas funções. Com o estudo foi possível verificar que mesmo após 4 anos da implantação da Lei a grande maioria das calçadas ainda não possui o piso tátil, contudo, nos locais onde o piso tátil está presente o mesmo apresenta boas condições de conservação de seus elementos, como: textura, cor e piso adjacente. Verificou-se ainda que os prédios comerciais são os que mais possuem calçadas adaptadas em contraponto com os da administração e ensino público, assim também como as casas e prédios residenciais, no qual o percentual de adaptações é quase inexistente. A falta de conhecimento e conscientização da população a respeito do tema, juntamente com a rara e lenta atuação do Poder Público são os principais obstáculos para que a cidade tenha cada vez mais condições de oferecer uma mobilidade mais acessível.

Palavras-chave: mobilidade; calçada; piso tátil;

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a cidade de Goiânia passou por um crescimento urbano muito acelerado, crescendo mais de 14 milhões de m² em área construída em pouco mais de 10 anos



segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), e sem planejamento adequado isso implicou em vários problemas urbanos, como falta de saneamento, surgimento de periferias precárias em infraestrutura e tantos outros.

Devido a essa urgência de crescimento a infraestrutura urbana foi prejudicada, já que as construções foram surgindo muito rápido sem um plano diretor eficiente que pudesse guiar sua execução, surgindo problemas como: calçadas desniveladas, baixa qualidade no asfalto, ruas que se alagam em dias de chuva, preocupação mínima ou quase nula com acessibilidade dos pedestres, o que dificulta o trânsito e em alguns casos até impossibilita o acesso de algumas pessoas.

Quando se trata de pessoas com problemas de acessibilidade, seja visual ou física, o problema se intensifica, já que as calçadas e ruas não foram planejadas para receber esse tipo de pedestre. Comumente se vê pessoas em cadeira de rodas tendo que procurar caminhos alternativos e se deslocando além do necessário para fazer o mesmo trajeto, ou mesmo deficientes visuais gastando muito mais tempo para percorrer uma distância pequena pois a calçada possui inúmeros "obstáculos" que o atrapalham.

No dia 15 de dezembro de 2015 foi assinada a Lei N° 3.057 que dispõe sobre a regulamentação da implementação de piso tátil direcional e de alerta nas calçadas de Goiânia, trazendo uma mudança a nível de comportamento estrutural, afetando antigas e futuras edificações. Assim, levantar questionamentos, consultar a população e indicar melhorias sobre essa legislação se faz necessário para que seja possível evoluir nesse tema tão importante, que atinge diretamente uma parte considerável da população que precisa desse tipo de auxílio para exercer um direito tão básico. (GOIÂNIA, 2015)

É primordial que as pessoas que utilizam dessa acessibilidade aprovelem as alterações que se tornaram obrigatórias, e que essa medida realmente tenha facilitado suas vidas, já que esses indivíduos são os principais afetados por essas mudanças. Percebe-se também, a necessidade de haver fiscalização para se certificar que a lei está sendo cumprida, e que não seja apenas uma medida de aspecto legislativo e sim prático.

Além do objetivo primordial de seguir as novas exigências e especificações de acessibilidade, as construções e adaptações pós-lei devem ser consonantes entre o que já compõe o espaço urbano e as edificações vindouras, para que o trajeto seja fluido e com o mínimo de desvios possível, somente assim é que a lei torna-se mais efetiva pelos usuários que dependem dela.



Falar sobre acessibilidade e sua importância nunca será repetitivo devido a sua relevância para a sociedade como um todo, assim como a fomentação de ideias e melhorias para tornar o espaço público mais atingível. Para se ter ideia da expressividade desse assunto, desde o Censo 2010 do (IBGE), existem no Brasil 45,6 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência, representando 23,9% da população, além disso, um estudo publicado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2011 informa que em algum momento da vida a pessoa terá algum tipo de deficiência, seja temporária ou permanente, e que essa limitação é inerente à pessoa que envelhece, já que com o passar do tempo o corpo perde agilidade e sua funcionalidade torna-se mais lenta.

Esses dados mostram a importância do tema para a garantia e a efetivação dos direitos fundamentais para uma parcela tão expressiva da população, que não se resume apenas ao deficiente físico ou visual, ou seja, antes de qualquer segmento profissional é um dever cívico propor soluções e melhorias para essa parcela da população que requer um cuidado diferenciado.

A partir de uma breve observação nos espaços e vias públicas de Goiânia, o que se percebe é que a preocupação com a acessibilidade é mínima ou inexistente, especialmente as edificações mais antigas onde as calçadas não são alinhadas, existem poucas rampas de acesso e nos casos onde o piso tátil foi instalado não houve a devida manutenção e o mesmo já está gasto perdendo assim sua função.

A implantação da Lei Nº 3.057 pode ser vista como uma medida mais incisiva do Poder Público em tornar o espaço urbano mais acessível, já que essa é a primeira legislação goiana sobre acessibilidade a prever penalidades em caso de não cumprimento de suas diretrizes, o que lhe confere uma atenção especial, já que a possibilidade da aplicação de uma multa coage os responsáveis pelas calçadas a cumprirem os padrões de acessibilidade dispostos, mesmo que na maioria dos casos a motivação não seja genuína e apenas o temor à Lei.

Portanto, este trabalho tem como objetivo avaliar de forma prática o impacto dessa Lei na Capital goiana, analisar o que aconteceu após sua criação, mais especificamente se houve uma melhoria na locomoção e acesso às vias públicas, se o espaço urbano se tornou mais acessível, como estão sendo executadas as adaptações, e o mais importante, se trouxe à comunidade um senso de conscientização a respeito do assunto.



METODOLOGIA

A metodologia é vista como a estratégia mais adequada para a condução do trabalho científico, levando-se em conta condições específicas do problema a ser investigado, devendo orientar a coleta de dados e os experimentos para garantir uma articulação apropriada com as bases teóricas que dão suporte ao processo de investigação (YIN, 2005).

Existem várias técnicas ou métodos disponíveis para a produção de um texto científico, a depender do enfoque desejado, das características do tema escolhido e da disponibilidade de recursos acerca desse tema. (SEVERINO, 2017).

Na etapa inicial a metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica e documental, na qual a análise de artigos, legislações, livros e demais literaturas relacionadas ao tema serviram de base teórica para um maior conhecimento do assunto e fundamentação para a posterior análise em campo e elaboração dos resultados.

Por fim, foi utilizada a metodologia de pesquisa de campo, que consiste na observação do objeto de estudo em seu ambiente, dessa forma, foram percorridos alguns bairros de Goiânia com o objetivo de observar a situação das calçadas e com isso analisar a situação do piso tátil nesses locais.

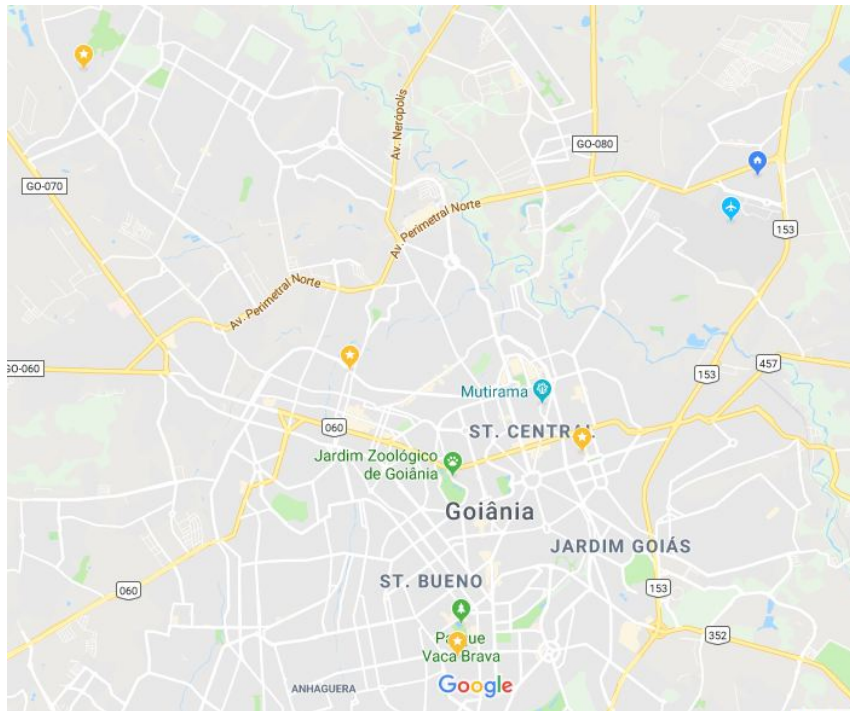
ÁREA DE ESTUDO

Foram escolhidos 4 bairros de Goiânia – GO, de forma a enriquecer a análise dos dados coletados, sendo que a escolha desses se deu principalmente pelos seguintes motivos: diferentes classes econômicas, maior presença de prédios públicos, predominantemente residenciais e/ou comerciais (Figura 6).

Assim, além do aspecto quantitativo que visa mensurar o quanto esses bairros tiveram suas calçadas adaptadas, ponderou-se também a influência de outros fatores socioeconômicos para um maior ou menor índice de adaptação das calçadas. Os bairros analisados foram:

- Bairro Nova Suíça - classe média alta e predominantemente residencial;
- Bairro da Vitória - classe baixa e predominantemente residencial;
- Setor Leste Universitário - presença de vários prédios públicos: Universidade Federal de Goiás, Colégio Estadual Pré-Universitário, Hospital das Clínicas, IBAMA, entre outros;
- Setor Campinas - ocupação altamente comercial.

Figura 6 – Bairros de estudo



Fonte: Googlemaps (2019)

Conforme observado nas visitas, a condição inicial de cada um dos locais foi diferente, a julgar pelo estado deteriorado do piso tátil, enquanto alguns bairros não possuíam nenhum tipo de adaptação nas calçadas, outros já possuíam antes mesmo da implantação da Lei no ano de 2015. Mesmo com diferentes condições iniciais pode-se afirmar que o ambiente de observação foi o ideal para o objetivo proposto que é a atual situação das calçadas.

COLETA DE DADOS

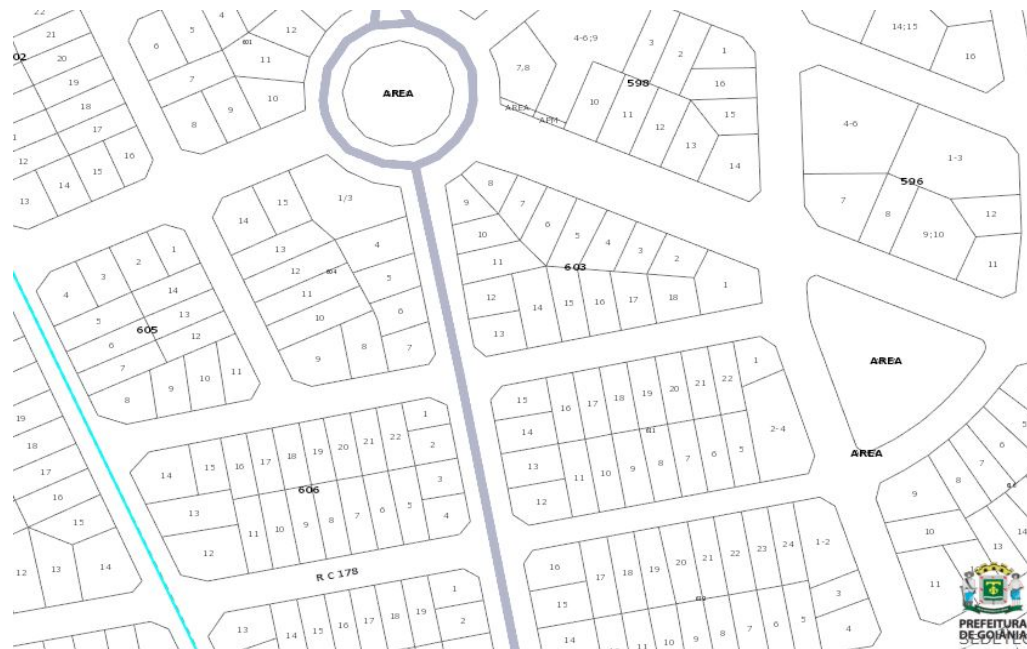
A coleta dos dados se resumiu em visitar os bairros selecionados e com base na observação das calçadas avaliar os seguintes aspectos do piso tátil:

- Nível de desgaste do piso tátil, classificando-o em 3 níveis: nenhum desgaste, pouco desgastado, muito desgastado;
- Cor do piso tátil e se a pintura está preservada;
- Cor do piso adjacente;
- Textura do piso adjacente;
- Caso existam elementos urbanos (poste, ponto de ônibus, bueiros), estão sinalizados ou não.

Para que a análise dos dados coletados fosse a mais proveitosa possível, foi elaborada uma ficha de observação e análise (Apêndice A), na qual as informações foram armazenadas

de forma clara e sistemática. Além disso, foi utilizado um mapa da cidade delimitando os bairros em suas respectivas quadras e lotes, dessa forma foi possível controlar a região de pesquisa de forma que todo o bairro fosse visitado (Figura 7).

Figura 7 - Exemplo de setorização do bairro em quadras



Fonte: Portal Mapa – Prefeitura de Goiânia (2019)

ANÁLISE DOS DADOS

Com base na contagem de calçadas adaptadas em cada um dos bairros foi feito primeiramente um levantamento quantitativo com os seguintes objetivos:

- Determinar a porcentagem de calçadas com piso tátil relação ao total de calçadas;
- Quais tipos de imóvel possui maior índice de calçadas adaptadas: residencial ou comercial;

A partir das informações do estado de conservação das calçadas onde já existe o piso tátil foram feitas as seguintes análises:

- Determinação da recorrência dos três níveis de classificação do piso tátil;
- Qual o nível de desgaste do piso nos bairros;
- Conservação do piso em relação a sua textura e cor;
- O piso adjacente ao piso tátil possui textura que possa atrapalhar o usuário;
- Os prédios públicos estão seguindo a norma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PRESENÇA DO PISO TÁTIL NOS BAIRROS VISITADOS

Nessa primeira parte da exposição dos dados o objetivo é mostrar o nível de abrangência do piso tátil nos bairros visitados, sejam eles imóveis residenciais, comerciais ou públicos, incluindo ainda uma breve comparação socioeconômica.

Antes de expor as informações, convém informar qual o critério utilizado para mensurar a quantidade de calçadas com piso tátil. É de conhecimento comum que os bairros são divididos em quadras, e que cada quadra possui uma quantidade determinada de lotes, e cada lote possui uma calçada. Sendo assim, na observação de campo cada lote foi contabilizado como uma unidade que possui ou não piso tátil. Também foram contabilizados os casos em que mais de um lote faz parte de apenas um edifício.

O Quadro 2 apresenta o percentual de calçadas que possuem o piso tátil, em qualquer estado de conservação, no limite de cada bairro visitado em comparação com a quantidade total.

Quadro 2 – Abrangência do piso tátil nos bairros

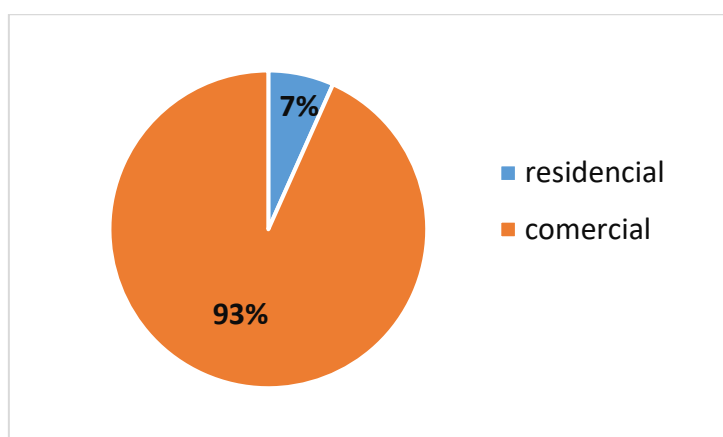
Bairro	Total de calçadas	Calçadas com piso tátil	Abrangência do piso tátil
Bairro da Vitória	1.438	1	0,07%
Bairro Nova Suíça	6.306	57	0,90%
Setor Leste Universitário	11.954	170	1,42%
Setor Campinas	6.729	373	5,54%

Fonte: O autor (2019)

Verifica-se no Quadro 2 que a quantidade de calçadas com piso tátil é extremamente baixa mesmo após 4 anos da implantação da Lei, do total de 26.427 calçadas apenas 601 possuem o piso tátil, o que significa 2,27%. Observa-se também que nos bairros de perfil mais residencial como o Bairro Nova Suíça e Bairro da Vitória, a quantidade é menor quando comparado com os bairros mais comerciais, no caso do Setor Campinas, ou com mais prédios públicos e faculdades, no caso do Setor Universitário.

A fim de exemplificar essa disparidade entre edifícios comerciais e residenciais que possuem o piso tátil, foi feito um levantamento com a quantidade de calçadas em cada perfil. O Gráfico 1 a seguir apresenta em qual tipo de imóvel existe maior incidência do piso tátil: residencial ou comercial, ou seja, do total de calçadas que possuem piso-tátil quantos são edifícios residenciais e quantos são edifícios comerciais.

Gráfico 1–Perfil dos imóveis que possuem piso tátil



Fonte: Oautor (2019)

Pelos números apresentados no Gráfico 1 foi possível mensurar a disparidade entre edifícios comerciais e residenciais que possuem o piso tátil, no qual a grande maioria de calçadas com piso tátil encontram-se em edifícios comerciais. Do total de 601 calçadas que possuem o piso tátil cerca de 559 estão em prédios comerciais e apenas 40 em residências ou condomínios residenciais.

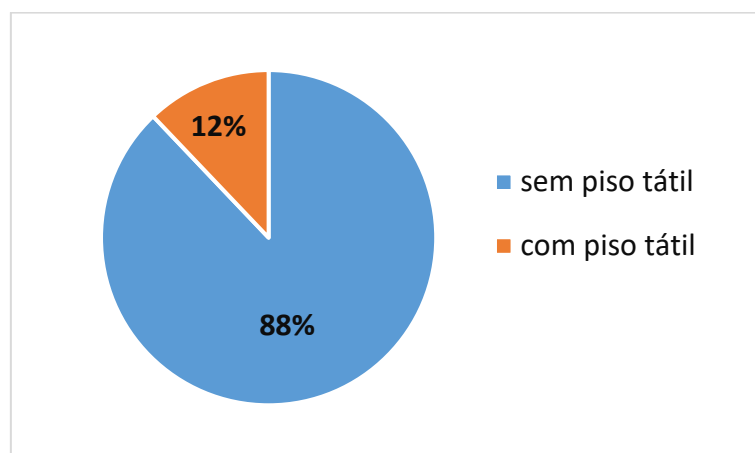
Esse número pode ser justificado pelo item III do Artigo 9º da Lei 3.057, o qual estabelece que as edificações de uso coletivo são prioritárias em ter as calçadas adaptadas, sendo que o Decreto Federal nº 5.296, de 02 de dezembro de 2004, Artigo 8º, item VI, define as edificações de uso coletivo como sendo aquelas destinadas às atividades de natureza comercial.

Por outro lado, como a Lei não cita edifícios residenciais nota-se um baixo índice de calçadas adaptadas nesse tipo de construção, o que naturalmente se traduz em um ponto de melhoria da Lei: incluir as residências como próximo local a receber as adaptações obrigatoriamente.

Mesmo com o alto índice de calçadas adaptadas nos edifícios comerciais, nem mesmo metade já tem o piso tátil instalado, para detalhar essa quantidade foi feito um levantamento do percentual de calçadas adaptadas no universo dos edifícios comerciais, assim, com base na

quantidade total de edifícios comerciais foi apurado em quantos deles já possuem calçadas adaptadas (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Abrangência de calçadas com piso tátil nos imóveis comerciais



Fonte: o autor (2019)

Do total de 5.404 calçadas localizadas em edifícios comerciais apenas 670 possuem piso tátil, comparando os valores apresentados do Quadro 2 com o Gráfico 2 tem-se que o índice de calçadas adaptadas dentro do perfil de edifícios comerciais é muito maior quando comparado ao total geral de calçadas adaptadas, o que corrobora com os dados apresentados no Gráfico 1.

No Quadro 3 é apresentado o índice de calçadas adaptadas nos edifícios comerciais em cada bairro:

Quadro 3 – Calçadas com piso tátil nos imóveis comerciais em cada bairro

Bairro	Total	Sem piso tátil	Com piso tátil	Abrangência
Nova suíça	671	620	51	7,60%
Universitário	1035	915	120	11,59%
Campinas	3698	3218	480	12,98%
Bairro da vitória	50	49	1	2,00%

Fonte: O autor (2019)

Do mesmo modo, foi feito um levantamento do nível de abrangência do piso tátil nos edifícios residenciais, demonstrado no Quadro 4:

Quadro 4 – Abrangência de calçadas com piso tátil nos imóveis residenciais

Bairro	Total de calçadas	Calçadas com piso tátil	Abrangência do piso tátil
Bairro da Vitória	1.388	0	0,00%
Bairro Nova Suíça	5.635	11	0,20%
Setor Leste Universitário	10.881	30	0,28%
Setor Campinas	3.018	4	0,13%

Fonte: O autor (2019)

O Quadro 4 nos mostra que nos edifícios residenciais quase não houve implantação do piso tátil, do total de 20.922 calçadas somente 45 possuem o piso total, ou seja: 0,22%, demonstrando que uma das futuras medidas deve ser a conscientização da população em fazer a adaptação em suas residências.

ANÁLISE DA CONDIÇÃO DO PISO TÁTIL

Nessa segunda parte da exposição dos dados foram analisadas algumas características físicas do piso tátil: conservação da pintura, desgaste da textura do piso e tipo do piso adjacente, por esse motivo foi levado em consideração apenas as calçadas que já possuem o piso tátil.

Durante a visita nos bairros cada calçada recebeu uma classificação de acordo com o nível de desgaste do piso tátil: nenhum desgaste (piso com textura intacta, totalmente apto para o uso), pouco desgaste (relevo um pouco gasto e algumas texturas ausentes, mas que não interfere no uso) ou muito desgaste (relevo quase inexistente ou com buracos, inadequado para o uso). O Quadro 5 mostra a quantidade de pisos em cada um dos três níveis de desgaste analisados em todos os quatro bairros visitados.

Quadro 5 – Abrangência de calçadas com piso tátil nos imóveis residenciais

	Nenhum Desgaste	Pouco Desgaste	Muito Desgaste
Nova suíça	19	25	12
Universitário	63	96	8
Campinas	146	177	45
Bairro da vitória	0	1	0

Fonte: O autor (2019)

Ao analisar o Quadro 5 percebe-se que a grande maioria das calçadas com piso tátil, quase 90%, possui nenhum desgaste ou pouco desgaste, e são poucas as que estão muito desgastadas, o que significa que em geral os pisos apresentam bom nível de conservação de sua textura.

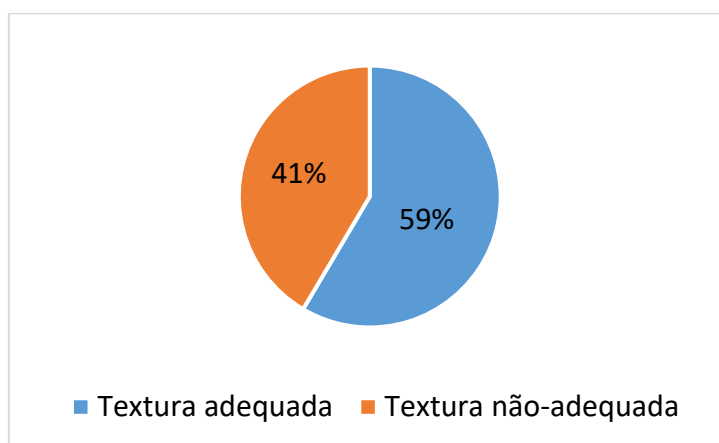
Para que o piso tátil cumpra plenamente sua função é necessário que o piso adjacente não possua textura que possa comprometer ou mesmo atrapalhar a leitura do usuário, por esse motivo o próximo ponto analisado foi a textura do piso adjacente classificada em adequada ou não-adequada (Gráfico 3).

A textura adequada pode ser encontrada em algumas situações: novas obras onde o piso adjacente já foi feito com a superfície lisa ou reformas em que o piso foi trocado, calçadas antigas que já tinham o piso liso e apenas foi instalado o piso tátil.

Em alguns casos o proprietário do imóvel apenas aplicou o piso tátil sem alterar ou reformar o piso adjacente já existente, assim, as calçadas que são feitas de pedras, ladrilhos ou desgastadas e com buracos se tornaram adaptadas, mas sem o contraste adequado, sendo dessa forma classificadas como textura não-adequada.

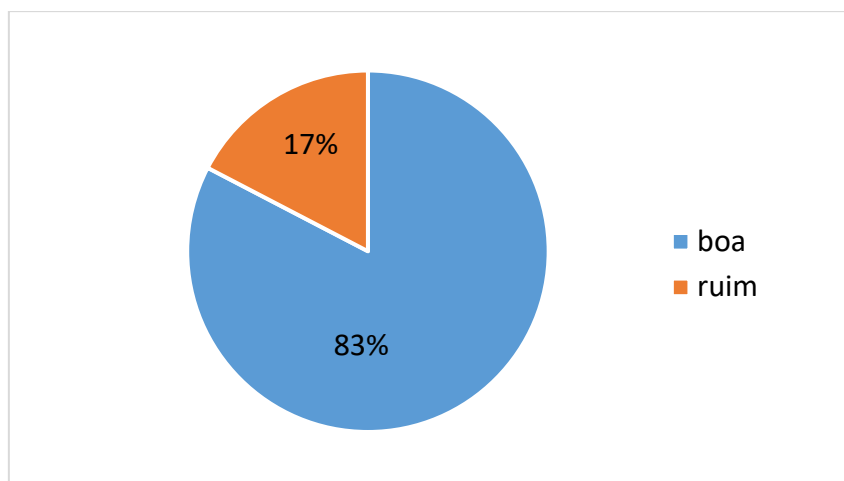
Além da textura do piso tátil a pintura é outro item muito importante que auxilia o deficiente visual, por isso também foi analisada a condição de conservação da pintura e se o piso estava encardido, resultando numa classificação de pintura como boa ou ruim, conforme Gráfico 4.

Gráfico 3 – Textura do piso adjacente



Fonte: O autor (2019)

Gráfico 4 – Conservação da pintura do piso tátil



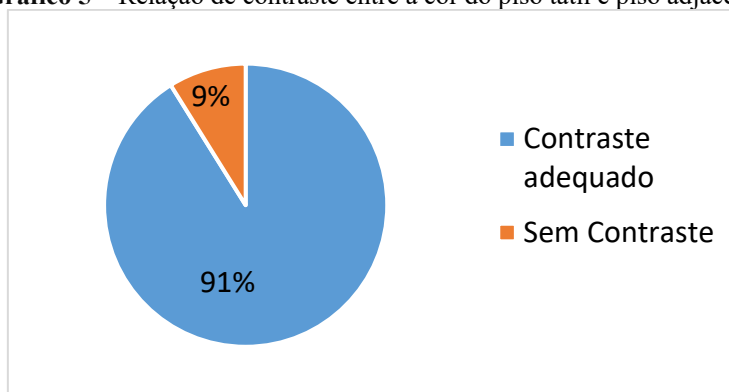
Fonte: O autor (2019)

Pelos números apresentados no Gráfico 4 vemos que a pintura segue o nível de desgaste da textura do piso tátil, o que era esperado já que devido ao modo construtivo do piso tátil, no qual o pigmento de cor é incorporado ao concreto, o piso perde cor à medida que vai se desgastando. Além disso, a falta de limpeza faz com que o piso absorva sujeira e fique escuro, o que foi observado em vários casos.

Outro fator relacionado a pintura e abordado na Lei é se o piso tátil possui cor contrastante com o piso adjacente. Com o contraste adequado pessoas com baixa visão também se beneficiam do piso tátil e conseguem se orientar melhor.

Tendo por base a NBR 16537 (ABNT, 2016) que recomenda quais as melhores combinações de cores a serem utilizadas nesses elementos, foram avaliadas as cores do piso tátil e adjacente e definido se havia ou não contraste entre eles (Gráfico 5)

Gráfico 5 – Relação de contraste entre a cor do piso tátil e piso adjacente



Fonte: O autor (2019)

Com os números do Gráfico 5 vemos que mais um item importante da Lei está sendo cumprido em quase toda a totalidade das calçadas. Vale destacar que nos locais considerados sem contraste nem sempre a escolha da cor foi equivocada, em alguns casos o nível de deterioração do piso tátil e/ou piso adjacente já não era suficiente para surtir efeito mesmo com as cores corretas.

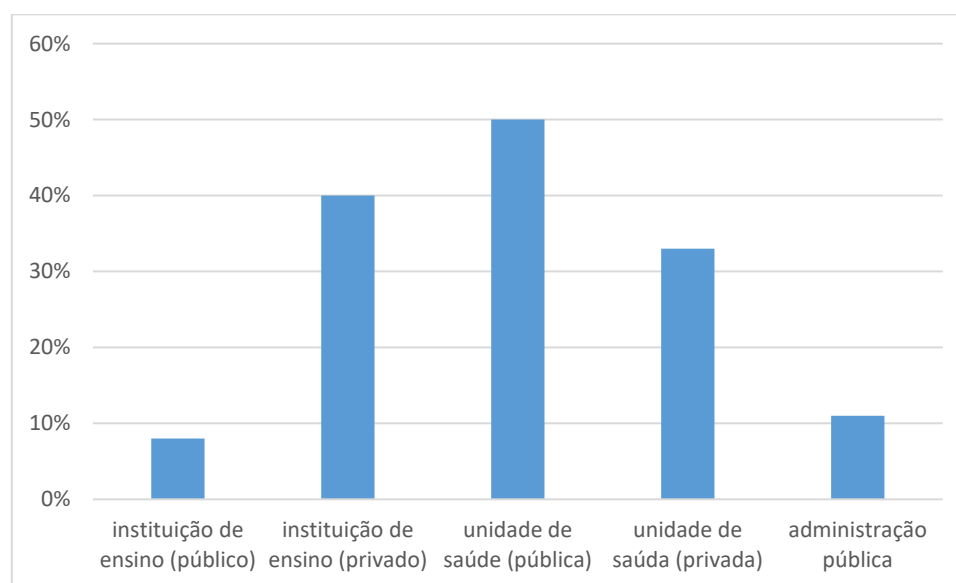
PISO TÁTIL NOS PRÉDIOS PÚBLICOS

Espera-se que os prédios da administração pública sejam o exemplo para qualquer medida que afetem diretamente o espaço público, por isso a escolha do Setor Leste Universitário como um dos locais de pesquisa, o qual possui vários prédios públicos como: instituições de ensino e unidades de saúde públicas e privadas, além de outros locais da administração pública.


No Gráfico 6 foram identificados os principais prédios governamentais, municipais, estaduais ou federais, localizados em todos os bairros visitados e feito um levantamento da presença do piso tátil, comparando ainda com alguns prédios privados relevantes como universidades e hospitais que possuem um alto volume de circulação de pedestres.

Esses prédios foram classificados em: Instituição de Ensino Pública e Privada (escolas municipais e estaduais, universidades; Unidade de Saúde Pública e Privada (hospitais, clínicas, CAIS) e Administração Pública (secretarias estaduais e municipais).

Gráfico 6 – Abrangência do piso tátil nos prédios públicos e privados



Fonte: O autor (2019)



Com os números do Gráfico 6 vemos que o setor público que está mais próximo de oferecer uma mobilidade mais acessível são as unidades de saúde, e do lado oposto as instituições de ensino e os prédios da administração pública precisam melhorar muito o seu percentual de calçadas adaptadas, o que vai de encontro com o que determina a Lei 3.057 em seu Artigo 9º, item III, o qual estabelece que as edificações de uso público destinadas aos setores de educação e saúde são prioritárias em ter as calçadas adaptadas.

CONCLUSÃO

O presente trabalho objetivou avaliar o atual estado e alcance das calçadas adaptadas após a implantação da Lei 3.057, e com isso poder apontar sugestões para que uma maior parcela do espaço se torne mais acessível e ainda que as adaptações sejam mais eficientes, trazendo assim um balanço positivo para o estudo em questão.

Dentro da limitação da área de estudo comparado com a totalidade do município, pode-se dizer que o ambiente observado foi satisfatório, pois compreendeu locais com grande volume comercial, instituições de ensino e da administração pública, trazendo assim para o trabalho um considerável leque de abrangência em vários aspectos.

Pode-se afirmar que este estudo teve seus objetivos alcançados, pois trouxe um maior conhecimento da atual situação das calçadas, de que a abrangência das calçadas adaptadas ainda é muito pequena mesmo após quatro anos da implantação da Lei e que ainda falta muito para que a cidade tenha mais condições de oferecer acessibilidade a seus usuários.

Mesmo com esse baixo percentual de calçadas adaptadas, algumas situações observadas amenizam esse lado negativo: o Setor Campinas possui um alto índice de calçadas adaptadas nos locais onde a concentração de lojas é mais intenso, à medida que a densidade de lojas vai diminuindo o índice de adaptação também cai, ou seja: uma parte considerável e mais movimentada do setor está servida ininterruptamente de calçadas adaptadas.

Outro exemplo positivo está no Setor Leste Universitário, que em julho de 2012 recebeu o primeiro corredor preferencial da capital, no qual a prefeitura revitalizou as calçadas incluindo itens de acessibilidade como piso tátil, guias rebaixadas e rampas. Outro corredor que está sendo implantado é o da Avenida T-7, com previsão de entrega das obras para março de 2020, e contará com as mesmas benfeitorias do Corredor Universitário. (CMTC, 2019)

Além desse tipo de intervenção, outras ações do Poder Público poderiam estimular a população e o comércio a adaptarem suas calçadas:

- isenção de impostos: donos de imóveis residenciais ou comerciais teriam isenção no pagamento de impostos por um período de tempo;
- fiscalização efetiva nos estabelecimentos comerciais e novas obras: a fim de certificar que a execução esteja sendo feita de forma correta;
- consultoria de engenharia gratuita: nos casos de imóveis residenciais, a prefeitura faz o estudo da calçada e disponibiliza o projeto, ficando a cargo do proprietário a execução;
- conscientização da população em prédios residenciais: reformar uma calçada pode ser muito oneroso para uma família arcar, mas em um prédio residencial esse custo pode ser aliviado se for dividido entre os condôminos.

Por fim, espera-se que as pessoas que tenham acesso a esse trabalho possam se conscientizar da importância da acessibilidade em todos os aspectos, não apenas no âmbito das calçadas, pois a mobilidade no espaço urbano é de interesse de todos e não apenas das pessoas com deficiência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16537**. Acessibilidade - Sinalização tátil no piso - Diretrizes para elaboração de projetos e instalação. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR9050**. Acessibilidade de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.

BEZERRA, Luíza Cavalcanti. **A natureza jurídica das calçadas urbanas e a responsabilidade primária dos Municípios quanto à sua feitura, manutenção e adaptação para fins de acessibilidade**. 2012. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/22302/a-natureza-juridica-das-calcadas-urbanas-e-a-responsabilidade-primaria-dos-municipios-quanto-a-sua-feitura-manutencao-e-adaptacao-para-fins-de-acessibilidade>>. Acesso em: 10set. 2019.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Capítulo II – Dos Direitos Sociais (Artigo 6º), 1988. Brasília: Diário Oficial da União, 2000.

BRASIL. **Decreto nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004**. Regulamenta as Leis nos 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras

BRASIL. **Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000**. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2000.

CMTC - COMPANHIA METROPOLITANA DE TRANSPORTES COLETIVOS. **Obras do Corredor T-7 chegam à Praça Tamandaré.**2019. Disponível em: <<https://www12.goiania.go.gov.br/obras-do-corredor-t-7-chegam-a-praca-tamandare/>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

COÊLHO, Sacha Calmon Navarro. **Teoria e Prática das Multas Tributárias.** Rio de Janeiro: Forense, 1992.

FEITOSA, L.S.R, RIGHI, R., **Acessibilidade Arquitetônica e Desenho Universal no Mundo e Brasil.** Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 04, n. 26, 2016, pp. 28-44.

GOIÂNIA. **Decretonº 3.057**, de 15 de dezembro 2015. Dispõe sobre a regulamentação da implementação de piso tátil direcional e alerta nas calçadas e dá outras providências.

GOIÂNIA. **Lei nº 6.767**, de 26 de julho de 1989. Dispõe sobre o rebaixamento dos meios-fios das calçadas onde existem faixas de segurança para pedestres, visando facilitar a locomoção de deficientes.

GOIÂNIA. **Lei nº 8.644**, de 23 de julho de 2008. Institui o Estatuto do Pedestre.

GOIÂNIA. **Lei nº 9.096**, de 27 de outubro de 2011. Institui o Código Municipal de Mobilidade Urbana.

GOIÂNIA. **Lei nº 9.170**, de 04 de setembro de 2012. Dispõe sobre o Selo de Acessibilidade e dá outras providências.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira: 2016.** Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

Mepar Ferragens e Ferramentas. **Piso tátil alerta e direcional.**2019. Disponível em: <<https://www.mepar.com.br/produto/7566/piso-tatil-alerta-e-direcional>>. Acesso em: 02 set. 2019.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Diminuindo diferenças: a prática das políticas sobre determinantes sociais da saúde: documento de discussão.** 2011. Rio de Janeiro: OMS; Disponível em: <http://www.who.int/sdhconference/discussion_paper/Discussion_Paper_PT.pdf>. Acesso em: 10 set. 2019.

providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2004.

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. **Lei nº 8.077**, de 05 de abril de 2010. Dispõe sobre a construção, manutenção e conservação das calçadas no município, e dá outras providências.

SÃO PAULO. **Decretonº 45.904**, de 19 de maio de 2005. Regulamenta o artigo 6º da Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004, no que se refere à padronização dos passeios públicos do município de São Paulo.



SEVERINO, Antônio Joaquim, 1941 – **Metodologia do trabalho científico**– 24. ed. – São Paulo: Cortez, 2017.

YIN, R. K. **Introducing the World of Education: A Case Study Reader**. Sage Publications Inc., USA, 2005.

CAPÍTULO 5

SOLO-CIMENTO AUTOADENSÁVEL PARA CONFECÇÃO DE BLOCOS MODULARES: INFLUÊNCIA DA AREIA E DA RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO

Vitória Maria Machado da Costa, Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Fábio Henrique Casarini Gerônimo, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

Edgar Bacarji, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

Amanda Corrêa, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

RESUMO

O trabalho apresenta um estudo do solo-cimento autoadensável, fluido para a fabricação de blocos modulares. Busca avaliar alguns parâmetros no estado fresco, como trabalhabilidade e densidade conforme a variação da areia grossa e a sua influência sobre as características mecânicas de resistência e absorção de água no estado endurecido (blocos modulares). Desta forma foram feitos blocos modulares utilizando, solo, cimento, areia, água e superplastificante (aditivo para melhorar a fluidez e diminuir a quantidade de água utilizada). As proporções de areia foram, 10, 20, 30, 50 e 80% de areia grossa e tendo como referência bloco solo-cimento com 30% de areia fina. Após a produção da massa fresca foram feitos os ensaios de espalhamento com a utilização do mini-conee no estado endurecido, foram realizados os ensaios de resistência à compressão simples e absorção de água. Os resultados do estado fresco indicaram que a partir de 20% de areia grossa, apresentou uma boa espalhabilidade, e a densidade aumentou conforme o aumento da porcentagem de areia. A resistência mecânica foi maior para 80% de areia grossa, apresentando 2,5 MPa, atingindo o valor mínimo exigido pela NBR 8492/2012 (2,0 MPa). Observou-se que houve um ganho de resistência quando diminui a quantidade de água, tal fato ocorreu a partir da composição de 30%, onde ajustou-se a água. O traço de 80% de areia grossa apresentou o menor valor para absorção de água (17,87%), atendendo a NBR 8492/2012 (<20%). Conclui-se portanto que a adição de areia favorece o aumento da resistência à compressão e conseqüentemente a menor absorção de água dos blocos modulares, com isso *à posteriori*, os blocos de solo-cimento autoadensável podem ser inseridos no mercado, visto que atendem às exigências das normas vigentes.

Palavras-chave: solo-cimento; autoadensável; resistência.

INTRODUÇÃO

Segundo Neves (2011), problemas ambientais causados pela ação do homem no processode construção civil, tornaram-se evidentes ao final do século XX, resultando na sensibilização da sociedade quanto a urgente necessidade de reverter este quadro. Na arquitetura e construção, os modelos e técnicas convencionais são questionadas, tornando necessárias discussões sobre materiais e técnicas alternativas e mais sustentáveis.



Nesse contexto, antigas técnicas de construção menos impactantes, como o uso do solo (terra crua sem passar pelo processo de cozimento), vem chamando atenção como alternativa ambiental e economicamente viável para a construção civil (NEVES, 2011).

O solo é um material apropriado para as mais diversas aplicações em construções devido à sua abundância, facilidade de obtenção e manuseio, e baixo custo. Este material mostra-se eficiente, pois muitas construções derivadas do solo são milenares e resistem até o presente momento das intempéries (GRANDE, 2003). O tijolo pode ser considerado o componente pré-moldado mais antigo e também o mais empregado pelo homem na história da construção civil.

Diante da necessidade que a construção civil precisa, existem pesquisas que ajudam a contribuir para o bem estar do meio ambiente, através da utilização de materiais alternativos de construção e, dentre estes, pode-se citar o solo cimento, que se destaca por ser uma alternativa econômica, e também pode ser classificado como material sustentável.

O solo-cimento é um material de construção resultante do processo químico de estabilização de solos com cimento. De modo geral se utilizam preferencialmente solos de natureza arenosos ou areno-siltosos, onde o cimento hidratado forma uma matriz que envolve as partículas de solo, ficando estas com o papel de microagregados. Este material tem sido utilizado ao longo dos tempos para a solução de problemas em engenharia, tendo objetivos diversos, procurando-se atender a requisitos de desempenho, específicos.

Tradicionalmente o solo-cimento tem sido aplicado sob condições de moldagem e conformação envolvendo meios mecânicos de compactação, implicando-se em massas específicas compatíveis com o processo, e com posterior qualificação após o ganho de resistência na cura.

Este material tem sido produzido para obras de habitação tanto na forma prensada como na forma fluida (autoadensável) preenchendo fôrmas, explorando-se a sua deformabilidade no estado plástico. Considerando que o uso deste material tem sido adequado para diversos tipos de aplicações.

As aplicações do solo-cimento na construção civil são diversas, entre elas, pode ser aplicado na pavimentação, como camada resistente de pavimento, também ser aplicado em fundações de edificações no estado plástico ou auto adensável, ou na utilização de vedações em edificações, podendo ser através de estruturas monolíticas ou paredes formadas por tijolos pré-fabricados.



O solo-cimento estudado nessa pesquisa difere do solo cimento compactado, onde é muito utilizado em construções. O solo-cimento auto adensável (SCAA) tem uma trabalhabilidade permitindo um adensamento pelo próprio peso.

Nesta pesquisa são encontrados sete traços de solo-cimento autoadensável com o intuito chegar ao traço otimizado, onde, a mistura, não ocorra segregação, nem exsudação, além do mais seja fluida e homogênea, e que adensasse por gravidade.

Foram avaliados as características do solo-cimento autoadensável, a partir do resultados dos ensaios do estado fresco e endurecido, onde serão observado as influências dos principais componentes que são o cimento, água, o aditivo, e em seguida, a influência da areia grossa na mistura de SCAA.

Os traços variaram a quantidade de areia grossa (10%, 20%, 30%, 50% e 80%), a partir de um traço referência apresentando 30% de areia fina na sua composição. Houve-se a necessidade de ajustar a água a partir do traço de 30% de areia grossa.

O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito de diferentes proporções de areia grossa para a fabricação de bloco modular solo-cimento, torná-lo plástico, pela adição de aditivos superplastificantes e avaliar a resistência à compressão e absorção de água do solo-cimento plástico.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Todos os ensaios foram feitos no Laboratório de Materiais de Construção da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, localizado na avenida Universitária, Setor Universitário, Goiânia, Goiás.

COLETA DE DADOS

CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Os materiais utilizados foram: solo, cimento CPV ARI, areia grossa, areia fina, água e formas plásticas para a moldagem dos blocos (Figura 2). Todos os materiais foram cedidos pelo Laboratório de Materiais de Construção da Escola de Engenharia Civil, UFG.

Figura 2–Solo, cimento e areia



Fonte: O autor. Goiânia (2019)

Os ensaios de caracterização foram disponibilizados pelo Laboratório de Materiais de Construção da Escola de Engenharia Civil, UFG. Para o solo, foram feitas análises de umidade, massa específica, fração de finos e a curva granulométrica.

O cimento CPV ARI foi feito a resistência à compressão com 7 dias e 28 dias de cura.

Determinou-se o diâmetro máximo característico (DMC) e o módulo de finura para os agregados (areia fina e areia grossa). A caracterização do superplastificante foi fornecida pelo fabricante em ficha técnica.

PRODUÇÃO DOS BLOCOS SOLO-CIMENTO

Foram fabricados solo-cimento com a adição de areia em substituição do solo nas proporções de 10, 20, 30, 50 e 80 % de areia grossa com redução do super plastificante. Utilizando como referência blocos solo-cimento com 30% de areia fina.

AJUSTES PRELIMINARES (0% DE AREIA)

Utilizou-se a proporção de cimento/solo de 1/8. Para essa mistura foi determinada a relação de água/cimento necessária para tornar a mistura autoadensável fixando o teor de super plastificante de 2% em relação à massa do cimento.

O consumo de água foi ajustado até a obtenção do solo-cimento auto adensável. Primeiramente, homogeneizou-se as misturas secas (solo, cimento e areia) na masseira em seguida foi adicionando água até a obtenção da massa auto adensável (Figura 3).

Figura 3 - Homogeneização dos Materiais Secos



Fonte: O autor. Goiânia (2019).

Fez-se o teste de espalhamento, e mediu-se o diâmetro da massa escorrida (Figura 4).

Figura 4. Teste de espalhamento.



Fonte: O autor. Goiânia (2019).

Em seguida calculou-se a densidade da massa (Figura 5).

Figura 5. Obtenção da densidade da massa



Fonte: O autor. Goiânia (2019).

Posteriormente colocou-se a massa fresca nas formas, esperou-se secar e desenformou-se posteriormente, colocou-se os blocos formados na cura úmida por 7 dias.

PRODUÇÃO DOS BLOCOS SOLO-CIMENTO AUTOADENSÁVEL

Para a produção dos blocos solo-cimento autoadensável, fez-se os cálculos, partindo da proporção de cimento/solo de 1/8. Foi-se ajustando as quantidades de solo e areia grossa, conforme cada proporção estudada (10%, 20%, 30%, 50% e 80% de areia grossa).

Desta forma cada bloco apresentou-se as seguintes proporções de materiais, conforme a Tabela 1.

Tabela 1- Traços dos corpos de prova

CORPO DE PROVA	CIMENTO (KG)	SOLO (KG)	AREIA FINA (KG)	AREIA GROSSA (KG)	ÁGUA (KG)	TRAÇO
Referência	3,0	14,4	9,6	-	10	1: 4,8:3,2
CP 10	3,0	12,96	9,6	1,44	10	1:4,32:3,2:0,48
CP 20	3,0	11,52	9,6	2,88	10	1:3,84:3,2:0,96
CP 30	3,0	10,08	9,6	4,32	10*	1:3,36:3,2:1,44
CP 30.1	3,0	10,08	9,6	4,32	8,5	1:3,36:3,2:1,44
CP 50	3,0	7,2	9,6	7,2	8,5	1:2,4:3,2:2,4
CP 80	3,0	2,88	4,8	16,32	5,75	1:0,96:1,6:5,44

*redução do super plastificante (1,5%)

A Tabela 2 apresenta a porcentagem de areia grossa para cada corpo de prova.

Tabela 2 – Porcentagem de areia grossa

Corpo de prova	Areia grossa (%)
Referência	0
CP 10	10
CP 20	20
CP 30	30
CP 30.1	30
CP 50	50
CP 80	80

Após a pesagem dos materiais, colocou-os na masseira e misturou-se a matéria seca, em seguida acrescentando a água aos poucos e por último o superplastificante.

À *posteriori* colocou-se a massa fresca em formas retangulares perfuradas com dimensão de 30x15x8 cm. Deixou-se secar em temperatura ambiente, desenformou-se e colocou-se os blocos em imersão em água por 7 dias (cura), conforme a Figura 6.

Figura 6- Enformagem da massa solo-cimento autoadensável



Fonte: O autor. Goiânia (2019).

O procedimento para obtenção dos blocos foram os mesmos para todos os corpos de prova.

ANÁLISE DE DADOS

Após a produção dos blocos solo-cimento autoadensáveis, foram feitos teste de espalhamento (trabalhabilidade) e densidade da massa fresca e ensaios de resistência à compressão e absorção de água.

ESPALHAMENTO (*SlumpFlow Test*)

Conforme descrito na NBR 15823-2/2017, o ensaio de espalhamento analisa a classe de fluidez dos concretos autoadensáveis. Coloca-se a massa fresca em um cone, e este é retirado no sentido vertical para cima, desta forma a amostra se espalha em uma placa metálica, onde mede-se o diâmetro da massa “espalhada”, conforme Figura 7.

Figura 7. Espalhamento da massa fresca



Fonte: O autor. Goiânia (2019)

DENSIDADE DA MASSA FRESCA

A densidade da massa fresca foi calculada, pesando o cilindro com volume conhecido e adicionou-se a massa fresca até a borda, posteriormente foi pesado (balança tarada). Sendo assim a densidade foi o resultado da massa pesada sobre o volume do cilindro (Figura 8).

Figura 8. Densidade da Massa Fresca



Fonte: O autor. Goiânia (2019).

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os ensaios de Resistência à compressão foram realizados, conforme a NBR 8492/1984, onde fez-se ocapeamento das faces de trabalho com pasta de cimento Portland, com traço 1:1 (cimento:água) de consistência plástica, com espessura mínima necessária para que se obtenham faces planas e paralelas.

Os ensaios de resistência à compressão uniaxial no sentido axial foram executados por meio de um sistema de carregamento, o qual procura introduzir carga ao material, de modo centralizada, distribuída sobre a superfície do corpo de prova, e é aplicada de modo crescente à uma taxa de crescimento constante. Os equipamentos utilizados foram: Prensa hidráulica (Figura 9).

Estes ensaios foram feitos em triplicata para melhor precisão dos resultados.

Figura 9. Corpo de prova sujeito ao ensaio de compressão uniaxial



Fonte: O autor. Goiânia (2019)

ABSORÇÃO DE ÁGUA

Os testes de absorção de água foram realizados de acordo com a NBR8492:2012.

Para obter a porcentagem de absorção de água, o bloco precisa ser pesado totalmente seco, após permanecer 24 horas na estufa, sendo necessário mantê-lo na estufa e repetir a medição a cada 2 horas até que as medidas sucessivas não difiram mais de 0,5% em relação à medida anterior, descobrindo assim a massa 1.

A segunda medida é do corpo de prova totalmente saturado após permanecer 24 horas imerso em água, sendo necessário drená-lo por 60 segundos e enxugá-lo rapidamente para obter a massa da peça saturada, massa 2. Os equipamentos utilizados foram uma estufa e recipientes metálicos.

RESULTADOSE DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

SOLO

O solo usado na produção dos blocos apresentou-se 2,71% de umidade e massa específica de 2,84 g/cm³.

A umidade do solo interfere na fabricação dos blocos, pois determina a quantidade de água a ser adicionada, conseqüentemente, solos mais secos, necessitam de maior quantidade de água.

A tabela 3, mostra a porcentagem de finos encontrada em ensaio feito no laboratório.

Tabela 3- Fração de finos.

		SOLO
FRAÇÃO	FAIXA (mm)	PORCENTAGEM (%)
ARGILA	< 0,002	16,83
SILTE	0,002 - 0,06	16,67
AREIA FINA	0,06 - 0,20	46,77
AREIA MEDIA	0,20 - 0,60	16,04
AREIA GROSSA	0,60 - 2,0	3,68
PEDREGULHO	2,0 - 60	0,00
TOTAIS		100,00

Conforme a tabela 3, observa-se uma maior fração de areia fina (46,77%) e uma menor fração de areia grossa (3,68%). Os valores para argila, silte e areia média foram homogêneos. Sendo assim, este solo é aconselhável para produção de blocos de solo-cimento.

Bauer (1995) diz que o melhor solo para a produção de solo-cimento deve ser o solo arenoso com 40 a 80% de areia e 20 a 40% de argila.

Os dados foram fornecidos pelo laboratório de Materiais de Construção da Escola de Engenharia Civil, UFG.

CIMENTO CPV – ARI

O cimento CPV – ARI é um cimento de alta resistência, segundo ensaio feito no laboratório e mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Resistência a Compressão

DIAS	RESISTÊNCIA (MPa)
7 DIAS	40,9
28 DIAS	45,6

Fonte: Universidade Federal de Goiás (2019).

AGREGADOS (AREIA FINA E AREIA GROSSA)

Os dados dos ensaios foram fornecidos pelo Laboratório de Engenharia Civil, UFG.

Na peneira de 0,15 mm, ficaram retidos 36,6% da amostra, caracterizando-a como areia fina. Obtendo assim, um diâmetro máximo de 1,2 mm e módulo de finura 1,20.

A areia grossa, ficaram retidos na peneira de 0,15 mm, 9,2% das amostras, desta forma, o diâmetro máximo foi de 4,8 mm e módulo de finura 3,11.

SUPERPLASTIFICANTE *TECFLOW*

A figura 10, trata-se da especificação técnica do superplastificante *TEC FLOW*

Figura 10 – Especificação técnica do superplastificante

Produto	Descrição do Produto	Aspecto/Cor	*Dosagem Recomendada (% SPC)	Massa Específica g/cm³ (NBR 10908)
Tec-Flow 8000	Aditivo de elevada tecnologia, desenvolvido para a obtenção de concretos de alto desempenho, auto-adensáveis, para pré-moldados e para artefatos de cimento – proporciona manutenção da trabalhabilidade por elevados períodos e obtenção de elevadas resistências iniciais e finais. Possibilita atingir excelente custo benefício, devido sua funcionalidade em baixas dosagens.	Líquido alaranjado	0,3 a 2,0%	1,080 - 1,120

Fonte: Fabricante (2019).

O superplastificante é um aditivo para concreto com alto poder de redução de água e com aplicações múltiplas e isento de cloretos. Aumenta a fluidez com manutenção desta por tempo prolongado.

FABRICAÇÃO DOS BLOCOS SOLO-CIMENTO AUTOADENSÁVEIS

Com um dia de cura, os blocos apresentaram fissuras, provavelmente devida a rápida evaporação da água, então decidiu-se fazer bloco referência com 30 % de areia fina (Figura 11).



Figura 11- Fissura nos blocos solo-cimento antes e depois do desmolde



Fonte: O autor. Goiânia (2019).

Após os ajustes preliminares, decidiu-se acrescentar 30% de areia fina, e torná-la como referência. Observou-se que não houve fissura nos blocos após o desmolde, como mostra a figura 12.

As demais composições também não apresentaram fissuras, os blocos apresentaram lisos e uniformes.

Figura 12 - Bloco solo-cimento auto adensável



Fonte: O autor. Goiânia (2019).

ENSAIOS NO ESTADO FRESCO

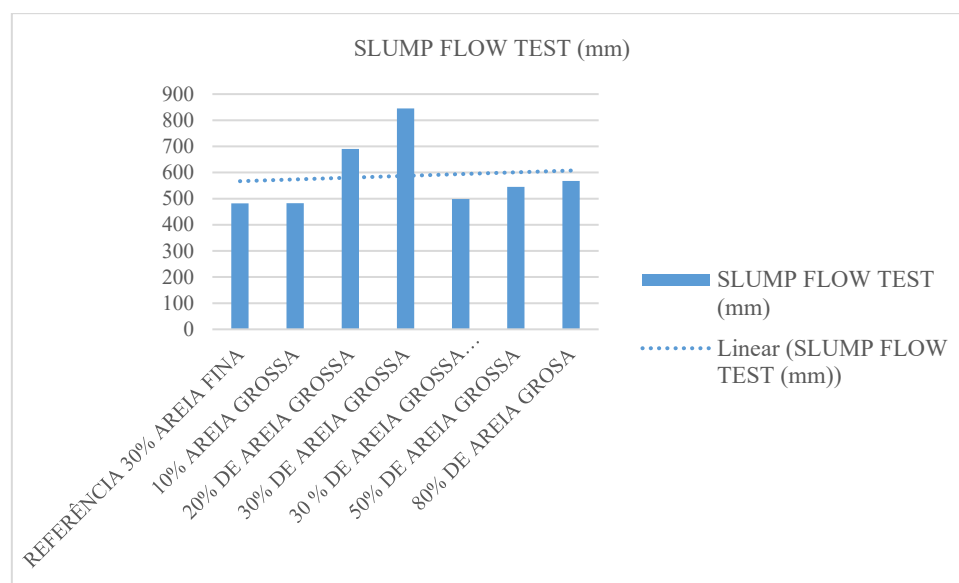
Os resultados médios obtidos nos ensaios, encontram-se nas tabelas e figuras a seguir.

TESTE DE ESPALHAMENTO – *SLUMP FLOW TEST* (mm)

Tabela 5–diâmetro médio dos traços no ensaio de espalhamento

<i>SLUMP FLOW TEST</i>	
TRAÇO	(mm)
Referência	482
CP 10	482,5
CP 20%	690
CP 30%	845
CP 30.1	498,5
CP 50	545
CP 80	567,5

Figura 13– Gráfico comparativo dos diferentes traços para o *flowtest*



Fonte: O autor. Goiânia (2019)

O ensaio de espalhamento (*Slump Flowtest*) é realizado em concretos autoadensáveis, e avalia a qualidade e fluidez da massa.

Determina o espalhamento do concreto e, com isso, avalia-se a capacidade do concreto preencher as fôrmas como, também, é possível avaliar a trabalhabilidade da massa fresca, uma vez que a massa escorra e alcance o espalhamento de 550mm, conforme está prescrito na norma ABNT NBR 15823-2.

Conforme a Figura 13, observa-se que os traços de 20% de areia grossa e 30% de areia grossa, obtiveram um resultado maior que 550mm, que é o indicado para ter uma ótima trabalhabilidade da massa fresca, caracterizando-a como autoadensável.

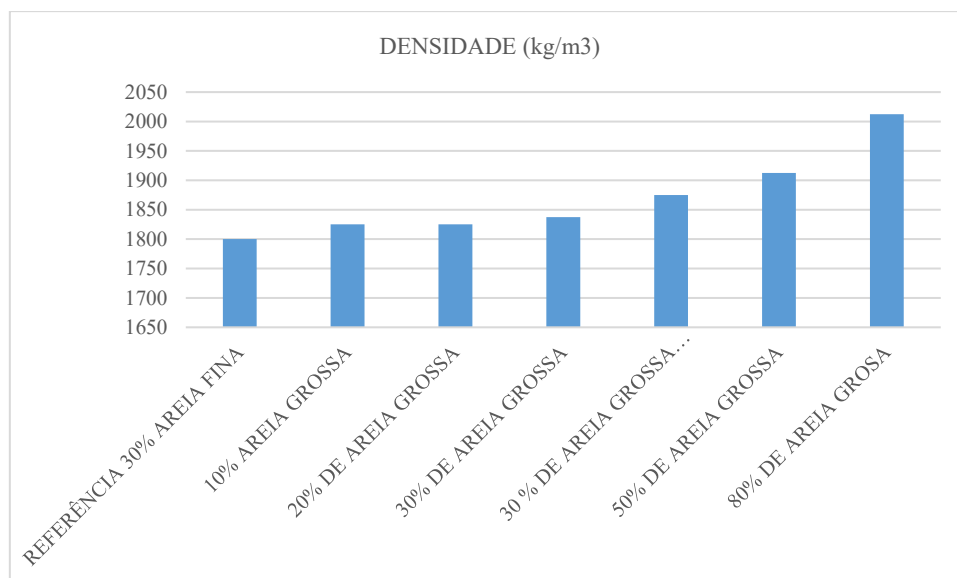
DENSIDADE

Observa-se que a densidade aumenta, conforme o aumento da porcentagem de areia grossa, isso é devido à maior quantidade de material sólido na massa, como mostra a tabela 6 e figura 14.

Tabela 6– densidade média de cada traço

TRAÇO	DENSIDADE (kg/m³)
Referência	
30% areia fina	1800
10% areia grossa	1825
20% de areia grossa	1825
30% de areia grossa	1837,5
30 % de areia grossa com diminuição da água	1875
50% de areia grossa	1912,5
80% de areia grossa	2012,5

Figura 14 - Valores médios para densidade dos traços



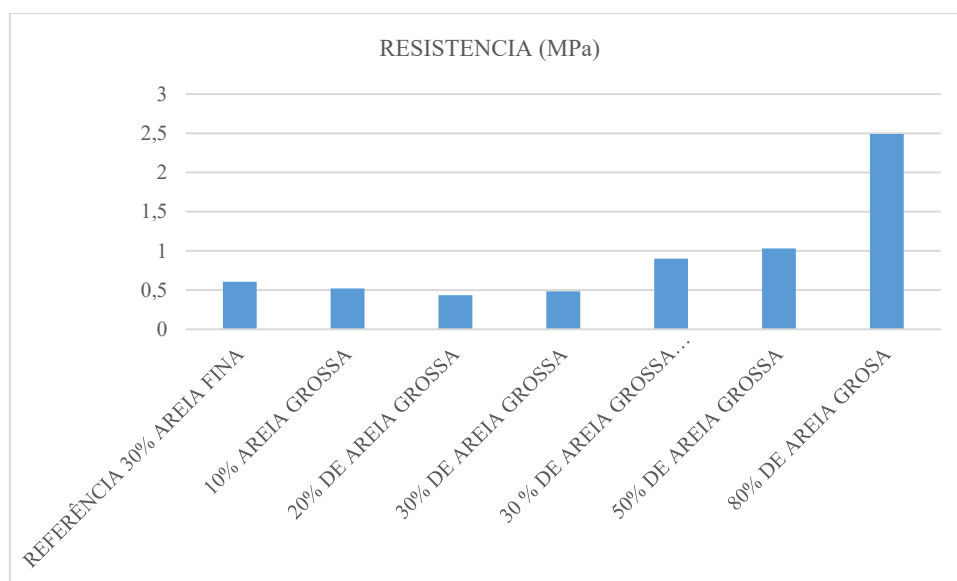
Fonte: O autor. Goiânia (2019)

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO


Os valores individuais de resistência à compressão, expressos em MPa, foram obtidos dividindo-se a carga máxima (em quilograma-força), observada durante o ensaio, pela média das áreas das duas faces de trabalho.

Conforme a Figura 15, observa-se que houve um aumento da resistência à compressão, à medida que aumentou a porcentagem de areia grossa.

Figura 15 – Valores médios de Resistência à compressão dos traços



Fonte: O autor. Goiânia (2019)



Nos traços de 10%, 20% e 30% de areia grossa, a resistência permaneceu constante na faixa de 0,5 MPa. Pode-se explicar tal fato, porque nesses traços a quantidade de água permaneceu constante, e aumentando a granulometria, sobrou mais água nas interfaces do material sólido e ao evaporar a água, parte dela deixou o material mais poroso, consequentemente reduzindo a resistência.

Quando ajustou-se a água, a partir de 30% de areia grossa, houve um aumento significativo no traço de 80%, apresentando o valor de 2,5 MPa.

Este fato foi devido que ao retirar a água livre, diminui-se o índice de vazios. É importante observar também que ao substituir material fino por material grosso, diminui-se a superfície de contato (área superficial), desta forma, o cimento encontra-se mais disponível para agir nestas superfícies.

A análise dos resultados obtidos identificou uma tendência ao não atendimento das exigências da NBR 8491/1984. Segundo a norma, a resistência à compressão para tijolos maciços de solo-cimento não deve ser inferior a 2,0 MPa para valores médios e 1,7 MPa para valores individuais.

Portanto, pode-se afirmar que o traço de 80% está conforme a NBR 8491/1984 e NBR 10834 (ABNT, 2012).

Pissato e Soares (2006) adicionaram finos de pedreira ao solo superficial com o intuito de corrigir, granulometricamente a mistura e melhorar as características do solo argiloso e, assim preparar o solo-cimento de forma, economicamente viável, utilizando menores quantidades de cimento para estabilização, como proposta da Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (1985). Em consequência no ensaio de resistência à compressão simples obtiveram resultados superiores ao valor mínimo de 2,1 MPa admitido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1984) para solo-cimento.

Concluiu-se ainda que a quantidade acrescentada de finos de pedreira levou a um aumento proporcional na resistência da mistura de solo-cimento, apontando que quanto maior for a quantidade de finos, menor será o teor de cimento necessário para a estabilização, demonstrando que a utilização dos finos de pedreira na adição ao solo-cimento é uma alternativa viável e pode permitir a sua aplicação em locais com solos predominantemente argilosos.

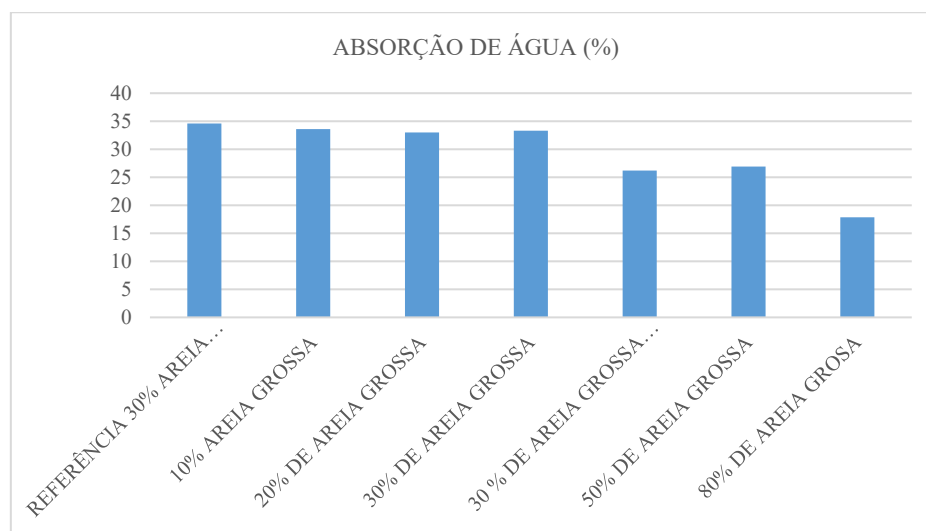
Lima (2013), estudou a adição de resíduos de argamassa em solo-cimento para uso em edificações e verificou que a resistência aumenta proporcionalmente ao aumento do resíduo

em corpos de prova acima de 10% de cimento sobre o peso do solo. Por isso é importante estudos com adição de agregados para substituição de materiais que possam ter ótimos resultados que atendam às normas vigentes.

ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

A figura 16, mostra os valores médios para o índice de absorção de água.

Figura 16 – Índice de absorção de água




Fonte: O autor. Goiânia (2019)

Conforme a figura 16, pode-se observar que o traço de 80% apresentou um menor índice de absorção (17,87%), segundo a NBR 8491, a absorção de água deve ser menor ou igual a 20%, sendo assim este traço foi o único que está em acordo com a normativa.

Este comportamento pode ser explicado, pois com a redução da água, o cimento reagiu completamente, diminuindo a porosidade no bloco, desta forma, reduzindo a absorção de água. A areia grossa aumenta também a superfície de contato com os outros materiais, proporcionando a interação completa com os outros materiais, diminuindo porosidades e vazios nas interfaces.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados apresentados, conclui-se que: o traço de 80% apresentou resultados satisfatórios visto que ultrapassou o limite mínimo para resistência à compressão, exigida pela norma NBR 8491/2012, bem como para absorção de água. Pode-se observar que os valores para a densidade tendem a guardar relação com os valores da resistência mecânica, contudo, aparentemente, os valores da resistência mecânica se apresentaram influenciados pelo valor da relação água/cimento. Tal fato foi evidenciado quando diminui-se a quantidade



da água a partir do traço de 30% de areia grossa, e conseqüentemente os resultados para resistência foram aumentando gradativamente.

É importante que novos estudos sejam feitos para produção de bloco solo-cimento autoadensável, visando a substituição de solo e areia, para que este se torne mais sustentável e atenda as normas, como a exigência do mercado.

Pode-se afirmar que os blocos com 80% de areia grossa podem ser comerciáveis, pois atendem as normas vigentes.

Propostas para trabalhos futuros:

- Estudar dosagens para alcançar resistência superior à mínima exigida pela norma;
- Fazer um estudo do comportamento dos blocos, utilizando areia artificial (resíduo de brita);
- Avaliar o efeito da adição de minerais como a sílica ativa, bem como materiais ultrafinos (nano-pós).

REFERÊNCIAS

ABIKO, A.K. *Tecnologias apropriadas: tijolos e paredes monolíticas de solo-cimento*. 115 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.


ALCÂNTARA, M. A. M. *Bétonsauto-plaçants et fibrageshybrides: composition, rhéologie et comportementmécanique*. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Institut Nationaldes Sciences Appliquées – INSA, Toulouse, 2004. 192p.

ARANTES L. C. *Construção Sustentável: oportunidades de negócio para a empresa Bautec Construções & Incorporações Ltda*. Trabalho de Conclusão de curso de Administração de Empresas, Complexo de Ensino Superior de Santa Catarina, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP (1986). *Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio*. São Paulo, SP. ABCP, ET-35, 51p.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12253: Solo-cimento - Dosagem para emprego como camada de pavimento - Procedimento*. Rio de Janeiro: 2012.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270 – 1: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270 – 2: Componentes cerâmicos Parte 2: *Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural* – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15823-1: Concreto Autoadensável: Classificação, controle e aceitação no estado fresco. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15823-2: Concreto Autoadensável: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211/2019: requisitos exigíveis para recepção e produção dos agregados miúdos e graúdos destinados à produção de concretos de cimento Portland. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491: Tijolo de solo-cimento - requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8492: Tijolo de solo-cimento – análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.


BAUER, L. A Falcão. Materiais de Construção, Vol. 1, LTC, Rio de Janeiro-RJ, 1995.

BERTE, S. D. D; ALCANTARA, M. A. M. Estudo do comportamento do solo-cimento autoadensável. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil - ISSN 2179-0612, v. 7, n. 2, p. 16-31, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama no 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jul. 2002.

CEPED (1984). Manual de construção com solo-cimento. Camaçari, BA. Convênio CEPED/BNH/ABCP, 147p.

CLAVERIE, Jerome. ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA CINZA DE CASCA DE ARROZ E DA CAL NAS PROPRIEDADES DO SOLO-CIMENTO AUTO-ADENSÁVEL. 2015. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira – UNESP, [S. l.], 2015.



CORREA, C. J.; FERREIRA, F. F.; GUIMARÃES, M. R. Tijolos Ecológicos de bagaço de cana-de-açúcar. *Ciência & Tecnologia*, v. 5, 2013.

DOS SANTOS A. F. R., Baumgart, L. N., Woiciokoski M., Tabarelli Jr. O., Jatzak S., Nicoletti V. Utilização de resíduos da construção civil em tijolos ecológicos. Trabalho Interdisciplinar, Administração da Produção II. Associação do Vale do Itajaí Mirim, 2009.

GRANDE, F. M. Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Carlos – SP. 2003.

HORPBILSUK, S.; MIURA N.; NAGARAJ, T. S. Assessment of strength development in cement-admixed high water content clays with Abram's law as a basis. *Geotechnique Journal*, Bangalore, v. 53, n. 4, p. 439–444, 2003.

INGLES, O. G. & METCALF, J.B. (1972). *Soil stabilization: principles and practice*. Butterworths, Sydney – Melbourne – Brisbane.

JOHN, V. M.; A Construção, o Meio Ambiente e a Reciclagem. [S1], 2004. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/a_construcao_e.htm>. Acesso em: 06/05/2012. Site não está mais disponível.

KARSTEN, K. M.; HAN, L. H.; FERNANDES, S. Produção de Tijolo Ecológico de pavimentação com inserção do resíduo de vidro pulverizado. Rio de Janeiro: XVII Seminário Interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão, 2012.

LIMA, F. X. R. F. Blocos de terra compactada de solo-cimento com resíduo de argamassa de assentamento e revestimento: caracterização para uso em edificações. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. 2013.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais*, São Paulo, Ed. PINI, 1994.

MEHTA, P. Kumar.; MONTEIRO, Paulo. J. M. *Concreto. Microestrutura, propriedades e materiais*. 2 ed. São Paulo: IBRACON, 2014. 751 p.


MOTA, J. D. *et al.* **Utilização do resíduo proveniente do desdobramento de rochas ornamentais na confecção de tijolos ecológicos de solo-cimento.** 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólido, 2010.

MOTTA, C. J.; MORAIS, W. P.; ROCHA, N. G. Tijolo de Solo Cimento: Análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. Belo Horizonte: Exata, 2014. 13-26 p.

NASCIMENTO, A.A.P. (1994). Um estudo sobre fissuras em alvenarias: solo-cimento. São Paulo, SP. Editora Pini, Revista *Thécne*, n.o 10, maio/junho, p.23-27.

NBR 10834: Bloco de solo-cimento sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2012. 5p.

NEVES, C. M. M. (1989). *Tijolos de solo-cimento*. In: DEZ ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA HABITAÇÃO. Brasília. Anais. MINTER / PNUD. p. 141- 166.



NEVES, C.; MILANI, A. P. Bloco de terra comprimida - BTC. In: NEVES, C.; FARIA, O. B. (Org.). Técnicas de construção com terra. Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011. p. 12-15. Disponível em: <http://www.redproterra.org>. Acesso em: 05 dez 2019.

NEVILLE, A. M. Tecnologia do concreto. Trad. de Ruy Alberto Cremonini, 2.ed. Porto Alegre, Bookman, 2013.

PAIVA, A. P.; RIBEIRO, S. M. A reciclagem na Construção Civil: como economia de custos. São Paulo: FEA-RP/USP, 2011.

PINTO, C.S (2006) Curso Básico de Mecânica dos Solos 3ª edição.

PISANI, J. M. Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo cimento. São Paulo: Sinergia, 2005. 53-59 p.

PISSATO, E.; SOARES, L. Utilização de finos de pedreira em misturas de solo-cimento: correção granulométrica de um solo argiloso. Exacta, São Paulo, v.4, n.1, p. 143-148. jan/jun. 2006.

SANTOS, A. F. R. D.; BAUMGART, L. N.; WOICIOKOSKI, M.; JUNIOR, O. T.; JATZAK, S.; NICOLETTI, V.; Utilização de resíduos da construção civil em tijolos ecológicos. Santa Catarina: Associação do Vale do Itajaí Mirim, 2009. 20p.

SANTOS, A. L. Diagnóstico ambiental da gestão e destinação dos resíduos de construção e demolição (RCC): análise das construtoras associadas ao Sinduscon/RN e empresas coletoras atuantes no município de Parnamirim - RN. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SANTOS, K., OLIVEIRA, K. G., MARQUES, S. K. Avaliação das propriedades mecânicas dos tijolos ecológicos formulados com resíduos cerâmicos. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

SEGANTINI, A. A. S.; ALCANTARA, M. A. M. Solo-cimento e solo-cal. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE CONCRETO - IBRACON (Org.). Materiais de construção civil e princípios básicos de ciência e engenharia de materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. v. 2, p. 863-891.

SILVA, E.T. (1992). Solo-cimento e solo-vinhaça no revestimento de canais de irrigação para transporte de vinhaça: adequação física e parâmetros hidráulicos. Campinas, SP. Dissertação de Mestrado, FEAGRI, UNICAMP, 108p.

SILVEIRA, A. (1966). Estabilização de solos com cimento. São Carlos, SP. EESC-USP, Notas de Aula, 45p.

TEODORO, Sabrina Bastos. Avaliação do uso da areia de britagem na composição do concreto estrutural. 2013. 65f. Trabalho de Conclusão (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

VILLIBOR, D.F; NOGAMI, J. (2009). Pavimentos econômicos – tecnologia do uso dos solos finos lateríticos. São Paulo: Editora Arte & Ciência.

CAPÍTULO 6

ANÁLISE DAS INVESTIGAÇÕES DOS ACIDENTES OCORRIDOS EM EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL PESADA NO ANO DE 2017

Maria Luiza de Vargas Castilho, Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Isabelle Rocha Arão, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro
Universitário Araguaia

João Pedro Magalhães, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro
Universitário Araguaia

RESUMO


A conscientização no ambiente de trabalho sobre os possíveis acidentes que podem acontecer deve ser desenvolvida por parte das empresas, sindicatos e principalmente, formulada pelo profissional de segurança do trabalho. O objetivo geral da presente pesquisa foi analisar as investigações dos acidentes ocorridos em empresa de construção civil pesada no ano de 2017, com base em dados oficiais, através de informações contidas na Comunicação de Acidente de trabalho - CAT. Utilizou-se como metodologia a pesquisa de campo e documental. Após levantamento dos dados tem-se que a espécie mais comum de acidentes no referido ano de 2017 foi o típico, as lesões de maior incidência foram as fraturas e a causa raiz de tais acidentes foi a falha humana, ou seja, a falta de conscientização foi o fator gerador dos acidentes de trabalho ocorridos no período analisado. Diante desta constatação, tem-se que medidas preventivas como a conscientização dos funcionários no que tange ao uso correto de Equipamentos de Proteção Individual - EPI e o esclarecimento quanto aos riscos presentes nas atividades são cruciais na minimização dos acidentes de trabalho.

Palavras-chave: investigação de acidentes; segurança do trabalho; construção civil pesada.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a preocupação com a Segurança do Trabalho ganhou ênfase a partir de 1970, quando o país passou a ser recordista mundial em número de acidentes, decorrentes das más condições do trabalho e da ausência de uma política preventiva eficiente. A partir daí, trabalhadores, empresários e governo passaram a reunir esforços para reverter tal quadro adverso (JUNIOR, 2008).

A Indústria da Construção Civil possui grande destaque entre os diversos ramos da cadeia produtiva nacional. Pertence ao grupo dos setores que mais empregam no país, sendo de relevante importância para a economia. Por outro lado, é um dos principais responsáveis pela geração de prejuízos ao Brasil, devido aos Acidentes de Trabalho (AT) gerados, segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Ministério da Previdência e Assistência Social (JUNIOR, 2008).



De acordo com Pacheco (2000), a política de segurança e saúde ocupacional deve estar presente nas organizações e empresas de construção civil. A responsabilidade por esta deve ser distribuída em todos os níveis e incorporada a toda sua hierarquia.

Algumas dificuldades são encontradas pelo profissional de segurança na antecipação e controle das situações de risco, gerando assim o acidente.

No Brasil milhões de trabalhadores sofrem acidentes ou adoecem anualmente em decorrência do seu trabalho. Os casos apurados pelo Instituto Nacional de Seguridade Social - INSS têm totalizado mais de 700 mil infortúnios a cada ano. Como já mencionado, a construção civil é um dos ramos em que há mais incidência de acidentes de trabalho. Tal fato se deve à natureza da atividade (MPT, 2019; MORAES, 2017).

Uma vez ocorrido o acidente, é crucial que haja a investigação do mesmo para que novas situações semelhantes não reincidam e para que a causa raiz venha à tona.

Investigação de acidentes é o ato de coletar dados sobre a ocorrência a fim de chegar à conclusão do que levou ao acidente. De acordo com o item 4.12, letra “h” da NR-4(BRASIL, 2016) o Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) deve:


“analisar e registrar em documento(s) específico(s), todos os acidentes ocorridos na empresa ou estabelecimento, com ou sem vítima, e todos os casos de doença ocupacional, descrevendo a história e as características do acidente e/ou da doença ocupacional, os fatores ambientais, as características do agente e as condições do(s) indivíduo(s) portador(es) de doença ocupacional ou acidentado(s);”

O objetivo geral da presente pesquisa é analisar as investigações dos acidentes ocorridos em empresa de construção civil pesada no ano de 2017, com base em dados oficiais, através de dados contidos na CAT. Apresentam-se como

Objetivos específicos: identificar os tipos de acidentes; descrever as características das lesões; levantar as causas imediatas e básicas e definir a causa raiz.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma empresa de construção civil pesada, situada no Município de Aparecida de Goiânia-GO. Esta empresa realiza serviços de construção civil pesada a referida organização executa obras que incluem: terraplenagem, pavimentação asfáltica, pontes, viadutos, Estações de Tratamento de Água (ETA) dentre outras. Trata-se de um estudo de caso, cuja abordagem é de caráter quantitativo e qualitativo, envolvendo a



análise de documentos técnicos de referência sobre as investigações de acidentes ocorridos no ano de 2017 de forma descritiva e gráfica.

Quanto aos objetivos, o presente estudo é classificado como descritivo (SEVERINO 2000, p. 43), relata que a pesquisa descritiva pode assumir diversas formas, dentre elas estudos descritivos, pesquisas de opinião, de motivação e estudos de casos.

Em relação à natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, que gera conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos (DEL BIANCO, 2016).

Em se tratando dos procedimentos, realizou-se uma pesquisa documental, por ter sido analisada a base de dados do SESMT (Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho) no que se refere às investigações dos acidentes ocorridos durante o ano de 2017. Também classifica-se como pesquisa de campo, que trabalha sobre dados ou fatos colhidos da própria realidade. Além de bibliográfica, por ser sido realizado um levantamento na literatura sobre o tema, cujas fontes foram: relatórios de pesquisas, monografias, dissertações, e artigos científicos.

ÁREA DE ESTUDO

Tratando-se de uma empresa do ramo da construção civil pesada, cuja Classificação Nacional de Atividade Econômica (CNAE) é de número 4112-00. Enquadrada no grau máximo de risco (04). A referida organização executa obras que incluem: terraplenagem, pavimentação asfáltica, pontes, viadutos, Estações de Tratamento de Água (ETA) dentre outras.

Sua matriz está localizada na cidade de Aparecida de Goiânia-GO, local este onde se instala a coordenação do Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT). Este departamento é o responsável pelo registro e investigação dos acidentes que ocorrem em todas as obras em execução.

COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A princípio, foi solicitada autorização da coordenadora do SESMT para análise dos formulários de investigações de acidentes ocorridos no ano de 2017. Após autorização, estes formulários preenchidos correspondentes aos acidentes ocorridos no ano de 2017 foram disponibilizados para análise.

A partir dos formulários de investigações de acidentes, foi feita a escolha por alguns Í itens julgados pela pesquisadora como de maior importância para a análise.

Selecionados estes ítems, os dados foram inseridos em planilha de Excel, representados em gráficos e descritos qualitativamente.

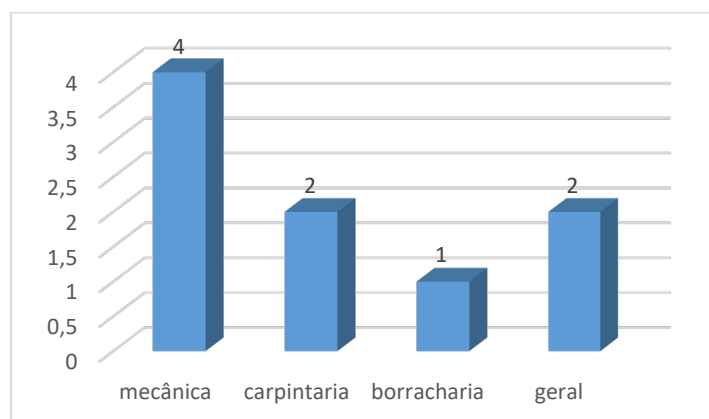
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do ano de 2017 foram registradas 09 ocorrências de acidentes do trabalho que geraram a mesma quantidade de investigações relacionadas atais acidentes. Do total de acidentes, 06 ocorreram em obras nos estados de Goiás e Pernambuco e 03 na matriz localizada no município de Aparecida de Goiânia – GO.

Diante das informações coletadas verifica-se um considerável índice de acidentes de trabalho relacionados à falha humana.

Na figura 1 o setor onde ocorreu mais acidentes foi no de mecânica.

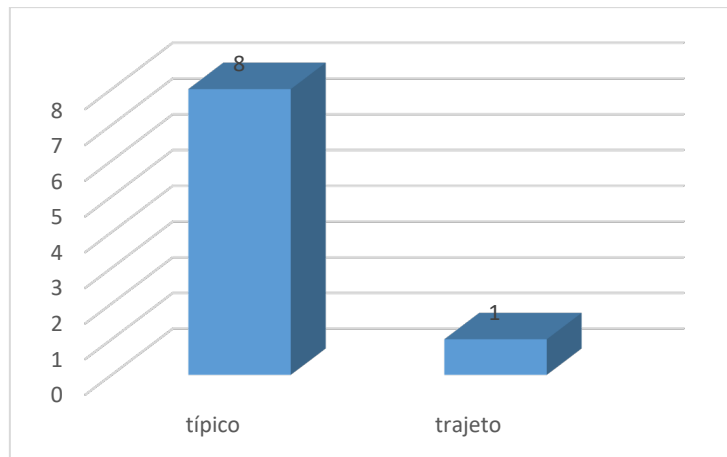
Figura 1: Setor onde ocorreu o acidente



Fonte: Autora, 2019

Quanto à espécie dos acidentes, dentre os números investigados, 08 foram típicos e apenas 01 acidente foi de trajeto. Este dado é demonstrado na figura 2. Para Ortiz e Birolli (2009), acidente típico é aquele que ocorre no local e durante o trabalho, considerando como um acontecimento súbito, violento e ocasional provocando no trabalhador uma incapacidade para a prestação de serviço. Exemplos: batidas, quedas, queimaduras, choque elétrico, etc. Já o acidente de trajeto é o acidente sofrido pelo empregado no percurso da residência para o local de trabalho ou vice-versa, qualquer que seja o meio de locomoção, inclusive veículo de propriedade do empregado.

Figura 2: Espécie do acidente

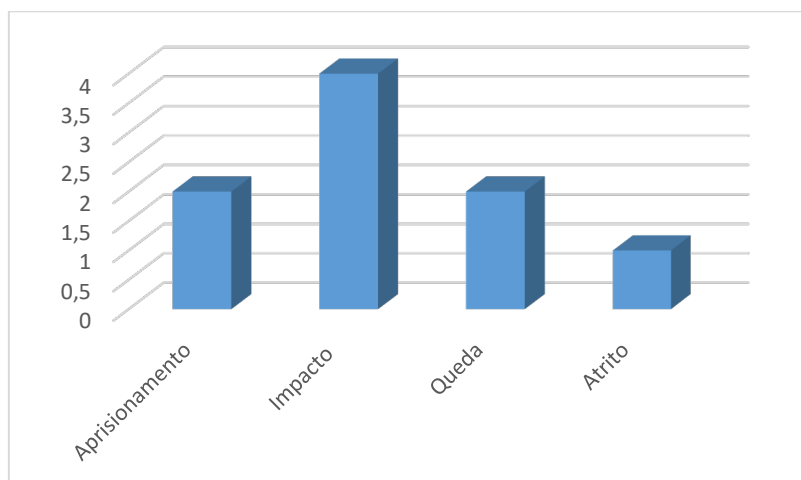


Fonte: Autora, 2019

Em se tratando do tipo de acidente, o impacto (tanto sofrido quanto contra) ocasionou o maior índice dentre os colaboradores da referida empresa, como mencionado na figura 3. Seguido por queda e aprisionamento. O menor índice encontrado foi o atrito.

A predominância dos impactos “sofrido” e “contra” seguidos pela queda também é relatada no estudo de Costella, Cremonini e Guimarães (1999).

Figura 3: Tipo de acidente



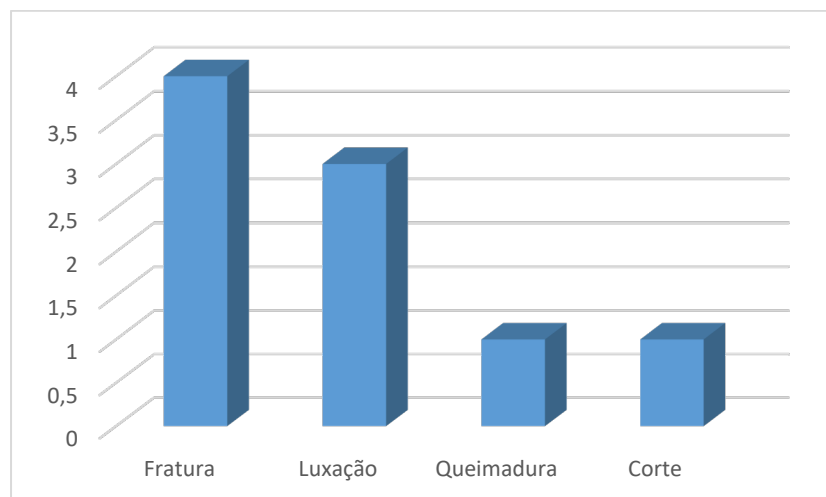
Fonte: Autora, 2019

Araújo (2004) define risco como sendo a possibilidade de ocorrer um acidente por diversos fatores. SEBRAE (2011) aponta que estes fatores podem ser classificados como ambientais, ergonômicos e de acidentes. Os fatores ambientais decorrem de agentes físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes ou mecânicos.

Todos estes geradores de acidentes, uma vez ocorrida a lesão, inúmeras consequências podem deles decorrerem. No presente estudo, a natureza das lesões predominante foi a

fratura, seguida da luxação, queimadura e corte, respectivamente, conforme revela a figura 4. Este dado corrobora com o estudo de Velloso, Santos e Anjo (1997) cujo resultado predominante dos acidentes foi a fratura.

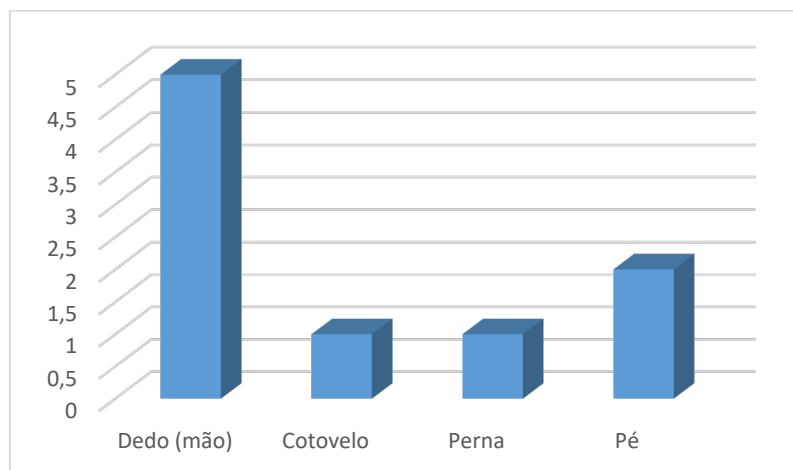
Figura 4: Natureza da lesão



Fonte: Autora, 2019

Estas consequências acometem diversos segmentos corpóreos dos acidentados. A presente pesquisa revela que a parte do corpo mais atingida no período analisado foram os dedos das mãos, como mostrado na figura 5. Seguido pelo pé, perna e cotovelo.

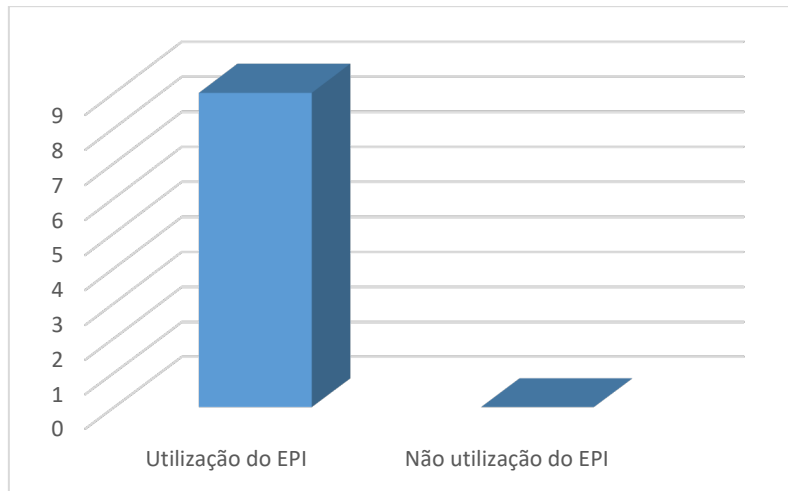
Figura 5: Localização da lesão



Fonte: Autora, 2019

A figura 6 mostra que todos os 09 colaboradores faziam uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI's). De acordo com a Norma Regulamentadora nº 6 – NR 6, considera-se EPI todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho (BRASIL, 2017).

Figura 6: Uso de EPI



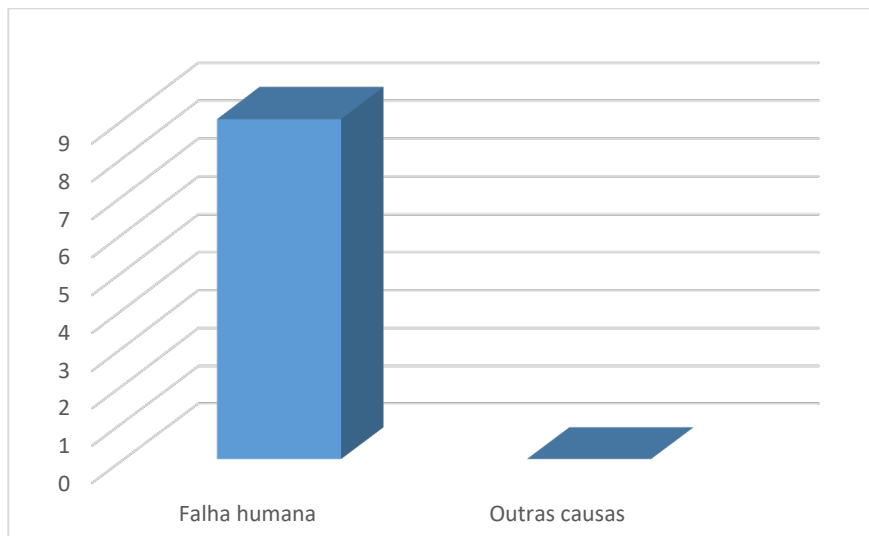
Fonte: Autora, 2019

As causas raízes definidas nas investigações apontaram (a figura 7) que os acidentes ocorrem devido a falhas dos colaboradores. Estas falhas contemplam inúmeras situações, dentre elas: falta de treinamento próprio, desatenção, descuido, comportamento inadequado, instruções inadequadas, entre outros que representam na maioria das vezes falta de gerenciamento.

Para Chiavenato (2010), a causa de todo acidente de trabalho está vinculada a dois fatores fundamentais: as condições inseguras e os atos inseguros. As condições inseguras são circunstâncias físicas ou mecânicas efetivas nas máquinas, nos locais, nos equipamentos ou nas instalações elétricas e consistem nas principais motivações dos acidentes do trabalho. Em se tratando dos atos inseguros, algumas ações podem nela ser enquadradas: o uso de equipamentos de forma errada ou roupas inadequadas; o manuseio de máquinas sem permissão ou sem habilitação; a tentativa de ganhar tempo e improvisar na utilização de ferramentas inadequadas à tarefa dentre outros.

Para Iida (2005), uma forma mais correta de considerar os erros humanos não é pelas suas consequências prejudiciais, mas pelo acompanhamento das variações do comportamento humano. De acordo com Abrantes (2004, p.155), os acidentes geralmente resultam em interações inadequadas entre o homem, a tarefa e o seu ambiente.

Figura 7: Causa raiz dos acidentes



Fonte: Autora, 2019

Baseado nos dados coletados obtive a ausência de acidentes graves, porém mesmo estes com gravidade menor deve ser de tamanha importância para que também tenha a aplicação de trabalhos de prevenção de risco, como treinamentos e capacitação se fazem necessários, objetivando reduzir o índice dessas ocorrências.

CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve seu objetivo alcançado pela investigação realizada quanto aos fatores geradores dos acidentes de trabalho e demais aspectos envolvidos.

A Segurança do Trabalho é uma área em desenvolvimento na construção civil. Sua conscientização para com os trabalhadores deve ser diariamente renovada, verificada e cobrada constantemente.

A responsabilidade pelo sucesso da segurança na construção civil depende de cada pessoa dentro da empresa, desde os colaboradores até a diretoria da empresa.

Ressalta-se que investigar os acidentes permite a minimização de futuras ocorrências com características similares e a consequente melhoria da relação homem-trabalho.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Cadastro de acidente do trabalho: procedimento e classificação**. NBR 14280/2001. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Sistemas de gestão da qualidade - requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABRANTES, A. F. **Atualidades em Ergonomia** – Logística Movimentação de Materiais, Engenharia Industrial, Escritórios. São Paulo: IMAM, 2004.

ARAÚJO, G. M. **Elementos do Sistema de Gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde Ocupacional** – SMS. 1 ed. V. 1. Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde Editora, 2004.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. **NR- 4. Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho- SESMT**. Portaria MTPS nº 510, de 29 de abril de 2016.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. **NR – 6. Equipamento de Proteção Individual. EPI**. Portaria MTb nº 870, de 06 de julho de 2017.

BRASIL. Ministério Público do Trabalho. **Saúde e segurança do trabalho na construção civil brasileira**. Aracaju: J. Andrade, 2015.

BRASIL. **Portaria Ministerial nº 3049**, 1988.

CAMARGO, L. A. G. **Construção pesada: como atingir a excelência na gestão**. Mega Sistemas Corporativos. São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.mega.com.br/blog/construcao-pesada-como-atingir-a-excelencia-na-gestao-6934/>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações**. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

COCHARERO, R. **Ferramentas para Gestão de Segurança e Saúde do Trabalho no Canteiro de Obras**. São Paulo: EPUSP, 2007. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/personal_files/francisco_cardoso/Monografia%20-%20Renato%20Cocharero%20_TGP%20-%202007_%20Final.pdf>. Acesso em 15 fev. 2019.

COSTELLA, M. F. CREMONINI, R. A.; GUIMARÃES, L. B. **Análise dos acidentes do trabalho e doenças profissionais ocorridos na atividade de construção civil no Rio Grande do Sul em 1996 e 1997**. Porto Alegre: UFRS, 1999. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/118554/000237598.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 29 fev. 2019.

DIEESE, Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **Estudo Sensorial da Construção**. São Paulo, 2011.

FIESP-CIESP. **Legislação de segurança e medicina do trabalho**. Manual Prático. Editora Vozes, 6ªEd. São Paulo, 2003.

http://www.anamt.org.br/site/upload_arquivos/arquivos_diversos_151201611927055475.pdf. Acesso em: 15 mai. 2019.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

INSS. Instituto Nacional de Seguridade Social. **Anuário Estatístico da Previdência Social: AEPS 2008**. v.17., 1-868p. Disponível em: Acesso em: 17 mai. 2011.

JUNIOR, A. C. C. L. **Segurança do Trabalho: Perfil das Empresas de Médio Porte da Construção Civil de Feira de Santana, 2008.** Universidade Estadual de Feira de Santana. Departamento de Tecnologia. Engenharia Civil, 2008.

MORAES, L. D. **Análise da aplicabilidade das Normas Regulamentadoras em obras de pequeno porte da construção civil.** UNIJUÍ. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Monografia do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia e Segurança do Trabalho, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Ijuí, 2017.

MPT. Ministério Público do Trabalho. Disponível em:

ORTIZ, E; BIROLI, S. L. **O acidente do trabalho e as responsabilidades do empregador.** Revista Interfaces: ensino, pesquisa e extensão. Suzano, SP. 2009.

PACHECO, J. W. **Gestão da Segurança e Higiene do Trabalho:** Contexto Estratégico, Análise Ambiental e Avaliação das Estratégias. São Paulo: Atlas, 2000.

PALMISANO, A. et al. **Gestão da qualidade:** tópicos avançados. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

PATRICIO, R. P. **Adequação do FMEA para gerenciamento de riscos em obra de infraestrutura, após a aplicação da análise preliminar de risco na execução de muro de Gabião.** 2013. 66f. Monografia (Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

SANTOS, A. **PBQP-H faz construção civil entender diferença entre investimento e custo.** Massa Cinzenta, 2011. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/pbqp-h-faz-construcao-civil-entender-diferenca-entre-investimento-e-custo/>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

SEBRAE – **Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.** Cartilha de Segurança e Saúde do Trabalho na Construção Civil/ES – NR 18. 2011. Disponível em: <www.eps.ufsc.br/disserta/eliete/capit_2/capit_2.htm>. Acesso em: 04 jun 2019.


SEBRAE. **Gestão de processo produtivo** - Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). 2017. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/bis/programa-brasileiro-da-qualidade-e-produtividade-do-habitat-pbqp-h,8d8ebc15a4adb510VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: 14 abr. 2019.

SESI. **Manual de Segurança e Saúde no Trabalho:** Indústria da Construção Civil – Edificações, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.sesisp.org.br/home/2006/saude/images/Download_Manual_SST_Construcao_Civil.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2019.

SETTON. ISO 45001:2018 (antiga OHSAS 18001:2007) – **Saúde e segurança ocupacional.** 2018. Disponível em: <<http://setton.com.br/iso-4500120018-antiga-ohsas-180012007-saude-e-seguranca-ocupacional/>>. Acesso em 09 mar. 2019.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico.** 21ª ed. São Paulo:Cortez, 2000.

SLAVUTZKI, L. C. **Metodologia para avaliação e classificação de causas de acidentes do trabalho.** Porto Alegre, 2010. Disponível em: <



http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/335_dissertacao%20luis%20carlos%20slavutzki.pdf>. Acesso em 25 maio 2019.

TAKAHASHI, M. A. B. C; et al. **Precarização do Trabalho e Risco de Acidentes na construção civil**: um estudo com base na Análise Coletiva do Trabalho (ACT), Saúde Soc. São Paulo, v.21, 2012.

TEMPLUM. **ISO 45001**. 2018. Disponível em: <<https://templum.pt/iso-45001/>>. Acesso em: 05 mai. 2019.

VELLOSO, M. P.; SANTOS, E. M. dos; ANJO, L. A. dos. **Processo de trabalho e acidentes de trabalho em coletores de lixo domiciliar na cidade do Rio de Janeiro, Brasil**. Cad. Saúde Públ., Rio de Janeiro, 13(4):693-700, out-dez, 1997.

VERDE GHAIA. **O que muda na vida das empresas após a certificação ISO 9001?** Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <<https://www.verdeghaia.com.br/blog/certificacao-em-qualidade-beneficios/>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

CAPÍTULO 7

A GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS SOB A ÓTICA DE PROFISSIONAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Daniel Luis Lima Pereira, Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Maria Cecília dos Santos Vieira, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

Laynara Xavier Barroso, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

Fábio Henrique Casarini Gerônimo, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia


RESUMO

O setor da construção civil tem impacto importante nos aspectos econômicos da sociedade e também no ambiente natural e construído. Um dos grandes desafios é a ausência de compatibilização da atividade produtiva com a manutenção dos recursos naturais. Este trabalho possui o objetivo de analisar a gestão ambiental de resíduos sob a ótica de profissionais que atuam na construção civil e apresentar o gerenciamento como alternativa nesse contexto. A pesquisa envolveu a participação de sete engenheiros que atuam e/ou atuaram em Goiânia e região metropolitana no Estado de Goiás, Brasil. A coleta de dados ocorreu por meio de um questionário e as respostas organizadas em gráficos e discutidas com amparo no referencial teórico. Os resultados evidenciaram que a maioria das empresas analisadas por meio das respostas dos participantes, possuem um Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, mas em contrapartida foi ressaltado que ainda ocorre a disposição inadequada de resíduos, podendo implicar em impactos ambientais. A ausência da implementação efetiva gestão de resíduos pode ser associada ao aumento do percentual de gastos com a limpeza da obra que pode chegar a 40% do orçamento total, de acordo com os participantes. Apesar disso, foram indicadas iniciativas e métodos sustentáveis possibilitando a interpretação de que há uma preocupação com o meio ambiente. Conclui-se que por meio do gerenciamento podem ser evitadas perdas nas obras e a geração de resíduos de forma a não degradar os recursos naturais.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Gerenciamento; Resíduos.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil tem se destacado pela importância na economia e papel transformador que proporciona ao meio em que a sociedade vive e se desenvolve. Emprega 13,5% do total de mão de obra formal e contribui com 5,6% do Produto Interno Bruto (PIB), de acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (2017). Em contrapartida há uma necessidade de tratar questões ambientais de forma concomitante ao desenvolvimento do setor.



[...] a Construção Civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, e, por outro lado, comporta-se, ainda, como grande geradora de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou geração de resíduos (PINTO, 2005, p.6).

De acordo com Arruda (2015) a quantidade de resíduos da construção civil produzida no contexto brasileiro varia entre 41% e 70% da massa total de resíduos sólidos gerados nos municípios. Os dados apoiam as afirmações de que a quantidade de Resíduos Sólidos de Construção e Demolição (RSCD) ocupam grande parte do volume total de resíduos produzidos nos grandes centros urbanos. Apesar disso, são tímidos os esforços relacionados ao gerenciamento e disposição final seja por meio da reciclagem ou reutilização dos materiais.


A aprovação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei 12.305/10 marcou o início de uma forte articulação institucional em busca de soluções para os problemas inerentes a gestão de resíduos sólidos. Preza-se pela melhoria das condições do ambiente e saúde da população com a implantação de projetos de coleta, transporte, destinação e disposição final adequada dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010a).

Por outro lado o gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos ainda é um dos maiores problemas do país e passa a ter uma nova abordagem com a PNRS, principalmente considerando a adoção da exigência do planejamento integrado dos serviços públicos de gerenciamento de resíduos sólidos com a identificação dos problemas, a definição de soluções e as alternativas tecnológicas, e o estabelecimento de metas e prazos nos Planos de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos – PGIRS (ARRUDA, 2015, p.13).

O Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PGIRS) realça o desenvolvimento de ações relativas ao manejo de resíduos urbanos considerando as questões referentes a não geração, redução, reutilização, reciclagem e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (FUNASA, 2014). Dessa forma, aos poucos a preocupação com o ambiente tem se tornado uma pauta para a continuidade do progresso na indústria da construção e a gestão de resíduos é uma das principais conexões nesse processo.

Os principais fatores de impacto do gerenciamento de resíduos da construção no Brasil são: coletar os materiais embalados pelos fornecedores; compromisso do representante da contratada no local; nomeação de trabalhadores para o descarte de resíduos; projeto e construção utilizando materiais padronizados, minimizando assim o retrabalho na fase de construção (RODRIGUES, 2011).

O grande desafio do século XXI é, sem dúvida, conciliar o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental, ou seja, compatibilizar a atividade produtiva com a manutenção dos recursos naturais (SILVA, 2007). Nesse contexto que pesquisas relacionadas se fazem necessárias, uma vez que a sociedade tem se deparado cada vez mais com esse



desafio. Análises e discussões sobre a gestão ambiental dos resíduos sobressaem como alternativas com potencial de influenciar na diminuição de impactos causados ao ambiente.

Para Sánchez (2008) impacto ambiental é uma alteração da qualidade do ambiente que causa uma modificação nos processos naturais ou sociais devido às ações antrópicas realizadas. O conceito de impacto ambiental na literatura técnica pode ter várias definições, sendo que quase todas são concordantes em relação aos seus elementos básicos, ou seja, indicam uma mudança em um parâmetro ambiental, num determinado período e área, resultante de uma determinada atividade.

Segundo Zamarchi (2015) é preciso desenvolver a consciência de que os recursos naturais são fontes finitas e precisam ser mitigadas para o bem das gerações futuras. Ações eficazes e decisões acertadas sobre desenvolvimento e gestão ambiental são as chaves para que a intersecção entre presente e futuro ocorra de modo equilibrado. Diante disso, justifica-se o desenvolvimento da presente pesquisa no sentido de ressaltar a necessidade de mudanças comportamentais, seja na atuação de engenheiros ou empresas, haja vista que os impactos das atividades no ambiente podem culminar em consequências desastrosas.

Diante desse panorama, o presente trabalho possui o objetivo de analisar a gestão ambiental de resíduos sob a ótica de profissionais que atuam na construção civil. Explicitar também problemas ocasionados pelo descarte indevido destes resíduos ao meio ambiente e apresentar o gerenciamento de resíduos como alternativa economicamente eficiente e ambientalmente segura neste contexto.


MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A pesquisa de caráter exploratório e natureza quanti- qualitativa envolveu a participação de 7 engenheiros que atuam e/ou atuaram no contexto da construção civil em Goiânia e região metropolitana no Estado de Goiás, Brasil. O caráter exploratório foi adotado por promover subsídios para o problema, que neste caso envolve a análise da gestão ambiental de resíduos, com o intuito de construir hipóteses e discussões relacionadas (GIL, 2007).

Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada no mês de abril de 2019, sendo previamente autorizada mediante assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido entregue a todos os participantes, conforme Apêndice A. O instrumento de coleta de dados consistiu em um



questionário, composto por nove questões com o objetivo de obter informações para o desenvolvimento de uma análise da gestão ambiental de resíduos sob a ótica de profissionais da construção civil, conforme Apêndice B.

Análise de Dados

Os dados quantitativos, ou seja, referente às respostas das perguntas fechadas do questionário, foram organizados no programa *Software Excel* e tratados estatisticamente, sendo apresentados em gráficos. Em relação as respostas subjetivas, foram analisadas e discutidas de forma articulada aos dados quantitativos amparados no referencial teórico da presente pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento econômico no contexto da construção civil está diretamente relacionado ao meio ambiente. Isso requer discussões sobre a legislação, a gestão e atuação dos profissionais no sentido de estimular mudanças comportamentais e reflexões sobre alternativas como o gerenciamento de resíduos de forma economicamente eficiente e ambientalmente segura. Nesse sentido, uma das perguntas direcionadas aos participantes desta pesquisa buscou analisar o entendimento dos engenheiros sobre a presença e/ou ausência de legislação específica para resíduos sólidos no município de Goiânia - Goiás, Brasil.

Em relação as respostas, 100% ou seja, todos responderam de forma positiva sobre a presença da legislação municipal relacionada aos resíduos sólidos da construção civil. A Resolução nº 307 exige a elaboração de um Plano de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil (PG/RCC), tanto por parte do município como por parte das empresas geradoras. O plano estabelece diretrizes sobre a segregação, o acondicionamento, o transporte e a destinação final dos resíduos da construção civil (BRASIL, 2002).

Outra pergunta buscou informações sobre a empresa a qual os participantes estiveram e/ou estão vinculados em relação a existência do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) oriundos da construção civil. A análise das respostas permite a afirmar que a maioria das empresas possui o referido programa, conforme apresenta o gráfico da Figura 1.

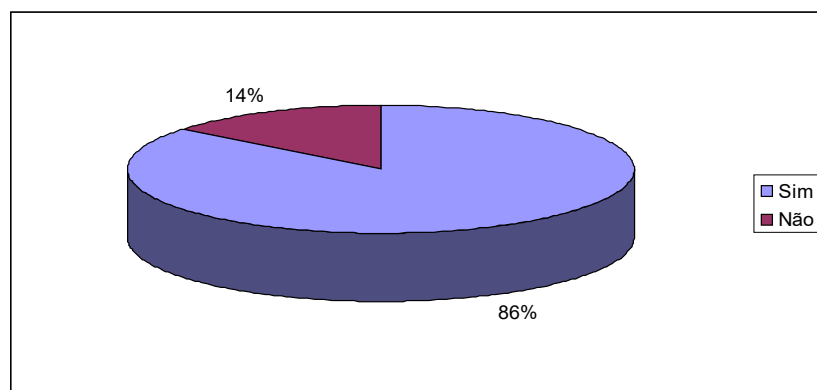


Figura 1. PGRS em empresas
Fonte: Questionário (2019)

De acordo com o Sindicato da Construção de São Paulo (SINDUSCON-SP, 2005, p. 2), no Brasil “[...] cerca de 75% dos resíduos gerados pela construção civil nos municípios são oriundos de eventos informais, ou seja, obras de construção, reformas e demolições geralmente realizadas pelos proprietários dos imóveis”. O dado apresentado pelo sindicato permite a análise de que a sociedade como um todo necessita de informações a respeito da destinação adequada dos resíduos, bem como o monitoramento e regulação destas atividades pelos órgãos responsáveis.

Para melhor compreender o panorama em estudo, os participantes foram questionados se as empresas possuem e/ou possuíam iniciativas relacionadas ao meio ambiente, e a maioria respondeu que sim, conforme o gráfico da Figura 2. Sobre as iniciativas destacaram-se: alteração de projetos visando a redução do consumo de recursos na fase de utilização, aproveitamento da iluminação e ventilação natural para a redução no consumo de energia elétrica principalmente em edifícios comerciais e substituição das escoras de madeira por metálicas visando minimizar o processo de extração.

Além disso, foi mencionada a segregação de resíduos de plástico, papel e metal com encaminhamento para a reciclagem, utilização de agregados reciclados em substituição aos convencionais, planejamento da aquisição, sistema de transporte e armazenamento dos materiais evitando desperdícios ou perda das propriedades, bem como a compatibilização de projetos e paginação de alvenaria, evitando a quebra de blocos.

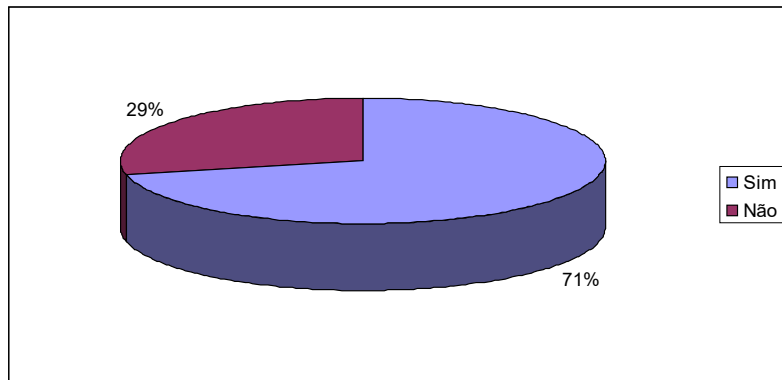


Figura 2. Existência de iniciativas relacionadas ao ambiente
 Fonte: Questionário (2019)

Apesar da pequena parcela de empresas analisadas indiretamente, ou seja, através das respostas dos engenheiros, torna-se possível considerar que aos poucos a preocupação com o ambiente tem sido crescente no contexto da construção civil. A preocupação pode ser relacionada tanto às exigências impostas pela legislação quanto pelo principal motivo, que envolve a preservação dos recursos naturais.

Assim sobressai o princípio de sustentabilidade como “[...] algo que é planejado com base na utilização de recursos e na implantação de atividades industriais, de forma a não esgotar ou degradar os recursos naturais” (MINGRONE, 2016, p. 17), sendo que uma das alternativas é a gestão de resíduos. Diante disso, buscou-se adquirir informações sobre a existência de métodos específicos e internos para o tratamento de resíduos gerados pelas empresas, sendo que as respostas foram organizadas no gráfico da Figura 3.

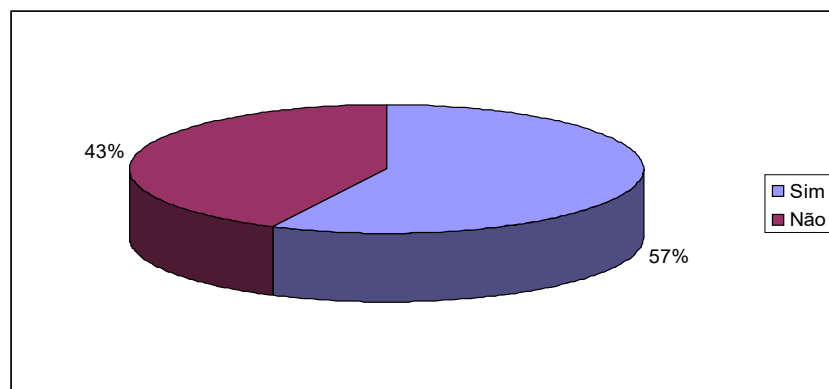


Figura 3. Métodos específicos/internos para o tratamento de resíduos
 Fonte: Questionário (2019)



Os participantes citaram os seguintes métodos: o aprimoramento do *layout* dos canteiros, manutenção da limpeza, melhoramento na programação dos serviços e maior precisão no sistema de informações a partir de uma gestão eficiente. Os dados permitem avaliar também que apesar da maioria indicar a presença de métodos específicos e internos para tratamento na empresa, uma parcela significativa, ou seja, 43% das empresas não possui.

A Prefeitura de Goiânia (2010) menciona que o percentual dos resíduos da construção civil em relação ao total de resíduos sólidos urbanos coletados está entre 40% e 70%, sendo que 50% dos RCC são dispostos inadequadamente. Ainda segundo a mesma fonte, a prefeitura de Goiânia realiza a remoção dos RCC dispostos de maneira incorreta por motivos de preservação da saúde pública e, mensalmente, são coletadas desses depósitos irregulares aproximadamente 45 mil toneladas.

Os geradores dos resíduos da construção civil são responsáveis pela coleta, transporte e disposição final dos mesmos. Entretanto, empresas especializadas nos serviços de coleta e transporte são contratadas, levando os RCC ao destino final. Segundo a Resolução CONAMA 307/2002, os transportadores “são as pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação” (BRASIL, 2002).

Segundo Pinto e González (2005, p. 8), os bota-fora são “[...] áreas, públicas ou privadas, de maiores dimensões utilizadas para atividades de aterro realizadas sem nenhum controle técnico”. Ainda segundo os autores, essas áreas surgem devido às empresas que realizam a coleta e transporte dos resíduos de obras de grande porte descarregarem material em locais inadequados e sem licenciamento ambiental. As áreas são quase sempre oferecidas por interesse dos proprietários em corrigir sua topografia e, por isso, se esgotam rapidamente.

Dentre as ações relacionadas à execução da obra, os participantes foram questionados quanto aos materiais que geralmente mais sofrem perdas, sendo que as respostas mais recorrentes foram: argamassas, madeiras, gesso, entre outros conforme o gráfico da Figura 4.

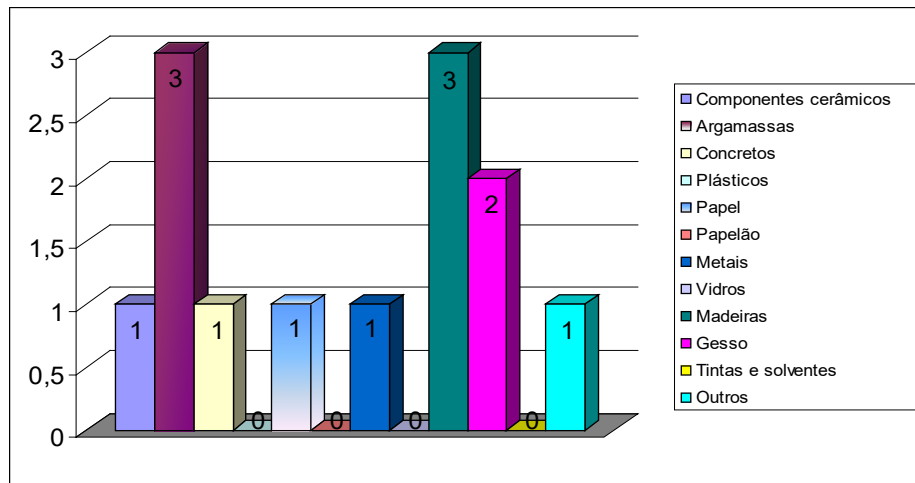


Figura 4: Materiais que mais sofrem perdas nas obras
Fonte: Questionário (2019)

Além disso, um dos questionamentos referiu-se à separação dos resíduos de acordo com o tipo, sendo que todos responderam que a ação é realizada. Segundo a resolução CONAMA nº 307, os resíduos da construção civil devem ser destinados de maneiras diferenciadas conforme suas classes, sendo A - cerâmicos, argamassas e concretos; B - plásticos, papéis, papelão, metais, vidros e madeira; C - gesso e outros e D - tintas, solventes e óleos (BRASIL, 2002).

Os resíduos de classe A devem ser encaminhados para áreas de reciclagem, triagem e transbordo ou aterros enquanto os de classe B podem ser comercializados com empresas, associações e cooperativas responsáveis pela reciclagem. Os de classe C e D exigem o envolvimento com os fornecedores para que haja co-responsabilidade na disposição dos mesmos (LIMA; LIMA, 2009, KARPINSK et al, 2009).

Os participantes da pesquisa indicaram que os componentes de classe A, C e D geralmente são direcionados a empresas terceirizadas, aterro sanitário, ou depositados em locais impróprios. O diferencial dos que são de classe B é que além dos destinos mencionados, são doados e/ou vendidos. Analisando a situação é possível reconhecer que depositar em locais impróprios e o não envolvimento com fornecedores no caso dos resíduos de classe D pode implicar em impactos ao ambiente devido a forma de destinação. Além disso, demonstra também a necessidade da efetiva gestão ambiental de resíduos nas empresas.

Segundo a Resolução nº 307 do CONAMA o gerenciamento de resíduos é um sistema que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades,

práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos (BRASIL, 2002).

O acondicionamento inicial dos resíduos deve acontecer em locais próximos aos de geração dos RCC até atingir volumes que tornem viáveis o transporte para o depósito final, de onde sairão para reutilização, reciclagem ou destinação final. Os recipientes mais usados são: bombonas para depósito de pedaços de madeira e ferro, embalagens plásticas, aparas de tubulações e papéis; *bags* ou baias usados no armazenamento de isopor, serragem, embalagens de papelão e panos; caçambas estacionárias para acondicionar blocos cerâmicos e de concreto, placas de gesso, solo, telhas cerâmicas entre outros (LIMA; LIMA, 2009).

Considerando que as despesas com a limpeza das obras podem estar relacionadas ao gerenciamento de resíduos, os participantes foram questionados sobre o percentual aproximado em termos de gasto com esses serviços. As respostas foram organizadas e apresentadas no gráfico da Figura 5.

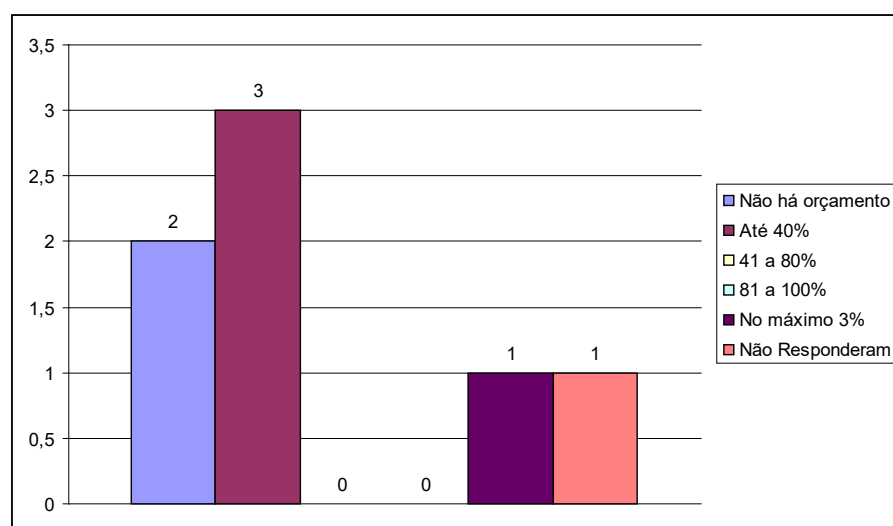


Figura 5. Percentual de gastos com a limpeza das obras
Fonte: Questionário (2019)

Os dados possibilitam a interpretação de que os gastos com a limpeza da obra, podem chegar a 40% na fala de três entrevistados, um índice relativamente alto tendo em vista o orçamento total. O índice poderia ser menor com a implementação efetiva da gestão de resíduos. Para tanto, a Instrução Normativa nº 18 da AMMA, dispõe sobre diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando ações de forma a minimizar impactos ambientais. Institui também diretrizes para o licenciamento ambiental de transportadores de RCC para locais de transbordo e destinação final (AMMA, 2005).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto brasileiro, o setor da construção civil ainda está nos estágios iniciais para a efetivação de uma linha de pensamento sustentável, o que faz com que iniciativas nessa perspectiva sejam consideradas por algumas empresas como custos adicionais. Por meio do estudo pode-se analisar que apesar da existência do PGRS na maioria das empresas analisadas por meio das respostas dos participantes, ainda ocorre a disposição inadequada dos resíduos sólidos da construção civil, que podem implicar em impactos ambientais.

Na região de Goiânia, os dados são alarmantes no que se refere aos resíduos da construção civil, correspondendo a uma parcela significativa dos resíduos totais do município, dispostos inadequadamente. Dessa forma é possível identificar a ausência de implementação e/ou uma efetiva gestão de resíduos, sendo que uma das consequências é o aumento do percentual de gastos com a limpeza da obra.

Apesar disso, foi indicada pelos participantes a presença de iniciativas e métodos sustentáveis, possibilitando a interpretação de que algumas empresas nesse contexto possui uma preocupação relacionada ao ambiente, seja devido a necessidade de preservação dos recursos naturais ou pelas exigências impostas pela legislação. As iniciativas indicadas partem desde ao aproveitamento da iluminação e ventilação natural para redução do consumo de energia elétrica e substituição de materiais ao encaminhamento de resíduos para a reciclagem.

Tendo em vista as responsabilidades dos geradores de resíduos da construção civil, como a coleta, transporte e disposição final, que deve ser incentivada a implementação efetiva de um PGRS nas empresas. Por meio do gerenciamento, pode-se evitar a ocorrência de perdas nas obras, diminuindo o consumo excessivo e geração de resíduos, de forma a não degradar os recursos naturais.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14001**: Resíduos sólidos: classificações. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

AMMA. **Instrução Normativa nº 009, de 26 de dezembro de 2005**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais e institui as Diretrizes Básicas para o licenciamento ambiental dos transportadores de resíduos sólidos oriundos da construção civil, para locais de transbordo e de destinação final destes resíduos no Município de Goiânia. Disponível em: <http://www.goiania.go.gov.br/html/gabinete_civil/sileg/Dados/legis/Instru%

ARRUDA, M. C.A **gestão de resíduos sólidos da construção civil no Distrito Federal**. 2015. 57p. Monografia (Bacharelado em Gestão Ambiental), Planaltina-DF, 2015. Disponível

em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/13769/1/2015_MatheusCostaArruda.pdf> Acesso em: 28 mai. 2019.

BIDONE, F. R. A. **Metodologia e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos**. Riode Janeiro: ABES (Associação de Engenharia Sanitária e Ambiental), 1999.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997**.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Conama Nº 307**, de 05 de julho de 2002. *Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil*.

BRASIL. **Constituição Federal (1988)**. Emenda *constitucional* nº 9, de 9 de novembro de 1995. Lex: legislação *federal* e marginalia, São Paulo, v. 59, p. 1966, out./dez.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986**. Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, p. 2548-2549.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Planos de Gestão de Resíduos Sólidos: Manual de Orientação**. Brasília: MMA, 2012.


CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. 2017. Construção é o setor com maior queda no PIB de 2017, mas dá sinais de recuperação. Disponível em: <<https://cbic.org.br/construcao-e-o-setor-com-maior-queda-no-pib-de-2017-mas-da-sinais-de-recuperacao/>> Acesso em: 28 out. 2018. E7%F5es%20Normativas%20AMMA/2005/in_20051226_000000009.html Acesso em: 28 mai. 2019.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Orientações Técnicas Para Elaboração de Propostas Para o Programa de Resíduos Sólidos**. - Brasília, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

KARPINSK, L. A; PANDOLFO, A; REINEHER, R; GUIMARÃES, J. C. B; PANDOLFO, L. M; KUREK, J. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. (2009). Disponível em: <<http://www.sinduscondf.org.br/portal/arquivos/GestaodeResiduosPUCRS.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2018.

LIMA, R; LIMA, R. Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. **Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura do Paraná (CREA-PR)**, 2009. load/arquivo/Manual_Residuos_Solidos.pdf. Acesso em: 28 out. 2018.



MINGRONE, R. C. C. **Sustentabilidade na construção civil:** análise comparativa dos conceitos empregados em obras segundo as Certificações Aqua-Hqe E Leed. Trabalho De Conclusão De Curso. Campo Mourão, 2016.

PINTO, T. P. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil:** A experiência do SindusCon-SP. 2005, 48p. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.cuiaba.mt.gov.br/up>

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Brasília: Caixa, 2005.

PREFEITURA DE GOIÂNIA. **Resíduos da Construção.** Disponível em: <https://www10.goiania.go.gov.br/DadosINTER/SISRS/Documents/PlanoGestaoResiduosSolidos.PDF>. Acesso em: 28 out. 2018.

RODRIGUES, G. R. **Tratamento dos resíduos sólidos da construção civil no município de Ibitaré - MG.** Dissertação Mestrado - Universidade Federal de Ouro Preto. Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental. 2011. 96f.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental:** conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495 p.

SANTOS, A. L. **Diagnóstico ambiental da gestão e destinação dos resíduos de construção e demolição (RCC).** Análise das construtoras associadas ao Sinduscon/RN e empresas coletoras atuantes no município de Parnamirim – RN. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte Natal, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/14923> Acesso em: 28 out. 2018.

SILVA, A. F. F. **Gerenciamento de resíduos da construção civil de acordo com a resolução Conama n. 307/02:** Estudo de Caso para um conjunto de obras de pequeno porte. Escola de Engenharia da UFMG, 2007. 117p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/249M.PDF>. Acesso em: 28 out. 2018.

SINDUSCON-SP. **Sindicato da Construção de São Paulo.** (2005). Disponível em: http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municípioverdeazul/2012/08/residuos_construcao_civil_sp.pdf Acesso em: 28 out. 2018.

VALLE, C. E. **Qualidade ambiental: ISO 14 000.** São Paulo: SENAC, 2002.

ZAMARCHI, M. G. **Gestão Ambiental de Resíduos na Construção Civil e Benefícios para o Meio Ambiente.** In: **XI Semana de Extensão, Pesquisa e Pós-Graduação – SEPesq Centro Universitário Ritter dos Reis** 19 a 23 de outubro de 2015.

CAPÍTULO 8

ESTRESSE E SÍNDROME DE *BURNOUT* EM PROFISSIONAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Tereza Cristina de O. Rocha, Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Maria Cecília dos Santos Vieira, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

Luciana Joyce Hamer, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

Isabelle Rocha Arão, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

Amanda Corrêa, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

RESUMO

O sofrimento mental é uma das principais causas de adoecimento dos trabalhadores. No contexto brasileiro uma das maiores fontes geradoras de trabalho é a construção civil que é responsável também por grande parcela dos registros de doenças ocupacionais. Esta pesquisa tem como objetivo identificar os níveis de estresse e *Burnout* em engenheiros civis e como estes se relacionam com os diversos perfis profissionais. Os dados foram obtidos pela aplicação de questionário digital, composto pelas dezesseis perguntas do *Maslach Burnout Inventory – General Survey* em conjunto com quatro questões para identificação do perfil profissional dos 112 participantes. Os resultados demonstraram que 33,93% dos indivíduos apresentam índices de *Burnout* e 4,46% nível alto da doença, demonstrando que esses profissionais estão expostos e respondem aos fatores estressores no ambiente laboral. A pesquisa demonstra que engenheiros civis em início de carreira e mulheres estão mais suscetíveis a desenvolverem a Síndrome de *Burnout*, isto ocorre devido as doenças relacionadas ao estresse laboral estarem associadas aos perfis desses profissionais e ambiente de trabalho no qual se inserem.

Palavras-chave: Engenharia civil; Estresse; Síndrome de Burnout

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil representa uma das maiores fontes geradoras de trabalho no Brasil, sendo responsável também por grande parte dos registros de doenças ocupacionais (NASCIMENTO, SALIM, 2018). Nesse contexto, a única legislação que aborda diretamente sobre a saúde mental do trabalhador é a Norma Regulamentadora NR 17, que tem como principal temática a ergonomia e o objetivo de garantir o conforto e segurança do trabalhador baseado em suas características psicofisiológicas (BRASIL, 2018).



Por outro lado, dados levantados por Silva (2019) acerca da Política Nacional de Saúde do Trabalhador evidenciam que o sofrimento mental é um dos principais fatores de adoecimento dos profissionais. Os trabalhadores da construção civil geralmente possuem jornadas árduas e convivem com a pressão para o cumprimento de prazos, além da remuneração que por vezes não condizem com o esperado. Com isso são criados ambientes insalubres e favoráveis ao desenvolvimento de doenças ocupacionais relacionadas à condição psicológica.

A pouca escolaridade, ausência de reconhecimento e a constância do desemprego também são agentes estressores aos quais os profissionais da construção civil estão diariamente expostos. Conforme descrito por Bittencourt (2011) o estresse é uma constante na vida desses indivíduos. Mas a falta de dados, estudos, normativas e leis relacionadas à saúde mental do trabalhador, contribuem para que a realidade sobre o número de ocorrência de doenças como, estresse e *Burnout*, fiquem mascaradas ou até mesmo pareçam inexistentes.


Silva (2018) descreve sobre as dificuldades, nos canteiros de obra, de implementação das condições de trabalho exigidas pelas normas de segurança do trabalho do nosso país, sendo um grande desafio garantir os direitos constitucionais do trabalhador. Menciona também que os empregadores descrevem as exigências das normas reguladoras como exagero. São muitos os estudos que tratam sobre os riscos físicos dos colaboradores da construção civil, porém no Brasil o mesmo não ocorre quando o foco é a saúde mental.

Amoras et al (2018) realizou um levantamento mundial das pesquisas a respeito da Síndrome de *Burnout* no setor da construção civil, evidenciando a existência da doença ocupacional e discussão sobre a mesma nesse setor. Entretanto, as manifestações das alterações da saúde mental dos trabalhadores são mais difíceis de serem detectadas, pois em sua maioria se desenvolvem silenciosamente e sem nenhuma manifestação física no indivíduo, sendo muitas das vezes não relatadas e ignoradas pelas empresas.

Reis (2018) apresenta informações sobre os principais sintomas na detecção precoce da síndrome de *Burnout*.

Os principais sinais e sintomas contemplam campos psicoemocional, físico e comportamental. O quadro evolutivo manifesta-se primeiramente em nível individual, como dores na coluna, costas e pescoço e desmotivação para o trabalho e esta fase seria análoga ao estresse; após esse período, os sinais e sintomas se expressam no ambiente de trabalho, influenciando as relações interpessoais e prejudicando a organização laboral. Por fim, apresentam doenças psicossomáticas, como uso indiscriminado de medicamentos, alcoolismo, depressão e tendência ao suicídio. (REIS, 2018).

É de grande importância que todos os tipos de doenças ocupacionais sejam identificadas pelas empresas e que os profissionais da área recebam o tratamento



adequado e apoio necessário para a recuperação. Considerando que a saúde mental do trabalhador deve ser garantida da mesma maneira que a saúde física, este estudo busca investigar os índices de estresse e Síndrome de Burnout em engenheiros civis e como estes se relacionam com os diversos perfis desses profissionais.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa possui o caráter quali-quantitativo e envolveu a participação de 112 engenheiros civis que atuam em vários estados brasileiros, sendo eles: Acre, Amazonas, Ceará, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Tocantins. A abrangência está relacionada à ausência de pesquisas sobre o tema envolvendo especificamente profissionais da construção civil, fator que justifica o estudo sobre estresse e Síndrome de *Burnout* neste contexto em diversas localidades do país.

Sobre os participantes da pesquisa, 31 são do sexo feminino e 81 do sexo masculino, com tempo de atuação profissional que varia entre 1 e 43 anos. De acordo com as áreas de atuação os profissionais foram divididos nos seguintes grupos: projetos, obras e outras.


COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio digital no mês de abril de 2020, através de um questionário elaborado na plataforma *Google Forms*, conforme anexo 1. O questionário consiste em vinte perguntas, das quais as quatro primeiras são de livre resposta e buscam informações sobre o perfil do profissional, gênero, segmento de atuação no contexto da construção civil, tempo que exerce a profissão e a região em que atua.

As dezesseis perguntas restantes são referentes ao questionário “*Maslach Burnout Inventory – General Survey*” (MBI-GS) adaptado a língua portuguesa por Tamayo, Tróccoli, (2009), sendo as mesmas respondidas de acordo com a escala Likert elaborada para cada dimensão estudada da Síndrome de *Burnout*.

ANÁLISE DOS DADOS

Os dados coletados foram lançados e organizados em planilhas de *Excel*, para análise e comparação dos diferentes perfis de profissionais que responderam ao questionário e as pontuações obtidas pelos mesmos de acordo com escala Likert de 6 pontos aplicada ao estudo. Junior (2014), explica sobre esta escala, modelo desenvolvido por Rensis Likert (1932) para medir ações relacionadas aos estudos do comportamento, avaliando o grau de



concordância do entrevistado com as afirmações das respostas, podendo a mesma ter pontuação variante de acordo com a necessidade da pesquisa.

Para as duas primeiras dimensões da Síndrome de Burnout (Exaustão Emocional e Cinismo Ou Despersonalização) a escala Likert variou de 0 a 5 de acordo com a frequência em que o entrevistado se identifica com a situação mencionada a cada pergunta, sendo 0 - nunca; 1 - algumas vezes ao ano ou menos; 2 - algumas vezes durante o mês; 3 - uma vez por semana; 4 - algumas vezes durante a semana e 5 - todo dia. Para a terceira dimensão “Eficácia ou Realização Reduzida no Trabalho” a escala Likert teve a pontuação invertida, sendo 5 - nunca; 4 - algumas vezes ao ano ou menos; 3 - algumas vezes durante o mês; 2 - uma vez por semana; 1 - algumas vezes durante a semana e 0 - todo dia.

A pontuação obtida por cada profissional nas dezesseis perguntas do (MBI-GS) adaptado por Tamayo, Tróccoli, (2009), podem variar de 0 a 80 neste estudo, com objetivo de definir os índices de *Burnout*. A partir da pontuação foi feita a adaptação da “Amplitude de Valores para mensuração dos níveis de *Burnout*” utilizada por Schuster (2014) e McLaurine (2008), em que as faixas de pontuação são classificadas em níveis (baixo, moderado e alto índice).

Ao utilizar a pontuação obtida pela escala Likert aplicada a esta pesquisa e dividindo a mesmas em três, foram obtidas as seguintes faixas de pontos: de 0 a 27 de menor pontuação indicando baixo índice de *Burnout*, de 28 a 54 pontos é a faixa mediana, indicando um nível moderado e de 55 a 80 pontos, faixa de maior pontuação, indicando alto índice de Síndrome de *Burnout*.

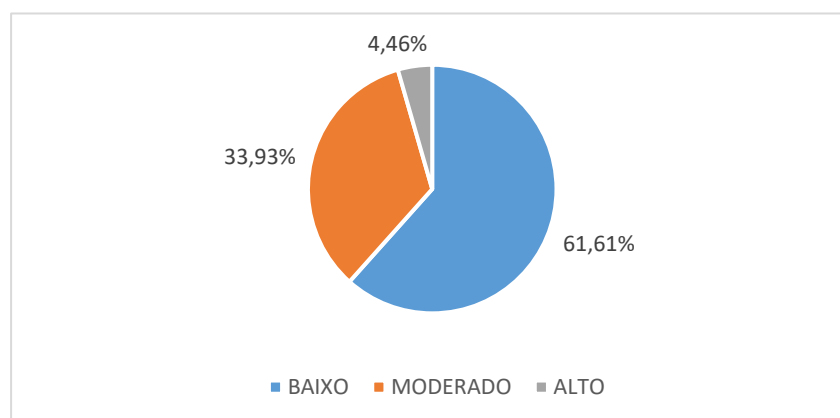
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estresse e a síndrome de *Burnout* em trabalhadores deveriam ser grandes preocupações dos empregadores no contexto brasileiro, inclusive na área relacionada à construção civil. Considerando a importância de buscar informações sobre o tema e principalmente sobre os acometidos por estas doenças, as perguntas iniciais do questionário buscaram reconhecer o perfil dos profissionais que atuam no contexto da construção civil, quanto ao sexo que é majoritariamente masculino (72,32%), sendo que 44,64% dos entrevistados atuam em obras, 30,36% trabalham com projetos e 25% em áreas diversas.

A maioria dos participantes afirmaram exercer a profissão no Estado de Goiás (54,46%), seguido de São Paulo (14,29%), Minas Gerais (8,93%) e Distrito Federal (6,25%). Sobre o tempo de atuação profissional, 30,36% dos participantes informaram possuir de 1 a 5 anos, 35,71% indicaram o período de 6 a 10 anos e 33,93% atuam a mais de 10 anos.

Classificando os entrevistados de acordo com as faixas de pontuação obtidas nas 16 perguntas do questionário, os engenheiros civis entrevistados apresentaram, em sua maioria, baixo índice de *Burnout*, como demonstrado no gráfico da figura 1. Porém uma parcela significativa (33,93%) foi classificada no índice moderado e 4,46% ficaram na faixa de alto índice de *Burnout*. A porcentagem significativa de profissionais com pontuações nos índices moderados e alto da síndrome pode ser reflexo dos ambientes de trabalho descritos porbittencourt (2011) e Valinote (2014), onde os engenheiros civis são constantemente expostos a diversos fatores estressores.

Figura 5 Índice de *Burnout* nos engenheiros civis entrevistados.

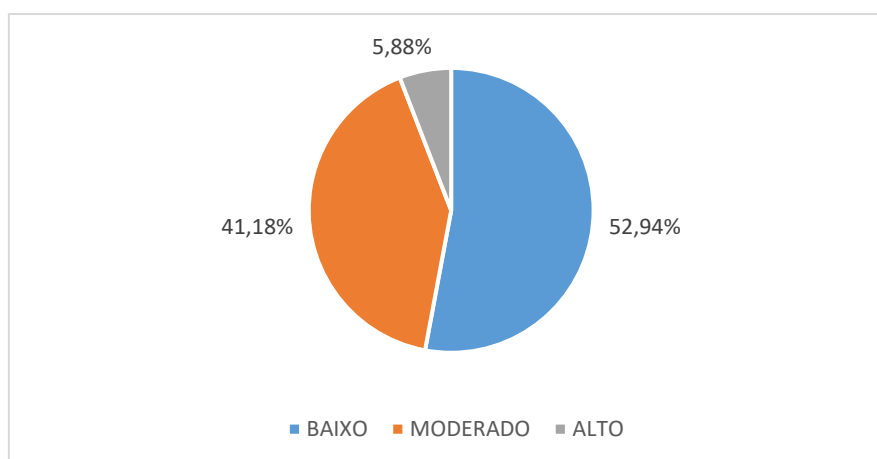


Fonte: Elaborado pela autora

Visando identificar possíveis diferenças entre a manifestação da síndrome de *burnout* e o estresse nos variados perfis profissionais identificados por meio do questionário, a metodologia de pontuação e classificação foi aplicada a cada um dos grupos separadamente.

Quanto ao tempo de atuação profissional, os três intervalos de anos foram analisados, onde os engenheiros civis no período de 1 a 5 anos, representado no gráfico da figura 2, apresentaram em comparativo com os dados da amostra total no gráfico da figura 1, aproximadamente 10% a mais de indivíduos classificados no índice moderado da síndrome.

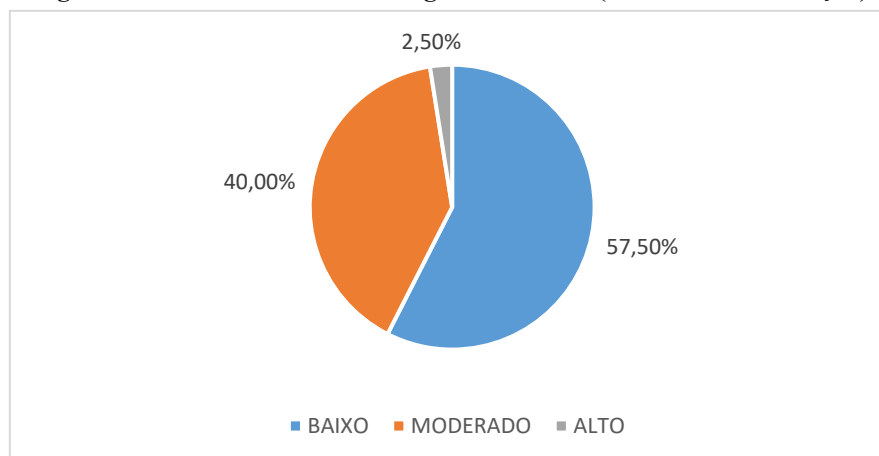
Figura 6 Índice de *Burnout* nos engenheiros civis (1 a 5 anos de atuação).



Fonte: Elaborado pela autora

Os dados relacionados aos profissionais que atuam de 6 a 10 anos como engenheiros civis estão apresentados no gráfico da figura 3. A análise permite verificar uma pequena redução nos índices moderados e altos de *burnout* quando comparados com os dados expressos no gráfico da figura 2 sobre profissionais que possuem menor tempo de atuação (1 a 5 anos).

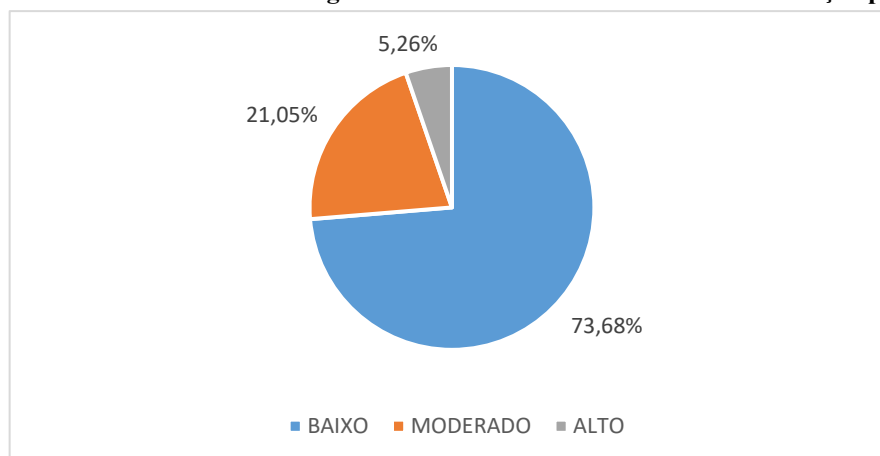
Figura 7 Índice de Burnout nos engenheiros civis (6 a 10 anos de atuação).



Fonte: Elaborado pela autora

Os profissionais que possuem mais de 10 anos de atuação, cujos dados foram representados no gráfico da figura 4, seguindo a tendência demonstrada nos gráficos anteriores, evidencia-se uma redução ainda maior dos índices moderados e altos da síndrome. Diante disso, uma parcela significativa (73,68%) foi classificada como de baixo índice.

Figura 8 Índice de Burnout nos engenheiros civis com mais de 10 anos de atuação profissional



Fonte: Elaborado pela autora

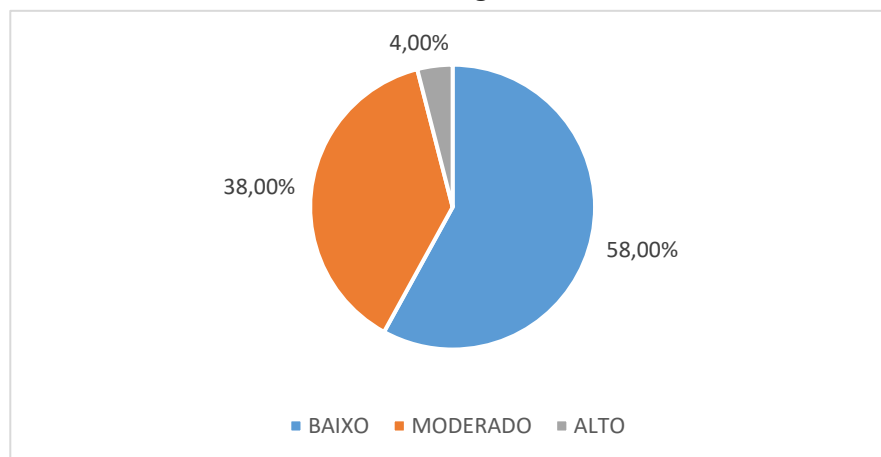
Os resultados obtidos pelas análises dos anos de trabalho entram em concordância com os apontamentos feitos por Cornelius (2007) ao mencionar que os profissionais mais jovens estão mais propensos a reagirem ao fator exaustão emocional, desgaste físico e emocional do trabalhador, e por consequência apresentam maiores índices de *Burnout*.

Ao separar a amostra quanto ao sexo foram obtidos resultados semelhantes, ocorrendo diferenciação apenas no índice mais alto da Síndrome, sendo que 3,70% dos homens ficaram nessa classificação, enquanto 6,45% das mulheres apresentaram alto índice de *Burnout*.

Nessa perspectiva, destacam-se as afirmações de Lombardi (2017) sobre as condições enfrentadas pelas engenheiras civis inseridas em um mercado de trabalho predominantemente masculino, que lidam com a discriminação e violência, sendo constantemente questionadas quanto a capacidade técnica e alvo de comentários machistas e preconceituosos.

Considerando a parcela de profissionais que atuam em obras, apresentada no gráfico da figura 5, foram obtidas novamente porcentagens próximas as encontradas no gráfico da figura 1, aproximadamente 60% da amostra obteve índice baixo de *Burnout*, 40% moderado e 4% alto.

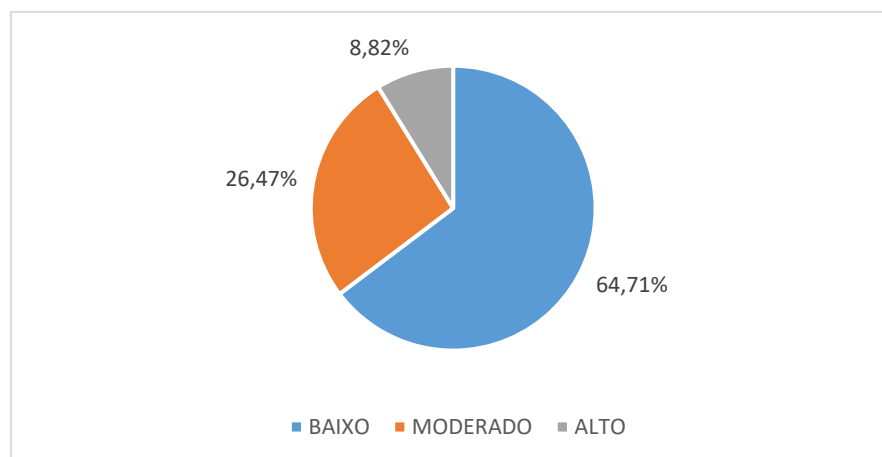
Gráfico 1 Índice de Burnout nos engenheiros civis atuantes em obras



Fonte: Elaborado pela autora

Os engenheiros civis atuantes na área de projetos, gráfico da figura 6, apesar da maior porcentagem destes estarem nos índices mais baixos de *Burnout*, obtiveram 8,82% dos indivíduos na classificação mais alta, demonstrando ser em comparativo com as outras áreas de atuação, o perfil profissional com mais indivíduos classificados com alto índice da Síndrome.

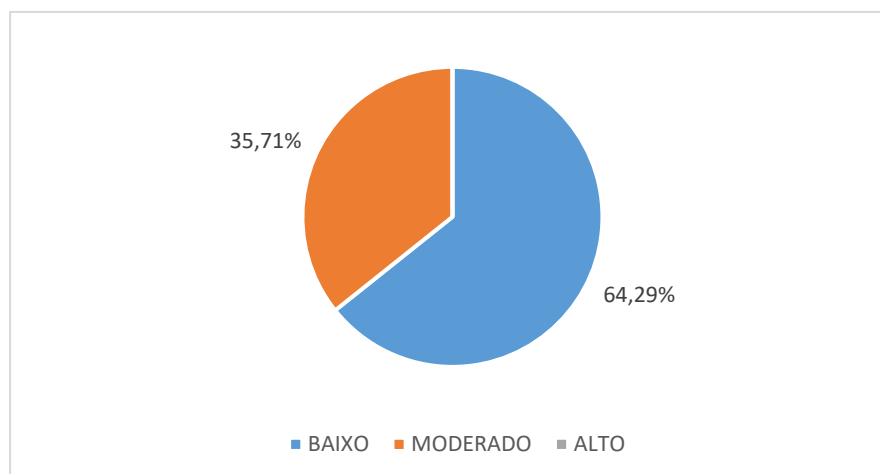
Gráfico 2 Índice de Burnout nos engenheiros civis atuantes em projetos



Fonte: Elaborado pela autora

Os profissionais atuantes em outras áreas, demonstrados no gráfico da figura 7, não apresentaram indivíduos classificados na faixa de maior pontuação, sendo que maior parcela destes (64,29%) se encontram no índice mais baixo de *Burnout*.

Gráfico 3 Índice de Burnout nos engenheiros civis atuantes em outras áreas



Fonte: Elaborado pela autora

Os gráficos relacionados a área de atuação dos engenheiros civis demonstraram que os profissionais de projetos e obras apresentaram maiores índices de *Burnout*, enquanto nenhum dos profissionais de outras áreas de atuação apresentaram alto índice, fator que pode estar diretamente relacionado a pressão sofrida por esses grupos no mercado de trabalho, como descrito por Terto (2018).


CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os engenheiros civis estão constantemente sujeitos a diversos fatores estressores no trabalho, devido o tipo de atividade exercida, ao ambiente de trabalho agressivo, pela estrutura de gerenciamento ou até mesmo a competitividade imposta pelo mercado.

O estudo evidencia que alguns perfis desses profissionais estão mais suscetíveis a desenvolver estresse laboral e conseqüentemente a Síndrome de *Burnout*, como por exemplo os mais jovens, devido o primeiro contato com a atividade profissional e dificuldades iniciais da carreira. Além disso, outro dado expressivo se relaciona às mulheres que além de lidar com os fatores estressores comuns do cotidiano da profissão ainda enfrentam as pressões impostas pelo ambiente de trabalho dominado por homens em uma cultura machista.

As informações obtidas com relação as áreas de atuação dos engenheiros civis demonstram que essas podem influenciar no índice de *Burnout* estresse, provavelmente devido a diversidade de campos de atuação e as características específicas de cada um desses ambientes de trabalho.

Pesquisas que evidenciem que os engenheiros civis estão expostos aos riscos de desenvolvimento de doenças mentais, como a Síndrome de *Burnout* estresse laboral, são



primordiais para o reconhecimento da existência dessas dentro dos ambientes de trabalho, possibilitando assim a implementação de medidas preventivas específicas, garantindo assim não só a saúde física desses trabalhadores mas também a saúde mental.

REFERÊNCIAS

AMORAS, Ronan Cruz; WIESIOLEK, Natália Tatsch; FEITOSA, Zuleide Oliveira; MARIANO, Ari Melo. Burnout No Setor De Construção civil: Uma Revisão Da Literatura Por Meio Do Enfoque Meta-Analítico Consolidado. XXXVIII Encontro Nacional De Engenharia De Produção “A Engenharia de Produção e suas contribuições para o desenvolvimento do Brasil”, Alagoas, Brasil, p. 1-13, 16 out. 2018.

BITTENCOURT, Nadir de Fátima Borges. O estresse no setor da construção civil. Proficiência, Mato Grosso, Brasil, n. 6, p. 111-130, 2011.

BRASIL. Ministério da Fazenda. 1º Boletim Quadrimestral sobre Benefícios por incapacidade. Adoecimento Mental E Trabalho: A concessão de benefícios por incapacidade relacionados a transtornos mentais e comportamentais entre 2012 e 2016. Secretaria da Previdência, 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria n.º 876, de 25 de outubro de 2018 - NR 17. Altera CARVALHO, Edson Henrique; OLIVEIRA, Celso Ricardo Peel Furtado; PINTO, Rosa Maria Ferreira. Síndrome de *burnout* e a invisibilidade dos problemas de saúde mental do trabalhador. Unisanta Law and Social Science, v. 7, n. 3, p. 259-274, 2019.

CORNELIUS, Adriane; CARLOTTO, Mary Sandra. Síndrome de Burnout em profissionais de atendimento de urgência. Revista Psicologia em Foco, v. 1, n. 1, p. 15-27, 2007.

GOMES, Larissa Oliveira; TEIXEIRA, Lilianny Lima; DE SOUZA BASTOS, Renato Luiz. Modelo De Implantação: Sistema De Gestão Da Segurança Do Trabalho E Saúde Ocupacional Em Empresas Da Construção civil. REMAS-Revista Educação, Meio Ambiente e Saúde, v. 9, n. 3, p. 137-146, 2019.


JÚNIOR, Severino Domingos da Silva; COSTA, Francisco José. Mensuração e escalas de verificação: uma análise comparativa das escalas de Likert e PhraseCompletion. PMKT–Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia, v. 15, n. 1-16, p. 61, 2014.

LOMBARDI, Maria Rosa. Engenheiras na construção civil: a feminização possível ea discriminação de gênero. Cadernos de pesquisa, v. 47, n. 163, p. 122-146, 2017.

LOUREIRO, Helena et al. Burnout no trabalho. Revista de Enfermagem Referência, v. 2, n. 7, p. 33-41, 2008.

MAGALHÃES, Arthur Felipe Silva de. Estudo de caso sobre estresse e motivação em uma empresa de projetos. 2015.

MCLAURINE, William D. A. Correlational study of job burnout and organizational commitment among correctional officers. 2008. Tese de Doutorado. Capella University.



MENEZES, Igor Gomes; GOMES, Ana Cristina Passos. Clima organizacional: uma revisão histórica do construto. *Psicologia em Revista*, v. 16, n. 1, p. 158-179, 2010.

NASCIMENTO, Filipe Colares; SALIM, Celso Amorim. Política de prevenção de acidentes na construção civil: uma análise das práticas da inspeção do trabalho. *Revista Psicologia Organizações e Trabalho*, v. 18, n. 1, p. 299-305, 2018.

Norma Regulamentadora NR-17- Ergonomia. *Diário Oficial da União*, Brasília, n. 206, p. 76, 25 de outubro de 2018

OMS. Organização Mundial da Saúde. Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde: CID-11 Décima primeira revisão. 2018. Disponível em: <https://icd.who.int/browse11/l-m/en>. Acesso em: 02 abr. 2020.

PAIS, Ribeiro, J.; MARQUES, Tmpfs. A avaliação do stresse: a propósito de um estudo de adaptação da escala de percepção de stresse. *Psicologia, Saúde & Doenças*, 2009, 10.2: 237-248.

REIS, Anna Camila Baioto Pina et al. Avaliação Dos Principais Sintomas Na Detecção Precoce Da Síndrome De *Burnout* Em Professores. *Cipeex*, v. 2, p. 1127-1137, 2018.

SADIR, Maria Angélica; LIPP, Marilda E. Novaes. As fontes de stress no trabalho. *Revista de Psicologia da IMED*, 2009, 1.1: 114-126.

SCHEIBLER, Matheus. Doenças ocupacionais: abordagem sobre o cenário dos profissionais da construção civil no Brasil. 2017.

SCHUSTER, Marcelo Da Silva et al. Identificação dos níveis de *Burnout* em um hospital público e aplicação da escala MBI-GS. *RAHIS*, v. 11, n. 4, 2014.

SCHUSTER, Marcelo Da Silva et al. MBI-GS: Aplicação E Verificação Psicométrica Na Realidade Brasileira. *Revista de Administração FACES Journal*, v. 13, n. 4, p. 27-38, 2014.

SELIGMANN-SILVA, Edith. Trabalho e desgaste mental: o direito de ser dono de si mesmo. In: *Trabalho e desgaste mental: o direito de ser dono de si mesmo*. 2011.

SILVA, Gabriel de Nascimento. (Re) conhecendo o estresse no trabalho: uma visão crítica. *Gerais: Revista Interinstitucional de Psicologia*, v. 12, n. 1, p. 51-61, 2019.

SILVA, Pamela Stefane Florencio; DOS SANTOS, Walquíria Lene; AMARAL, Ernani. Principais dificuldades enfrentadas pelos profissionais do serviço especializado em engenharia da segurança e medicina do trabalho dentro da construção civil. *Revista de Iniciação Científica e Extensão*, v. 1, n. Esp 3, p. 304-312, 2018.

TAMAYO, Mauricio Robayo; TRÓCCOLI, Bartholomeu Tôrres. Construção e validação fatorial da Escala de Caracterização do *Burnout* (ECB). *Estudos de Psicologia (Natal)*, 2009, 14.3: 213-221.

TERTO, Edyswan Sampaio Gomes et al. Implantação de políticas de segurança e saúde no trabalho integrado a produtividade na área de engenharia civil: um estudo sobre sua implantação em obras públicas. 2018.



VALINOTE, H., Pacheco, L., Viana, F., & Formiga, C. (2014). Análise da Qualidade de Vida, Capacidade para o Trabalho e Nível de Estresse em Trabalhadores da Construção civil. *Revista Brasileira De Ciências Ambientais (Online)*, (32), 115-126.

CAPÍTULO 9

UTILIZAÇÃO DE PISO DRENANTE COMO MÉTODO DE CONTROLE DA DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO EM GOIÂNIA-GO

Larissa Monteiro de Carvalho, Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Thais Borini de Castro, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro
Universitário Araguaia

Mateus de Leles Lima, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro
Universitário Araguaia

RESUMO

Atualmente, nas grandes cidades, nota-se um constante aumento no índice de impermeabilização do solo e a falta de planejamento no sistema de drenagem urbana, que causam um elevado número de enchentes. Nesse contexto, algumas técnicas vêm sendo desenvolvidas como mecanismos de controle para auxiliar a drenagem convencional, tais como o telhado verde, jardins de chuva, sistemas de captação e reuso de águas pluviais, pavimentos permeáveis, entre outros, em especial o piso drenante. Na cidade de Goiânia, Goiás, é comum a ocorrência de alagamentos e inundações durante a estação chuvosa, devido às alterações na cobertura do solo e nos leitos naturais dos rios e à insuficiência da drenagem urbana. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a aplicabilidade do piso drenante como método de controle da drenagem urbana em Goiânia. Os principais objetivos específicos foram verificar a distribuição espacial da ocorrência de alagamentos, inundações e enxurradas no município nos últimos anos e, a partir dessa análise, sugerir a implementação do piso drenante em locais convenientes. A quantificação dos números de alagamentos, inundações e enxurradas que a cidade de Goiânia sofreu de 2013 a 2018 foi estimada através da planilha de ocorrências da Defesa Civil. Com base nela, foram avaliados os locais que já possuem esse piso, e proposto novos locais para implantação. Os resultados mostraram que Goiânia apresenta uma grande quantidade de alagamentos, poucas inundações e algumas enxurradas. Dentre os anos analisados, o ano de 2016 foi o mais crítico, principalmente na região Campinas/Centro, nos setores São José e Vila Santa Helena. No ano de 2018 também tiveram várias ocorrências de alagamentos, mais da metade apenas em um setor, no Parque Industrial João Braz, localizado na região Oeste da cidade. Foi possível perceber que a maioria dos casos ocorreu nas áreas periféricas da cidade. Sendo assim, sugeriu-se a implantação do piso drenante em 3 locais: no setor São José, na praça Santíssimo Redentor; na Vila Santa Helena, em comércios, calçadas e demais estabelecimentos; e no setor Parque Industrial João Braz, na praça Parque da Lagoa. No geral, a cidade de Goiânia possui poucos pontos de utilização desse piso, que possui inúmeras vantagens, dentre elas, diminui o volume do escoamento superficial, consequentemente desafogando o sistema de drenagem, fazendo com que a água pluvial infiltre no solo ou seja conduzida para um sistema auxiliar de drenagem. Conclui-se que não é só o fator financeiro que inibe a utilização de sistemas sustentáveis como o piso drenante, mas também a falta de informação que a população e o setor público têm em relação à infraestrutura sustentável.

Palavras-chave: pavimento permeável; enchentes; inundações.



INTRODUÇÃO

A impermeabilização da superfície do solo com asfalto ou concreto provoca vários impactos negativos, principalmente nas grandes cidades. As principais consequências advindas desse processo são: aumento do escoamento superficial, podendo causar enchentes e inundações, instabilidade das margens dos cursos hídricos, contaminação das águas, solo e lençol freático, transporte e acúmulo de resíduos sólidos, perda da capacidade de absorção da água pelo solo, acarretando em danos materiais e humanos. Em uma área com cobertura florestal, cerca de 95% da água da chuva se infiltra no solo, permitindo a realimentação dos lençóis freáticos, já em áreas urbanas o percentual cai para aproximadamente 5% (FERNANDES et al., 2005; MARCHIONI; SILVA, 2010).

Em 2013, o Brasil teve 1.543 municípios atingidos por enchentes ou inundações graduais (27,7% do total dos municípios brasileiros) e 1574 atingidos por enxurradas ou inundações fortes (28,3%). Além disso, 2065 municípios foram atingidos por alagamentos no período de 2009 a 2013, dado que representa 37,1% do total dos municípios. As cidades com mais de 500.000 habitantes são as mais atingidas, representando 97,4% do total (CAVARARO, 2014).

Nas grandes cidades, é preciso investir em infraestrutura dos sistemas de microdrenagem, com a intenção de minimizar o fluxo das águas pluviais e, conseqüentemente, os impactos ocasionados devido a esse excesso, a curto prazo. A implementação de sistemas de drenagem sustentável é estudada em países desenvolvidos com o intuito de desenvolver um sistema que imite o ciclo hidrológico natural (RIBEIRO, 2010; KOBAYASHI et al., 2008). Sendo assim, destaca-se a importância da substituição dos pisos convencionais pelo piso drenante, contribuindo para a formação de áreas permeáveis dentro das cidades.

Os primeiros pisos intertravados começaram a ser produzidos na década de 1940, na Holanda, um país que sofre com a utilização de materiais de concreto por ficar abaixo do nível do mar. Com o passar do tempo, começou a se popularizar na Europa, e logo chegou ao Brasil. Esse material vem sendo bastante utilizado na execução de ruas, devido a sua capacidade de absorção de água. O piso drenante, também chamado de piso permeável ou placa drenante, possui elevada porosidade, possibilitando a infiltração da água no solo. Além de ser uma alternativa sustentável, também é interessante em termos de infraestrutura, sendo utilizado para diminuir os problemas causados pelas chuvas, pois auxilia no controle das inundações (HARDSCAPE, 2019).



Segundo Deneno (2015), o piso drenante é um tipo de pavimento intertravado formado por peças pré-moldadas de concreto poroso, com resistência à compressão entre 25 e 30 Mega Pascal (Mpa) e aproximadamente 25% de vazios. Atua como um reservatório, mantendo a água retida por certo tempo em sua base, o que a faz escoar de maneira lenta para os lençóis freáticos, não formando poças. Além disso, sua produção pode levar materiais reaproveitados ou bases naturais (fibras ou pedras) e é fácil de ser instalado.

No entanto, conforme Almeida e Ferreira (2008), antes de um pavimento permeável ser adotado é imprescindível a avaliação de alguns parâmetros, tais como: tipo do solo, nível da água e do lençol freático, profundidade da camada impermeável do solo, aceitação por parte dos moradores, área livre dos lotes, topografia e custos envolvidos.

Na cidade de Goiânia, Goiás, é comum a ocorrência de alagamentos e inundações durante a estação chuvosa. Isso ocorre devido à insuficiência da drenagem urbana, elevado índice de impermeabilização do solo e estrangulamento dos canais dos rios para construção das marginais (SANTOS, ROMÃO, 2010).


Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a aplicabilidade do piso drenante como método de controle da drenagem urbana em Goiânia, Goiás. Como objetivos específicos, tem-se: verificar a distribuição espacial da ocorrência de alagamentos, inundações e enxurradas no município nos últimos anos, mapeando as áreas que sofrem com esses eventos; conhecer os pontos onde houve a implantação do piso drenante, e avaliar seus possíveis efeitos positivos para essas regiões; sugerir a implementação do piso drenante como método de controle da drenagem urbana em outros locais; determinar as vantagens e desvantagens da utilização do piso drenante.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho foi realizado na cidade de Goiânia, que conta com área territorial de 728,841 km² e possui população estimada em 1.495.705 habitantes. Em 2010, apresentava índice de arborização de vias públicas de 89,3% e taxa de urbanização de vias públicas, com presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio de 48,6% (IBGE, 2018)

De acordo com Santos (2010), devido à insuficiência da drenagem urbana, elevado índice de impermeabilização do solo e estrangulamento dos canais dos rios para construção



das marginais, o município apresenta constantes alagamentos e inundações durante a estação chuvosa.

COLETA DE DADOS

A princípio, os dados começaram a ser coletados através de revisão de literatura, então foram verificados os locais que possuíam piso drenante em Goiânia. Durante as primeiras tentativas de contato com órgãos como a Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos (SEINFRA) e a Agência Municipal do Meio Ambiente (AMMA), foi constatado que, devido ao piso drenante ser uma técnica utilizada há pouco tempo na cidade (desde 2013), ainda existem poucas informações. Sendo assim, a maior parte da coleta de dados referente aos locais onde houve a instalação do piso drenante foi baseada em documentos publicados digitalmente.

Os dados referentes ao Parque Linear Macambira Anicuns, um dos locais onde há o piso drenante na cidade, foram obtidos com o engenheiro e com o coordenador executivo responsáveis pelo Programa Urbano Ambiental Macambira Anicuns – PUAMA (MÁXIMO, 2019).

As informações referentes às inundações, alagamentos e enxurradas em Goiânia, de 2013 a 2018, foram fornecidos pela Defesa Civil, que disponibilizou planilhas detalhadas da quantidade mensal de ocorrências, subdivididas por regiões e setores. Além disso, a Defesa Civil também forneceu um mapa dos principais pontos de alagamentos e áreas sujeitas a inundações em Goiânia, áreas de inundações por grau de risco de desabamento de moradia (baixo, médio e alto risco).

Além disso, todas as informações pertinentes em relação aos tipos de piso drenante, vantagens e desvantagens de seu uso, manutenção, dentre outros aspectos, foram obtidas com base em levantamento bibliográfico realizado em artigos, trabalhos de conclusão de cursos e dissertações previamente publicadas sobre o tema.

ANÁLISE DOS DADOS

Foram analisados os dados de ocorrências de inundações, alagamentos e enxurradas, em relação à região e ao setor, por meio da organização das informações em quadros, com o objetivo de descobrir quais eram os pontos críticos da cidade. Através de uma planilha contendo quantidade de ocorrências, regiões e setores, detalhados por cada mês do ano, foi

possível localizar os setores que mais sofrem com a falta de drenagem urbana. Também foi verificado com base no período de dados, se em algum dos pontos onde houve instalação do piso drenante houve qualquer tipo de efeito na ocorrência desses fenômenos, com base na comparação dos dados antes e após a instalação do piso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorrência de Alagamentos, Inundações e Enxurradas em Goiânia – 2013 A 2018

Os resultados referentes ao número de casos de alagamentos, inundações e enxurradas, por região e por setor de Goiânia, de 2013 a 2018, seguem nos quadros 1 a 6. É importante ressaltar que, de acordo com Mello, Nascimento e Lin (2014), alagamento é o acúmulo de água nas ruas e perímetros urbanos, causado por fortes chuvas, devido à insuficiência do sistema de drenagem. Já as inundações ou enchentes ocorrem no canal de drenagem, quando a água transborda. E as enxurradas ocorrem quando há um aumento da vazão em determinado local, de maneira que a água escoar com muita força, em ondas, com potencial para carregar objetos, resíduos e demais materiais que se encontrem nas ruas e calhas dos rios.

Analisando o Quadro 1, pode-se perceber que no ano de 2013 o mês de fevereiro foi o que apresentou maior ocorrência de alagamentos, totalizando em 6 casos, nas regiões Campinas/Centro, Noroeste e Sudoeste de Goiânia, sendo 2 em cada região. Em todo o ano foram registradas 14 ocorrências, todas relacionadas a alagamentos. Não houve inundações e enxurradas.

Quadro 1 – Alagamentos, inundações e enxurradas em Goiânia em 2013

Ano 2013	Alagamentos	Inundações	Enxurradas
Janeiro	Região: Campinas/Centro (1) Setor: Vila são paulo (1) Região: Norte (1) Setor: Vila Fernandes (1)	-	-
Fevereiro	Região: Campinas/Centro (2) Setor: Vila São José (1); Campinas (1) Região: Noroeste (2) Setor: Residencial Mansões Paraíso (1); Jardim Nova Esperança (1)	-	-

	Região: Sudoeste (2) Setor: Residencial Santa Fé (2)		
Outubro	Região: Oeste (1) Setor: Jardim Atlântico (1)	-	-
Novembro	Região: Sul (3) Setor: Pedro Ludovico (1); Jardim Goiás (2)		
	Região: Norte (1) Setor: Balneário Meia Ponte (1)	-	-
	Região: Oeste (1) Setor: Bairro São Francisco (1)		

Fonte: Adaptado da Defesa Civil (2019)

O ano de 2014 teve o total de ocorrências de alagamentos idêntico ao ano de 2013 (14), sendo que 12 ocorreram no mês de janeiro, 11 na região Leste e 1 na região Sul, conforme o Quadro 2. Não houve inundações, mas a cidade apresentou 3 ocorrências de enxurradas na região Noroeste, todas no setor Jardim Fortaleza, nos meses de janeiro e março.

Quadro 2 – Alagamentos, inundações e enxurradas em Goiânia em 2014

Ano 2014	Alagamentos	Inundações	Enxurradas
Janeiro	Região: Leste (11) Setor: Pq. sta cruz (8); Vila redenção (1); Pq. acalanto (1); Jd. jd. bela vista (1) Região: Sul (1) Setor: Pedro Ludovico (1)	-	Região: Noroeste (2) Setor: Jd. Fortaleza (2)
Fevereiro	Região: Sul (1) Setor: Areião I (1) Região: Leste (1) Setor: Pq. sta cruz (1)	-	-

Março	-	-	Região: Noroeste (1) Setor: Jd. Fortaleza (1)
-------	---	---	--

Fonte: Adaptado da Defesa Civil (2019)

O ano de 2015, conforme Quadro 3, apresentou 11 ocorrências de alagamentos, sendo 4 delas no mês de março, na região sudoeste, todas no setor Jardim Atlântico. Não houve inundações, mas apresentou 2 ocorrências de enxurradas em maio, 1 na região Noroeste e 1 na Oeste.

Quadro 3 – Alagamentos, inundações e enxurradas em Goiânia em 2015

Ano 2015	Alagamentos	Inundações	Enxurradas
Março	Região: Sudoeste (4) Setor: Jd. Atlântico (4)	-	-
Maio	Região: Oeste (2) Setor: Jd. Curitiba IV Região: Noroeste (1) Setor: Res. Recanto do bosque (1)	-	Região: Noroeste (1) Setor: Jd. Bela Vista (1) Região: Oeste (1) Setor: Vera Cruz II
Novembro	Região: Sul (1) Setor: Sul (1)	-	-
Dezembro	Região: Sul (2) Setor: Sul (1); Jd. Goiás (1) Região: Norte (1) Setor: Gentil Meireles (1)	-	-

Fonte: Adaptado da Defesa Civil (2019)

O ano de 2016 foi o mais crítico dentre todos os analisados neste trabalho. Apresentou 142 casos de alagamentos, de acordo com os dados do Quadro 4, sendo 80 delas somente nos meses de fevereiro e março (40 em cada mês). Dessas 80 ocorrências, 62 foram na região Campinas/Centro e 57 delas no setor São José. O setor Vila Santa Helena (Campinas/Centro) também foi muito atingido, apresentando 12 ocorrências de alagamentos, todas no mês de abril. Houve 1 caso de inundação no mês de dezembro, também na região Campinas/Centro, no setor Nova Vila. Não houve enxurradas.

Quadro 4 – Alagamentos, inundações e enxurradas em Goiânia em 2016

Ano 2016	Alagamentos	Inundações	Enxurradas
Janeiro	<p>Região: Norte (3) Setor: Gentil Meireles (1); Jaó (1); Urias Magalhães (1)</p> <p>Região: Campinas/Centro (5) Setor: Castelo Branco (1); São José (1); Aeroviário (1); Centro (1); Vila Santa Helena (1)</p> <p>Região: Leste (1) Setor: Jd. Novo Mundo (1)</p> <p>Região: Sudoeste (1) Setor: Eli Forte (1)</p> <p>Região: Oeste (1) Setor: Buena Vista (1)</p> <p>Região: Noroeste (1) Setor: Recanto do Bosque (1)</p>	-	-
Fevereiro	<p>Região: Norte (5) Setor: Sta. Genoveva (2); St. Gentil Meireles (2); St. Urias Magalhães (1)</p> <p>Região: Campinas/Centro (33) Setor: Progresso (1), Vila São José (29), Campinas (2), Vila Micale (1)</p> <p>Região: Noroeste (2) Setor: Jd. Curitiba (1); Jd. Vila Bela (1)</p>	-	-
Março	<p>Região: Norte (3) Setor: Gentil Meireles (3)</p>	-	-

	<p>Região: Campinas/Centro (29) Setor: Vila São José (28); Vila Sta. Helena (1)</p> <p>Região: Leste (5) Setor: Cj. Caiçara (5)</p> <p>Região: Norte (2) Setor: Urias Magalhães (2)</p> <p>Região: Noroeste (1) Setor: Jd. Bela Vista (1)</p>		
Abril	<p>Região: Campinas/Centro (21) Setor: Vila São José (9); Vila Santa Helena (12)</p> <p>Região: Norte (4) Setor: Urias Magalhães II (1); Gentil Meirelles (2); Vila Roriz (1)</p> <p>Região: Leste (2) Setor: Cj. Caiçara (2)</p>	-	-
Maio	<p>Região: Campinas/Centro (6) Setor: Vila São José (4); dos Funcionários (1); Vila Irani (1)</p> <p>Região: Norte (4) Setor: Jd. Guanabara (4)</p> <p>Região: Leste (1) Setor: Cj. Caiçara (1)</p>	-	-
Junho	<p>Região: Campinas/Centro (3) Setor: Norte Ferroviário (1); Aerorporto (1); Vila São José (1)</p>	-	-
Agosto	<p>Região: Norte (1) Setor: V.N. Aparecida (1)</p>	-	-
Outubro	<p>Região: Sul (1)</p>	-	-

	Setor: Jd Goiás (1) Região: Oeste (1) Setor: Vila João Vaz (1)		
Novembro	Região: Leste (2) Setor: Jd. Novo Mundo (2) Região: Norte (1) Setor: Goiânia II (1) Região: Oeste (2) Setor: Res. Serra Azul (1); Solar Ville (1)	-	-
Dezembro	-	Região: Campinas/Centro (1) Setor: Nova Vila (1)	-

Fonte: Adaptado da Defesa Civil (2019)

O ano de 2017 foi o que menos apresentou casos de alagamentos, resultando em apenas 10 durante todo ano, de acordo com o Quadro 5. O mês de março foi o que registrou maior número de incidentes, com apenas 3, na região Sudoeste. Houve 1 caso de inundação, na região Campinas/Centro, setor São José. Em contrapartida, foi o ano que mais apresentou enxurradas, totalizando 6, sendo que 4 delas ocorreram em dezembro, nas regiões Leste, Norte, Sul e Campinas/Centro, 1 em cada região.

Quadro 5 – Alagamentos, inundações e enxurradas em Goiânia em 2017

Ano 2017	Alagamentos	Inundações	Enxurradas
Fevereiro	Região: Oeste (1) Setor: Vera Cruz II	-	-
Março	Região: Sudoeste (3) Setor: Cj. Cachoeira Dourada (1); Jd. Planalto (1); Jd. Novo Horizonte (1)	-	-
Abril	Região: Norte (2) Setor: Gentil Meirelles (1); Vila Roriz (1)	Região: Campinas/Centro (1) Setor: São José (1)	Região: Sul (1) Setor: Pedro Ludovico (1)
Maior	Região: Oeste (1) Setor: Cj. Vera Cruz II	-	-

Novembro	Região: Norte (1) Setor: São Judas Tadeu (1)	-	Região: Sul (1) Setor: Pedro Ludovico (1)
Dezembro	Região: Norte (1) Setor: Dom Fernando I (1) Região: Leste (1) Setor: Jd. Califórnia (1)	-	Região: Leste (1) Setor: Pq. Amendoeiras (1) Região: Norte (1) Setor: Diamantina (1) Região: Sul (1) Setor: Pq. Amazonia (1) Região: Campinas/Centro (1) Setor: Leste Vila Nova (1)

Fonte: Adaptado da Defesa Civil (2019)

O ano de 2018 apresentou um total de 28 ocorrências de alagamentos, sendo 15 delas só em janeiro, na região Oeste, todas no setor Parque Industrial João Braz (Quadro 6). Não houve inundação, mas foram registrados 3 casos de enxurrada, 1 no mês de janeiro, também na região Oeste, setor Parque Industrial João Braz, e 2 no mês de abril, na região Sul.

Quadro 6 – Alagamentos, inundações e enxurradas em Goiânia em 2018

Ano 2018	Alagamentos	Inundações	Enxurradas
Janeiro	Região: Oeste (15) Setor: Pq. Industrial João Braz (15)	-	Região: Oeste (1) Setor: Pq. Industrial João Braz (1)
Fevereiro	Região: Sudoeste (2) Setor: Cj. Cachoeira (1); Jd. Atlântico (1) Região: Campinas/Centro (5) Setor: Vila Sta. Helena (2); Granja Santos Dumont (1); Perim (1); Vila Fernandes (1)	-	-

Abril	Região: Sul (2) Setor: Sul (1); Jd. Goiás (1) Região: Campinas/Centro (1) Setor: Leste Vila Nova (1)	-	Região: Sul (2) Setor: Sul (1); Jd. Goiás (1)
Setembro	Região: Noroeste (1) Setor: São Domingos (1)	-	-
Novembro	Região: Sudoeste (2) Setor: Jd. Ipanema (2)	-	-


Fonte: Adaptado da Defesa Civil (2019)

Pode-se concluir que Goiânia apresenta uma grande quantidade de alagamentos, poucas inundações e algumas enxurradas. Dentre os anos analisados (2013 a 2018), o ano de 2016 foi o mais crítico, principalmente na região Campinas/Centro, nos setores São José e Vila Santa Helena. No ano de 2018 também houve várias ocorrências de alagamentos, mais da metade apenas em um setor, no Parque Industrial João Braz, localizado na região Oeste da cidade.

Esses resultados são similares aos de Rego e Barros (2014), que avaliaram os pontos de alagamentos e inundações em Goiânia entre os anos de 1996 e 2005 e entre os anos de 2006 e 2010. Os autores constataram que os locais que mais apresentavam eventos até 2005 eram a região Sul e Central do município. De 2006 a 2010, as regiões de maior ocorrência continuaram a ser a Sul e a Central, acrescentando-se a região Norte. A região Norte, assim como a Campinas/Centro e Oeste, apresentou diversos casos de alagamentos relatados neste estudo, de 2013 a 2018, totalizando em 29 incidentes. Constata-se, portanto, que as regiões mais afetadas foram em áreas que já são urbanas e passaram por forte processo de verticalização. Devido à ineficiência do sistema de drenagem, houve o aumento da população local, mas não ocorreu alteração na drenagem.

Os meses de fevereiro e março foram os que apresentaram maior número de alagamentos na cidade de Goiânia, principalmente devido aos registros de 2016. No caso das inundações, os únicos meses com ocorrência foram dezembro e abril, com um registro em cada, nos anos de 2016 e 2017, respectivamente. O mês com maior número de enxurradas foi dezembro, que no ano de 2017 totalizou em 4 incidentes.

Sendo assim, na época da cheia (meses mais chuvosos) o número de incidências é significativamente superior, sendo que nos meses de junho, agosto, setembro e outubro houve



um total de casos durante o período estudado de 3, 2, 1 e 3, respectivamente. O mês de julho, que se caracteriza por ser um mês com poucas ou chuvas, foi o único que não apresentou qualquer registro de incidentes durante os 6 anos pesquisados.

Segundo o Mapa de Risco da Defesa Civil, as áreas de inundações de alto risco de desabamento de moradia estão localizadas no: Criméia Leste (invasão Emílio de Povoá); Vila Monticely (fundo da SANEAGO); Vila Coronel Cosme II (rua da Paz), que se encontram nas regiões periféricas, que apresentaram casos de alagamentos nos períodos avaliados (DEFESA CIVIL, 2019).

O mapa também mostra pontos de alagamentos em vias de trânsito parado. São citadas 10 locais, dentre eles 3 estão localizados em setores mais nobres como: Av. Anhanguera, em frente ao Lago das Rosas; Av. Assis Chateaubriand, em frente ao Fórum; Av. T-9, em frente ao Clube Oásis. Dentre as vias de trânsito lento, são citados 28 locais, sendo 8 em regiões mais nobres, como: Rua 83; Av. Pedro Ludovico Teixeira com Av. 84; Av. Pedro Ludovico Teixeira com Av. 85; Av. 87; Av. Assis Chateaubriand com Rua 9.

Locais onde o Piso Drenante já é Utilizado e Consequências Verificadas

O piso drenante vem ganhando espaço na cidade de Goiânia, de maneira que diversas iniciativas vêm sendo realizadas. O piso drenante foi adotado como solução de revestimento para a Praça Cívica, uma das mais importantes da cidade. Construída em 1933, essa praça foi revitalizada e a maioria do asfalto que recobria o piso foi substituído pelo piso drenante. A Praça Consciente, que localiza-se na esquina da Rua 27 com a T-50 foi toda construída de maneira sustentável. Seu piso contém vegetação em composição com piso drenante, que permite a passagem de até 90% da água (TETRACON, 2017).

O projeto da Praça Consciente foi implantado em 2013, em parceria com a Prefeitura de Goiânia, por intermédio da Agência Municipal do Meio Ambiente (AMMA), e da Consciente Construtora, também idealizadora do Projeto Calçada Consciente. Essa praça foi a primeira da cidade a implantar o piso drenante. A Praça do Sol conta com um parque infantil com piso em placas de borracha anti-impacto e drenante.

O Parque Linear Macambira Anicuns começou a ser implantado em 2014 e ficou pronto em 2018. Esse parque é uma recomposição urbana ambiental e era um ponto crítico de inundações. O piso drenante foi implantado por exigência da AMMA, devido ao seu menor impacto no meio ambiente. Foram executados 6.570,32 m² de piso drenante em trechos de pistas de caminhada, ciclovia e acesso a travessias de pedestre (ponte). O tipo de piso



utilizado foi o de placas de concreto pré-moldado drenante, com dimensões de 20 x 40 x 7 cm, modelo megadreno, como mostra as figuras 1, 2 e 3 (MÁXIMO, 2019).

Figura 1 – Execução do piso drenante no Parque Linear Macambira Anicuns



Fonte: Máximo (2019)

Figura 2 – Execução do piso drenante no Parque Linear Macambira Anicuns



Fonte: Máximo (2019)



Figura 3 – Piso drenante no Parque Linear Macambira Anicuns



Fonte: Autora (2019)

Analisando os dados referentes às regiões e setores onde ocorreram os casos de alagamentos, inundações e enxurradas, não foi constatado efeito positivo, ainda, da instalação do piso drenante como medida de controle de drenagem em relação aos casos desses fenômenos registrados pela Defesa Civil, visto que, o número de incidentes não diminuiu em relação àqueles antes da instalação do piso nas regiões mencionadas. Isso pode ser justificado pelo fato da iniciativa ainda ser recente e cobrir pequenas áreas da cidade.

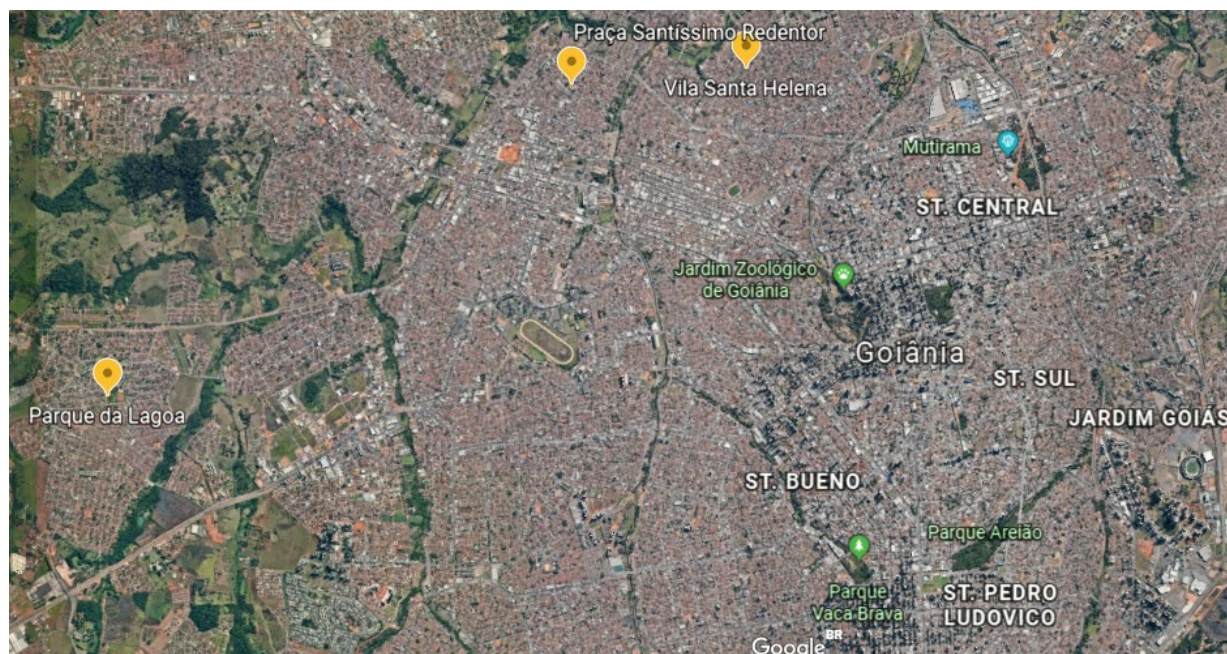
Locais Sugeridos para Implantação do Piso Drenante como Método de Controle da Drenagem Urbana

O uso do piso drenante ainda é pouco comum na cidade de Goiânia, com exceção do Parque Linear Macambira Anicuns, a maioria dos locais que já contam com ele não são pontos críticos que sofrem com a deficiência do sistema de drenagem urbana. Foi verificado que a maioria das ocorrências aconteceram em regiões periféricas da cidade, sendo de extrema importância implantar o piso drenante em praças e calçadas desses locais. Sendo assim, sugere-se a implantação do piso drenante no setor São José, na praça Santíssimo Redentor, pois esse setor foi o mais crítico da cidade, apresentando 78 ocorrências de inundações em apenas 6 anos.

Além disso, embora a Vila Santa Helena não possua praça, o setor apresentou 16 ocorrências e seria interessante a implantação do piso em comércios, calçadas e demais estabelecimentos. Esses dois setores estão localizados na região Campinas/Centro. No setor Parque Industrial João Braz também foram verificadas 16 ocorrências de alagamentos ao

longo dos anos avaliados, 15 delas em janeiro de 2018. Esse setor possui uma praça, denominada Parque da Lagoa, que está localizado na região Oeste. Esse parque conta com uma área bem significativa, por isso, sugere-se a implantação de pista de caminhada e ciclovia com piso drenante. O mapa da Figura 4 destaca os 3 setores críticos descritos acima.

Figura 4 – Mapa dos setores mais críticos de 2013 a 2018



Fonte: Google Earth (2019)

Para melhor controlar a drenagem urbana da cidade, é necessário propor melhorias no Plano Diretor, com obrigatoriedade de implantação do piso drenante ou outro tipo de pavimento permeável em calçadas, pavimentos de indústrias, comércios, shoppings, etc. Propor outras medidas de controle, como jardim de chuva nas calçadas, plantio de árvores, podendo oferecer subsídios aos proprietários ou descontos no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), oferecer incentivos para atrair empresas de tecnologia e companhias preocupadas com a sustentabilidade. A grande urbanização do mundo gera cada dia mais grandes desafios ambientais, portanto, é necessário que os políticos tenham a sustentabilidade como um dos pontos principais.

Vantagens e Desvantagens do Piso Drenante

De acordo com Dores Neto (2016), as principais vantagens do piso drenante são: pode ser reaproveitado; sua instalação não necessita de equipamentos pesados; não poluente; é resistente ao atrito; bastante aderente; proporciona conforto térmico; ótimo custo benefício a longo prazo; boa durabilidade; beleza; se destacou pela característica ecológica, devido sua composição ter grande quantidade de materiais reciclados, como pneus, vidro, entulhos das



construções, restos de pedras naturais (granito, mármore), fibras vegetais; filtra poluentes leves e sedimentos finos e, além disso, uma das principais vantagens é a possibilidade de recarga do aquífero.

Em relação às desvantagens, destacava-se a manutenção periódica; o alto custo para execução (a curto prazo, embora os benefícios a longo prazo sejam significativos); colmatação das camadas permeáveis; contaminação do lençol freático quando a água da chuva entra em contato com contaminantes (CANHOLI, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS


Essa pesquisa realizou uma correlação das inundações, alagamentos e enxurradas que ocorreram na cidade de Goiânia, desde o primeiro ano de implantação do piso drenante, que foi no ano de 2013, tendo como pioneira a Consciente Construtora e Incorporadora, até 2018. De acordo com os dados coletados, verificou-se que esse piso ainda é pouco utilizado na cidade, não só pelo fator financeiro, mas pela baixa percepção sobre a importância desse tipo de tecnologia, diferente do que ocorre em outros países, como EUA e alguns locais da Europa.

Foi verificado que os locais mais críticos de Goiânia estão localizados nas regiões Campinas/Centro, Norte e Oeste. Em 6 anos (2013 a 2018) a região Campinas/Centro apresentou 113 ocorrências de alagamentos, sendo 78 no setor São José, 57 delas só em fevereiro e março de 2016, e 16 na Vila Santa Helena, sendo 12 delas em abril de 2016. A região Norte obteve registro de 31 ocorrências, 10 no setor Gentil Meireles e o restante em pontos distintos. E a região Oeste apresentou 26 ocorrências, sendo 16 no setor Parque Industrial João Braz, 15 delas só em janeiro de 2018. Sendo assim, foi sugerida a implantação do piso drenante em 3 locais, visto que são os mais críticos (Praça Santíssimo Redentor, Vila Santa Helena e Parque da Lagoa).

Uma questão preocupante na cidade de Goiânia é a falta de informação que a população e o setor público têm em relação à infraestrutura sustentável, visto que as pessoas enxergam esses investimentos como gastos desnecessários. Uma sugestão seria implantar nas escolas uma matéria específica de sustentabilidade, para que as crianças desde a infância entendam a importância e apliquem isso no seu dia a dia. Também seria interessante por parte do poder público o oferecimento de cursos e palestras gratuitas com soluções inovadoras, já utilizadas em outros países, dando incentivos às pessoas e empresas que implantarem sistemas de infraestrutura sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. B.; FERREIRA, O. M. **Calçadas Ecológicas: construção e benefícios sócio-ambientais**. 28p. 2008. Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental. PROPE. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia.
- CANHOLI, A.; **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: 2ª edição, Editora Oficina de Textos, 2014.
- CAVARARO, R. **Perfil dos Municípios Brasileiros 2013**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2014.
- DEFESA CIVIL. **Planilha de pontos de alagamentos**. Goiânia: 2019.
- DENENO, M. **Sobre pisos permeáveis e drenantes – características técnicas**. 2015. Disponível em: <www.rhinopisos.com.br/site/files.php?id=701>. Acesso em: 02 abr. 2019.
- DORES NETO, J. A. **Piso drenante**. Goiânia: Programa Urbano Ambiental Macambira Anicuns - PUAMA, 2016.
- FERNANDES, M. L. F.; RAMOS, M.; TOLENTINO, M.; FOFONKA, L. Impermeabilização excessiva do solo: Impactos Ambientais Negativos. **Educação Ambiental em Ação**, n. 49, 2014.
- HARDSCAPE. **Piso intertravado – você sabe o que é?** Disponível em: <<http://www.hardscape.com.br/piso-intertravado/>>. Acesso em: 14 jun. 2019.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População no último censo**. 2018. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/goiania/panorama>> Acesso em: 27 abr. 2019.
- KOBAYASHI, F. Y. et al. **Drenagem Urbana Sustentável**. 2f. 2008. PHD 2537- Água em Ambientes Urbanos – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MARCHIONI, M. L., SILVA C. O. **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas**. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2010.
- MÁXIMO, F. **Piso drenante Parque Linear Macambira Anicuns**. Goiânia: Programa Urbano Ambiental Macambira Anicuns - PUAMA, 2019.
- MELLO M. D.; NASCIMENTO R. S.; LIN S. C. Universidade Federal de Santa Catarina. Educação para a prevenção e redução de riscos climáticos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, s. n., 98 p., 2014.
- REGO, T. L.; BARROS, J. R. Alagamentos e inundações em Goiânia: uma análise a partir da imprensa local e dos registros da defesa civil. **Instituto de Estudos Sócio-Ambientais – IESA**, v. 1, n. 21, p. 170-185, 2014.
- RIBEIRO, M. E. J. **Infraestrutura verde: uma estratégia de conexão entre pessoas e lugares. Por um planejamento urbano ecológico para Goiânia**. 179 p. 2010. Tese



(Doutorado) - Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, São Paulo.

SANTOS, K. R. **Distribuição espacial das inundações em Goiânia (GO) e análise desse fenômeno na bacia do Córrego Pedreira.** 2010. Dissertação (Mestrado) – Geografia - Instituto de Estudos Socio Ambientais. Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SANTOS, K. R.; ROMÃO, P. A. Espacialização de inundações em Goiânia-GO (2004-2007). **Boletim Goiano de Geografia**, v. 30, n. 2, p. 81-97, 2010.

TETRACON – PISOS INTERTRAVADOS. **A presença do piso drenante em Goiânia.** 2017. Disponível em: <<https://tetraconind.com.br/blog/a-presenca-do-piso-drenante-em-goiania/>>. Acesso em 15 abr. 2019.

CAPÍTULO 10

UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS ORIUNDOS DE RESÍDUOS CLASSE A EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO

Vaney dos Santos Pereira, Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Cristina de Fatima Mattos Antunes, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Luiz Guilherme Gonzaga Borba Ferreira, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Laynara Xavier Barroso, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

RESUMO

A construção civil vem gerando anualmente milhares de toneladas de resíduos. Esses resíduos vêm se tornando um grande problema nas cidades pois os espaços que eles ocupam são muito grandes e isso faz com que seja necessário a busca de soluções para esse problema. A reutilização desses resíduos após um processo de reciclagem é uma das melhores soluções para diminuir o impacto ambiental causado pela extração de agregados da natureza e a disposição final dos resíduos produzidos. Este trabalho tem como objetivo analisar a adição de agregados reciclados nas diferentes fases de aplicação das argamassas utilizadas em alvenarias de vedação a fim de verificar o comportamento destas, uma vez que sua eficácia poderia diminuir a quantidade de resíduos depositados em aterros e conseqüentemente diminuir os custos das obras. No estudo de caso apresentado nesse artigo foram produzidas três alvenarias com diferentes misturas de areia nos traços utilizados. Foram realizadas comparações entre elas relacionadas a trabalhabilidade e a avaliação visual do acabamento das mesmas. Tendo como referência a alvenaria constituída apenas com agregado convencional foi possível verificar a viabilidade das demais e assim foi constatado a viabilidade da adição de agregados reciclados nas argamassas em quantidades inferiores a 50% sem a utilização de aditivos, conforme comprovado por outros pesquisadores em referencial teórico. Um fator a ser destacado foi a necessidade de um volume maior de água nos traços com agregados reciclados em relação ao traço com agregados convencionais, que se deve ao fato deles não estarem com o mesmo teor de umidade ou a heterogeneidade do agregado convencional.

Palavras-chave: construção; reciclagem; impacto ambiental.

INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades humanas que mais consome recursos naturais. O consumo desses materiais é algo inevitável, porém grande parte desses materiais podem ser reaproveitados após o seu uso. Por ano milhares de toneladas de entulhos são depositados em áreas licenciadas ou simplesmente descartados em locais inapropriados sem nenhum tipo de reaproveitamento ou reciclagem.



O reuso desses resíduos vem se tornando cada vez mais necessário devido à crescente demanda por novas edificações e reformas, além de reduzir o consumo de novos recursos naturais e dar uma destinação mais apropriada ao que sobra das obras da construção civil.


Os resíduos classe A, tema do presente trabalho, quando gerenciados desde a obra podem ser reaproveitados ou reciclados em quase 100% do seu total dando origem a novos agregados como areia e brita. De acordo com a NBR 15116 (ABNT, 2004), agregados oriundos de reciclagem não podem ser reutilizados em elementos estruturais, mas há uma infinidade de locais onde podem ser reempregados, como calçadas, assentamento de alvenaria, reboco, aterros e etc.

Ainda de acordo com a Resolução N°307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) “os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas”, prioritariamente esses resíduos devem ser reutilizados, reciclados ou em último caso depositados em aterros licenciados para que posteriormente possam ser reciclados, porém nem todas as empresas do ramo da construção civil tem a consciência ambiental necessária para lidar com os resíduos oriundos de suas obras, e muito disso deve-se a alguns empecilhos como o receio quanto as características dos agregados reciclados, e as poucas opções de empresas especializadas no tratamento e reciclagem de resíduos.

Além dos empecilhos quanto a qualidade dos materiais oriundos de reaproveitamento outro ponto negativo é a compra, pois os agregados reciclados são vendidos apenas em grande quantidade pelas usinas de reciclagem o que torna mais difícil a sua difusão no mercado, pois empresas ou pessoas físicas que compram agregados em menor quantidade não tomam conhecimento de como poderia ser benéfico a utilização de agregados reciclados em suas obras, tanto financeiramente quanto qualitativamente.

Uma solução mais acessível as empresas de construção seria a reciclagem dentro da própria obra geradora dos resíduos, essa opção se mostra rentável pois além de reutilizar os resíduos em etapas da obra a empresa pode economizar o que seria gasto com caçambas para retirada desse material.

Uma das etapas da construção civil que mais consomem agregados é o assentamento de alvenaria, chapisco e reboco. Essa é uma fase da construção em que podem ser empregados os agregados oriundos de reciclagem. O maior empecilho ainda é a falta de conhecimento quanto a qualidade da argamassa feita com esse agregado, pois nessa etapa é de fundamental



importância que se tenha um bom acabamento. Sendo assim se faz necessário mais estudos quanto a qualidade e acabamento quando da aplicação desses agregados.

Baseado nisso, esse trabalho irá apresentar um comparativo realizado utilizando três traços de argamassa para assentamento de alvenaria, aplicação de chapisco e reboco. Esses traços serão utilizados para construir e rebocar uma parede com dimensões de 63,5x88 cm. Assim, esse estudo visa demonstrar o padrão de acabamento e trabalhabilidade de argamassas contendo agregados reciclados em comparação a argamassas constituídas apenas por agregados convencionais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo utilizou referencial bibliográfico afim de embasar o tema e um estudo de caso com aplicação de agregados reciclados objetivando avaliar a diferença de aplicação dos mesmos em argamassa de assentamento e de revestimento de alvenarias convencionais.

O estudo foi realizado em uma residência familiar, sendo construídas, chapiscadas e rebocadas três paredes em alvenaria de tijolos cerâmicos com dimensões de 63,5x88 cm. Cada parede foi construída com argamassas compostas por diferentes misturas de areia.

Como materiais foram utilizados areia convencional, areia reciclada, cimento CP-II, 36 tijolos furados (14cmx29cmx9cm), uma masseira de plástico, uma peneira, uma pá, uma desempenadeira de plástico, uma brocha, uma enxada, água e um carrinho de mão.

No processo de assentamento de tijolos para construção das alvenarias foi utilizado o traço 1:3 (uma parte de cimento para três partes de areia) sem adição de aditivos ou cal. Os traços foram dosados conforme segue:

- O primeiro traço foi composto apenas por areia convencional;
- O segundo foi composto por 50% de areia convencional e 50% de areia reciclada;
- O terceiro foi composto apenas por areia reciclada.

Para a aplicação do chapisco também foi utilizado o traço 1:3 (uma porção de cimento para três porções de areia) porém em menor quantidade devido ao seu maior rendimento. Os traços do chapisco assim como os traços da argamassa também foram compostos por diferentes misturas de areias, sendo feitas nas mesmas proporções dos traços usados para construir as alvenarias.

Para o acabamento foi utilizado massa única que exerce a função de emboço e reboco. Para a aplicação da massa única na alvenaria já construída e chapiscada também foi utilizado o traço 1:3 (uma parte de cimento para três partes de areia), em condições iguais aos traços feitos para assentamento dos tijolos.

ÁREA DE ESTUDO

As alvenarias foram produzidas sobre uma viga baldrame (Figura 2). Essa viga já estava no local e não era utilizada como elemento estrutural. O local é em ambiente aberto e sujeito as ações do tempo como sol, chuva e vento.

Figura 02 – Viga Baldrame.



Fonte: Próprio autor, 2019.

COLETA DE DADOS

Em relação aos acabamentos das alvenarias os dados foram obtidos através de comparações entre as três paredes construídas levando em consideração a qualidade do reboco após a aplicação em cada uma delas. Quanto a trabalhabilidade das misturas os dados foram obtidos através de relatos do profissional que executou o serviço. Com o auxílio de um paquímetro foi possível medir as espessuras das camadas de chapisco e massa única.

ANÁLISE DOS DADOS

Através do estudo realizado foi possível avaliar a trabalhabilidade e o acabamento analisando visualmente as diferenças entre as três paredes construídas com seus diferentes tipos de areia. Em relação aos acabamentos das alvenarias foram feitas comparações entre as três paredes construídas levando em consideração a qualidade do reboco e o aspecto visual após a aplicação em cada uma delas. Essas comparações levaram em conta a qualidade final das alvenarias durante o processo de construção e após a aplicação da massa única.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na execução das alvenarias utilizando o traço 1:3 foi verificado que para o traço composto por 50% de areia comum e 50% de areia reciclada e no traço composto apenas por areia reciclada foi necessário adicionar mais água em relação a quantidade de água utilizada para levantar a parede composta apenas por areia comum (Figura 03). Isso se deve ao fato de que os agregados reciclados e convencionais não estavam com o mesmo teor de umidade. Outro fator é que os agregados reciclados são mais porosos e conseqüentemente absorvem mais água que os agregados convencionais de acordo com estudos realizados por Malta; Silva; Gonçalves (2013).

Após a adição de um volume maior de água nos traços compostos por agregados reciclados foi possível a sua aplicação. Os traços que continham agregados reciclados apresentaram maior dificuldade para a fixação dos tijolos de acordo com os relatos do profissional que levantou a alvenaria.

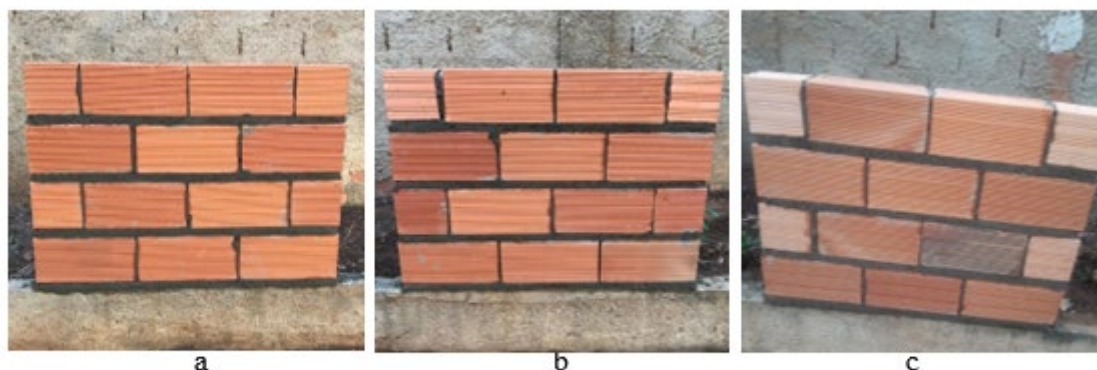
Figura 03 – Consistência das argamassas após a adição da mesma quantidade de água:
(a) argamassa com areia comum; (b) argamassa com 50% areia comum e 50% areia reciclada; (c) argamassa com 100% de areia reciclada.



O acabamento das três alvenarias, independente da dificuldade de fixação dos tijolos apresentada na argamassa, não apresentou diferenças, isso levando em conta o aspecto visual como mostrado na Figura 04.



Figura 04 – Alvenarias construídas com areias comum e recicladas: (a) argamassa com areia comum; (b) argamassa com 50% areia comum e 50% areia reciclada; (c) argamassa com 100% de areia reciclada.

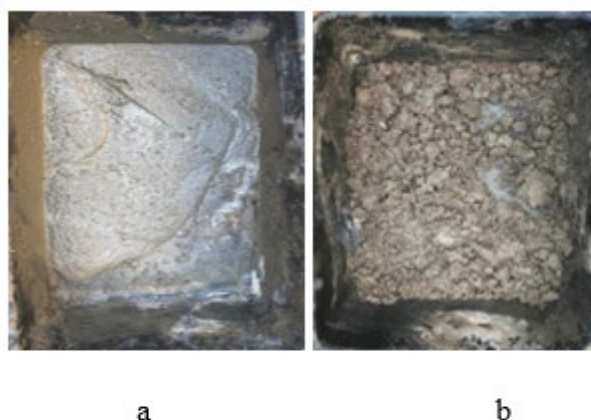


Fonte: Próprio autor, 2019.

Do mesmo modo como na argamassa utilizada no levantamento das alvenarias também foi necessário adicionar mais água nos traços compostos por agregados reciclados para a aplicação do chapisco.

A Figura 05 mostra a diferença dos traços que continham agregados reciclados após a adição da mesma quantidade de água. Na imagem é possível notar que o traço composto por 50% de agregado reciclado e 50% de agregado convencional é mais fluido e o traço composto por 100% de agregado reciclado apresenta um aspecto seco mesmo sendo utilizado nos dois o mesmo volume de água. O traço que continha apenas agregado convencional apresentou boa aplicabilidade utilizando a mesma quantidade de água das outras misturas.

Figura 05 – Diferença entre as consistências das argamassas para chapisco após adição da mesma quantidade de água: (a) argamassa com 50% areia comum e 50% areia reciclada; (b) argamassa com 100% de areia reciclada.

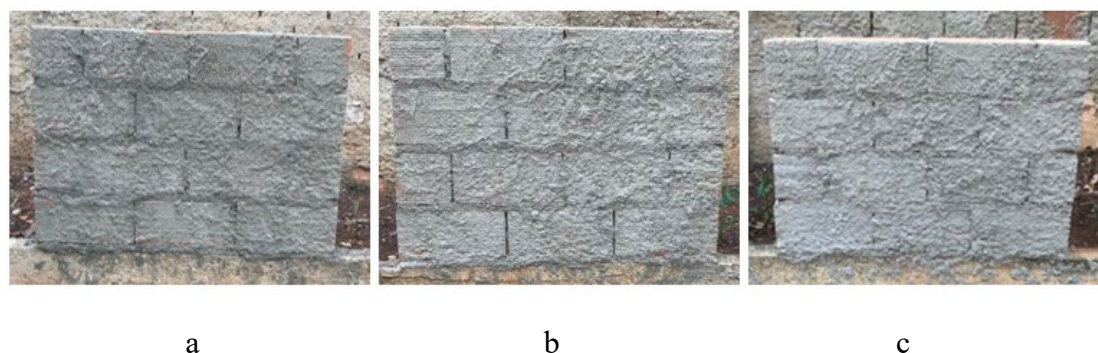


Fonte: Próprio autor, 2019.

Ainda que a NBR 7200 - Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – procedimento (ABNT, 1998), oriente um tempo de cura de 14 dias para alvenaria de tijolos cerâmicos, devido a necessidade de se fazer o estudo em tempo hábil essa orientação não foi seguida. Sendo assim após passadas 24 horas da construção das alvenarias foi aplicado o chapisco com uma espessura igual a 2 mm.

A aplicação do chapisco foi possível após a adição da água necessária nos traços que continham agregados reciclados. Passadas 24 horas da aplicação foram analisadas as diferenças entre as três alvenarias levando em conta o aspecto visual. Foi constatado que não houve diferenças significativas como mostrado na Figura 06.

Figura 06 – Alvenarias após a aplicação do chapisco: (a) chapisco com areia comum; (b) chapisco com 50% areia comum e 50% areia reciclada; (c) chapisco com 100% de areia reciclada.



Fonte: Próprio autor, 2019.

Após passados sete dias foi aplicada a massa única com uma espessura de 2 cm, utilizando o traço 1:3 nas três alvenarias. Da mesma forma como nos traços utilizados para fixação da alvenaria e chapisco foi necessário também a adição de uma quantidade maior de água nos traços compostos por agregados reciclados. O Quadro 04 apresenta as quantidades de água utilizadas em cada alvenaria durante todas as etapas do estudo.

Quadro 04 – Quantidade de água utilizada em cada traço.

Volume de água adicionado as dosagens			
Argamassa	Alvenaria		
	Agregado convencional	50% agregado convencional + 50% agregado reciclado	Agregado reciclado
Assentamento	3,00 litros	3,75 litros	3,99 litros
Chapisco	0,50 litros	0,63 litros	0,67 litros
Massa única	3,00 litros	3,75 litros	4,00 litros

Fonte: Próprio autor, 2019.

Passadas 24 horas da aplicação da massa única nas alvenarias revestidas com chapisco foi constatado o aparecimento de fissuras de 0,6 mm (Figura08) na alvenaria que continha apenas areia reciclada.

Figura 08 – Alvenaria produzida apenas com agregados reciclados.




Esse processo de fissuração ocorre devido ao fato de que a argamassa composta por agregados reciclados possui um processo de secagem mais rápida que as argamassas compostas por agregados convencionais. Essa perda de água faz com que a argamassa retraia e conseqüentemente ocorra o aparecimento de fissuras.

CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados pôde-se concluir que a argamassa composta por agregados reciclados é viável se houver uma combinação entre agregados reciclados e convencionais. Essa conclusão também foi apresentada por Neno (2010) em seus estudos, confirmando a viabilidade da substituição de agregados convencionais por agregados reciclados se essa substituição for feita em quantidades menores que 50%.

Em casos em que seja possível a utilização de agregados reciclados em quantidades superiores a 50% sugere-se fazer estudos utilizando cimento em diferentes proporções e tipos. Outro ponto a ser estudado é a adição de aditivos nos traços a fim de verificar possíveis melhorias na trabalhabilidade, aderência, e evitar a fissuração dos elementos produzidos com traços compostos por adições de agregados reciclados.

Apesar de não ser o foco deste estudo, em relação a viabilidade financeira da adição de agregados reciclados em argamassas foi possível concluir que há uma economia significativa



pois o custo da tonelada da areia reciclada é R\$ 22,00 (RNV Resíduos, 2019), e o custo médio da areia média é de R\$ 67,00. O custo em porcentagem para construir a alvenaria com agregados mesclados foi 33,58% menor que o valor gasto para construir a alvenaria composta apenas por areia convencional. Sendo assim a alvenaria que foi construída com 50% de agregado reciclado e 50% de agregado convencional se mostrou a mais viável levando em conta os aspectos qualitativos, ambientais e financeiros.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. In: GODEMBERG, J. (Coord.). Sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2011. V. 5.

ARAÚJO, Neuber Nascimento de. **Desempenho de argamassas de revestimentos produzidas com agregados reciclados oriundos do resíduo de construção e demolição da Grande Natal-RN**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) - **Panorama dos Resíduos sólidos no Brasil 2012**– Disponível em:<www.abrelpe.org.br>. Acessado em 02/10/2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - **NBR 15112 - Resíduos de construção civil e resíduos volumosos –Áreas de transbordo e triagem** –Diretrizes para projeto, implantação e operação.Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - **NBR 15113 - Resíduos de construção civil e resíduos inertes –Aterros** –Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.


ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - **NBR 15114 - Resíduos sólidos da construção civil –Áreas de reciclagem** –Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - **NBR 15115 - Agregados reciclados de resíduos sólidos de construção civil –Execução de camadas de pavimentação** –Procedimentos.Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - **NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparação de concreto sem função estrutural**.Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - **NBR 7200 -Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas** – procedimento.Rio de Janeiro, 1998.

BARROS; R. T. V. **Elementos de gestão de resíduos sólidos**. Ed. Tessitura. 424p. Belo Horizonte, 2012.



BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. **Manual Técnico: gestão de resíduos sólidos em canteiros de obras.** Brasília: SEBRAE/DF, 2007.

DA SILVA, Welighda Christia; SANTOS, Gilmar Oliveira; DE ARAÚJO, Weliton Eduardo Lima. **Resíduos Sólidos de Construção Civil: Caracterização, Alternativas de Reuso e Retorno Econômico.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 6, n. 2, p. 286-301, 2017.

FERREIRA, L. H. F. **Aproveitamento de Entulho**, 2010. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br>>. Acessado em 01/10/2019

MALTA, Juliana Oliveira; SILVA, Vanessa Silveira; GONÇALVES, Jardel Pereira. **Argamassa contendo agregado miúdo reciclado de resíduo de construção e demolição.** Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, v. 1, n. 2, p. 176-188, 2013.

NENO, Catarina. **Desempenho de argamassas com incorporação de agregados finos provenientes da trituração do betão.** 2010. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

PICCHI, F. A. **Desperdício impera na construção civil.** O Estado de São Paulo, São Paulo, 16 maio 1993.

PINTO, T. P. **De Volta à Questão do Desperdício.** Construção, São Paulo, Ed. Pini, nº 2491, nov. 1995.

Resolução CONAMA Nº 307/2002 - **Política nacional dos resíduos sólidos.** Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acessado em 29/09/2019.

RNV RESÍDUOS – Disponível em: <<http://www.rnvresiduos.com.br>>. Acessado em 29/09/2019.

VIEIRA, G. L.; DAL MOLIN, D. C. C. **Viabilidade Técnica da Utilização de Concretos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 47-63, dez. 2004.

CAPÍTULO 11

BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE NAS CONSTRUTORAS

Larissa Borille, Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Túlio Meirelles Pinheiro, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

Álvaro Pereira do Prado Neto, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

Guilherme Dias Costa Pinto, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

RESUMO


Nos últimos anos as empresas construtoras têm buscado a certificação do Sistema de Gestão de Qualidade (SGQ), principalmente a ISO 9001 e PBQP-H. Diversos autores demonstram os processos necessários para a implantação e certificação e abordam as expectativas futuras obtidas por intermédio do sistema. O presente trabalho tem o escopo de comparar duas empresas localizadas na cidade de Goiânia-GO, sendo uma certificada e a outra não. Para o estudo de caso utilizou-se um questionário elaborado com o intuito de averiguar a situação em que as empresas se encontram no que tange as principais áreas influenciadas por uma certificação. O entrevistado avalia o grau de importância de uma série de benefícios e responde atribuindo notas em uma escala de 1 a 5. Ao comparar as empresas foi possível observar e identificar por meio de gráficos que a empresa certificada obteve melhores resultados quanto aos benefícios relacionados as áreas financeiras/administrativas, operacionais, e nas relações com funcionários e clientes.

Palavras-chave: benefícios, PBQP-H, qualidade.

INTRODUÇÃO

A implantação e a certificação de Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) no setor da construção civil teve início no Brasil em meados dos anos 90. Este movimento foi baseado na série de normas da ISO 9001 e posteriormente, o PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat), onde vieram a surgir novas iniciativas com o objetivo de trazer melhorias na qualidade dos produtos e processos, e aumento a competitividade das empresas do setor.

Atualmente o setor da construção civil é constantemente criticado pelas características de seu processo produtivo, onde é visto por ineficiências e grandes geradores de desperdícios quando se trata de variedades de materiais; baixo nível de instrução da mão de obra e produção de caráter artesanal, o que acabam dificultando o gerenciamento dos processos de



produção, e como consequência, as empresas construtoras vem apresentando seus desempenhos e competitividade de maneira negativa no mercado. (AMBROZEVICZ, 2003; MESEGUER, 1991).


Além disso, a gestão da produção na construção é dificultada por algumas particularidades do setor, como caráter único do produto, uso intensivo de mão de obra, produção sujeita a ação de intempéries, responsabilidades diversas e pouco definidas, grau de precisão menor do que em outros tipos de indústria, seja em termos de precisão dimensional ou de prazos e custos. (SOUZA, 1997)

Estas peculiaridades geradas através de falhas de âmbito gerencial causam a falta de planejamento ou a adoção de modelos simplificados e inadequados para planejar e controlar o sistema produtivo, e implicam dificuldades de obter resultados previsíveis e repetitivos, ou seja, um processo de produção estável.

Pelo contrário, os empreendimentos da construção civil se desenvolvem em um ambiente de alta incerteza, gerada pela presença de variabilidade, o que pode resultar em longos tempos de ciclos de produção, aumenta de estoque em processo de redução na capacidade de produção devido à má utilização dos recursos. E as penalidades são geradas através dessas variabilidades de forma direta e indireta, o desempenho com alto nível de desperdício de materiais, baixos níveis de produtividade é um dos maiores desafios para a gestão da produção, tanto em indústria de manufatura quanto na construção civil.(BALDINI, 2015)

Ainda Baldini (2015), as empresas têm visado estratégias como resposta à necessidade de ampliar ou conservar seu lugar no mercado no sentido de gerenciar de forma mais efetiva no sistema produtivo da construção civil. E uma das estratégias é a implantação de programas de qualidade, com intuito de sanar problemas que surgem em seus processos seletivos.

As empresas que implantam o sistema apresentam benefícios através de resultados positivos em seu setor interno e externo, adquirindo melhorias em seu controle dos serviços por meio de planilhas eletrônicas, fichas de verificações nas construções, constante organização do canteiro de obras, a clara definição de atribuições relatadas no manual de descrição de funções e procedimentos operacionais, a padronização de processos e a qualificação incessante da mão-de-obra geram menor desperdício em todas as etapas do processo da construção civil.



Heras, Dick e Casadesúsv (2002) analisam a relação existente entre a certificação e o desempenho financeiro das empresas. O estudo compara financeiramente 400 empresas certificadas na ISO 9000 com outras 400 empresas que não são certificadas, todas localizadas na Espanha, a partir de dados obtidos de auditorias financeiras de um período de cinco anos. Os resultados demonstram que as empresas certificadas possuem melhor desempenho financeiro. Entretanto, não é possível afirmar que a certificação é a causa do melhor funcionamento, uma vez que tais empresas também apresentaram um melhor desempenho antes da certificação. Os autores concluem que as empresas de melhor desempenho possuem uma maior propensão a adotar a certificação.

Vários estudos apontam as vantagens da certificação para as empresas construtoras. Segundo Souza (2004), a certificação segundo a norma 9001 traz para a empresa os seguintes benefícios: *Aumento de qualidade nos processos; Redução de custos; Padronização dos processos empresariais; Integração da cadeia de fornecedores e clientes internos; Informatização da empresa.*


Observada que há uma necessidade de melhoria na empresa, a implantação do Sistema de Gestão da Qualidade vem com objetivo de melhorar constantemente seus processos internos que resultam na eficácia de seus objetivos considerando a utilização dos processos ambientalmente corretos e com responsabilidade social. Um sistema de gestão da qualidade traz as ferramentas necessárias para monitorar e melhorar o desempenho em qualquer área do interesse empresarial.

O presente trabalho tem como objetivo identificar a importância da implantação do Sistema de Qualidade em empresas da construção civil através dos benefícios gerados por essa ação e compará-la a uma outra empresa que não a possui.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada em Goiânia, onde os empreendimentos estão em funcionamento. O primeiro empreendimento estudado, ora denominado por Empresa 1, está em funcionamento há aproximadamente 37 anos, atuando no mercado como incorporadora. O segundo empreendimento estudado, ora denominado por Empresa 2, está em funcionamento há aproximadamente 13 anos, atuando no mercado como construtora direcionada a serviços de reformas gerais e obras de licitações.



A pesquisa foi realizada entre nos meses de outubro e novembro no ano de 2019. A Empresa 1 possui a certificação da qualidade e nível A do PBQPH. A Empresa 2, por sua vez, não possui o sistema. Diante desse fator que diferem ambas foi analisado o desempenho individual de todos os processos necessários para alcançar o nível do sucesso de boa gestão e bom desenvolvimento na área da construção civil.

COLETA DE DADOS

O levantamento prévio das informações foram obtidos com o representante da direção da empresa 1 responsável pelo monitoramento e gerenciamento do sistema, e com funcionário que tem grande importância e função da empresa 2.

A pesquisa foi realizada *in loco*, por meio de entrevista e a coleta de dados através de questionários (Apêndice) que contemplaram quesitos relacionados aos níveis de controles internos e externos, a relação satisfatória dos clientes e o nível de envolvimento dos funcionários, por meio de coeficientes de avaliação (1 a 5).


Todas as questões e os itens que constam no questionário foram baseados em pesquisas similares nacionais e internacionais, notadamente referente à certificação na norma ISO 9000.

Uma vez que há compatibilidade entre a ISO 9001:2015 e o PBQP-H, não há problema em se comparar tais pesquisas.

ANÁLISE DOS DADOS

Após a aplicação dos questionários, os dados foram levantados e tabulados de forma a demonstrar a diferença de desenvolvimento e o controle de processos de cada empresa entrevistada com intuito de incentivar as empresas que não possuem a certificação a obterem o sistema, pois através da comparação notou-se que a Empresa 1 possui dados de desenvolvimento e controle de processos superiores a Empresa 2.

Os dados obtidos foram analisados com auxílio de uma planilha eletrônica e gerados em forma de gráficos para melhor visualização de comparações. Realizou-se também uma análise de frequência das respostas quanto à pontuação na escala de um a cinco. Assim, procedeu-se a análise quantitativa através dos dados obtidos, e obtendo uma média das pontuações, que podem ser complementados e justificados por uma análise de cunho qualitativo, baseada nos comentários realizados pelos entrevistados.



Atualmente na capital goiana existem cerca de noventa empresas certificadas no PBQP-H (PBQP-H,2019). Muitas empresas construtoras com pouco tempo de mercado adquirem o sistema. Isto depende muito dos donos do empreendimento e não do tempo de mercado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Empresa 1

Atua no mercado aproximadamente 37 anos. É considerada uma das 3 melhores construtoras do estado de Goiás atualmente por ter participado de construções significativas dentro da capital.

O funcionário entrevistado é responsável pelo funcionamento do sistema de gestão de qualidade. Conta com apoio de uma estagiária que mantém as fiscalizações na área interna e externa da empresa para o controle do funcionamento do programa.

A construtora levou em torno de 1 ano para obter a certificação. O dono motivou-se ao saber dos benefícios que estavam envolvidos no programa, e nisto informou aos funcionários sobre a implantação e precisava da colaboração de todos começando por ele, cargo maior ao cargo menor, onde todos passariam por um treinamento de serviço de seus devidos cargos precisando de preenchimentos de documentos de controle de serviços.

O entrevistado informou que obter a certificação não é fácil. Para uma empresa implantar o sistema tem que haver um investimento a mais no orçamento da gestão da empresa, contando primeiramente na contratação de mão de obra qualificada no setor de gestão e ainda seguir todos os requisitos da norma 9001 e do PBQP-H.

Empresa 2

Atua no mercado há aproximadamente 13 anos. É uma empresa de pequeno porte, pouco conhecida diante de suas grandes obras já executadas dentro e fora da capital Goiana.

Seu desenvolvimento é realizado através de controles internos realizados e criados pelos funcionários em planilhas eletrônicas. A empresa situa-se em uma sala, onde é o escritório, contando com a gestão de 4 empresas distintas, mas todas interligadas no ramo da construção civil.

O entrevistado da empresa, que possui o cargo de administrador, deixou claro que foram realizados cursos da qualidade junto ao dono para que o sistema fosse implantado. A empresa passou pelas etapas de consultoria e acompanhamento de pessoas qualificadas

externas, mas não houve a colaboração das partes responsáveis ao nível de seguir com o processo. Portanto, a certificação não foi concluída e disponibilizou um documento de forma esquemática sobre o Sistema de Gestão da Qualidade.

O controle interno acontece normalmente, porém o nível de dificuldade é maior, o entrevistado deixa claro que as informações que chegam até o escritório não são suficientes para obter o controle, podendo até fazer lançamentos de documentos e informações em planilhas erradas.

Comparação entre as Empresas

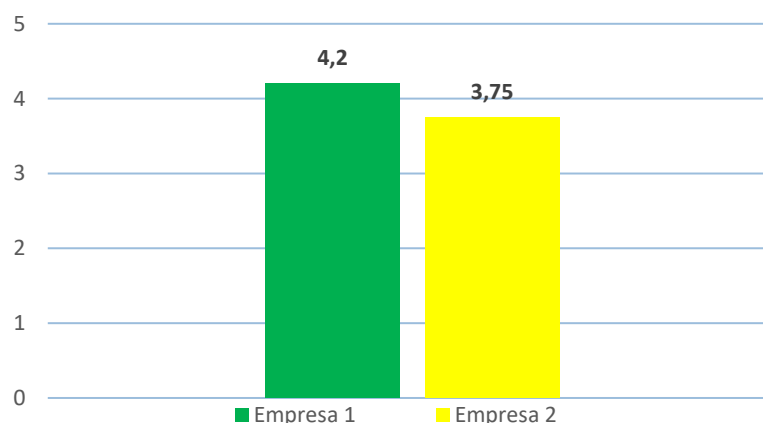
Diante das informações estabelecidas nos subitens anteriores é possível estabelecer uma comparação entre as empresas em estudos no que tange:

Benefícios Financeiros/Administrativos

A comparação das empresas restou evidente que ambas não possuem formas de avaliação da qualidade em termos financeiros ou administrativos. Por isto, a avaliação foi feita através de análise individual dos funcionários entrevistados.

O Gráfico 1 a seguir, apresenta o resultado obtido através dos benefícios que cada uma delas possui de acordo com a pesquisa.

Gráfico 1 – Benefícios Financeiros/Administrativos



Nota-se que empresa 1 apresentou uma média de 4,2 enquanto a empresa 2 sua média foi de 3,75. Quando se trata de gerenciamento da empresa, o sistema de gestão de qualidade propõe de todas as formas esta melhoria na gestão, tanto que na implantação do sistema para obter a certificação é necessário que todos os requisitos da norma têm de estar ativas, principalmente na gestão da empresa, caso contrário não é possível obter a sua conclusão de certificação.



Através do sistema de SGQ, é notável a melhoria da empresa ao conseguir financiamentos. O responsável da empresa 1 informou que o acesso a financiamentos é eficaz, pois a certificação é um programa gerado pelo Governo Federal, o que resulta em série de benefícios. Quanto a empresa 2, informou que não é necessário obter a certificação para conseguir o financiamento, mas depende muito do órgão financiador: “Quando eles querem emprestar dinheiro, é fácil. Quando não querem, sempre encontram algumacoisa para complicar. É muita burocracia”.

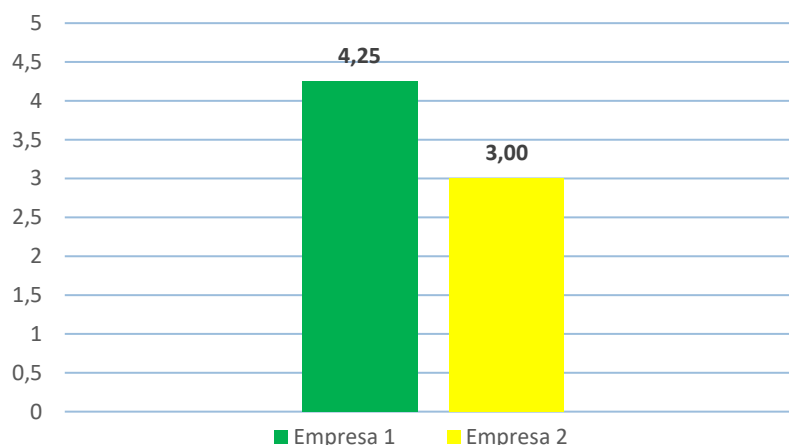
O aumento de competitividade melhorou para a empresa 1 que conseguiu ter acesso a obras de grande porte, como o acesso da Minha Casa Minha Vida, que a caixa oferece em apoio com o Governo Federal, mas que para ter acesso, um dos requisitos exigidos é a certificação. A empresa 2 mantém seu nível de desenvolvimento sem aumento de competitividade com obras conquistadas particularmente e entre outras obras públicas que não obrigam a certificação conquistadas através de licitações.

Quando se trata de redução de custo da empresa, afirma a empresa 1 que é notável seu controle de custo após a certificação. O sistema tem função de gerenciamento no controle de materiais, diminuir os desperdícios e os retrabalhos dos funcionários. Entretanto, este controle de custos não se converte integralmente em aumento de lucratividade, pois o sistema gera outros custos relacionados ao seu funcionamento dentro da empresa, implicando custos com auditorias, consultorias e aumento de efetivo para cumprir os requisitos do programa. Já a empresa 2 não possui o custo de sistema de qualidade, porém possui desperdícios de materiais em suas obras, já que não possui controle de materiais, o que implica em resultados inferiores a empresa 1 por não contar com os benefícios do programa de gestão.

Benefícios Relacionados Aos Clientes

Os benefícios relacionados aos clientes visam a satisfação e a diminuição de reclamações da área de construção civil são apresentados pelo Gráfico 2:

Gráfico 2- Benefícios Relacionados Aos Clientes



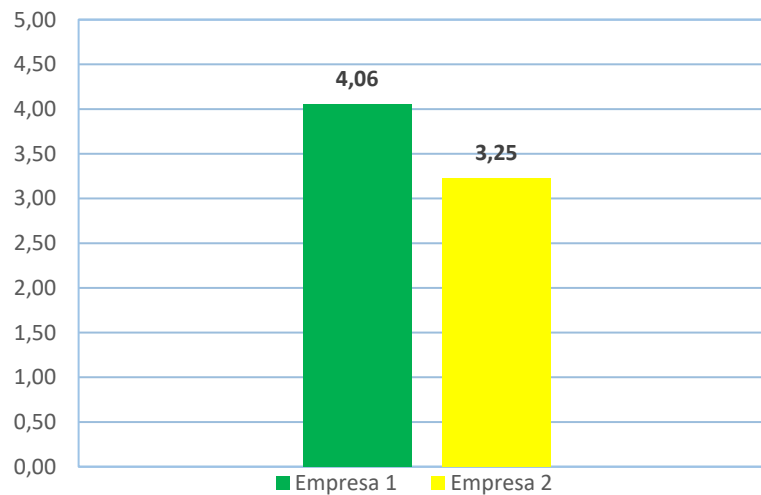
Segundo a avaliação das empresas consultadas, a redução de reclamações é o maior benefício relacionado aos clientes. A empresa 1 com média de 4,25 destaca que o número de reclamações reduziu muito após a certificação, havendo aumento da satisfação dos clientes e melhorando a imagem da construtora, proveniente do investimento no sistema.

Enquanto a empresa 2, com sua média 3,00, possui o nível de reclamações variado de acordo com o serviço realizado através das empreitadas realizadas, tendo em vista que precisa melhorar o monitoramento e fiscalização das obras. Isto porque a empresa 2 não conta com treinamentos de funcionários, apenas com a qualificação dos empreitados, mas que as vezes pode ter retrabalhos, causando reclamações e insatisfação com o produto.

Benefícios Relacionados Aos Funcionários

Essa etapa trata de como as empresas lidam em relação aos funcionários. É de extrema importância fornecer treinamentos aos contratados com intuito de oferecer serviços de qualidade e retribuir com a satisfação da empresa, gerando a satisfação do cliente. Também é importante oferecer um bom convívio para que todos sejam uma equipe trabalhando sempre na mesma direção. O Gráfico 3 apresenta os resultados da pesquisa neste quesito:

Gráfico 3- Benefícios Relacionados Aos Funcionários



A empresa 1, com a média de 4,06, apresenta um maior envolvimento dos funcionários. Isto se dá através do envolvimento e postura das pessoas que possuem cargos de liderança, o que acarreta muito para a redução de desperdícios, não-conformidades e retrabalhos. A empresa 2, com média de 3,25, mostra que seus trabalhos, são executados conforme contratados, porém não há o mesmo incentivo dos funcionários em relação a empresa 1, em relação ao trabalho de equipe, sugestões de melhorias, controles de conformidades entre outros.

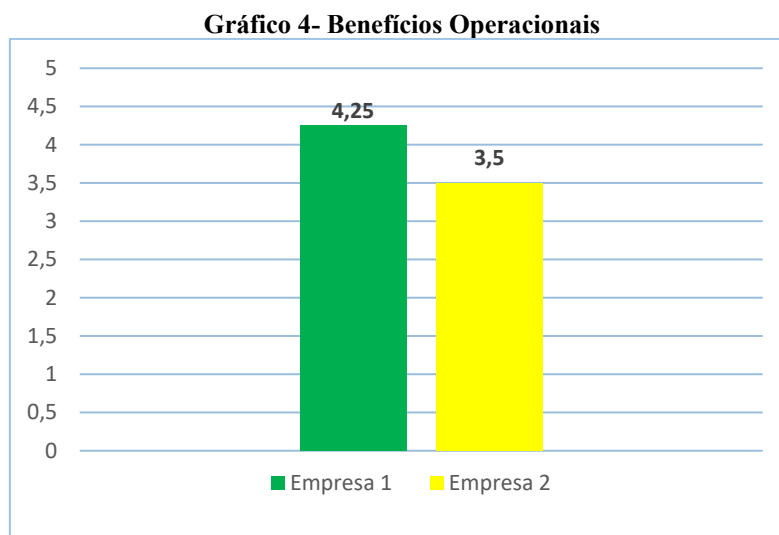
Na empresa 1, são realizados treinamentos para todos os funcionários recém contratados. A rotatividade de funcionários é baixa, pois seus contratos variam com o tempo de duração de execução do edifício. São incentivados a colaborar com as informações através preenchimentos de documentos, e a empresa disponibilizam cursos de qualificação no setor, treinamentos, e permitem simples esclarecimento de dúvidas com o engenheiro da obra ou com mestre de obras. Na segunda empresa o serviço é terceirizado, os funcionários não passam por treinamentos, são contratados com mão de obra qualificada, sendo que o custo do serviço pode sair além do que o desejado e sua rotatividade acaba se tornando muito alto em pouco tempo.

Quando a empresa segue os requisitos corretamente nas obras, os funcionários se envolvem mais. O responsável da empresa 1 comentou que é complicado manter o controle e envolvimento dos trabalhadores, por isso são sempre incentivados. O serviço é analisado etapa por etapa para verificar se está sendo feito dentro da conformidade. Essa verificação se dá por meio de documentos de controles preenchidos por fiscais e estagiários que monitoram o

andamento da obra, com isto, a empresa conta com o aproveitamento de 95% do empreendimento construído.

Benefícios Operacionais

Analisando o Gráfico 4, tem-se que a empresa 1 possui melhores benefícios operacionais por possuir a certificação, ao contrário da empresa 2:



A empresa 1 possui um gerenciamento melhor do que a empresa 2 e possui uma equipe treinada para todos os processos da construção. A preparação dos funcionários, desde sua contratação, é o primeiro passo para que o sistema funcione 100%, assim eles conseguem melhorar seus processos, obter padronização e reduzir as não-conformidades, passando sempre pelas vistorias e evitando falhas construtivas, logo, há o aumento de produtividade.

Nas empresas em questão, em relação aos benefícios de redução no prazo de entrega da obra, a análise foi a mesma. Nesse caso, a razão não depende somente do sistema de gestão, mas sim de condições climáticas, e o prazo de liberação de ordem de serviços e financiamentos.

CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi identificar, por meio de pesquisas em empresas do ramo da construção civil, a percepção do desenvolvimento de cada uma de acordo com suas realidades, uma vez que uma empresa possui certificação e a outra não. Portanto, foi possível demonstrar que a empresa que possui o sistema de certificação apresentou melhores índices de benefícios do que a empresa que não implantou o sistema.



Para demonstrar as diferenças identificadas entre as empresas foram analisadas quatro categorias de benefícios que contribuem para seus desenvolvimentos: financeiros/administrativos, clientes, funcionários e operacionais.

A empresa 1 apresentou melhores resultados. O aumento de benefícios adquiridos após a implantação foi satisfatório tanto para o proprietário quanto para os funcionários e clientes. A empresa 2, por sua vez, apresenta um nível equilibrado durante as etapas pesquisadas. A busca pela melhoria tanto na gestão da empresa quanto para os funcionários se torna algo estável e contínuo, e o foco está direcionado na entrega da obra e satisfação dos clientes, diferentemente da empresa 1, que busca sempre melhorias.


Em relação aos benefícios financeiros/administrativos, é perceptível a melhoria no gerenciamento da empresa e a facilidade de obter-se um financiamento. Entretanto, a empresa não percebe tanta influência do sistema na lucratividade da empresa, pois quando implantou o sistema, a empresa precisou ter gastos para manter a certificação, como a mão de obra qualificada e atendimento aos requisitos da norma.

Quanto aos benefícios adquiridos pelos clientes, a empresa 1 mostrou que com a implantação do sistema, houve a redução de reclamações e solicitações para assistência técnica. Trata-se de um indicativo de produtos entregues com qualidade e conformidade cada vez melhores. Quando a empresa investe na certificação, claramente tem o foco direcionado a disponibilizar os produtos com a qualidade que os clientes desejam e melhoram cada vez mais a sua imagem no mercado da construção civil.

Os benefícios relacionados aos funcionários estão ligados através da conscientização voltada para a qualidade. A disponibilização de cursos, treinamentos e qualificações, bem como os incentivos, contribuem para a realização do trabalho em equipe com qualidade, buscando a melhoria dos produtos e serviços. Isso reflete na melhoria de vida e de trabalho destes operários.

Em relação aos benefícios operacionais o destaque vai para a melhoria nos processos internos e suas padronizações. Também, o SGQ impede que haja na empresa o retrabalho e desperdícios de materiais de forma considerável. A empresa 1 afirma que o número de benefícios nesta etapa é evidente, pois a construção civil é vista como um dos setores que mais desperdiça materiais e a implantação do sistema influencia na sua redução.

A par de todas as etapas apresentadas, é possível observar que o Sistema de Gestão de Qualidade é o primeiro passo para a busca da melhoria da qualidade dos serviços ou produtos



realizados. Muitas empresas ainda não a possuem, por isto tendem a uma maior dificuldade de lidar com a organização interna e externa da empresa. As empresas construtoras que adquirem o sistema começam a ter um melhor desenvolvimento na gestão, adquirindo séries de qualidades, não somente para o atendimento dos requisitos dos clientes, mas também na execução de serviço de forma satisfatória e em conformidade, obtendo um bom lugar no mercado de trabalho.

Por fim, ficou demonstrada a importância da implantação do Sistema de Gestão da Qualidade em empresas com intuito de aperfeiçoar suas práticas, organizar os setores que as compõem e principalmente obterem vantagens e reconhecimento com esse investimento.

REFERÊNCIAS

ABNT –Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR ISO 9000 - **Sistema de Gestão da Qualidade: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT –Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBRISO 10015:2001**, Sistema de Gestão da Qualidade – Diretrizes para treinamento, 2001.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.**NBRISO 9001:2015**, Sistema de Gestão da Qualidade – Requisitos, 2015.

ABNT CB-25. Comitê Brasileiro de Qualidade. **Organismos de Normalização**. Disponível em: <http://www.abntcb25.com.br/>. Acesso em: 05 de nov. 2019.

ABRAHAM, M. **O impacto da gestão da qualidade na competitividade empresarial**. Disponível em: http://www.ufop.br/incultec/images/Artigos/o_impactoda_gestao_da_qualidade_na.pdf. ACESSO EM 26/09/2019


ADAMS, S. **Corra, o Controle de Qualidade vem aí!** Rio de Janeiro: Ediouro, 1997. 224 p.

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Metodologia para capacitação e implantação de sistema de gestão da qualidade em escala nacional para profissionais e construtoras baseado no PBQP-He em Educação à Distância**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ANDERY, P.R. e LANA, M.P. **O controle da qualidade na produção de edifícios – adequação ao PBQP-H**. In: Jornadas Sul Americanas da Engenharia Estrutural, Universidade de Brasília, 2002.

BALDINI, Renato R. **A Importância da implantação do Sistema de Gestão da Qualidade na construção civil**, Instituto de Pós-Graduação – IPOG. Ribeirão Preto, SP, 04 de Junho de 2015.

BRASIL. Ministério das cidades. **PBQP-H –Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat**. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/PBQP-H/>. Acesso em 20/10/2019



CARVALHO, Márcio Santana de. **O PBQP-H e a garantia da qualidade de habitações de interesse social.** In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXV, 2006**, Fortaleza. Anais. Fortaleza: ENEGEP, 2006. 1 CD-ROM.

COSTA, Carlos Alberto da. **Competitividade sistêmica na construção civil: a contribuição efetiva dos sistemas de gestão da qualidade (NBR ISO 9001:2000).** 2003. 175 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

CROSBY, P. **A utilidade da ISO**, Revista Banas Qualidade, São Paulo, Julho, pp. 40-50, 2000.

FALCONI, V. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo Japonês).** Rio de Janeiro: Bloch, 1992. 229 p.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

GOVERNO FEDERAL. **Comitê Nacional da Qualidade e Produtividade (1998).**

GUTIERRES, N. **A qualidade na construção civil: o papel da qualidade e da sustentabilidade no setor da construção civil.** Banas Qualidade: Softwares de Gestão, São Paulo, 2010.

HERAS, Iñaki; DICK, Gavin P. M.; CASADESÚS, Martí. **ISO 9000 registration's impact on sales and profitability. A longitudinal analysis of performance before and after accreditation.** International Journal of Quality and Reliability Management, v. 19, n. 6, p. 774-791, 2002.

HERNANDES, F. S.; JUNGLES, A.E. **Avaliação da implantação de sistema de gestão da qualidade em empresas construtoras.** III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, São Carlos, UFSCar, 2003.


JESUS, C. N. de. **Implementação de Programas Setoriais da Qualidade na Construção Civil: o Caso das Empresas Construtoras no Programa Qualihab.** 2004.131f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

JOHNSTON, R. e CLARK, G. **Administração de operações de serviço.** São Paulo: Atlas, 2002.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F.M. **Controle da Qualidade: Conceitos Políticos e Filosofia da Qualidade.** São Paulo, 1992.

LOENERT, M. **Análise de modelo de gestão da qualidade em companhias de saneamento: um estudo de caso,** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MEKBEKIAN, G. **Desenvolvimento de Sistemas da Qualidade para Indústrias de Pré-Fabricados de Concreto de Acordo com as Diretrizes da Série de Normas NBR ISO 9000.** 1997. 150p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.



MESEGUER, A.G. **Controle e garantia da qualidade na construção**. São Paulo: Sinduscon-SP, 1991.

MOREIRA, R. S., 2014. **Procedimentos Operacionais: Boas Práticas na Elaboração e Implantação em Obras**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. Rio de Janeiro/RJ.

MOREJÓN, M. **A implantação do processo de qualidade ISO 9000 em empresas educacionais**. Tese de Doutorado, Departamento de História da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

PALADINI, E.P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 2a Ed. São Paulo: Atlas, 2004.

PBQP-H, 2015. **Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat**. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br>. Acessado em: 23 de Novembro de 2019.

PBQP-HABITAT- **Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil- SiAC**. Brasília, dezembro de 2012.

PICCHI, F. A. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. Universidade de São Paulo, Tese (Doutorado), Engenharia de Construção Civil e Urbana, São Paulo, 1993.

PITANGA, Carlos Roberto Oliveira. **O sistema de gestão da qualidade proposto pelo programa de qualidade em obras públicas (QUALIOP) do governo do estado da Bahia e a sua aplicação no setor de edificações**. 2003. 152 p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.

RIGHI, M. M. **Sistemas de Controle da Qualidade e Planejamento de Curto Prazo na Construção Civil: Integração e Compartilhamento de informações**. 75 p. **Trabalho de Diplomação em Engenharia Civil** – Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SANTOS, J., 2014. **Apostila Técnicas e Ferramentas Básicas e Gerenciais da Qualidade**. Curso de Gestão da Qualidade de Engenharia Civil-UFRJ.

SOUZA, R. de. **Qualidade no setor de construção. Gestão da qualidade: Tópicos avançados**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004.

SOUZA, Roberto; ABIKO, Alex. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/190). São Paulo, 1997.

TAYLOR, F. W. **Princípios de Administração Científica**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

VLOEBERGHES, D. e BELLENS, J. **Implementing the ISO 9000 standards in Belgium**. *Quality Progress*, v.29, n. 6, p. 43-48, 1996.

CAPÍTULO 12

ESTUDO SOBRE O SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO EM LAJES SUBPRESSÃO

Zilda Sousa Lima de Barros, Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Lucas de Amorim Melo Garcia Pinheiro, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Phablo Verissimo Inácio Dias, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

RESUMO

Neste trabalho é apresentado um estudo bibliográfico sobre o sistema de impermeabilização em lajes subpressão. Tem sido comum empreendimento e estruturas cada vez mais profundas, sujeitando-as a ações do lençol freático, que por sua vez, exerce um fenômeno chamado de subpressão. No entanto, há complexidades significativas quanto a execução desse tipo de solução, no que tange aos aspectos de estanqueidade e durabilidade do concreto armado. Desta forma, o trabalho visa detalhar através de aditivos cristalizantes, a preocupação com o meio ambiente no uso de produtos impermeabilizantes que não causem prejuízos ambientais a curto e longo prazo. Neste sentido, é importante enfatizar o fato de que as fundações compõem a base resistente de qualquer estrutura, e são as responsáveis pela transferência da carga da estrutura para o solo. Para isto, é necessária a revisão literária das inovações tecnológicas que se destacam no âmbito da construção civil, quanto a impermeabilização e estanqueidade da água em lajes subpressão, destacando alguns aditivos que prometem ter eficácia na impermeabilização das estruturas enterradas. É fato que toda e qualquer obra deve ser impermeabilizada da maneira correta, seguindo as normas de impermeabilização existentes. Os especialistas da área de impermeabilização de obras entendem que deveria constar em qualquer projeto de construção, todos os locais a serem impermeabilizados. Desta maneira, seria possível projetar o plano de ação correto para tal finalidade.

Palavras-chave: estruturas enterradas, estanqueidade e aditivos cristalizantes.

INTRODUÇÃO

As novidades tecnológicas que surgiram nas últimas décadas estão estimulando o desenvolvimento e modernizando o setor da construção civil. Faria (2010), afirma, tendo em vista a redução de custos e tempo de execução, tornar-se indispensável um conhecimento maior de novas técnicas que atenuem as perdas na construção civil.

Nesse contexto, a adoção de inovações destaca-se como uma opção viável para um melhor atendimento das demandas no âmbito da construção civil, apresentando diversas vantagens em seu uso como, por exemplo, a redução de mão de obra, o aumento da produtividade e a redução de custo de produção. (PRIES; JANSZEN, 1995; BOUGRAIN, 2010; GAMBATESE; HALLOWELL, 2011).



Segundo Bertini, Heineck, Moura, (2016) soluções inovadoras refletem no aumento da produtividade e também da qualidade final do produto e de sua durabilidade, conforme exigências da Norma de desempenho da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a NBR 15575:2013, traduzindo isso em atendimento as exigências do usuário.

Segundo o Catálogo de Inovação na Construção Civil (2016), constata-se que a tecnologia vem propiciando novas formas de impermeabilização que proporcionam mudanças surpreendentes a construção civil, pois os sistemas de impermeabilização são fundamentais para a durabilidade da edificação, haja vista que a água é um agente de degradação de diversos materiais de construção.


Segundo o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI 2017) a impermeabilização é uma técnica que consiste na aplicação de produtos específicos com o objetivo de proteger as diversas áreas de um imóvel contra ação de águas que podem ser de chuva, de lavagem, de banhos ou de outras origens. Dessa forma, o ato de impermeabilizar está atrelado à proteção dos materiais contra a ação deteriorante da água, sendo aplicado sobre este outro material, o impermeabilizante, com objetivo de formar uma barreira contra a umidade.

No caso da construção civil, a norma Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9575:2010 define impermeabilização como o conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade.

Arantes (2007) afirma que são três os aspectos que traduzem importância da impermeabilização: Durabilidade da edificação, Conforto e saúde do usuário e Proteção ao meio ambiente. Segundo a Revista Concreto ano XXXVII “Construção sustentável é a construção que procura responder às necessidades atuais de minimizar os impactos ambientais”. A Agenda 21, desenvolvida pelas Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (1988), define desenvolvimento sustentável como “aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer suas próprias necessidades”.

O Guia de Sustentabilidade (2008) acrescenta, o objetivo máximo do processo de desenvolvimento sustentável é integrar aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais da sociedade humana com a preocupação principal de preservá-los.

Sendo assim a preocupação em propiciar a impermeabilização de ambientes, de acordo com o Manual Técnico VEDACIT, 3ª edição, reforça “a impermeabilização contribui para a saúde pública, pois torna os ambientes salubres e mais adequados à prevenção de doenças respiratórias”. E isso segundo BRITEZ, (2014) envolve principalmente os aspectos relacionados com a técnica de bem construir, requerendo cuidados especiais durante a execução. O autor destaca ainda, durabilidade adequada



frente a um determinado ambiente; cuidados e procedimentos que constituem o conjunto de técnicas de bem construir, para que se possa obter uma estrutura final estanque. (BRITTEZ, 2014).

A Revista GCB Brasil (2015), relata que o movimento da construção sustentável comprovadamente demonstra ser a solução para as principais demandas do país, onde segurança, transporte, qualidade de vida e bem-estar são prioridades. Aprofundar os conhecimentos e aumentar a participação no movimento de Green Building, certificado de Alta Qualidade Ambiental (AQUA), emitido pela Fundação Vanzoline.


[...] tem a função de identificar e informar a eficiência e o desempenho ambiental do edifício e oferece diferentes escopos de certificação, para novas construções, para edifícios já existentes, para interiores, para áreas externas, entre outros. O sistema de avaliação é baseado em créditos que são ponderados para gerar uma classificação de desempenho ambiental do empreendimento em níveis GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (2014, p.1).

Segundo o Estatuto da Cidade (2008), a busca por qualidade, segurança e menor custo são inevitáveis, o melhor desempenho em edificações, e respeito com as normas técnicas de segurança e preservação do meio ambiente fizeram com que o Governo Federal, estaduais e municipais brasileiros, cedesse incentivos fiscais como redução de IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano), segundo o Estatuto das Cidades, Lei 10.257, de 10 de julho de 2001, em seu art. 7º, corrobora o referido mandamento constitucional, para quem opta por usar produtos com conceito de sustentabilidade na construção civil.

De acordo com a Lei Complementar nº 235, de 28 de dezembro de 2012 que institui o programa IPTU Verde no Município de Goiânia.

Art. 1º Fica instituído no Município de Goiânia o PROGRAMA IPTU VERDE, com o objetivo de fomentar as ações que promovam o ideário de Cidade Sustentável, visando melhora na qualidade de vida dos habitantes, minimizar os impactos ao meio natural, eficiente desempenho urbanístico e motivação de êxito tributário com a participação cidadã, por meio de concessão de benefícios tributários.

A partir do conceito de sustentabilidade ambiental e políticas fiscais de planejamento e construção. O Sistema de Impermeabilização em lajes subpressão pretende explicar os métodos para sua aplicação em estruturas cada vez mais profundas, pois quando o nível do lençol freático no terreno é maior que o último nível do subsolo previsto em projeto, a estrutura estará sujeita à pressão hidrostática negativa, desde que não exista a instalação de procedimentos permanentes de drenagem ou rebaixamento do lençol freático, podendo ocasionar manifestações patológicas futuras, no entanto, a laje em contato direto com o solo sofre mais empuxo da água, sendo esta denominada laje de subpressão(VARELA, 2014).



A laje subpressão surge nos canteiros de obra com o intuito de possibilitar nas estruturas enterradas, e solos que oferecem restrições a processos construtivos uma solução técnica eficaz compatível com o nível de agressividade que oferece a estrutura. Contudo, a garantia da impermeabilização da laje de subpressão requer a preparação de um concreto com uso de aditivo cristalizante integral, além da indispensabilidade de um projeto detalhado com o intuito de evitar fissuras e deformações geradas pelo empuxo da água (CORTOPASSI & OURIVES, 2017).

Sendo assim, o presente trabalho visa mostrar a partir de fundamentações teóricas e literatura, a maior parte delas extraída das normalizações nacionais vigentes (ABNT NBR 6118:2007; ABNT NBR 12655:2006; ABNT NBR 14931:2004, ABNT NBR 9575: 2010 ABNT NBR 5738, 2015) dentre outras algumas considerações e especificidades necessárias para utilizar laje de subpressão como um dos principais dispositivos utilizados na construção civil.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho teve como metodologia, pesquisas bibliográficas, manuais e normas técnicas, revistas pertinentes ao contexto, dissertações, documentos publicados na web, proporcionando entendimento quanto a impermeabilização de laje subpressão é relevante a construção civil. Segundo Marconi & Lakatos, (2003), a pesquisa bibliográfica (fontes secundárias) trata-se de toda bibliografia que já tomada pública em relação ao tema de estudo como métodos citados acima.

Após a obtenção de dados e a realização das pesquisas bibliográficas relacionados ao assunto analisaram-se as literaturas, descrevendo as características sobre o tema, suas definições, causas da problemática, desde a concepção de concreto, e seu processo de cura micro estruturalmente até o conceito de cristalizantes, seus métodos, aplicações e resultados ao ser aplicado na laje subpressão.

Sendo assim, o estudo é qualitativo de natureza descritiva e ressalta ainda a problemática da sustentabilidade, para isso, buscou-se esclarecer o tema sustentabilidade sob o ponto de vista de Dias (2011), que descreve três dimensões: ambiental, econômico e social.

O objetivo primordial do presente trabalho foi mostrar essa técnica tão importante e pouco conhecida de impermeabilização de lajes subpressão, dada a sua importância e incorreta execução *in loco*, gerando diversas manifestações patológicas e falhas construtivas.




RESULTADOS E DISCUSSÃO

É válido ressaltar os pontos positivos e negativos do estudo, tendo como base os conhecimentos adquiridos sobre os cuidados com o meio ambiente e sustentabilidade, para contar com os benefícios da estrutura de concreto, não basta adicionar o aditivo à mistura do concreto. Como foi possível observar todas as literaturas destacam que o uso dos aditivos tem a mesma finalidade, porém apresentaram resultados diferentes dependendo das condições de preparo. É necessário estar atento para uma construção sustentável desde o projeto até a finalização da obra (FERNANDES, 2014).

Sobre os produtos impermeabilizantes, Mehta (2008) salienta que são vários os produtos impermeabilizantes e suas propriedades, discutindo qual o impermeabilizante apropriado para ser usado em lajes subpressão, visando os cuidados com o meio ambiente e que podem, de alguma forma, evitar manifestações patológicas advindas de fissuras por onde a água pode passar.

Portanto, a escolha do impermeabilizante deve estar de acordo com ABNT NBR 9575:2010a seleção do tipo de impermeabilização deve ser feita segundo a solicitação imposta pelo fluido nas partes construtivas que requeiram estanqueidade. Sendo assim, a eficácia do uso de impermeabilizante e as dosagens são feitas a fim de atender critérios estabelecidos em projetos, criar estruturas mais resistentes a ações temporais e climáticas, suportar maiores carregamentos, facilitar sua aplicação e transporte entre outras características que são possíveis de serem alcançadas com o uso de aditivos e adições. Portanto, para que o traço obtido no estudo da dosagem seja satisfatório são necessários investimentos em pesquisa e conteúdo humano com interesse e conhecimentos específicos no campo do concreto (HELENE & TUTIKIAN, 2012).

O procedimento de execução dos impermeabilizantes de acordo com a Deutsch, (2011) a impermeabilização por cristalização é amplamente utilizada em estruturas de concreto armado que ficam em contato direto com a água, em locais de umidade extrema ou com molhagem e secagem constantes. A impermeabilização por cristalização é feita através da utilização de um aditivo ainda durante a preparação ou em forma de pintura com compostos químicos especiais. A técnica tem como princípio melhorar o desempenho contra a penetração de água e agentes agressivos através da formação de cristais nos poros e fissuras do concreto, podendo ser adicionado no misturador juntamente com os outros componentes do concreto na proporção indicada para a produção de uma batelada. O uso de resíduos industriais como



materiais finos, em pastas, argamassas e concretos, geralmente proporcionam uma melhora das suas propriedades nos estados fresco e endurecido (GOMES, 2002).

A Fibersals (2017), empresa de produtos de impermeabilização, aponta a impermeabilização como garantia de segurança e estabilidade das estruturas, bem como a certeza de durabilidade e garantia da construção de um modo geral. A empresa destaca que o concreto e as argamassas em geral são capazes de garantir a estanqueidade, mas não podem ser considerados materiais impermeáveis, pois a água pode percolar por entre os poros, especialmente sob pressão.

Desta forma, os sistemas de impermeabilização rígidos são argamassas específicas ou aditivas para argamassas e concretos que diminuem a porosidade, de acordo com a empresa também existem sistemas rígidos de impermeabilização na forma de pintura. De acordo com o Manual da Votorantim (s/d).

Cada projeto precisa ser estudado em detalhes para obter a relação custo-benefício. “Depende do número de juntas, tipo de impermeabilização considerado no projeto inicial, qualidade de formas e tipo de concretagem, entre outros fatores”. Scheifer, 2017.p 21


Ourives (2017) entende que a tecnologia de impermeabilização do concreto por cristalização é o sistema de melhor relação custo-benefício.

“Há um ganho no desempenho do concreto, otimização do projeto e redução do cronograma da obra”. “Além disso, os materiais utilizados não deixam resíduos, não são tóxicos ou explosivos e não agredem o meio ambiente. Também atendem a certificações de impacto ambiental”.

Segundo os catálogos do Penetron®, o PenetronAdmix® é um aditivo para impermeabilização por cristalização integral, adicionado ao traço do concreto no momento de sua produção.

Segundo o fabricante do PenetronAdmix®, o produto tem as seguintes vantagens:

- Pode resistir a pressões hidrostáticas extremas tanto do lado positivo quanto do negativo da estrutura;
- Torna-se parte integrante do concreto, resultando em uma estrutura resistente e durável;
- Altamente resistente a substâncias químicas agressivas;
- Pode selar fissuras até 0,5 mm;
- Permite que o concreto respire;
- Melhor custo/benefício.



Dentre outros produtos de alta qualidade está também o EuconVandex®. Segundo a ficha técnica do produto o EuconVandex® é um aditivo integral por cristalização especialmente formulado para interagir com a estrutura dos poros capilares do concreto, promovendo um sistema de impermeabilização que permanece como parte da matriz de concreto e pode ser usado em aplicações em concreto de estruturas elevadas ou enterradas.

E tem como vantagens:


- Reduz ou elimina a penetração de água;
- Não tem efeitos adversos sobre a resistência à compressão;
- Mínimo efeito sobre a trabalhabilidade do concreto;
- Impermeabilização interior ou exterior do concreto (pressão positiva ou negativa);
- Facilidade de uso;
- Melhora a resistência química do concreto;
- Pode selar fissuras estáticas de até 0,4mm.

Segundo Reis, (s/d), o RR Barrier Cristal®, Impermeabilizante Cristalizante para Concreto é um produto impermeabilizante de combinação de cimento, areia de quartzo e aditivos, que quando aplicado penetra nos capilares do concreto forma cristais insolúveis e permanentes que se multiplicam e se expandem em contato com a umidade. RR- Barrier cristal quando aplicado corretamente torna-se parte integrante do concreto, eliminando a passagem de água. Protege a vida útil do concreto contra ataques agressivos da água do mar e afluentes domésticos e industriais, águas agressivas do solo e certos produtos químicos agressivos.

Segundo Takagi, (2013) a adição de materiais auto cicatrizantes no concreto pode gerar grandes benefícios. Ele evita fissuras que acabam por comprometer a durabilidade do concreto, representando uma economia de custo pela menor necessidade de reparos.

Sendo assim, os pontos a considerar sobre o uso de aditivos impermeabilizantes cristalizantes são primeiramente os que seguem as normas da ABNT NBR 9575 (2003), no que se refere aos cuidados como o meio ambiente.

Conforme já mencionado a melhor forma de impermeabilização deve levar em consideração a pressão hidrostática, frequência de umidade, exposição ao sol, exposição a cargas, movimentação da base e extensão da aplicação (SABBATINI, 2006). Diante disso, torna-se interessante analisarmos os materiais que podem ser adicionados ao concreto com o objetivo de torná-lo menos permeável. Segundo Silva (2012), estes produtos cristalizantes são



aditivos de impermeabilização por cristalização integral, adicionado ao traço do concreto no momento de sua produção na usina de concreto.

Para Souza (2009), a quantidade de aditivo impermeabilizante utilizado no traço de concreto com o cristalizante depende diretamente do consumo de cimento do traço, este que já vem da usina. É usualmente dosificado de 1% a 2% do peso do cimento do traço do concreto para maioria de aplicações.

Já o catálogo da Penetron®, o PenetronAdmix® é descrito como um aditivo para impermeabilização por cristalização integral, adicionado ao traço do concreto no momento de sua produção. Este por sua vez consiste de cimento Portland, compostos químicos ativos e rastreador químico. Estes compostos químicos ativos reagem com a umidade do concreto fresco e com os produtos da hidratação do cimento formando uma estrutura cristalina insolúvel nos poros e capilares do concreto. Dessa maneira o concreto se torna permanentemente selado contra a penetração de água ou de outros líquidos em qualquer direção (PENETRON, 2012).

INSTRUÇÃO DE USO

- 0,8% para concreto convencional;
- 1,0% para concreto projetado e concreto sujeito a ataque químico;
- Deve ser adicionado ao concreto no momento da produção;
- A massa do concreto deverá, posteriormente, ser misturada normalmente.


➤ CONCRETO USINADO

- Misturar o produto à água e despejá-lo no caminhão betoneira.

➤ PRÉ-MOLDADO

Adicionar o produto à brita e areia e misturar durante 2 a 3 minutos, antes de adicionar cimento e água. Segundo o fabricante do PenetronAdmix®, o produto tem as seguintes vantagens:

- Pode resistir a pressões hidrostáticas extremas tanto do lado positivo quanto do negativo da estrutura;
- Torna-se parte integrante do concreto, resultando em uma estrutura resistente e durável;
- Altamente resistente a substâncias químicas agressivas;
- Pode selar fissuras até 0,5 mm;
- Permite que o concreto respire;

- 
- Melhor custo/benefício;
 - Aumento da resistência do concreto.

A CURA DO CONCRETO COM ADITIVOS CRISTALIZANTES

Caso o produto não consiga selar completamente todas as fissuras a ponto de fazê-las fechar completamente, é importante considerar:

“Esse cristalizante possui ainda a capacidade de colmatação das fissuras, ou seja, caso elas sejam passivas e de até 0,4 mm, cristais se formarão naquele vazão e eles o preencherão” OLIVEIRA (2014, p 12).

Caso contrário às fissuras não serão seladas, por isso, diz que o cristalizante é um tratamento impermeabilizante rígido, podendo ser definido como um processo físico-químico que visa preencher as porosidades e capilaridades características da microestrutura do concreto, desencadeando um processo catalítico de formação de cristais não solúveis e não tóxicos numa profundidade mínima de 50 mm na estrutura do concreto, de modo a garantir que não haja a penetração de água por capilaridade, suportando pressões hidrostáticas tanto positivas como negativas de até 0,7 (TAKAGI 2013, p.07)

Uma estrutura cristalina densa e totalmente desenvolvida se forma nos poros e capilaridades do concreto para bloquear completamente a passagem de água ou substâncias agressivas. Uma outra consideração a ser feita é quanto a porosidade do concreto, se esse for mais poroso terá maior velocidade de penetração da cristalização, se for menos poroso a atuação se concentrará nas microfissurações. (TAKAGI 2013, p.09)

Para Matcon (2019), as lajes subpressão concretadas com o uso de cristalizante, deve ter um tempo de cura de 28 dias com uma espessura de 10cm de lâmina de água. É de extrema importância que seja feito esse procedimento para a cura do concreto, pois os ingredientes ativos no aditivo de impermeabilização do concreto reagem com diversos minerais do concreto formando cristais insolúveis que preenchem as fissuras, poros e espaços vazios, assim, as moléculas de água (e uma ampla gama de produtos químicos) não conseguem mais passar através do concreto. Entretanto, o ar ainda consegue passar, permitindo que o concreto respire, evitando a formação de pressão de vapor.

Ainda de acordo com a Matcon, (2019), o PenetronAdmix® torna o concreto auto cicatrizante por selar futuras fissuras que ocorrem mais tarde durante a vida útil do concreto. É altamente eficiente quando aplicado do lado positivo e negativo de uma estrutura e mesmo contra grandes pressões de água. Portanto, de acordo com a ABNT NBR N° 15.575/2013, norma de desempenho vem aprimorando métodos em busca da maior durabilidade de



estruturas e concreto auto cicatrizantes vem sendo utilizados em diversos empreendimentos. A realização dos procedimentos executivos de acordo com as especificações de projeto, a definição dos parâmetros do concreto e a escolha do produto a ser utilizado para garantir a estanqueidade da laje, são de suma importância para se chegar aos resultados esperados.

Techahia (2001) destaca ainda que as estruturas químicas de cada produto, efeitos adversos sobre a resistência, à compreensão sobre a forma de aplicação, rendimento, durabilidade e custos finais também precisam ser levados em conta. Denge (2000), afirma que para execução e aplicação dos sistemas de impermeabilização é necessário preparar e regularizar as superfícies adequadamente, levar em conta o tipo da estrutura, o tipo do substrato, se a obra está abrigada ou exposta ao tempo, e as influências que haverá por ação das águas, umidades e vapores sobre a obra, uma vez feito um bom trabalho de impermeabilização (rígida), traz conforto e tranquilidade para o proprietário e morador.

CONCLUSÃO

Os aspectos levantados no estudo acima, após observação de normas, trabalhos acadêmicos, revistas científicas nacionais e internacionais foram as inquietudes em evidenciar a qualidade e a durabilidade das estruturas de concreto enterradas, principalmente quando elas afetam o meio ambiente. Verificou-se ainda que para serem desenvolvidas na sua essencialidade as lajes de subpressão devem sofrer a impermeabilização integral do concreto, como requisito de durabilidade das construções e assim garantir a estanqueidade da água.

Ficou evidente ainda que quando há um projeto de impermeabilização bem desenvolvido usando as especificações corretas, é possível evitar manifestações patológicas nas edificações, uma vez que as obras enterradas exigem cuidados especiais no que diz respeito à impermeabilização, pois a água presente no subsolo exerce pressão nos pavimentos profundos e gera grande potencial de infiltrações.

Quanto à impermeabilização, a mesma pode ser feita através de aditivo cristalizante integral no concreto, garantindo a estanqueidade de toda a estrutura, abrangendo a cortina de laje de subpressão, uma vez que a impermeabilização funcionará como uma manta contra a unidade do solo em construções enterradas e que minimizem os recursos naturais não renováveis.

Atualmente, existem empresas especializadas em desenvolvimento de projetos de impermeabilização, confirmando assim a importância desta etapa da construção civil e em obras enterradas.

REFERÊNCIAS

ANTONELLI, G. R. CARASEK, H. CASCUDO O. **Levantamento das manifestações patológicas de lajes impermeabilizadas em edifícios habitados de Goiânia- Goiás. IX Encontro Nacional do Ambiente Construído.** Foz do Iguaçu 2002.

ARANTES, Y.K. **Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil.** 2007. 67f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9575: Impermeabilização: Seleção e Projeto.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: Concreto-Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212: Execução de concreto dosado em central: Procedimento.** Rio de Janeiro, 2012. 16p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: concreto de cimento Portland - Preparo controle e recebimento: Procedimento.** Rio de Janeiro, 2012. 18p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto: Procedimento.** Rio de Janeiro, 2004. 53p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Edificações habitacionais — Desempenho: NBR 15575.** Rio de Janeiro, 2013.

BRASILIA, **Lei nº 10257, 10 de julho de 2001.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 15 de maio de 2019

Brasil (2008). **[Estatuto da Cidade] Estatuto da Cidade.** – 3. ed. – Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2008. 102 p.

Brasil (2018). **15º Simpósio Brasileiro de impermeabilização** – São Paulo, 04 e 05 de junho 2018.

BLENDA, M; VALENTE, M, **Graded eco-lalabels: demand-oriented approach to reduce pollution.** *Technological Forecasting and Social Chang*, 76, 512-524, 2009

CATALOGO; **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas Subsídios para a Promoção da Construção Civil Sustentável.** Disponível em <<http://www.cbcs.org.br/>>. Acesso em 28 de março de 2019.

CATALOGO; **Catálogo de Impermeabilização e Isolamentos do Instituto Federal de Ciências e Tecnologias.** Revista Estrutura, 2º Edição/ publicada no site. Disponível em: <<https://edificacoes.files.wordpress.com>>. Acesso em 07 de abril de 2019.

Câmara Brasileira da Construção Civil C172c **Catálogo de inovação na construção civil.** / Câmara Brasileira da Construção Civil C172c **Câmara Brasileira da Construção Civil.** - Brasília: CBIC, 2016. 137p.:il

CLICRBS, GAUCCHAZH. (2011). **Perícia aponta problemas na fundação de prédio que desabou em Erechim.** Disponível em: <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2011/09/pericia-aponta-problemas-na-fundacao-de-predio-que-desabou-em-erechim-3507225.html>>. Acesso em 17 de abril de 2019.

CORTOPASSI, R. S.; OURIVES, C. N. **Concreto pode garantir estanqueidade a obras enterradas.** AECweb, Revista Digital Materiais e Soluções. 2017. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/concreto-pode-garantirestanqueidadea-obras-enterradas_13897_10_0>. Acesso em: 23 de março de 2019.

CONSTRUÇÃO. **Fórum da Construção Instituto Brasileiro de desenvolvimento (IBDA).** Disponível em: <<https://ibibrasil.org.br/>> . Acesso em 18 de março de 2019.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL DA UEPG. **Notas de aulas da disciplina de Construção Civil.** Carlan Seiler Zulian; Elton Cunha Doná. Ponta Grossa: DENGGE, 2000.

DIAS, R. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade.** 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011. 220 p.

DEUTSCH, S. F. **Perícias de engenharia: a apuração dos fatos.** LEUD: São Paulo, 2011.

EUCON, **Ficha técnica de produto Eucon Vandex® AM - 10 Aditivo Impermeabilizante por Cristalização.** Disponível em: <https://www.viapol.com.br/media/192591/ft-eucon-vandex-am-10_rev-27-01-2017.pdf> . Acesso 14 de abril de 2019.

FIBERSALS (2017). **Serviço de impermeabilização x Produto impermeabilizante.** Disponível em: <<https://fibersals.com.br/blog/servico-de-impermeabilizacao-x-produto-impermeabilizante>>. Acesso em 15 de maio de 2019.

FERNANDES, A. V. B; AMORIM, J. R. R; **Concreto sustentável aplicado na construção civil.** Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT, v. 2, n. 1, p. 79-104, 2014.

HELENE, P. R. L. **A Nova NB 1/2003 (NBR 6118) e a Vida Útil das Estruturas de Concreto.** Trabalho apresentado durante o II Seminário de Patologia das Edificações do Leme/UFRGS. Porto Alegre, 2004.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. GBC Brasil. **Certificação LEED.** São Paulo: GBC Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php>>.

Acesso em: 15 maio 2019.

Instituto Brasileiro de Impermeabilização IBI. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/>>. Acesso em 23 de março de 2019.

INBRACON, **Revista Ano XLII OUT-DEZ /O 2014 ISSN 1809-7197**. Disponível em: <<https://www.ibracon.org.br/>>. Acesso em 29 de abril de 2019.

MACHADO, A. de P. **Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono**. São Paulo: Pini, 2002. 271p.

MANUAL TÉCNICO, **Impermeabilização de estruturas**. Salvador – BA, Vedacit do Nordeste S/A, 2007, 4ª edição.

MANUAL TÉCNICO, **Viapol impermeabilizantes**. São Paulo – Viapol **Impermeabilizantes** S/A, 2008. Disponível em: <<https://www.viapol.com.br/downloads.htm>>. Acesso em 24 de março 2019.

MANUAL DE OBRAS DE SANEAMENTO (SANEPAR). Disponível em: <<http://www.sanepar.com.br/>>. Acesso em 11 de abril de 2019.

MARQUES, R. **Proteção subterrânea**. Técnica, São Paulo, n. 96, p.48-49, mar, 2005.

MARTINS, L.; CARDOSO, D.; **Aplicação catalítica de peneiras moleculares básicas micro e mesoporosas**. Nova 2006, 29, 358. Acesso em: 02 de março de 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v29n2/28456.pdf>.

MATCON, **Produtos para Construção (2019)**- Disponível em <<http://matconsupply.com.br/processo-de-cura-do-concreto-como-fazer/>>. Acesso em 24 de abril de 2019.

METHA, P.K. **Concreto sustentável** – Revista Técnica. Ed. 139, 2008. Disponível em: <<https://techne.pini.com.br/engenharia-civil/139/concreto-sustentavel-287584-1.aspx>>. Acesso em: 15 de maio de 2019.

MORAES, C, R,K. **Impermeabilização de lajes de cobertura: Levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre.

MARCONI, M., & LAKATOS, E. (2003). **Fundamentos de metodologia científica**. Disponível em: https://www.google.com.br/search?q=lakatos+e+marconi+2003+bibliografias&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjspcFu7HhAhXVIbkGHeGtDAsQ_AUIDigB&biw=1264&bih=594#imgdii=4lAI-fD45TD-YM:&imgcr=flz38fiF3j6sxM:. Acesso em: 2 de abril de 2019.

OLIVEIRA, ANA LUIZA A; **A Influência do aditivo cristalizante nas propriedades do concreto fresco e endurecido**, Dissertação (Graduação em Engenharia Civil), Centro Universitário de Brasília. Brasília, 2014.

PAULO, C. D. CHRISTIAN, O. S. HERBERT, L. C. (s/d). **Métodos executivos de lajes de subpressão.** Disponível em:<<https://conic-semesp.org.br/anais/files/2016/trabalho-1000022249.pdf>>. Acesso em 10 de abril de 2019.

PORTAL DO CONCRETO. **Tipos de concreto e suas aplicações.** Disponível em: <<https://www.portaldoconcreto.com.br/o-que-e-concreto>>. Acesso em:13 de abril de 2019.

PRIES, F. JANSZEN, F. **Innovation in the construction industry: the dominant role of the environment.** Construction Management and Economics, v. 13, p. 43-51, 1995.

PINTO, T. de P. **Gestão Ambiental de resíduos de construção civil: A experiência do SindiCus-SP:** Obra Limpa SindiCus-SP; I&T,2005, 48.

GABRIOLLI, J.; THOMAZ, E. **Impermeabilizante de Fundações de Subsolos. Revista Techne revista de tecnologia e negócios da Construção.** São Paulo, ano 10, n. 67, p 77- 80, out 2002.

GOMES, P.C.C. **Optimization and characterization of high-strength selfcompacting concrete.**2002. 139p. Tese - Escola Técnica Superior D'Enginyers de Camins, Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya, 2002.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. GBC Brasil. **Certificação LEED.** São Paulo: GBC Brasil, 2014. Disponível em: Acesso em: 10 jun. 2015.

REIS & REIS, **Química para Construção. Impermeabilização do Concreto (s/d).** Disponível em:<<https://www.reisereis.com.br/produto/rr-barrier-tap-impermeabilizante-para-tamponamento-de-concreto>>. Acesso em 25 de maio de 2019.

RENATO, S., & Cláudio, N. (s/d).**Concreto pode garantir estanqueidade a obras enterradas.** Disponível em:< https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/>concreto-pode-garantir-estanqueidade-a-obras-enterradas_13897_10_0. Acesso em 16 de abril de 2019

REVISTA, digital A&C Web. Disponível em :<<https://www.aecweb.com.br/>>. Acesso em 13 de março de 2019

SABBATINI, F. H. **O uso da cal em argamassas de assentamento.** In: REUNIÃO ABERTA DA INDÚSTRIA DA CAL: O USO DA CAL NA ENGENHARIA CIVIL, 5,2006. São Paulo. Anais..., São Paulo: EPUSP/ABPC, p. 37-46, 2006.

SCHÖNARDIE 2009. **Análise e tratamento das manifestações patológicas por infiltração em edificações. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil.** Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí.

SILVA, I. J. **Contribuição ao estudo dos concretos de elevado desempenho: propriedades mecânicas, durabilidade e microestrutura.** 2012. 279 p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Carlos.

SOUZA, V. C. M. De; RIPPER, **Patologia, Recuperação e Reforços de estruturas de concretos.** 1º Edição, 5 tiragem, São Paulo, 2009.

VARELA, W. D. **Entenda a execução da estrutura do Museu da Imagem e do Som, no Rio de Janeiro.** Rev. Técnica Educação. [online]. Ed. 206, maio/2014.



VEDACIT. **Manual Técnico de Impermeabilização em estruturas**, 3º Edição – Otto Baumgart,2006

VOTORANTIM, **mapa da obra**. Disponível no site em: <<https://www.mapadaobra.com.br/>>. Acesso em 28 de fevereiro de2019.

TAKAGI, E. M.; LIMA, M. G. D.; HELENE, P. R. **Contribuição para estudo do efeito da autocicatrização em concretos ativado por catalisadores cristalinos em estruturas de túneis submetidas à exposição contínua de água**. 3º Congresso Brasileiro de Túneis e Estruturas Subterrâneas: Seminário Internacional “South American Tunnelling – SAT 2012”. São Paulo: [s.n.]. 2013. p. 7.

TUTIKIAN, B. HELENE, P. **Concreto: ciência e tecnologia**. São Paulo.

TECHAHIA, Revista Baina de Tecnologia. **Construção com Terra, passado ou modernidade (2001)**. Camaçari: CEPED, V. 16, n. 2, maio/ ago. 130 p Edição Especial.

CAPÍTULO 13

INFILTRAÇÃO ADVINDA DO SOLO EM UM IMÓVEL RESIDENCIAL PRONTO: CONSEQUÊNCIAS, PREVENÇÕES E TRATAMENTO

Daniela FernandesGuimarães, Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Lucas de Amorim Melo Garcia Pinheiro, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

RESUMO


Este trabalho tem como finalidade frisar a importância que se deve dar as manifestações patológicas e o quanto é importante uma ação preventiva durante uma construção. As manifestações patológicas, muitas das vezes, não são levadas em consideração, mais os danos que elas podem trazer quando não tratadas no início são inúmeras. As infiltrações advindas do solo são umas das manifestações patológicas mais comuns nos imóveis, e os estragos podem ser tanto do lado financeiro como do lado da saúde de seus ocupantes. Os estudos comprovam que a impermeabilização, sem sombra de dúvidas, é a melhor forma de combatê-la, principalmente quando aplicada de forma preventiva pois seu custo se torna irrisório em comparação quando aplicada como forma de correção. Ainda assim, mesmo sendo de forma corretiva, ainda deve ser realizada de forma correta. É errôneo afirmar que a impermeabilização é um custo adicional muito grande para uma obra, pelo contrário, é uma grande economia não só financeira, mas também em relação a preservação da saúde dos ocupantes. No estudo de caso apresentado foi identificado o gasto desnecessário de R\$ 13.663,52 pois, com R\$ 4.538,96, que representa, praticamente 1/3 do gasto, existiriam outras opções que seriam mais viáveis e com resultado mais satisfatório e durável. E para título de comparação, se nesse mesmo imóvel que foi feita a intervenção tivesse feito a impermeabilização durante a obra acrescentaria de 1% a 3% a mais do valor total da obra, o que neste caso acrescentaria um valor de R\$950,00 (Novecentos e Cinquenta Reais) a R\$ 2.850,00 (Dois Mil Oitocentos e Cinquenta Reais), que, se comparado ao valor gasto como reparo sugerido no presente trabalho, representaria de 12% a 21% a menos de custo.

Palavras-chave: manifestações patológicas, infiltrações, impermeabilização.

INTRODUÇÃO

Desde a origem da sociedade, o âmbito da construção civil vem trazendo alguns avanços variados, dos quais possibilitam ao ser humano diversidade de conhecimento que se permite reconhecimento de limites impostos pelo meio ambiente para a edificação. (FARIAS, *et al*, 2017)

As falhas nos imóveis são antigas e muito comuns de acontecerem, são erros que podem estar ligados a falhas de projeto ou até mesmo a falta dele, as escolhas erradas de materiais e falhas na execução, entre outros. 5% dos custos da empresa são em reparos feitos em obras já entregues a clientes. (CARVALHO JR, 2014)



O projeto é um aspecto de extrema importância no processo produtivo. É nessa etapa que são estabelecidos todos os subsídios necessários para o desenvolvimento do empreendimento. As falhas no projeto são apontadas como as principais causas dos problemas patológicos ou defeitos na Construção Civil. (OLIVEIRA, 2013, p. 19)

Segundo Silva (2011, *apud* Hillesheim *et al* 2016, p.79-80), patologia pode ser descrita como a parte da engenharia que estuda as origens, os sintomas, as causas e os mecanismos dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo aprofundado das partes que compõem o diagnóstico do problema. A palavra patologia deriva-se do grego, onde *pathos* significa doença e *logia* significa ciência, estudo.

Rodrigues (2016) afirma que devido má execução dos projetos, a falta de preparos dos profissionais e a não preocupação com os fatores naturais, ocorrem diversos erros em algumas edificações. Um erro que tem sido bastante recorrente hoje em dia são as infiltrações, podendo prejudicar de diversas formas: as pessoas que habitam o local e/ou a estrutura física do próprio ambiente.

A infiltração é o nome dado ao processo pelo qual a água atravessa à superfície do solo. Ela pode surgir em qualquer ambiente da casa, mas, geralmente se inicia nas áreas molhadas, como banheiros, cozinhas e áreas de serviço, os quais, são os cômodos que mais se concentram a instalação hidráulica. É comum também ocorrer pela absorção da umidade do solo, que nesse caso, a melhor prevenção é impermeabilização da estrutura, o que dificulta essa absorção. (HILLESHEIM *et al*, 2016, p.81)

A falta de impermeabilização adequada antes da colocação de revestimentos em lajes, pisos e paredes é a principal causa da umidade, mas pode ser causada pela má instalação de portas e janelas, ocorrendo infiltração nos caixilhos e portas mal vedadas. (STORTE, 2014)

O objetivo do presente trabalho é identificar as consequências da infiltração advinda do solo, e através desta, levantar as prevenções e os benefícios que essas prevenções podem trazer para um futuro próximo.

MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente foi feita uma revisão bibliográfica acerca do tema infiltrações advindas do solo nos imóveis, através de trabalhos científicos, monografias e artigos encontrados em meio eletrônico, abordando as causas, as consequências e as possíveis prevenções para este tema.



Foi feito também um estudo de caso em um imóvel, localizado na Rua Paranaguá quadra 12 lote 12 casa 03 Vila Alzira, Aparecida de Goiânia–GO, que sofreu danificação devido a infiltração advinda do solo.

A metodologia do trabalho de estudo de caso foi inspirado na proposta elaborada por Lichtenstein (1985), a qual se dividiu em três partes distintas:

1. O levantamento geral das informações;
2. O diagnóstico da situação e
3. A definição de conduta.

O levantamento de informações é o levantamento de dados e informações para o completo entendimento do problema, como, a vistoria do local, identificação dos sintomas e o levantamento do histórico do problema.


O diagnóstico da situação é o entendimento completo do problema, que inclui a identificação das causas e efeitos, e a explicação dos fenômenos ocorridos. É aonde se questiona os “porquês” e os “como” do problema.

A definição de conduta é a definição da solução para o problema e os trabalhos que devem ser feitos para isso. Nessa etapa é feito o prognóstico da situação, que é o levantamento de hipóteses relativas à evolução futura do problema.

Como primeiro passo, foi feito um estudo com o objetivo de apontar quais foram as consequências e as medidas preventivas tomadas. Dentre essas medidas um estudo para analisar a coerência dessas prevenções tomadas e se foi uma solução satisfatória.

Em segundo passo, foram realizados registros fotográficos das infiltrações advindas do solo, as quais deterioraram algumas paredes do imóvel. No período do estudo de caso houve um processo de intervenção contra a infiltração, da qual também foram feitos registros fotográficos e um estudo através de pesquisas bibliográficas para analisar o resultado dessa correção.

Já em terceiro passo, foi feito levantamento quantitativo dos gastos realizados para essa intervenção, gastos estes que foram comprovados através de notas fiscais dos materiais e recibo de mão-de-obra. E também um levantamento de custos usando outra forma de correção, que segundo bibliográficas estudadas, seria o método mais correto e eficaz contra a manifestação patológica encontrada no imóvel.



Por fim, juntando os resultados obtidos pelos levantamentos, fez-se um gráfico ilustrando os gastos e as porcentagens em cima desses custos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para (CECHINEL, B. M. *et al*, 2011, p. 19), na umidade advinda das construções, o processo de secagem de materiais porosos acontece em três fases diferentes, dos quais resultam em um processo muito demorado, aonde a água existente nos poros de menores dimensões começa a ser liberada num processo muito lento que pode chegar a durar longos anos.


Aliprandini (2015), afirma que as umidades das construções são existentes apenas durante a obra e que, após o seu término, desaparecem em um período de, no máximo, seis meses.

Righi (2009), define umidade por capilaridade, como a ação da água sobre os elementos das construções que entram em contato com áreas alagadas ou solo úmido. Já (Nascimento A. *et al*, 2015), define a umidade por capilaridade como a ascensão da água pelos poros capilares, ou seja, poros em junção, e que através dos vasos comunicantes migram para cima nas construções.

Souza (2008, *apud* Aliprandini, 2015, p.35), afirma que é considerada umidade ascensional, quando a umidade vem pelas vigas baldrame não impermeabilizadas até a estrutura através de polos capilares existentes nos materiais empregados durante a obra em uma altura no máximo de 0,8 metros. Porém, para Hillesheim *et al*, 2016, uma parede que apresenta umidade rente ao chão, com altura até no máximo 1,0 metro, pode ser que não houve impermeabilização adequada da fundação do imóvel.

A NBR 9575/2003 afirma que os locais aonde se colocam soleiras, áreas externas impermeabilizadas e internas, limita-se a uma diferença de cota de no mínimo 6 cm e deve existir uma barreira no limite da linha interna dos contramarcos, caixilhos e batentes, para a ancoragem da impermeabilização, com declividade para a área externa.

Segundo Righi (2009, *apud* Siqueira 2018, p.63), a impermeabilização aonde se aplica soleira o ideal é adentrar no mínimo 50cm para o interior do imóvel em todas as aberturas. Existindo batentes, contramarcos, caixilhos ou outras interferências se deve avaliar métodos diferentes de instalação, de forma a não prejudicar a impermeabilização e é



recomendado no mínimo 24 horas de cura do chapisco, antes da aplicação da argamassa impermeável.

O ideal é que a impermeabilização seja sempre utilizada de forma preventiva, ou seja, durante a construção, assim a proteção do imóvel é mais seguro contra umidade, visto que evita também, um futuro comprometimento da estrutura, e não menos importante evita a proliferação de fungos, bactérias que resultam em doenças respiratórias, como bronquite, rinite alérgica e asma. (SIKA®, 2019).

Ribeiro (2018), afirma que, se o problema detectado vem da parede, o procedimento é descascar a parte afetada, após aplicar uma demão de algum produto que contenha propriedade hidrofugante, ou seja, que repele a água, e em sequência a tinta. Mas, alerta que esses produtos hidrofugantes seguram a umidade por um determinado tempo, e depois será necessário novamente fazer uma reaplicação, seguida de tinta sobre o produto.

A aplicação de impermeabilizante como forma de correção pós obra ou reimpermeabilização devido a sua má aplicação durante a obra, pode elevar os custos finais, dos quais podem chegar a representar 25% do custo total da obra. (JUNIOR, A. J. S. *et al*, 2018)

Já Porciúncula (2017, *apud* Pontes 2018, p.30), ressalta que é importante ter uma mão de obra qualificada para a realização da impermeabilização pois, isso pode afetar no custo final da obra, e que ter o retrabalho de refazer ou de aplicar pela primeira vez pós obra pode elevar o custo a uma margem superior de 10% a 15% do que o programado.

No estudo de caso, é apontado um imóvel com problemas de infiltrações advinda do solo, dos quais, foram danificadas várias paredes internas do imóvel. A infiltração ocasionou bolhas, descascamento e um aspecto visual constrangedor. Conforme ilustrado nas figuras 8,9,10 e 11 a seguir.



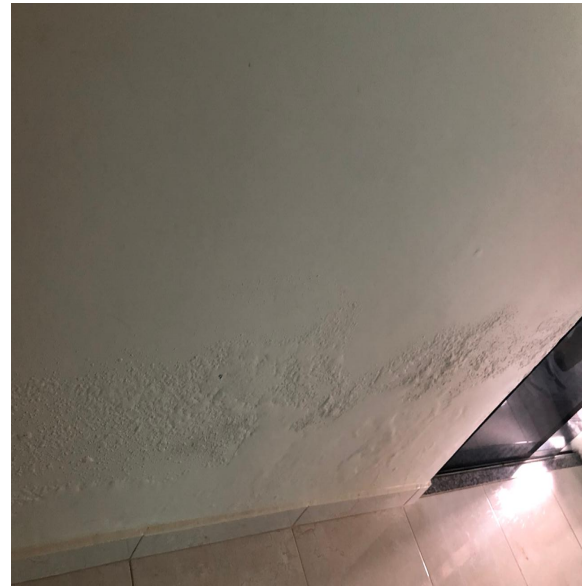
Figura 8: Parede com infiltração



Fonte: O autor. Goiânia (2019)

Figura 10: Parede com infiltração

Figura 9: Parede com infiltração



Fonte: O autor. Goiânia (2019)

Figura 11: Parede com infiltração



Fonte: O autor. Goiânia (2019)



Fonte: O autor. Goiânia (2019)

Nas figuras 12 e 13, é ilustrado o tratamento incorreto contra essa manifestação patológica. Foi usado o método de revestimento de paredes. Tal método mostra-se em uma técnica que não obtém resultado satisfatório quando não se faz a anterior impermeabilização. O que se pode atestar, conforme (RIBEIRO, 2018), é que a umidade não foi tratada, apenas escondida, e ela vai continuar se manifestando. Em pouco tempo esse revestimento não resistirá e as manchas de umidade novamente ficaram expostas.



Figura 12: Parede picotada



Fonte: O autor. Goiânia (2019)

Figura 13: Aplicação do revestimento



Fonte: O autor. Goiânia (2019)

Ainda para este autor, (RIBEIRO, 2018), o cobrindo de manchas de umidade das paredes com algum revestimento, sem que haja o tratamento necessário, é um gasto inútil, seria uma camuflagem de algo que mais dia menos dia irá voltar, não há revestimento que resistamanchas de umidade.

Para (Macedo J. V. *et al*, 2017), esse tipo de correção não resolve, o problema de infiltração irá voltar em menos de 10 anos. Nas figuras 14 e 15 apontam o resultado de colocação de revestimento sem antes fazer o tratamento adequado.

Figura 14: Infiltração no revestimento



Fonte: (Macedo J. V. *et al*, 2017)

Figura 15: Infiltração no revestimento



Fonte: (Macedo J. V. *et al*, 2017)

Segundo Pozzobon (2007, *apud* Schönardie 2009, p.34), o tipo de impermeabilização deve ser adotado de acordo com a forma de atuação que a água apresenta no imóvel e do comportamento físico que os elementos, trazidos pela água, estão sujeitos sua ação.

Já Barroso (2015, *apud* Siqueira 2018, p.38) além da escolha do impermeabilizante através da atuação da água, deve se levar em conta também a facilidade da execução, produtividade e método construtivo.

Em relação aos custos, os gastos com materiais na reforma do imóvel apresentaram valores bastante representativos, visto que a mão-de-obra ficou alta devido a quantidade de processos a serem realizados, como mostra a tabela 1, a seguir:

Tabela 01 – Valores gastos no imóvel para a intervenção contra a infiltração.

Material	Qt	Unid	R\$ Unit	R\$Total
Argamassa quartzolit AC	27	sc	R\$26,49	R\$715,23
Revestimento Bellacer 32x45 PEI-3	123,22	m ²	R\$16,25	R\$2.002,33
Tinta anjo 2750	3	lt	R\$15,00	R\$45,00
Tinta Leinertex Vivacor branco ne18L	1	lt	R\$109,90	R\$109,90
Textura Leinertex acrílica gelo 25kg	2	lt	R\$121,69	R\$243,38
Texturado Leinertex rústico neve 25kg	10	lt	R\$121,69	R\$1.216,90
Tinta anjo acrílica toque de pétalas	2	lt	R\$381,89	R\$763,78
Argamassa quartzolit ac - II supercimentcola	30	sc	R\$18,90	R\$567,00
Mão-de-obra				R\$8.000,00
Total				R\$13.663,52

Fonte: CEMACO, 2019.

Uma alternativa, da qual se teria um resultado com maior êxito, e que se pode ser usada como uma nova solução futura, visto que esse tratamento não terá uma longa duração, seria fazer o tratamento das infiltrações usando impermeabilizante antes de uma nova pintura.

Uma opção seria o impermeabilizante Sika monotop®-123 Rodapé -100 Seal, que é um produto de fácil aplicação e secagem rápida, indicado para infiltrações ascendentes em paredes de alvenaria, quando o reboco se apresenta em um bom estado, que seria o caso do imóvel em questão. A qualidade do reboco foi identificado a olho nu, com base no quadro 1 a seguir:

Quadro 1 - Níveis de degradação e critérios de classificação

Níveis de degradação	Caracterização	Técnicas de recuperação
Nível 1 - Bom	- Sujidade superficial	- Inspeção visual simples - Limpeza
Nível 2 –Ligeira Degradação	- Diferenças de cor e textura - Pequena fissuração - Fungos e líquenes - Graffiti - Pontos de humidade	- Limpeza de superfície com escovagem manual
Nível 3 - Degradação moderada	- Fendilhação localizada - Fendilhação profunda em cantos, vãos ou esquinas - Infiltrações ou manchas de humidade localizadas - Início de eflorescências - Deterioração da superfície	- Avivamento e fechamento de fendilhações - Escovagem de superfície ou limpeza com jacto de água - Substituição de zonas danificadas - Nova pintura
Nível 4 - Degradação generalizada	- Fendilhação localizada - Fendilhação profunda em cantos, vãos ou esquinas - Infiltrações ou manchas de humidade localizadas - Início de eflorescências - Deterioração da superfície	- Substituição da zona afectada, com aplicação de novo reboco

Fonte: GASPAR, 2003

O produto Sika monotop®-123 Rodapé -100 Seal, vem em galões de 3,6 litros e rende, em média, 6m². Como as paredes que apresentavam a manifestação patológica somavam 47m² x 1m² = 47m², então 47m², seria a quantidade de área a ser considerada para o tratamento. Ressaltando que a altura para tratamento das manifestações patológicas é de 1m² segundo Hillesheim *et al*, 2016, que pede para considerar, a partir do chão, a altura sugerida para a aplicação do impermeabilizante. E que neste caso, sabendo de seu rendimento, bastariam 08 galões de 3,6 litros do Sika monotop®-123 Rodapé -100 Seal.

A tabela 2 apresenta o valor que seria necessário para o correto tratamento, realizando-o com o impermeabilizante citado como opção de correção.

Tabela 02 –Gastos usando como produto de reparo o impermeabilizante Sika Monotop®

Material	Qt	Unid	R\$ Unit	R\$ total
Sika monotop®-123 Rodapé -100 Seal	8	lt	R\$145,00	R\$1.160,00
Tinta anjo 2750	3	lt	R\$15,00	R\$45,00
Tinta Leinertex Vivacor branco neve 18L	1	lt	R\$109,90	R\$109,90
Textura Leinertex acr gelo 25kg	2	lt	R\$121,69	R\$243,38
Texturado Leinertex rust neve 25kg	10	lt	R\$121,69	R\$1.216,90
Tinta anjo acr toque de petalas	2	lt	R\$381,89	R\$763,78
Mão-de-obra				R\$1.000,00
Total				R\$4.538,96

Fonte: SIKA®, 2019.

O impermeabilizante Sika Monotop® tem como vantagens, apresentação de acabamento fino, sendo utilizado apenas uma camada, fácil aderência ao reboco e aspecto finalda paredelisa e branca. Tendo um bom reboco, pode ser utilizado diretamente, sem necessidade de retirada do mesmo, bastando apenas adicionar água e seguir as informações do fabricante. (SIKA®, 2019)

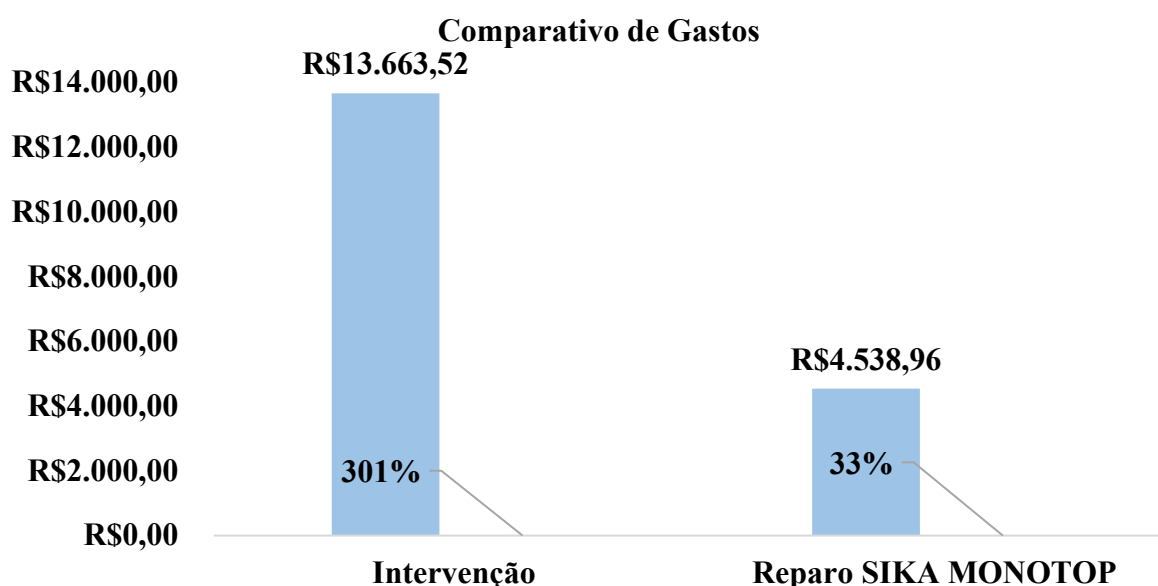
Conforme fabricante, deve-se umedecer a superfície antes de sua aplicação de primeira demão, com a observação de não deixar ocorrer saturação da mesma. Após se aplica o produto Sika MonoTop®-123 Rodapé, o ideal é usar uma desempenadeira metálica com uma demão afim de obter um acabamento liso e plano. Depois aguardar aproximadamente por quatro horas para lixar o local e removeras imperfeições.

O fabricante ainda ressalva que o ideal é receber o acabamento final após a cura total de aproximadamente vinte e quatro horas e que a caso houver a necessidade de uma segunda demão, deve repetir o processo de aplicação.

O gráfico 1, a seguir, faz uma comparação entre as tabelas 1 e 2, é notável a diferença de valores entre as duas, a tabela 1 apresenta valores reais gastos na intervenção feita para combater a umidade vinda do solo, intervenção essa que diante dos estudos realizados neste trabalho, conclui-se que não terá uma longa duração pois, não foi feito nenhum tratamento para combater-la, somente se teve a preocupação de tampar os danos estéticos que a umidade trouxe nas paredes, e a tabela 2 foi elaborada como sugestão de uma intervenção diferente daquela feita, a qual apresentou um custo bem mais baixo, e que, através das pesquisas

apresentadas neste trabalho, seria uma intervenção que faria um tratamento para combater-la e ao mesmo tempo a prevenção para que mesma não voltasse a danificar as paredes do imóvel.

Gráfico 1 – Resultado de Comparação das Tabelas 1 e 2.



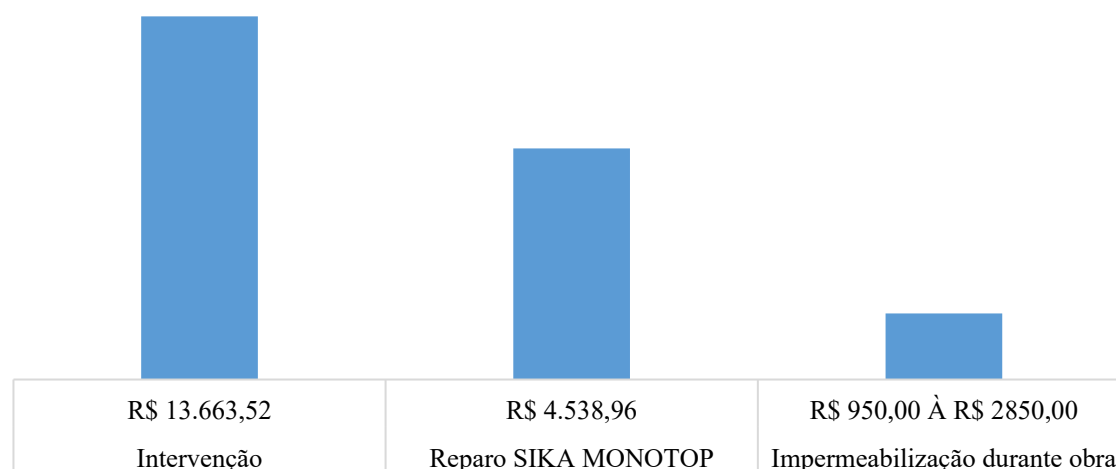
Fonte: O autor. Goiânia (2019)

Conforme dados coletados *in loco*, e após o levantamento dos custos dos reparos, notou-se que a intervenção com revestimento cerâmico representou custos 301% maiores do que o reparo realizado conforme recomendação técnica (SIKA®, 2019), com um agravante de ter sido realizado sem tratamento prévio do substrato, apresentando um custo total de R\$13.663,52 (Treze Mil Seiscentos e Sessenta e Três Reais e Cinquenta e Dois Centavos), enquanto que o reparo realizado conforme recomendação técnica representou apenas R\$ 4.538,96 (Quatro Mil Quinhentos e Trinta e Oito Reais e Noventa e Seis Centavos), o que representa 1/3 (um terço) do que foi que gasto. Isso evidencia o quanto é importante a realização de intervenções com profissional qualificado.

No gráfico 2, a seguir, mostra o quanto seria mais econômico se tivesse sido utilizado o impermeabilizante durante a obra ao invés de ser colocado em uma intervenção. Os gastos estimados nessa construção, que foi construída em 2010, foram de R\$ 95.000,00 (Noventa e Cinco Mil Reais), considerando o lote, materiais e mão-de-obra. Visto que segundo o autor, JUNIOR et al, 2018, p.14, que uma obra custe de 1% a 3% do valor da obra, o que neste caso acrescentaria um valor de R\$950,00 (Novecentos e Cinquenta Reais) a R\$ 2.850,00 (Dois Mil Oitocentos e Cinquenta Reais), que, se comparado ao valor gasto como reparo sugerido no presente trabalho, representaria de 12% a 21% a menos de custo.

Gráfico 2 – Comparação entre processos de tratamentos diferentes

COMPARATIVO DE VALORES



Fonte: O autor. Goiânia (2019)


CONCLUSÃO

As infiltrações vindas do solo são as grandes vilãs de um imóvel. Diante dos estudos do presente trabalho, a prevenção foi apresentada como a melhor solução para seu combate e, para tal, é imprescindível realizar e seguir corretamente projetos de impermeabilização. Seguir os projetos durante a obra evitam também a geração de manifestações patológicas que, em alguns casos, podem resultar em grandes prejuízos, não só econômicos, mas também a saúde dos ocupantes. Então, o ideal para a construção de qualquer imóvel é que se tenha um projeto de impermeabilização em total conformidade com os aspectos Normativos (ABNT).

Não existe processo milagroso que vá corrigir omissões ou erros de projetos e planejamentos e o custo para correção das manifestações patológicas recorrentes da ausência ou pela má execução da impermeabilização é sempre maior. Tratar a infiltração sem um técnico apto a resolver, não soluciona o problema, apenas camuflará por algum tempo e depois a mesma irá ressurgir, aumentando ainda mais os custos de reparo.

A costumeira forma de um proprietário solucionar problemas pertinentes na sua moradia sem o auxílio técnico, e pegando opiniões de vizinhos, amigos, pedreiros ou profissionais equivalentes que não tem a experiência necessária para a resolução de problemas, atrasa, dificulta ou cria uma solução momentânea, paliativa, que gera custos desnecessários e prejuízos futuros.

Através dos estudos realizados, conclui-se que a impermeabilização durante a obra é mais fácil e econômica do que quando executado após a sua entrega. A ausência ou a má



execução de sistemas de impermeabilização geram degradação de partes do imóvel e os custos de manutenção corretiva, são, inexoravelmente, mais elevados quando em comparação com os custos de sua implementação preventiva.

No estudo de caso apresentado foram realizadas comparações de valores gastos na intervenção realizada e no tratamento que seria recomendado por literaturas, fabricante e catálogos técnicos. A diferença de custos entre os tratamentos realizado e sugerido foi de R\$ 9.124,56, diferença essa que, percentualmente, atingiu a casa de 301%.

Caso a impermeabilização tivesse sido planejada anteriormente à execução e realizada no momento de execução da obra a economia teria sido ainda maior, visto que a intervenção gerou um gasto de R\$13.663,52, enquanto que o tratamento prévio geraria gastos que poderiam variar entre R\$950,00 a R\$2850,00, perfazendo um custo de 4 a 14 vezes menor.

REFERÊNCIAS

ALIPRANDINI, I. D. **Avaliação de Incidências de Fissuras em imóveis residenciais.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6693/1/CM_COECI_2015_2_17.pdf. Acesso: 21 de fevereiro de 2019.

AVELAR E. N. **Estudo de Caso de patologias encontradas em uma residência no município de Paraíso do Norte-PR.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário de Maringá, 2017. Disponível em: <http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/303>. Acesso: 20 de fevereiro de 2019.

CARVALHO JR, R. **Conheça as Patologias dos Sistemas Prediais Hidráulicos Sanitários.** Youtube, 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=tL7WqabBIxk>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2019.

CECHINEL, B.M. *et al.* **Infiltração em Alvenaria – Estudo de caso em edifício na grande Florianópolis.** Caderno de Publicações Acadêmicas. Disponível em: <http://periódicos.ifsc.edu.br/index.php/publicações/article/view/70>. Acesso: 22 de fevereiro de 2019.

DA SILVA, R. J. S. M. **Humidade ascensional – Dimensionamento de sistemas de ventilação da base das paredes.** Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2012. Disponível em: <file:///C:/Users/asus/Downloads/000154191.pdf>. Acesso: 16 de março de 2019.

DE CASTRO, M. D. *et al.* **Análise e sugestões terapêuticas das manifestações patológicas de infiltração de um edifício com mais de 20 anos – Estudo de caso.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014. Disponível em:

http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1999/1/PB_COECI_2013_2_9.pdf.
Acesso: 02 de março de 2019.

DE OLIVEIRA, M. V. T. **Avaliação das causas e consequências das patologias dos sistemas impermeabilizantes – um estudo de caso.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Guaratinguetá, 2015. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/139165/000864040](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/139165/000864040.pdf?sequence=1)

.pdf?sequence=1. Acesso: 03 de março de 2019.

FARIAS, R.M.; EVANGELISTA, W.L. **Transtornos e Desconfortos ocasionado pela infiltração e umidade no centro de Pedro Leopoldo/MG.** Revista de Engenharia e Tecnologia, V.9, nº3, pág. 166, Dezembro de 2017.

FERNANDES, L. A. **Patologias originadas pela umidade em edificações e seus tratamentos.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá, 2018. Disponível em: <http://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/handle/123456789/751/Trabalho%20de%20conclus%C3%A3o%20de%20curso%20-%20TCC%20Arquivo%20completo%20do%20artigo%20em%20PDF.pdf?>. Acesso: 05 de março de 2019.

FERRAZ, B. T. B. **Estudo das principais manifestações patológicas causadas por umidade e infiltrações em construções residenciais.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Católica de Pernambuco, 2016. Disponível em: <https://fastformat.co/contests/submissions/10/pdf>. Acesso 04 de março de 2019.

FIBERSALS. **Impermeabilização em paredes: como fazer para acabar com a infiltração.** Blog da Fibersals, Construção e Reforma, infiltração. Post atualizado em 18 de outubro de 2018. Disponível em: <https://fibersals.com.br/blog/impermeabilizacao-em-paredes-como-fazer/>. Acesso: 17 de março de 2019.

FORTUNATO, C. **O que fazer com as infiltrações na sua casa.** REVISTA.ZAPIMOVEIS. 2013. Disponível em: <https://revista.zapimoveis.com.br/saiba-como-evitar-infiltracoes-na-sua-casa/>. Acesso: 31 de março de 2019.

GASPAR, P. L. *et al.* **Técnicas de diagnóstico e classificação de anomalias por perda de aderência em rebocos.** Disponível em: https://www.apfac.pt/congresso2007/comunicacoes/Paper%2056_07.pdf. Acesso: 14 de abril de 2019.

GASPAR, P. L. **Fatores condicionantes na vida útil de um reboco – discussão para sua quantificação parte 1.** Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Brito5/publication/281208295_Factores_Condicionantes_na_Vida_Util_de_um_Reboco_-_Discussao_para_a_Sua_Quantificacao_Parte_1/links/55db59fc08aec156b9afe8ee/Factores-Condicionantes-na-Vida-Util-de-um-Reboco-Discussao-para-a-Sua-Quantificacao-Parte-1.pdf. Acesso: 14 de abril de 2019.

HILLESHEIM, C. *et al.* **Patologias na construção civil: estudo de caso para a Entidade Beneficente.** Revista Maiêutica Indaial, v.2 n.1, p. 79-90, 2016. Disponível em:

<https://publicacao.uniasselvi.com.br/index.php/ENG_EaD/article/view/1528>. Acesso: 23 de fevereiro de 2019.

IBI – **Instituto Brasileiro de Impermeabilização**. Disponível em: <http://www.ibisp.org.br>. Acesso: 31 de março de 2019.

JUNIOR, A. J. S. *et al.* **A importância do projeto de impermeabilização para redução de manifestações patológicas**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade do Sul de Santa Catarina, 2018. Disponível em: <https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/5020/TCC%20Alivino%20e%20Valceli.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso: 17 de março de 2019.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções - Procedimento para diagnóstico e recuperação**. Boletim Técnico 06/86. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1985. Disponível em: http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/BT_00006.pdf. Acesso: 26 de março de 2019.

MACEDO J. V. *et al.* **Manifestações patológicas causadas pela umidade devido à falha ou ausência de impermeabilização: estudo de caso**. CONPAR – Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas, 2017. Disponível em: <http://revistas.poli.br/index.php/CONPAR/article/download/657/254>. Acesso: 27 de março de 2019.

NASCIMENTO A. *et al.* **Projeto de Impermeabilização Como Medida Preventiva de Manifestações Patológicas em Edificações – Estudo de Caso**. FACEAR – Faculdade Educacional Araucária, 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/asus/Downloads/projeto-de-impermeabilizacao-como-medida-preventiva-de-manifestacoes-patologicas-em-edificacoes-estudo-de-caso.pdf>. Acesso: 17 de março de 2019.

_____. **NBR 9574: Execução de impermeabilização**. Rio de Janeiro: 2008.


_____. **NBR 9575: Seleção de projeto de impermeabilização**. Rio de Janeiro: 2010.

_____. **NBR 15575-1: Edifícios Habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro: 2010.

OLIVEIRA, D.F. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007893.pdf>. Acesso: 19 de fevereiro de 2019.

PONTES, B. R. **Patologias de infiltrações em unidades habitacionais: estudo de caso em residências no município de Anápolis-Goiás**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Faculdade Unievangélica, 2018. Disponível em: http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/70/1/2018_1_TCC_Bianca%20Roriz%20Pontes.pdf. Acesso: 27 de março de 2019.

RIBEIRO, A. **Como lidar com paredes com umidade**. 2018. Disponível em: <<https://delas.ig.com.br/casa/como-lidar-com-paredes-com-umidade/n1237508155177.html>>. Acesso: 10 de março de 2019.



RIGHI, Geovane V. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: Patologias, prevenções e correções – Análise de casos**. Dissertação -Mestrado em Engenharia Civil – UFSM, Santa Maria, 2009. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7741/RIGHI%2c](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7741/RIGHI%2c%20GEOVANE%20VENTURINI.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[%20GEOVANE%20VENTURINI.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7741/RIGHI%2c%20GEOVANE%20VENTURINI.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso: 17 de março de 2019.

RODRIGUES, R.M. et al. **Erros, diagnósticos e soluções de Impermeabilização na construção civil**. Disponível em: <<https://periodicos.unipe.br/index.php/interScientia/article/view/513>>. Acesso: 21 de fevereiro de 2019.

SIKA®. **Soluções e produtos - SIKA MONOTOP®-123 RODAPÉ, SIKA MONOTOP® - 100 Seal**. 2019. Disponível em: <https://bra.sika.com/pt/grupo-sika-brasil/eventos/no-03-fev-2019.html>. Acesso: 10 de março de 2019.

SIQUEIRA, V. **Impermeabilização em obras de construção civil - Estudos de casos Patologias e Correções**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade do Sul de Santa Catarina, 2018. Disponível em: <https://riuni.unisul.br/handle/12345/5010>. Acesso: 20 de fevereiro de 2019.

SCHÖNARDIE, E. C. **Análise e tratamento das manifestações patológicas por infiltração em edificações**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2009. Disponível em: <http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/2010/03/TCC-Clayton-Eduardo-Sch%C3%B6nardie.pdf>. Acesso: 08 de março de 2019.

STORTE, M. **Manifestações patológicas na impermeabilização de estruturas de concreto em saneamento**. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=20&Cod=703>>. Acesso: 23 de fevereiro de 2019.

VEDACIT. **Manual técnico: impermeabilização de estruturas**. 6. ed. São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/manual-sobre-impermeabilizacao>>. Acesso: 09 de março 2019.

VIEIRA, F. S. **Estudo de avaliação financeira para reforma de uma edificação residencial em Ilícinea – MG com incidência de infiltração em paredes**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário do Sul de Minas, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/673/1/TCC%20Fernanda.pdf>. Acesso: 31 de março de 2019.

CAPÍTULO 14

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS VOLTADAS PARA A REDUÇÃO DE CO₂ EM FÁBRICAS DE CIMENTO

Gabriel Soares Cardoso, Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Fernando Ernesto Ucker, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Milton Gonçalves da Silva Junior, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Mateus de Leles Lima, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia

RESUMO

Esse trabalho de conclusão de curso tem o intuito de analisar e expor dados relacionados na mudança de produção do cimento, sendo o mesmo um material extremamente relevante para a construção civil, porém com fabricação nociva ao meio ambiente. Os métodos de pesquisa foram a partir de leitura de literatura especializada no assunto presente em livros, artigos e em matérias referentes ao assunto. Todavia, estima-se que a produção de cimento continue a se desenvolver cada vez mais com o passar dos anos, e, por conseguinte aumentaria as emissões de dióxido de carbono na atmosfera. Desta maneira é preciso evitar nosso quadro atual, sendo indispensável que o processo de fabricação existente venha a sofrer alterações significativas, haja visto que a demanda por cimento não irá diminuir. Atitudes precisariam ser tomadas pelas produtoras do material na escolha por modelos de cimento.

Palavras-chave: Emissão de Gás; Meio Ambiente; Consequência.

INTRODUÇÃO

O processo produtivo do cimento tem sido apontado como gerador de impactos tanto ambientais, como sociais. No Brasil, a participação da indústria cimenteiras nas emissões de CO₂ é metade da média mundial, cerca de 2%, isso se deve a inovações já adotadas pelo setor e que estão sendo identificadas e avaliadas por um estudo sobre as tecnologias voltadas à produção de cimento no país (SAMPAIO, 2013).

Nem todas as empresas publicam relatórios de sustentabilidade, mas algumas empresas brasileiras participam da Iniciativa de Sustentabilidade do Cimento, um esforço global para adoção de práticas sustentáveis nessa indústria. As empresas que participam dessa iniciativa responderam por cerca de 20% da produção mundial em 2013 (ABDI, 2013).

Como é crescente o consumo mundial de concreto, e conseqüentemente de cimento, muito se discute sobre alternativas para minimizar as emissões associadas ao mesmo, sendo o



segundo material mais consumido no mundo, sendo assim tem-se impactos alusivos com a sociedade por produzirem problemas no meio natural como por questões relacionadas à saúde humana, tais como: contaminações no ar, na água ou no solo.

De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, na América Latina, o Brasil se encontra entre os países que mais produzem e consomem cimento, chegando a uma produção de 68 milhões de toneladas no ano de 2013. Contudo, se faz pensar em algum método que realize de forma mais coerente a racionalização, a distinção e conciliação das matérias-primas utilizadas na produção do cimento, elevando a qualidade e a flexibilidade do produto e possibilitando substituir grande parte do material causador de emissão de dióxido de carbono CO_2 , reduzindo em até 40% as emissões de poluentes (SAMPAIO, 2013).

A princípio a fabricação do cimento pode-se constatar que não é um processo simplista, para sua obtenção, apresentando como principais componentes presentes em sua composição o calcário e a argila, encontrados na natureza. Ocorre que esse método usado vem acometendo de modo ameaçador e violento a natureza, uma vez que o processo se dá por meio da atividade de mineração da rocha calcária, e que é executada em amplas e extensas pedreiras mecanizadas a céu aberto, nas imediações de locais em que acontece a extração do calcário facilitando assim o traslado da matéria-prima pesada até o local industrial (SAMPAIO, 2013).

A vasta parte desse consumo é relativa ao gasto de energia térmica no decorrer da incineração dos combustíveis, e desta forma, temos a emissão do principal problema ocasionado pela quantidade de gás carbônico na atmosfera, o CO_2 , que detém calor nas camadas mais baixas do nosso planeta, e assim, descontrolando o clima e por consequência elevando as médias de temperatura.

A sustentabilidade das atividades econômicas tem se mostrado um dos principais desafios enfrentados pela humanidade neste século, posto que, o processo produtivo do cimento tem sido apontado como gerador de impactos tanto ambientais, como sociais. Constata-se que no momento atual, nem todas as fábricas de cimento são problemáticas, já que parte delas vem progressivamente se comportando de acordo com o que fora convencionado nas legislações vigentes, buscando uma maior responsabilidade sócio ambiental. Entretanto, ainda há casos com a questão do aquecimento global e das mudanças climáticas em foco, o setor passou a ser visado por emitir gases de efeito-estufa, causando impactos em escala mundial (CARVALHO, 2015).



Não obstante, o cimento seja hoje imprescindível para a sociedade moderna, se faz primordialmente relevante à verificação acerca da forma a qual vem sendo afetado de modo agressivo nosso meio ambiente, no que concerne ao ar, apesar de que, o cimento foi afamado como sendo um recurso revolucionário ante a história da engenharia, e fator responsável a maneira como as cidades passaram a evoluir. Residências, edifícios, praças, estádios, condomínios, parques e praticamente todos os tipos de construções evidenciam a presença de forma notória dessa substância como um dos seus materiais basilares.


No que diz respeito às tecnologias mais eficientes disponíveis, a alternativa mais favorável seria a difusão do processo via seca, que representa a maior parte da capacidade instalada no Brasil e, portanto, não teria como provocar uma redução significativa da intensidade de carbono desse segmento da indústria. De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (Snic), o Brasil possui um parque industrial moderno, com instalações eficientes no que diz respeito ao consumo energético, e predomínio dos fornos via seca, que respondem por 99% da produção de cimento no país (SNIC, 2008).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de conclusão de curso em questão foi escrito a partir da leitura de materiais publicados em livros, artigos, dissertações, teses e fontes encontradas em sites na internet. A natureza da pesquisa que foi realizada foi classificada como aplicável, sendo apresentada pela leitura e revisão de diversos autores que forneceram a importância para esta dissertação com relação ao quanto que a emissão de CO₂ (dióxido de carbono) na atmosfera afeta diretamente todos os seres humanos.

Com o intuito de atingir os objetivos propostos, serão analisados os principais artigos e estudos feitos na área de produção de cimento e emissões de dióxido de carbono na atmosfera. Também selecionou vários artigos e teses publicadas na internet para que assim possa-se obter um estudo de casa completo, e assim solidificar as propostas com inovações renováveis para o cimento, e também alternativas ecológicas para um processo amplo que se verificou que é a atual devolução ambiental.

O estudo em questão fez-se através de pesquisas na internet em artigos e sites e livros que possuem temáticas referentes à proposta. As informações coletadas foram analisadas de forma crítica e analítica para que se possa expor da melhor maneira a proposta deste trabalho. Os dados também foram expostos através da pesquisa de imagens e tabela e leitura de artigos, livros e matérias na internet com o intuito de se explorar e discutir a temática proposta.



Em um estudo pormenorizado referente às Inovações renováveis, a favor da redução deCO₂ (dióxido de carbono) proveniente da emissão resultante da fabricação de cimento, se faz jus a novas pesquisas que nos permitam a conhecer novas técnicas de fabricação de cimento que não venham a ser tão agressivas quanto às já existentes, que por sua vez, já causaram problemas no meio ambiente.

Todavia, estima-se que a produção de cimento continue a se desenvolver com o passar dos anos, e, por consequência aumentaria as emissões de CO₂ (dióxido de carbono) na atmosfera. Desta maneira é preciso evidenciar métodos através de estudos científicos o nosso quadro atual, sendo indispensável que o processo de fabricação existente venha a sofrer alterações significativas, expondo alternativas renováveis e tecnológicas para redução de todo o impacto que já foi lançado, haja vista que a demanda por cimento não irá diminuir. Entretanto, não devemos descartá-lo de uma vez por todas, mas carecemos em procurar caminhos diversos aos já usados nas construções, em grande proporção para que seus impactos sejam cada dia menor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O grande passo no desenvolvimento do cimento foi dado em 1756 pelo inglês John Smeaton, que conseguiu obter um produto de alta resistência por meio de calcinação de calcários moles e argilosos. Em 1818, o francês Vicat obteve resultados semelhantes aos de Smeaton, pela mistura de componentes argilosos e calcários. Ele é considerado o inventor do cimento artificial. Em 1824, o construtor inglês Joseph Aspdin queimou conjuntamente pedras calcárias e argila, transformando-as num pó fino. Percebeu que obtinha uma mistura que, após secar, tornava-se tão dura quanto as pedras empregadas nas construções (BATTAGIN, 2016).

A mistura não se dissolvia em água e foi patenteada pelo construtor no mesmo ano, com o nome de cimento Portland, que recebeu esse nome por apresentar cor e propriedades de durabilidade e solidez semelhantes às rochas da ilha britânica de Portland. O cimento é composto de clínquer e de adições que distinguem os diversos tipos existentes, conferindo diferentes propriedades mecânicas e químicas a cada um. As adições também são ou não utilizadas em função de suas distribuições geográficas (BATTAGIN, 2016).

O clínquer é o principal item na composição de cimentos Portland, sendo a fonte de Silicato tricálcico (CaO)₃, SiO₂ e Silicato dicálcico (CaO)₂SiO₂. Estes compostos trazem acentuada característica de ligante hidráulico e estão diretamente relacionados com

a resistência mecânica do material após a hidratação. A produção do clínquer é o núcleo do processo de fabricação de cimento, sendo a etapa mais complexa e crítica em termos de qualidade e custo. As matéria-primas são abundantemente encontrada em jazidas de diversas partes do planeta, sendo de 80% a 95% de calcário, 5% a 20% de argila e pequenas quantidades de minério de ferro (CIMENTO NO BRASIL, 2016).

A fabricação de cimento não é simples e requer muita energia e diferentes mecanismos utilizados como agentes aglomerantes e as principais matérias-primas presentes em sua composição são o calcário e a argila. Os mesmos são encontrados, ainda em excesso, e extraídos da natureza. Pode-se então considerar que os sítios destinados para a sua produção são constituídos por duas grandes atividades: a mineração de calcário e a fabricação de cimento. As instalações das fábricas costumam ser próximas aos locais de extração do calcário para facilitar o transporte da matéria-prima pesada até a área industrial.

O processo para fabricação de o cimento dar-se por após serem extraídas as rochas, são desfeitas e reduzidas em pequenas partes com explosivos, para terem uma granulometria propícia ao seu destino. Assim, por sua vez, as matérias primas, o calcário (94%), e a argila (4%) e medidas menores de óxidos de ferro e alumínio (2%), são fragmentadas e dissolvidas até alcançarem a consistência de um pó fino. O material é levado a um forno rotativo, é aquecido em uma temperatura de 1500 °C, antes de ser bruscamente resfriado por rajadas de ar (IPCC, 2006). Segue abaixo a imagem de representação do clínquer:

Figura 9: Clínquer para o cimento (PORTUGUESE ALIBABA, 2002).



Assim é produzido o clínquer, substância básica e necessária para a fabricação do cimento. Essa técnica, no entanto, exige alto consumo de energia térmica, através de combustíveis utilizados para aquecer os fornos rotativos para a produção de clínquer, e energia elétrica, usada em todo o processo industrial para mobilizar as máquinas, fazer rotar



os fornos rotativos e os moinhos. Estima-se que a geração de energia térmica e a descarbonatação do calcário sejam responsáveis, respectivamente, por 40% e 50% das emissões. Os 10% restantes distribuem-se entre transporte e consumo de energia elétrica na fábrica (ABDI, 2013).

Nem todas as empresas publicam relatórios de sustentabilidade, mas algumas empresas brasileiras participam da Iniciativa de Sustentabilidade do Cimento, um esforço global para adoção de práticas sustentáveis nessa indústria. As empresas que participam dessa iniciativa responderam por cerca de 20% da produção mundial em 2013. Mais recentemente, com a questão do aquecimento global e das mudanças climáticas em foco, o setor passou a investigar e fiscalizar por estar emitindo gases de efeito-estufa, causando impactos em escala mundial visto que as mudanças climáticas têm sido apontadas como um dos principais desafios para o mundo e para o Brasil no século XXI (ABDI, 2013).

Recentemente, tem havido consenso científico sobre o impacto gerado pelo aquecimento global e sobre as consequências potencialmente devastadoras geradas, principalmente, pela emissão antrópica de gases de efeito-estufa, dióxido de carbono. Assim sendo, o aquecimento global pode mudar padrões de produção de alimento em países como Austrália, Argentina e Brasil e regiões temperadas da Europa, gerando carência de grãos.

As regiões tropicais serão as mais atingidas, já que nestas regiões reside grande parte da agricultura de subsistência. Ademais, outro aspecto refere-se à desertificação em grande escala aumentando a pressão migratória, especialmente em direção à Europa. A China e Índia são também vulneráveis, sendo os dois países mais populosos do mundo, e terão poucas condições de enfrentar a diminuição agrícola.

Verifica-se que a tensão social em função da fome e associada a conflitos étnico-religioso pode vir a ser agravado em várias partes do mundo, gerando problemas que se pensavam superado como o da disputa por territórios, alimentos, recurso entre outros. Além disso, a produção de cimento apresenta impacto elevado em termos de emissões de gases de efeito estufa (GEE), com destaque para o dióxido de carbono, que corresponde a quase o total dos GEE emitidos. As emissões dessa indústria em nível mundial são estimadas em cerca de 5% do total das emissões antrópica de carbono (WBCSD, 2010).

No Brasil, a indústria de cimento foi responsável por 29,7% das emissões de CO₂ de processos industriais em 2012, e além de carbono, a produção de cimento emite outros poluentes atmosféricos, tais como material particulado (poeira) e gases vinculados à chuva

ácida e nesse contexto, observa-se o endurecimento progressivo das legislações que determinam os padrões de emissão no Brasil e em outros países (PINHO, 2012). A seguir a imagem de uma fábrica de cimento no Brasil:

Figura 10: Fábrica de cimento no Brasil (CLICK SERGIPE, 2017).



O cimento é obtido a partir da moagem do clínquer com gesso é produzido basicamente a partir de calcário e argila, que são britados, moídos e misturados em proporções definidas e é levado a altas temperaturas em fornos especiais, portanto o processo produtivo do clínquer é, portanto, de forma simplificada, uma combinação de exploração e beneficiamento de substâncias minerais, transformadas por meio do calor.

Em termos mundiais, a maior parte das emissões de carbono da produção de cimento, cerca de 90%, é resultante da geração de energia térmica e da descarbonatação do calcário, etapa do processo industrial em que o calcário, por meio de uma reação química, libera carbono para produção de clínquer e estima-se que, na produção de uma tonelada de clínquer, seja produzida uma tonelada de dióxido de carbono CO_2 , contribuindo assim em grande parte para o aumento do efeito estufa. Além disso, o processo de confecção desse elemento não gerar resíduos sólidos de modo direto, haja vista que as cinzas derivadas da queima dos combustíveis no forno rotativo são habitualmente agregadas no próprio clínquer, e assim sendo provoca uma alta irradiação de poluentes gasosos e material prejudicial para a atmosfera (ABDI, 2013).

Desse modo, com esta emissão muitas das vezes sem ordem e sem nenhuma fiscalização ou pesquisas para inovações tecnológicas neste âmbito das indústrias cimenteiras,



sabe-se que o acúmulo de dióxido de carbono tende a crescer drasticamente porque a construção civil, na atualidade que estamos se acelera a cada minuto em edificações e mais áreas por metro quadrado, sendo ocupada de vegetação para concreto.

O cimento moderno se compõe de silicato de magnésio, e requer muito menos calor para ser esquentado que o tradicional e por consequência absorvendo muito mais dióxido de carbono. Logo, o produto utilizado atualmente demanda chegar à temperatura de 1.500 °C para que ocorra sua fusão. Entretanto, o cimento novo só precisa atingir 650 °C, muito menos que a metade do antigo. Assim, o processo de fabricação do cimento atual utilizado, em suas matérias-primas lança na atmosfera cerca de 0,8 tonelada de dióxido de carbono por tonelada de cimento (RESCHKE, 2003).

Ademais em contato com a água, a fusão absorve 0.4 t de dióxido de carbono, o que deixa uma conta de 0.4 t maior no ar. Logo, usando o cimento novo, com o silicato de magnésio, a emissão é de apenas 0.5 t por tonelada do cimento fabricado, contudo, no final, ele ainda absorve 1.1 t, ou seja, deixa um saldo negativo de 0.6 t, e segundo Nikolaos Vlasopoulos, no ano de 2016 cientista-chefe da Novacem, empresa responsável pela descoberta do cimento moderno no mundo, há 10 trilhões de toneladas do material usado na fabricação do cimento novo (VLASOPOULOS, 2016).

Figura 11: Cimento Global / Construção Latina (SHUTTERSTOCK, 2013).



Todavia, estima-se que a produção de cimento continue a se desenvolver cada vez mais com o passar dos anos, e, por conseguinte aumentaria as emissões de dióxido de carbono CO₂ na atmosfera. Desta maneira é preciso evitar nosso quadro atual, sendo indispensável que o processo de fabricação existente venha a sofrer alterações significativas, haja visto que a demanda por cimento não irá diminuir e na figura 3 pode-se visualizar uma fábrica global de cimento.



Entretanto, conforme pesquisado nota-se que a indústria cimenteira tem grande valia em dias atuais para formação do ambiente moderno, e o processo do mesmo é além de minucioso e grande como vemos na foto anterior e não há como descartá-lo de uma vez por todas, mas carecemos em procurar caminhos diversos aos já usados nas construções, em grande proporção para que seus impactos sejam menores e assim, buscar alternativas mais justificáveis possibilitando seu desenvolvimento, e atendendo as necessidades do mundo contemporâneo.

Dessa forma, a aplicação de biomassa e resíduos no forno, tais como combustíveis, diminui conjuntamente a emissão de CO₂ haja vista que estas três alternativas possibilitam que a produção ou consumo de clínquer sejam aprimorados. O Brasil tem fator atualmente de emissão em torno de 610 kg CO₂/toneladas cimento, a Espanha, por exemplo, têm 698 kg CO₂/toneladas. Cimento, já a Inglaterra apresenta 839 kg CO₂/toneladas de cimento, e por último temos a China, 848 kg CO₂/toneladas cimento (GOLDEMBERG, 2016).

Assim, se levarmos em consideração somente o cimento brasileiro, a tecnologia da Poli pode fazer cair o fator de emissão, cerca de 360 kg CO₂/toneladas cimento, ou seja, 40% a menos”. No Brasil, sua cota de participação na indústria cimenteira mundial responsável pelas emissões de CO₂ já é metade da média mundial, apresentando cerca de 2,6%. Esse percentual se deve de forma exclusiva as inovações que foram adotadas atualmente pelo setor e que estão sendo distinguidas e passadas conjuntamente por um processo de avaliação sobre as tecnologias voltadas à fabricação do cimento novo no país (GOLDEMBERG, 2016).

Dessa maneira ao diminuir as emissões de gases do efeito estufa, ou seja, os poluentes atmosféricos, nós estaremos fazendo uso de tecnologias superiores, mais eficientes e que, assim, irão nos trazer mais benefícios, não só avaliando pelo ponto de vista ambiental, mas para os negócios. O projeto de inovações renováveis demonstrado tem uma nova visão de mundo para a produção desse cimento moderno. Seus pesquisadores obtiveram um aumento de proporção de filler de calcário cru, componentes que dispensam a calcinação pela qual é obtido o clínquer e que é encarregado por mais de 80% do consumo energético e 90% das emissões de CO₂ (USP, 2016). A seguir a imagem referente ao filler:

Figura 12: Filler de Calcário Cru (ECIVIL, 2016).



Empregado desde a década de 1970, o filler não podia ter sua quantidade aumentada na fórmula do cimento por comprometer a qualidade do produto. Os pesquisadores desenvolveram uma formulação com teores de 70% da matéria-prima sem prejuízos ao produto final, o que possibilita ampliar a produção de cimento sem que seja necessária a construção de mais fornos (USP, 2016).

O cimento é uma fusão de clínquer e aditivos, a exemplo temos filler de calcário, escória de alto forno, materiais pozolânicos, gesso e materiais carbonáticos. O clínquer é o principal elemento do cimento, sua fabricação consiste na mistura térmica de uma junção de calcário e argila, formando assim uma mistura que forma a base dos vários tipos de cimento e assim, o tipo de adição e a sua proporcionalidade usada se diferem nas aplicações o que vem a determinar as características específicas do cimento.

Logo, a redução de dióxido de carbono, nos cimentos com adição representa uma ideia ambientalmente efetiva, no que concernem as escórias siderúrgicas e cinzas de termelétricas, cooperando com a redução de poluentes ambientais. Desta feita, segundo estudos estima-se que para cada tonelada de clínquer são emitidos entre 800 a 1.000 quilos de CO₂, um dos principais fatores a emitir o CO₂, por tonelada de cimento é de 610 quilos (IBRAM, 2020).

Verifica-se que a indústria do cimento tem elevado potencial poluidor. Há fontes de poluição em todas as etapas do processo – moagem e homogeneização das matérias-primas; clínquerização no forno rotativo; resfriamento do clínquer; moagem do clínquer; adições e produção de cimento, ensacamento e expedição; pontos de transferência de materiais. Na tabela 1 é possível ter uma visão detalhada a respeito da poluição na produção de cimento em suas partículas totais suspensas no ar e seus efeitos no meio ambiente:

Quadro 6: Partículas totais suspensas (ADAPTADO IBRAM, 2020).

POLUENTE	CARACTERÍSTICAS	FONTES PRINCIPAIS	EFEITOS GERAIS SOBRE A SAÚDE	EFEITOS GERAIS SOBRE O MEIO AMBIENTE
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 100 micra	Processos industriais, veículos motorizados, (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen e aerossol marinho e solo.	Quanto menor o tamanho da partícula, maior o efeito a saúde. Causam efeitos significativo s em pessoas com doença pulmonar, asma e bronquite.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.

Contudo, a permuta no que concerne às matérias-primas componentes do concreto, que é o material mais usado na construção civil, que dispõem em sua composição o cimento, tem que substituição do cimento pelas adições de cinza volante e escória granulada de alto forno no concreto, em 90%, acarreta a diminuição de 5% no custo, 58% na aquisição de energia e 81% na emissão de CO₂ (IBRAM, 2020).

Portanto, a obtenção de resíduos industriais, escória e biomassa flutuam reiteradamente, e é normal a oferta destes produtos diminuírem, e com isso as empresas se veem coagidas a aumentar o consumo de combustíveis habituais, não renováveis, incluindo oclínquer. Logo, percebe-se a grande questão, a busca escolhas que venham a melhorar a



média de substituição térmica, a efetividade energética, e por consequência seus elementos minerais, que influenciam na redução de emissão de CO₂, e que tenha custos mais viáveis. A emissão de dióxido de carbono diverge de país para país, ela depende da matéria-prima e tecnologia a serem utilizadas na fabricação do cimento.

O Brasil possuía em 1996, 65 fábricas de cimento Portland sendo 11 destas utilizadas apenas como unidades de moagem de cimento e 4 fábricas paradas (SNIC,1996). A maioria das fábricas se localiza na Região Sudeste, também a maior consumidora do produto. No contexto internacional, o Brasil em 1996 ocupou a 12ª posição. No ano de 1995 a China era a maior produtora mundial com mais de 445 milhões de toneladas anuais produzidas (SNIC, 1996).

Conforme pode ser visto o Brasil possuía um dos menores níveis de consumo per capita de cimento, um importante indicador do nível de infraestrutura e da economia de uma nação por serem fortemente correlacionadas à disponibilidade de infraestrutura viária, habitações, saneamento. Além disso, no ano de 1996 quando se registrou crescimento da produção em 22.4% acima do ano anterior, este indicador apresentou aumento de 21.09%, atingindo o valor de 221.6 Kg de cimento/habitante (SNIC, 1996).

Dada a reconhecida carência do país quanto a infraestrutura básica em todas as regiões do país, embora de forma não homogênea, já era esperado o grande crescimento deste indicador nos próximos anos e décadas, dando largada em 1996 que o crescimento foi de 22.44% em relação a um ano anterior, atingindo mais de 34.5 milhões de toneladas, o que se esperava ainda maior aumento dada a necessidade da realização de investimentos em infraestrutura no nosso país (SNIC, 1996).

A produção de cimento é fonte de dióxido de carbono CO₂, um dos gases responsáveis pelo aquecimento global, e contribui em 8% para as emissões mundiais de CO₂, segundo informa reportagem da BBC News Brasil. Devido a esse nível de emissão alarmante, promovido apenas por um tipo de indústria, a COP 24, Conferência da ONU sobre mudanças climáticas - realizada na Polônia debateu esse problema. Representantes do setor discutiram formas de atender ao disposto no Acordo de Paris, onde foi acordado um compromisso mundial para reduzir a emissão de gases na atmosfera (BBC News Brasil, 2013).

A reação química da decomposição térmica que transforma o calcário em cal virgem um processo chamado calcinação, divide esse material em CO₂ e em óxido de cálcio, dando



origem a uma nova substância extremamente poluente: o clínquer. Ao chegar na produção do clínquer, ele é resfriado, moído e misturado com gesso e calcário para poder ser transportado para os fabricantes de concreto. Em 2016, todo esse processo de produção gerou 2,2 bilhões de toneladas de CO₂ (os tais 8% responsáveis pela emissão mundial), sendo metade desse valor proveniente do processo de calcinação (BBC News Brasil, 2013).

A indústria do cimento teria que, até 2030, reduzir em pelo menos 16% a emissão anual promovida pelo material. Uma tarefa difícil de ser cumprida na prática, principalmente, porque a maioria dos projetos de construção civil usa o cimento. Essa dificuldade está nas condições de extração de matérias-primas, sobretudo, o calcário e a argila, que são triturados com outros materiais e introduzidos em fornos de cerca de 1.450 °C. A seguir figura de um forno para queima de cimento numa indústria de produção de cimento (BBC News Brasil, 2013).

O coque de petróleo é a principal fonte de energia na indústria cimenteira, sendo o principal combustível utilizado no forno rotativo de clínquer e assim é um material granular negro e brilhante constituído principalmente por carbono (90 a 95%), mas também costuma apresentar um teor expressivo de enxofre (cerca de 5%). O motivo desse combustível ser muito utilizado se deve ao seu elevado poder calorífico associado com o baixo custo de aquisição. Além desses combustíveis tradicionais, também podem ser aproveitados resíduos e rejeitos industriais e de biomassa, carvão vegetal e resíduos agrícolas para alimentar os fornos de produção de cimento. Na figura a seguir pode-se verificar como é um forno para cimento:

Figura 5: Forno para queima de cimento (IOL, 2017).



Constata-se que os combustíveis que alimentam os fornos são, na maior parte das vezes, de fontes não renováveis, como o petróleo e o carvão. Dentre os combustíveis mais utilizados se destacam alguns sólidos, como o coque do petróleo e a gasolina, e alguns



gasosos, como o gás natural e outros derivados do carvão mineral. Ele não deve ser confundido com forno feito de cimento, que é um material resistente ao calor e que é utilizado para corrigir modelos confeccionados em cerâmica.

Poucas pessoas têm uma oportunidade de interagir com um forno de cimento no decurso das suas vidas, embora possam usar produtos de cimento todos os dias e assim de fato, ao conhecer um equipamento deste porte, a primeira coisa que as pessoas notam é geralmente o seu tamanho, já que eles são projetados primeiramente para o processamento contínuo de grandes volumes de matérias-primas.


Eles são usados na produção dos chamados “cimentos hidráulicos,” que são misturados com água para criar um material que pode ser usado para fazer vários tipos de ligações. Muitas pessoas estão familiarizadas com cimento sob a forma grossa de cor acinzentada, que é um material feito por mistura de um agregado, tais como pedra triturada com cimento para formar algo durável e forte.

O processo de queima de materiais para o cimento começa com a mistura de cálcio, carbonato, também conhecido como cal, com argila ou xisto e outros minerais para criar uma mistura que é derramada em forno. O mesmo é lentamente ligado a temperaturas de cerca de 1.450° , provocando uma reação química que resulta na formação de silicato de cálcio.

Os silicatos de cálcio são resfriados antes de serem triturados até virarem pó. O pó resultante é o cimento, que pode ser alterado, com minerais específicos para certas características desejadas. A fabricação de cimento de fato pode ser um processo muito confuso. Moendo os clínqueres também se gera uma grande quantidade de pó, que pode ser um irritante se entrar nas vias aéreas dos seres humanos e animais. Sistemas de filtração são utilizados em instalações de moagem de cimento para cortar o escapar de pó, mas pode ser difícil de conter.

ALTERNATIVAS RENOVÁVEIS

Dentre as estratégias identificadas, verifica-se que as fábricas de cimento são muito adequadas ao fechamento de ciclos com outras plantas de fabricação, o que pode gerar processos cada vez mais aproximados dos naturais, com a implantação de novos processos produtivos como a reciclagem, a reutilização e reaproveitamento. Constata-se que resíduos oriundos de outras indústrias são passíveis de reciclagem e podem se reintegrar ao processo produtivo diminuindo substancialmente a extração de matéria-prima, e a queima de materiais



em fornos de altas temperaturas, diminuindo-se a emissão de gases de efeito estufa e a deposição destes resíduos no meio ambiente.

Esta reciclagem e transformação são muito propícias e representam um novo setor para a indústria da construção, configurando-se como um produto de menor impacto ambiental e por sua vez à saúde humana. Com o intuito de evitar esse quadro, reflete-se que é necessário que o processo produtivo sofra alterações, já que dificilmente a demanda por cimento irá diminuir e desse modo alterações e a implantação de meios sustentáveis são os exemplos a seguir:


- Alteração de plantas fabris, de modo a haver captura do carbono emitido;
- Utilização unicamente da via seca no processo de produção, exigindo menor alimentação do forno;
- Reaproveitamento de resíduos industriais e agrícolas para alimentação do forno, em vez de usar combustíveis fósseis (coprocessamento);
- Substituição parcial, em construções, do cimento por outros materiais;
- Alteração da formulação do cimento para que sua produção libere menor quantidade de CO₂.

Ademais, o relatório Rumo a uma Indústria Cimenteira Sustentável apresenta dez recomendações-chave destinadas a promover uma evolução da indústria pela via do desenvolvimento sustentável – nomeadamente nas áreas da proteção climática, produtividade dos recursos, redução das emissões de gases poluentes, bem-estar dos colaboradores, gestão ambiental, desenvolvimento regional, integração industrial, inovação e cooperação industrial (WBCSD, 2010).

Paralelamente a este estudo, foram desenvolvidos diálogos com os stakeholders em Curitiba (Brasil), Bangkok (Tailândia), Lisboa (Portugal), Cairo (Egito), Washington (EUA), Bruxelas (Bélgica) e Pequim (China). De acordo com documento do CSI, o objetivo destas sessões foi o de conhecer as expectativas das principais pessoas que têm interesses na gestão de empresas e projetos e refletir sobre as suas implicações no futuro da indústria (WBCSD, 2010).

Os objetivos da Iniciativa para a Sustentabilidade do Cimento são:

- Avaliar o que significa o desenvolvimento sustentável para estas dez empresas e para a indústria cimenteira.

- 
- Identificar e promover ações suscetíveis de serem levadas a cabo pelas empresas, individualmente ou em grupo, as quais aceleram o processo de desenvolvimento sustentável.
 - Criar uma estrutura operacional que permita a participação de outras empresas do setor.
 - Criar uma estrutura operacional que estimule o envolvimento de stakeholders.

As empresas identificaram seis áreas-chave em que a Iniciativa para a Sustentabilidade do Cimento (CSI) que, segundo eles, poderá contribuir significativamente para uma sociedade mais sustentável:


- Proteção climática.
- Combustíveis e matérias-primas.
- Saúde e segurança dos colaboradores.
- Redução de emissões.
- Impactos a nível local.
- Processos empresariais internos.

Destaca-se ainda que o presidente da ABCP e do SNIC, Paulo Camillo Penna, informana matéria que a indústria brasileira possui um dos menores níveis de emissão de dióxido de carbono por tonelada de cimento produzida e segue no propósito de reduzir sua intensidade carbônica em 33% até 2050. O setor conta, no Brasil, com 100 fábricas, sendo 64 integradas (abrangem todo o ciclo de produção) e 36 moagens (sem fornos). Mas parte desse parque industrial está fechada, o que representa uma capacidade ociosa de 47% (PENNA, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para concluir, verifica-se estratégias de produção sustentável do cimento comoreciclagem e reaproveitamento de restos de produto industriais e de biomassa e até resíduos agrícolas para a alimentação de fornos de fabricação deste produto, visto que o mesmo é mais aproximado a processos de produção naturais cujo benefício está na redução de gases de estufa na atmosfera terrestre.

Posto isto mostra que existem maneiras viáveis de produção de cimento de maneira sustentável para que se possa cada vez mais reduzir os impactos industriais na natureza causados pela produção deste material. Com tudo isso, mostra-se o quão complexo e relevante é o debate de produção de materiais, no caso o cimento para construção civil que sejammenos



poluentes o possível, portanto é muito importante refletir-se sobre quais impactos ambientais podem ser evitados na produção deste material.

Atitudes precisariam ser tomadas pelas produtoras do material a escolha por modelos de cimento que se baseiem nessas práticas, a pressão do governo para que se regulamente uma legislação sustentável é o ponto fundamental, para o setor alterar o rumo atual. O cimento, como já foi dito, é fundamental para a "construção" da sociedade que conhecemos hoje. Portanto, não devemos demonizá-lo, mas procurar alternativas em larga escala para que seus impactos sejam diminuídos e alternativas sustentáveis possam ser desenvolvidas.

Afinal é nítido que não conseguirmos metamorfosear a natureza, demodo a reputar que não estamos entrando numa fase de colhermos o que viemos plantando a muitos anos, de forma que a natureza somente está retornando a nós como penitência aos danos causados gradativos e sucessivamente, com um ar ainda mais poluído, uma umidade cada vez mais baixa, e chuvas com teor de pureza cada vez mais inexistente. Porém podemos modificar e fazer o rumo atual se modificar e trazer todas alternativas renováveis para o meio, para que não contemplemos um futuro ainda pior do nosso mundo, com mudanças drásticas no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

Análise da geração de poluentes na produção de cimento, e International Energy Agency (IEA) report on carbon emissions. BUSINESS: World Business Council for Sustainable Development, Cement Sustainable Initiative. Disponível em <https://saturno.unifei.edu.br/bim/0043750.PDF>. Acesso em: 08 de Novembro de 2018.

Agência USP de Notícias. USP. Disponível em <http://www.usp.br/agen/?p=134582>. Acesso em: 08 de Novembro de 2018.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. História do cimento, o material conhecido dos antigos egípcios ganhou o nome atual no século XIX graças à semelhança com as rochas da ilha britânica de Portland. Cimento.org. Disponível em <https://cimento.org/historia-do-cimento/>. Acesso em: 18 de maio de 2020.

Brasil quer destravar negociações do clima com cálculo histórico de emissões. BBC Brasil. Disponível em https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/11/131110_cop_varsovia_mdb_1k. Acesso em: 18 de Maio de 2020.

ECYCLE, sua pegada mais leve. Disponível em <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/35-atitude/1569-processo-de-producao-do-cimento-gera-emissoes-e-pode-diminuir-biodiversidade.html>. Acesso em: 14 de Setembro 2018.

Cimento nacional tem menor emissão de co2 que média mundial. Cimento.org. Disponível em [<https://cimento.org/cimento-nacional-tem-menor-emissao-de-co2-que-media-mundial/>](https://cimento.org/cimento-nacional-tem-menor-emissao-de-co2-que-media-mundial/). Acesso em: 08 de Setembro de 2018.

FAPESP, Diego Freire. Especialistas discutem papel da Indústria do cimento nas emissões de co. Agência FAPESP, em 2016. Disponível em [<http://agencia.fapesp.br/especialistas-discutem-papel-da-industria-do-cimento-nas-emissoes-de-co2/23449/>](http://agencia.fapesp.br/especialistas-discutem-papel-da-industria-do-cimento-nas-emissoes-de-co2/23449/). Acesso em: 08 de Outubro de 2018.

Forno para cimento. Mecânica Industrial. Disponível em [<https://www.mecanicaindustrial.com.br/182-forno-para-cimento/>](https://www.mecanicaindustrial.com.br/182-forno-para-cimento/). Acesso em: 27 de Abril de 2020.

Indústria cimenteira é uma das mais versáteis no uso de fontes renováveis de energia. BIOGÁS, por Portal fator Brasil. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/2016/08/23/industria-cimenteira-e-uma-das-mais-versateis-no-uso-de-fontes-renovaveis-de-energia>. Acesso em: 14 de Setembro de 2018.

GOLDEMBERG: José Goldemberg. Presidente da FAPESP, na conferência de abertura do 7º Congresso Brasileiro de Cimento. Agência FAPESP. Disponível em [<http://agencia.fapesp.br/especialistas-discutem-papel-da-industria-do-cimento-nas-emissoes-de-co2/23449/>](http://agencia.fapesp.br/especialistas-discutem-papel-da-industria-do-cimento-nas-emissoes-de-co2/23449/). Acesso em: 08 de Novembro de 2018.

LANDIM, Pedro Sergio de Carvalho; MESQUITA, Pedro Paulo Dias; MELO Luciane. Panoramas setoriais: Mudanças Climáticas. BNDES. Disponível em https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/7158/2/Panoramas20setoriais_mudancasclimaticas_2016_P_BD.pdf. Acesso em: 26 de abril de 2020.

SOARES, Borghetti Soares. Potencial de conservação de energia e de mitigação das emissões de gases de efeito estufa para a Indústria Brasileira de cimento de Portland até 2015. Artigo PPEUFRJ. Disponível em <http://antigo.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/jeferson.pdf>. Acesso em: 04 de Abril de 2020.

SOUZA, Layla Oliveira. Processos e Gestão da Inovação na Indústria Cimenteira. Rio de Janeiro 2013, Disponível em <http://186.202.79.107/download/processos-e-gestao-da-inovacao-na-industria-cimenteira-brasileira.>. Acesso em: 04 de Outubro de 2018.

Produção de Cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente. Repositório UnB. Disponível em https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/12110/1/ARTIGO_ProducaoCimentoImpacto.pdf. Acesso em: 16 de Abril de 2020.

RESCHKE, Juliana Soares. Escória granulada de Fundação Utilizada como substituição ao cimento em concretos. Dissertação apresentada no programa de pós graduação em 2003. Disponível em <http://200.19.248.10:8002/professores/vmartins/Artigos20para2020trabalho/000457136.pdf>. Acesso em: 18 de Maio de 2020.

Figura 1. Clínquer para Cimento. Português. alibaba.com. Fonte: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/cement-clinker-133629470.html>. Acesso em: 16 de Abril de 2020.



Figura 2. Fábrica de Cimento no Brasil. Clicksergipe.com. br. Fonte: <<http://www.clicksergipe.com.br/pais/18/35764/unidade-da-votorantim-cimentos-em-laranjeiras-completa-34-anos-de-operacao.html>>. Acesso em: 16 de Abril de 2020.

Figura 3. Cimento Global / Construção Latina. Shutterstock.com. Fonte: <<https://www.shutterstock.com/search/cement+factory>>. Acesso em: 16 de Abril de 2020.

Figura 4. Filler. Ecivilnet.com. Fonte: <<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-filler.html>>. Acesso em: 16 de Abril de 2020.

Figura 5. Forno para Queima de Cimento. Fonte: <<https://www.iol.co.za/business-report/companies/heavy-rains-cement-profits-in-zim-8472427>>. Acesso em: 16 de Abril de 2020.

CAPÍTULO 15

AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO E UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS EM MORRINHOS – GO

Lucas de Lima Castro, Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia
Fernando Ernesto Ucker, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro
Universitário Araguaia

Milton Gonçalves da Silva Junior, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Araguaia

André Mendes Martins, Professor-pesquisador do curso de Engenharia Civil do Centro
Universitário Araguaia

RESUMO


Um dos problemas mais preocupantes, principalmente dos grandes centros urbanos, é a diminuição da oferta de água e aumento da demanda. Constantemente são veiculadas campanhas para um consumo mais consciente da água. Uma das formas desse consumo consciente é através dos métodos de reuso de água. Nesse trabalho será abordado o reuso de água cinza, como a adaptação desse sistema impacta economicamente na construção da edificação e maneira técnica de construir mais viável. Será mostrado também o volume de água economizado ao longo do tempo como instrumento de levantamento quantitativo. O conceito de águas cinzas, para esse trabalho, são águas residuais originadas no lavatório, chuveiro e máquina de lavar. Foi previsto a captação, tratamento e o reuso para a água, que pode ser usada nas descargas de bacias sanitárias, lavagem de pisos e rega de jardim. Ao final, foi determinado que a viabilidade técnica e econômica da implantação do sistema de reuso em edificação de baixo custo.

Palavras-chave: “reuso”; “economia”; “implantação”.

INTRODUÇÃO

A água tem fundamental importância para a manutenção da vida no planeta Terra. Falar, portanto, da relevância dos conhecimentos sobre a água em suas diversas dimensões, é falar da sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais (BACCI, D.; PATACA, E. 2008). Além de biologicamente necessária, a água é de grande importância em vários âmbitos da vida moderna. Na indústria, comércio, agricultura, produção de energia, no avanço tecnológico, todas as áreas precisam, direta ou indiretamente, da água.

Segundo os estudos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2018). O Brasil é um dos países que mais desperdiça água no mundo, cujas perdas no sistema de abastecimento ficam na média de 38,5%. Em Goiânia, por exemplo, a média do



consumo é de 144 litros por habitante em um dia, segundo a concessionária de água Saneamento de Goiás S.A (SANEAGO, 2019).

A pesquisade novas tecnologias e estudos alternativos sobre o uso racional da água é de suma importância, uma vez que a demanda pelos recursos aumenta a cada dia. E, da mesma maneira que a água é um recurso renovável, o uso irracional pode acarretar à não disponibilidade quantitativa e qualitativa. A falta de políticas públicas e leis que incentivem os construtores e moradores sobre a coleta e implantação de sistemas de reaproveitamento de água, juntamente com o consumo de forma irracional, tem agravado a manutenção dos níveis de reservas de água. É urgente, então, a criação e aplicação de políticas públicas que viabilizem os projetos de conscientização do usa da água, bem como da sua reutilização.

No entanto, a gestão dos recursos hídricos no Brasil está focada em uma abordagem voltada para a oferta de água. Ou seja, na medida em que a demanda cresce, novas fontes hídricas são exploradas para suprir o consumo urbano de água. Está comprovado que a gestão focada apenas na exploração de fontes hídricas pode resultar em sérios danos ambientais e desperdício econômico de custo capital e operacional de novos sistemas produtores de água (HERRINGTON,2016). Além de agredir o meio ambiente, a exploração de novas mananciais, cada vez mais distantes para atender demandas crescentes, geram custos adicionais à sociedade e às empresas de saneamento, elevando o volume de captação, tratamento e distribuição de água e pressionando o sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário.

De acordo com Vickers (2020), estratégias de conservação de água são compostas por “ferramentas específicas (tecnologias) e práticas (alteração do comportamento) que resultam no uso mais eficiente da água”. A autora decorre que o emprego de tecnologias voltadas para conservação de água geralmente são mais confiáveis para a obtenção de economia e controle sobre a demanda de água. Experiências internacionais demonstram que tecnologias voltadas ao uso não potável de água são capazes de promover reduções significativas no consumo de água em edificações, atuando como ferramentas de gestão no controle da demanda urbana de água (YANG, H.; ABBASPOUR, K. C. 2007). Os sistemas de reuso de água em edificações são exemplos destas novas tecnologias.

A instalação de um sistema de reuso em uma edificação, exige o uso de um determinado investimento pelo proprietário do imóvel. Certamente os sistemas que são viáveis terão um retorno financeiro do investimento por meio da economia gerada pelas contas de água e tratamento de esgoto. Com pensamentos em prol da preservação dos



recursos hídricos e pelo estresse dos reservatórios em períodos de seca, nota-se que é de fundamental importância promover ações que estimulem a conservação de água. Em contrapartida, uma cobrança adicional ao tratamento dos efluentes gerados dos sistemas, criam uma barreira para implementação.

O lançamento de efluentes não contabilizados pelo hidrômetro da unidade, por exemplo, como acontece no caso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em descarga sanitárias ou lavagem de roupas, pode gerar um custo adicional para a concessionária. Entretanto, se realizado em larga escala, o aproveitamento de águas pluviais ou o reuso de águas cinzas em edificações podem ser capazes de promover reduções significativas na demanda urbana de água e, conseqüentemente, nas despesas de exploração de recursos hídricos. Em outras palavras, as economias geradas pelas reduções na demanda de água podem servir de subsídio para políticas tarifárias voltadas à conservação de água.

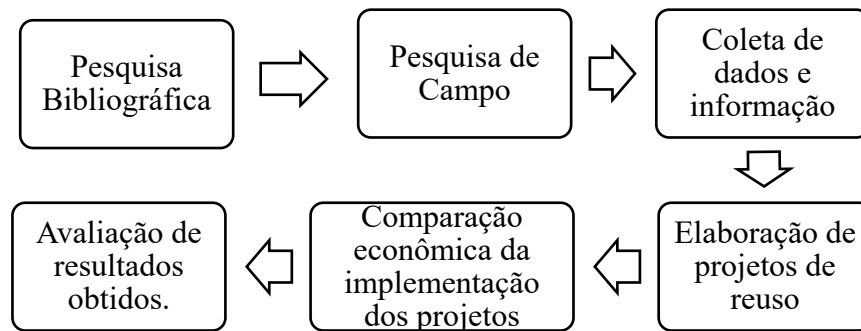
Dessa maneira, o presente trabalho busca contribuir teoricamente com uma tecnologia do reuso da água cinza como uma das possíveis soluções para o uso desenfreado da água potável, que se encontra no decorrer da fundamentação teórica. Em suma, o objetivo principal deste trabalho é o estudo da viabilidade técnica e econômica do sistema de reuso da água cinza em uma residência de pequeno porte.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Neste trabalho estudou-se a implantação de um sistema de reuso de águas cinzas geradas por uma residência, situada na rua CR-6, quadra nº 36, lote nº 5, no setor Cristo II, no município de Morrinhos (GO), que possui uma área construída de 76,45 m² em um lote de 180 m². Trata-se de uma residência de baixo padrão, com dois quartos, cozinha, área de serviço, banheiro social e garagem conforme ilustrado no Anexo A. O presente trabalho foi realizado conforme as etapas mostradas na Figura 3.

Figura 13. Etapas da avaliação técnica e econômica na implantação de um sistema de tratamento e reuso de água cinza não potável.




Análise Técnica para Implantação do Sistema de Reuso de Água Cinza

Para implantação do sistema de reuso de água cinza na residência, foram considerados os dados teóricos em concordância com as devidas normas. Foi calculado, o consumo de água para quatro pessoas morando em uma residência, seguindo dados da NBR 5626 (ABNT,1998). Características como vazão específica dos aparelhos sanitários, associadas à realidade de seus usos (frequência e duração de uso), permitem estimar a vazão diária de água cinza a ser produzida (SANTOS, 2010).

Tendo como base o consumo e os dados coletados (SABESP, 2020), foi calculado o volume de água utilizado nos equipamentos onde a água de reuso teria seu fim: bacia sanitária e torneiras de jardim. Segundo os autores Surendran e Wheatley (apud Jefferson *et al.*, 1999), o volume de água acumulado de água cinza gerado e o volume requerido pelas descargas dos vasos sanitários em um dia são bastante semelhantes.

Para a reutilização das águas cinzas, foram realizados balanços hídricos, identificando os pontos de consumo e as peças sanitárias da residência atual, tendo essa um sistema de abastecimento de água tradicional, que recebe água da concessionária (SANEAGO) alimentando até um reservatório de 500 L. Além disso, possui um sistema de esgoto composto por uma fossa séptica e sumidouro. Além disso, foram considerados para implementação do sistema os parâmetros de qualidade de água cinza tratada para seus devidos fins no qual se encontram no anexo XX nomeado pela portaria nº 5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2000).

O sistema de reutilização de águas cinzas consiste em fazer adaptações no sistema de esgoto e água. Neste sistema serão separados os ramais que captam águas residuais das pias dos banheiros, ralos dos chuveiros e os esgotos oriundos das máquinas de lavar roupa. A tubulação conduzirá as águas cinzas para uma estação de tratamento, onde contará com um



reservatório de águas cinzas, fossa séptica, filtro de areia e reservatório de água tratada. Após a água ser tratada, ela será elevada para um segundo reservatório, de onde sairão as tubulações que conduzirão a água de reuso aos seus devidos fins como bacia sanitária, mangueira de jardim e outras torneiras para uso externo.

Através da pesquisa em campo, coletou-se os dados referentes às peças sanitárias e suas respectivas quantidades. Para o número de usuários, através de dados fornecidos pelo proprietário da residência, definiu-se os tipos de usuários e quantidade dos mesmos. Na captação do esgoto irá separar a água cinza do esgoto com maior índice de carga orgânica. A água cinza será captada do lavatório, chuveiro, tanque e máquina de lavar. Em seguida será levada para a estação de tratamento.


O dimensionamento das tubulações que receberão a água cinza foi feito com base na NBR 8160 (ABNT, 1999), que usam o critério das Unidades Hunter de Contribuição, no qual entendem que o aparelho possui um peso e em função do peso ou da somatória de pesos, determinam os diâmetros dos ramais de descarga, ramais de esgoto, subcoletores, coletores ou tubos de queda.

Tratamento da água cinza

As águas cinza é composta das águas oriunda de chuveiros, lavatórios, máquina de lavar roupa e por excluírem as águas provenientes dos vasos sanitários, a quantidade de resíduos é inferior aos do esgoto doméstico, o que simplifica o tratamento. No Brasil, a NBR 13.969 (ABNT, 1997), recomenda-se o filtro de areia quando se deseja um sistema de pós-tratamento simplificado. Este sistema consiste num tanque preenchido de areia e outros meios filtrantes, com fundo drenante e com esgoto em fluxo descendente, onde ocorre a remoção de poluentes, tanto por ação biológica quanto física NBR 13.969 (ABNT, 1997).

O sistema de filtro de areia é composto por um tanque de volume variável (dimensões dependentes da vazão com que se vai trabalhar), areia, brita e em alguns casos carvão mineral. Logo, pode-se notar que os custos são muito baixos, podendo até chegar quase a zero se reutilizar-se ou improvisar um tanque, visto que este deve ter a maior participação nos custos. O filtro de areia favorece a adsorção de contaminantes do fluxo do efluente, além de ser de simples operação, exigir pouca manutenção e baixo custo de operação (ALLEN, CHRISTIAN-SMITH & PALANIAPPAN, 2010).

O dimensionamento do filtro de areia será realizado baseado na metodologia de Tonetti (2005) e na NBR 13.969 (ABNT, 1997). Tonetti (2005) construiu um filtro de areia



utilizando uma caixa cilíndrica de diâmetro interno igual a 1,00 metro, contendo três camadas de materiais posicionadas a partir da base. A primeira possuía 20 cm de espessura e era constituída por brita 4, com diâmetro efetivo de 37,000 mm e coeficiente de desuniformidade (CD) de 2,400. Acima estava a camada formada por brita 1, com diâmetro igual a 9,600 mm e CD de 1,77, tendo 10 cm de profundidade. Estes materiais objetivavam impedir que a areia fosse arrastada para fora do sistema.


Quanto ao dimensionamento da área superficial do filtro, Tonetti (2005), expressa a expressão da Eq. 01, onde a taxa de aplicação superficial (TAS) dependa da razão entre a vazão em litros consumida em um dia (Q) e área superficial do filtro (A). Além disso, a NBR 13.969 (ABNT, 1997), menciona a taxa de aplicação para cálculo da área superficial do filtro de areia deve ser limitada a 100 L. dia⁻¹.m⁻², quando da aplicação direta dos efluentes do tanque séptico.

$$TAS = \frac{Q}{A} \quad (\text{Eq. 01})$$

A água após ser tratada, é recomendada que seja distribuída seguindo as mesmas exigências impostas para instalações de água fria. Para o método de dimensionamento das tubulações é considerado pelo consumo máximo possível, contendo as vazões de projeto e os pesos relativos. Onde valores de peso relativo dos aparelhos é encontrado no ábaco luneta do autor Creder (2006), com objetivo de definir o diâmetro utilizado nas tubulações. A destinação final das águas cinzas para o esgoto, devem seguir os parâmetros físico e químico estabelecidos pela NBR 13.969 (ABNT, 1997), onde determina o uso de fossa séptica para pré-tratamento físico e químico da água lançado no esgoto, sendo um sistema simples e barato.

Análise Econômica para Implantação do Sistema de Reuso de Água Cinza

No decorrer do trabalho coletou-se os dados referentes às peças sanitárias e suas respectivas quantidades. Para o número de usuários, através de dados fornecidos pelo proprietário da residência, definiu-se os tipos de usuários e quantidade dos mesmos. Foi feita uma comparação de custos entre as instalações tradicionais de esgoto e água fria com as instalações para a captação e reuso das águas cinzas. Também foi realizada uma previsão de quanto o sistema de reuso gera de economia de água a longo prazo. Os levantamentos dos insumos da residência atual e da implementação do sistema de reuso de água cinza tem como



banco de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (CAIXA ECONÔMICA, 2020) apresentados no decorrer deste trabalho.

Foi abordado nesse tópico os critérios utilizados para atestar ou não, a viabilidade econômica do projeto de reuso de água cinza. Primeiro, foram levantados todos os materiais usados para a construção do sistema hidráulico e hidrossanitário com base nos projetos originais da edificação. Após o levantamento, os itens foram organizados e orçados conforme a Tabela Sinapi. Foram elaborados novos projetos para a captação da água cinza, tratamento e distribuição da água tratada, como mostra no (anexos C e D).

Através de dados teóricos fornecidos pelas normas, foi calculado o consumo de água para quatro pessoas morando em uma residência NBR 5626 (ABNT, 1998). Com base nesse consumo e em dados coletados (SABESP, 2020), foi calculado o volume de água utilizado nos equipamentos onde a água de reuso teria seu fim: bacia sanitária e torneiras de jardim. Através do quadro 10, foi calculado o quanto, em reais, seria economizado com o novo volume de água consumido. O novo volume é resultado do volume original menos o volume economizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados da Avaliação Técnica e Econômica de Implantação

O consumo de água sem nenhum tipo de reuso, para esse tipo de residência, gera em média um consumo de 18 m³ de água por mês, baseado na norma NBR 5626, que estabelece um valor de 150Lhab⁻¹.dia⁻¹. Esse consumo gera um custo de R\$ 94,50 com base na tabela de tarifas da SANEAGO (RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 90/2017).

No Quadro 2 pode-se observar que o valor por metro cúbico de água é de R\$ 5,25 quando esse consumo fica entre 16 a 20 metros cúbicos. O consumo estimado para o número de descarga no vaso sanitário é de 6L por descarga (caixa de descarga). Uma pessoa, utiliza a bacia sanitária cerca de 8 vezes ao dia (GAZETA DO POVO, 2018). A partir desses dados, e com o número de 4 pessoas em 30 dias no mês, usando o método de multiplicação desses dados, podemos encontrar o valor de 5760L.

Quadro 1. Tarifas SANEAGO adaptada (SANEAGO, 2020).

Categorias	Faixa de consumo /economia	Água
	(m ³ /mês)	(R\$/m ³)
Residencial Normal	1-10	R\$ 4,06
	11-15	R\$ 4,59
	16-20	R\$ 5,25
	21-25	R\$ 5,96
	26-30	R\$ 6,74
	31-40	R\$ 7,68
	41-50	R\$ 8,68
	+50	R\$ 9,90

Segundo dados da empresa de irrigação Rain Bird (BRASIL, 2020), gasta-se 5 litros de água para cada metro quadrado de grama. Considerando a irrigação de jardim 3 vezes na semana e tendo 54 m² de área permeável, encontrou-se um valor de 3240L. mês⁻¹. Na lavagem de pisos externos gasta-se 2 litros de água por metro quadrado. Considerando a lavagem de pisos 2 vezes na semana e 37 m² de piso, obtivemos o valor de 592L. mês⁻¹. Assim, tem-se um total de 9592 litros de água de reuso. Reduzindo o consumo de água para 8,408 metros cúbicos cerca de 53,28% de redução. Em valores, observa-se no Quadro2 o valor de R\$ 4,06 por metro cúbico, tarifa correspondente ao consumo faixa de 1 a 10 metros cúbicos. A estimativa da conta com o reuso de água é de R\$ 34,14. Redução de R\$ 60,36 na conta de água, em porcentagem temos 63,87% de economia quando comparado ao valor consumido sem o reuso.

No dimensionamento das tubulações do sistema de reuso, foram considerados a partir da NBR 8160 (ABNT, 1998) que utilizando o critério das Unidades Hunter de Contribuição, que se baseia como seu dimensionamento do peso dos aparelhos na área de serviço no qual tem-se a máquina de lavar roupas e o tanque, ambos com 3 de UHC, porém o diâmetro mínimo da tubulação da máquina de lavar precisa ser de 50mm. Segue a tubulação de 50 mm com 6 de UHC até o ralo do chuveiro, onde recebe as contribuições do lavatório 1 UHC e diâmetro de 40 mm e do próprio chuveiro 2 de UHC.

A tubulação parte do ralo do chuveiro para o tratamento com 9 de UCH numa tubulação com diâmetro nominal de 75 mm. Antes de chegar à estação de tratamento, a água cinza atravessa uma caixa de passagem que tem por objetivo facilitar em manutenções. NBR 8160 (ABNT, 1998). Após a captação a água cinza, a água tratada segue para o tratamento onde passará por etapas de filtração e desinfecção seguindo parâmetros de qualidade.

No tratamento da água cinza, o modelo de filtro foi escolhido de acordo com o método do Tonetti (2005) e seguindo os princípios contidos nas especificações técnicas da norma NBR 13969 (ABNT, 1997). É importante informar que o modelo proposto é compreendido como filtro lento, ou seja, sua taxa de filtração varia entre $2 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ e $6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, o que corresponde a $83 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ e $250 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$. (TOMAZ, P. 2009). Por definição do grupo e por segurança, foram utilizadas, de acordo com a tabela criada por Tonetti (2005), as profundidades de 100 cm para a camada areia, e 30 cm para a camada de suporte, sendo 10 cm para brita 1 e 20 cm para brita 4.

Nesse projeto, devido à algumas complicações na sua instalação padrão, a bomba foi instalada acima do nível do solo. Complicações essas que são: dificuldade do escoamento da água devido a pequena altura geométrica em relação aos estágios do tratamento, o elevado custo de sistema de recalque, e também, devido à grande altura geométrica do reservatório final. O valor final da aquisição do equipamento de bomba para o recalque ficou em R\$ 4.500,00, incluindo 3 anos de garantia assim como manutenção. Vale dizer que é sempre indicado consultar o manual referente ao equipamento.

O dimensionamento da tubulação da água tratada para reuso foi feito a partir do Ábaco de luneta encontrado na NBR 5626 (2008), sendo assim, para as colunas que abastecem as torneiras de jardim: observando no Quadro 2. que temos o valor de peso relativo da torneira igual a 0,4. Esse valor no ábaco luneta está entre 0 e 1,1, correspondendo assim, a um diâmetro de 20mm (tubos soldável). Para a coluna que abastecerá a caixa de descarga, observamos o peso relativo de 0,3. Este valor no ábaco corresponde também a uma tubulação de 20mm (tubos soldável). Para as colunas de abastecimento de água fria temos os seguintes valores abaixo:

Quadro 2. Dimensionamento dos pesos relativos das colunas de Água Fria.

Coluna AF1	
Item	Peso relativo
Chuveiro	0,1
Ducha higiênica	0,4
Lavatório	0,3
Caixa de descarga	0,3
Total	1,1
Coluna AF2	
Item	Peso relativo
Pia da cozinha	0,7
Tanque	0,7
Maquina de lavar	1




Torneira de jardim	0,4
Total	2,8

Na coluna AF1: abastece a tubulação do Chuveiro (0,1), Vaso sanitário com caixa de descarga (0,3), Lavatório (0,3) e Ducha Higiênica (0,4). Com o Total de 1,1 correspondente a uma tubulação de 25mm de acordo com o Ábaco luneta. Na coluna AF2: abastece a tubulação da Máquina de Lavar Roupas (1,0), Tanque (0,7), Pia da cozinha (0,7) e Torneira de jardim (0,4). A somatória dos pesos relativos é igual a 2,8, valor entre 1,1 e 3,5 que corresponde a 25mm (soldável). Ressalta-se que uma tubulação de água fria também chegará no vaso sanitário para casos em que o abastecimento da água de reuso for interrompido por qualquer motivo, seja manutenção ou alguma falha no sistema.

Para a análise da situação proposta somou-se todos os custos de implantação, todos os materiais de tubos, conexões e bombas, o consumo energético, devido ao baixo valor, foi desprezado, assim como os custos de manutenção. Chegou-se em um resultado para os custos de implantação na fase de construção da edificação de R\$ 10.730,41. Somou-se o custo das planilhas dos anexos D e F, e subtraiu-se os das planilhas dos anexos G e H. O resultado foi de R\$ 812,14. Esse valor refere-se ao preço adicional para as tubulações hidrossanitárias. O custo das bombas foi de R\$ 2.942,36, e o do sistema de tratamento de cloro foi de R\$ 227,00, mais R\$ 8,85 por mês das pastilhas. A fossa séptica e o filtro custaram respectivamente R\$ 4.500,00 e R\$ 2.248,91. Esse valor refere-se somente aos custos adicionais para a implantação do sistema, ou seja, para que essa edificação tivesse o sistema de reaproveitamento de águas cinzas, o proprietário gastaria a mais R\$ 10.730,41.

Considerando a economia no preço da fatura de água calculada no item 7 (R\$ 60,36) menos o valor da pastilha de cloro (R\$ 8,85), tem-se o investimento recuperado em 17 anos e 4 meses, considerando também que os juros do dinheiro economizado equivaleriam ao aumento da taxa da fatura sobre o consumo de água. Observa-se que no campo econômico, a implantação do sistema de reuso de água, para esse caso, se caracterizaria como investimento a longo prazo. Já no campo sustentável, representa nesses mesmos 17 anos e 4 meses, uma economia de 1995,136 m³ de água (1.995.136,00 litros).

Para fins de comparação, esse volume abasteceria um grupo de 100 pessoas durante um período de aproximadamente 133 dias. Levando-se em conta um consumo de 150 L/pessoa dia, o diâmetro do filtro de acordo com os cálculos foi de 2,52 metros. Porém, devido a maiores complicações executivas do filtro, foi adotado pelo grupo, ao invés de um



filtro de base circular, um filtro com base retangular, com largura de 2,20 metros e comprimento de 2,25 metros. A altura ou profundidade foi mantida a mesma, sendo 1,80 metros com os mesmos princípios do modelo apresentado por Tonnetti (2005).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de avaliar, ainda que hipoteticamente, a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de reutilização de águas cinzas em uma residência de baixo padrão. Neste sentido, avaliou-se a economia que o sistema proporcionaria no consumo da água fornecida pela distribuidora SANEGO, bem como o custo técnico de implantação. Por se tratar de uma edificação de baixo padrão, observou-se após análise dos resultados, que economicamente, o sistema de reuso de águas cinzas não é atrativo para uma residência deste porte

É provável que o público alvo desse tipo de casa, tenham interesses que vão de encontro a um investimento desse porte. Entretanto, se existissem formas de incentivos para esse tipo de adaptação, como um prazo de financiamento maior, ou mesmo uma redução direta nos preços dos materiais de implementação do sistema, tornar-se-ia mais atrativo o reuso de águas cinzas para casas de baixo padrão. Pode-se levar em conta, para fins de análise, a situação hipotética que, para uma residência de alto padrão, o grau de investimento é equivalente. Continuará caracterizada como uma aplicação a longo prazo, porém para públicos com outros interesses, poderia ser exaltada a ideia de sustentabilidade como argumento principal.

Conclui-se que, se for levado em conta o longo prazo, é viável a instalação do sistema de reuso de água cinza para uma residência de baixo padrão. Entretanto, existem fatores de custo financeiro que podem pesar na decisão do cliente. Não existe uma resposta para essa questão. Análises devem ser feitas e a decisão deve ser tomada de acordo com a realidade de cada um.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626/1998: **Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR13.969: **Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário. Projeto e execução**. Rio de Janeiro, 1999.

ALEXANDRE, E. C. F.; DE CASTRO, M. L.; PESQUERO, M. A. **Caracterização e tratamento de águas cinzas com fins não potáveis**. Revista Biotecnologia & Ciência, v.2, 2013.

ALLEN, L., CHRISTIAN-SMITH, J., & PALANIAPPAN, M. (2010). **Overview of greywater reuse: The potential of greywater systems to aid sustainable water management**. Informally published manuscript, Pacific Institute, Oakland, California, 3 out. 2010.

ANA; FIESP; SINDUSON-SP. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

BACCI, D.; PATACA, E. **Educação para a água**. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 211-226, 1 jan. 2008.

BRASIL. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **diagnóstico dos serviços de água e esgotos** – 2018. Brasília, DF:Ministério das Cidades, 2016. Disponível em:<<http://www.snis.gov.br>> Acesso em: 01 mai. 2020.

BRASIL. Portaria de consolidação n. 5, de 28 de setembro de 2017. **Estabelece que eles chamam de “consolidação” das normas existentes sobre as ações e sobre os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde (SUS) e na pág. 205, anexo xx**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 28 set. 2017.

BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. **Dispõe sobre as políticas de recursos hídricos**. Diário Oficial da União 1997; 08 set de 1997.

BAZZARELLA, B.B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações**. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental).

Caixa Econômica Federal. SINAPI. Disponível em:<<https://exame.abril.com.br/brasil/onde-mais-se-consome-agua-no-brasil/>>. Acesso em 03 de set. de 2019.

CERQUEIRA, G. A.; PINTO, H. S.; FARIA, I. D.; BAPTISTA, J. C. R.; KASSMAYER, K.;

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6. ed. LTC, São Paulo, SP. 20 de set. de 2006.

GAZETA DO POVO. **Saiba a quantidade de água que você gasta nas atividades diárias**. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/saiba-a-quantidade-de-agua-que-voce-gasta-nas-atividades-diarias-a5ehn0akx1we77po5nineomry/>. Acesso: 20 de agosto de 2019.

HERRINGTON, P. R. **The economics of water demand management**. In: D. BUTLER e F.A. MEMON (Ed.). Water demand management. London: IWA, 2006. The economics of water demand management, p.236-279, 26 de set. 2016.

JERFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHERSON, T.; JUDD, S. **Technologies for domestic wastewater recycling**. *Urban Water*. v. 1, n. 4, p. 285- 292, 10 de jun. de 1999.

MANCUSO, P. C. S.; Santos, H. F. **Reuso de água**. Barueri-SP: Manole, 2003

ODM. **Objetivos de Desenvolvimento do Milênio – Relatório Nacional de Acompanhamento.** Brasília: Ipea; 10 de mar. 2010.

RAIN BIRD. **Maneiras de economizar água na irrigação: Tópico I: Irrigação Para Paisagismo Residencial Parte II.** Disponível: <<https://www.rainbird.com.br/uso-inteligente-agua.php>>. Mato Grosso. Acesso: 10 de jun. de 2020.

SABESP, **dados coletados das peças sanitárias.** Disponível em <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=50>>. Acesso: 2 de ago. de 2019.

SANEAGO. **Resolução Normativa nº 090 de 23 de maio de 2017. Dispõe sobre proposta de reajuste tarifário da empresa. Goiânia: Saneamento de Goiás S/A.** 08 maio de 2017.

SANEAGO. **Gestão de dados operacionais: Manual Técnico.** Goiânia: Saneamento de Goiás S/A, 3 de fev. 2020.

SANTOS, Luciana Cabral Costa *et al.* **Estimativa de vazões máximas de projeto por métodos determinísticos e probabilísticos.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. 2 dez de 2010.

SANT'ANA, D.; BOEGER, L.; MONTEIRO, L. **Aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília - parte 1: reduções no consumo de água.** Paranoá, n.10, p. 77-84, 5 de jun. 2017.

SOUZA, L. B. G.; KÖHLER, A. M.; ABBUD, O. A.; PINTO, V. C. **A Crise Hídrica e suas Consequências.** Brasília, DF. 02 set.2015.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** São Paulo: Navegar Editora. 2003.

TONETTI, A. L. **Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e Nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por Filtros de areia.** Campinas, SP. Disponível no site: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522005000300005>. Acesso: 12 de mai. 2020.

VELOZ SOLUTION. **Ciclo PCA como atividades a multiplicação do PCA implantado para a comunidade externa, como fator positivo quanto à integração edificação-meio ambiente.** Disponível em <<https://velozsolution.com/programa-de-conservacao-da-agua/>>. Acesso em: 10 de jun. de 2020.

VIEIRA, P.; ALMEIDA, M.C.; BAPTISTA, J.M.; RIBEIRO, R. **Household water use: a Portuguese field study. Water Science and Technology: Water Supply**, v.7, n.5-6, p. 193-202, 2007.

VICKERS, A. **Handbook of water use and conservation.** Amherst: Water Plow Press, 426p, 2 jan. 2020.

YANG, H.; ABBASPOUR, K. C. **Analysis of wastewater reuse potential in Beijing. Desalination**, v.212, n.1-3, p.238-250, 2 fev. 2007.

SOBRE OS ORGANIZADORES

MILTON GONÇALVES DA SILVA JÚNIOR



Doutor em Ecologia pela Universidade Federal do Pará. Professor Titular do Centro Universitário Araguaia nos Cursos de Engenharia Ambiental, Engenharia Agrônômica e Engenharia Civil. Membro da Comissão Editorial da Revista Eletrônica de Educação da UniAraguaia – RENEFARA, Professor em regime parcial na UniEvangélica, na Faculdade Evangélica de Jaraguá, nos Cursos de Administração e Engenharia Civil. Líder do grupo de Estudos Interdisciplinares da Faculdade Evangélica de Jaraguá.

SOBRE OS ORGANIZADORES

CRISTINA DE FATIMA MATTOS ANTUNES



Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Católica de Goiás (2004), mestrado em Geotecnia e Construção Civil com ênfase em Estruturas pela Universidade Federal de Goiás (2011) e especialização em Estruturas de Concreto e Fundações pela UNICID (2015). Atua no desenvolvimento de projetos complementares e atuou na coordenação e desenvolvimento de projetos para estruturas pré-fabricadas por 13 anos. Coordena o Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UniAraguaia. Compõe o quadro docente no curso de pós da RTG Especializações e dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental do Centro Universitário UniAraguaia.

SOBRE OS ORGANIZADORES

FERNANDO ERNESTO UCKER



Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás. Coordenador e professor do Curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Araguaia e professor Adjunto da Pontifícia Universidade Católica de Goiás para os cursos de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental.

A Pesquisa e a Iniciação Científica na

ENGENHARIA CIVIL

UniAraguaia

MILTON GONÇALVES DA SILVA JÚNIOR
CRISTINA DE FATIMA MATTOS ANTUNES
FERNANDO ERNESTO UCKER
(ORGANIZADORES)



UniAraguaia
Centro Universitário

www.editorapublicar.com.br
contato@editorapublicar.com.br
[@epublicar](https://www.instagram.com/editorapublicar)
[facebook.com.br/epublicar](https://www.facebook.com/editorapublicar)



Publicar
Editora

2020

A Pesquisa e a Iniciação Científica na

ENGENHARIA CIVIL

UniAraguaia

MILTON GONÇALVES DA SILVA JÚNIOR
CRISTINA DE FATIMA MATTOS ANTUNES
FERNANDO ERNESTO UCKER
(ORGANIZADORES)



www.editorapublicar.com.br
contato@editorapublicar.com.br
[@epublicar](https://www.instagram.com/epublicar)
[facebook.com.br/epublicar](https://www.facebook.com/epublicar)



2020