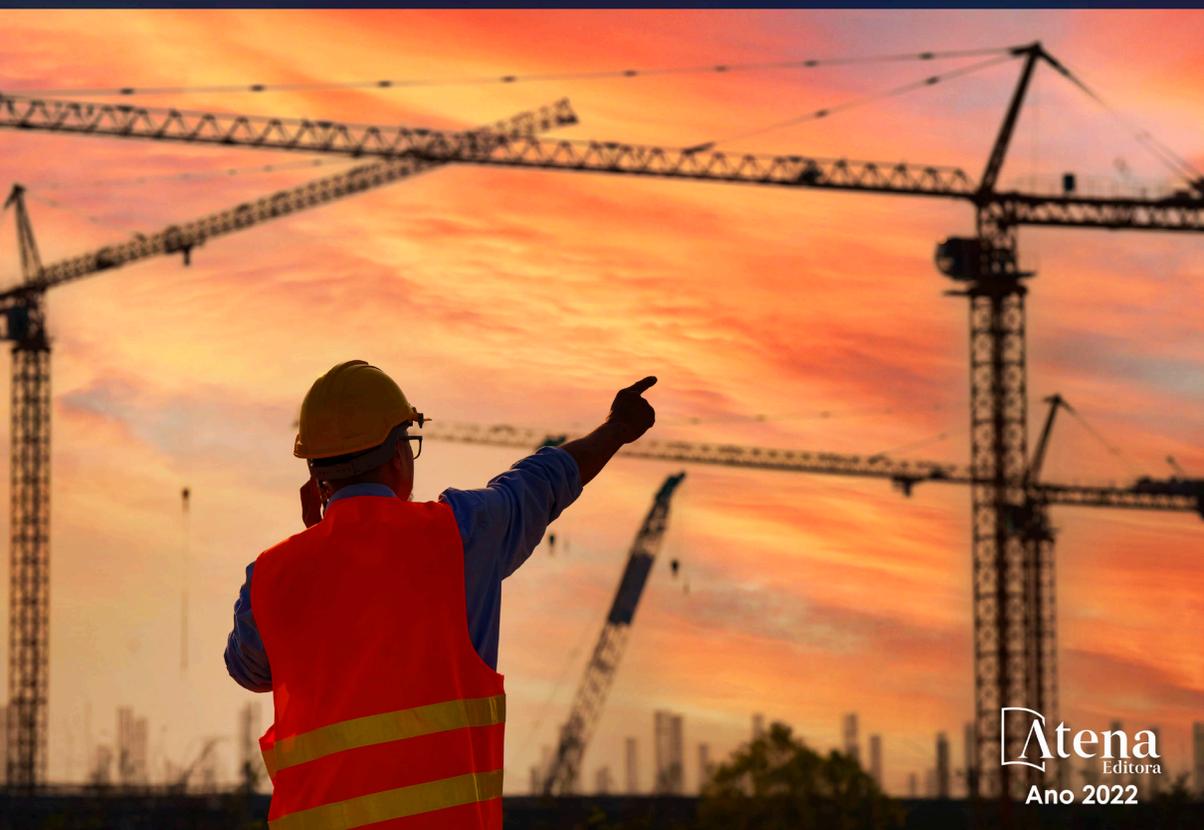


Amanda Fernandes Pereira da Silva
(Organizadora)

ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e
tecnológicas e aspectos ambientais 3



Amanda Fernandes Pereira da Silva
(Organizadora)

ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e
tecnológicas e aspectos ambientais 3



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharia civil: demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Amanda Fernandes Pereira da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia civil: demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 3 / Organizadora Amanda Fernandes Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0747-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.478220411>

1. Engenharia civil. 2. Construção. I. Silva, Amanda Fernandes Pereira da (Organizadora). II. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A coleção “Engenharia Civil: Demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 3” possui o objetivo de expandir estudos e tecnologias para a proteção do meio ambiente pautados nos avanços científicos de questões ligadas à Engenharia Civil e contribuir na consolidação das bases (ensino, pesquisa e extensão) da instituição de ensino superior com demandas ligadas à essa linha.

Gerenciamento de resíduos sólidos, busca de melhorias com o uso dos mesmos nas propriedades do concreto/aglomerante, avanços no desenvolvimento de cisternas para uso de água e somar conhecimentos necessários acerca da vital importância da segurança no trabalho da construção civil, são alguns destaques da obra.

Sendo assim, é inevitável o desenvolvimento de atividades da construção civil mais adequadas aos princípios da construção sustentável, que não causem tantas ações degradantes, adotando formas de exploração de matéria-prima mais conscientes e alternativas, utilizando materiais e processos construtivos que objetivem a harmonia entre o homem e o meio e dando uma destinação apropriada aos resíduos.

Sabendo que a indústria da Engenharia Civil ocupa posição de evidência na economia, a Atena Editora apresenta-se como grande instrumento em difundir temas de pesquisa sustentáveis nos quais se aplicam nessa área.

Amanda Fernandes Pereira da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES AGLOMERANTES MINERAIS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICA EM COMPÓSITOS COM CELULOSE *KRAFT*

Tháisa Mariana Santiago Rocha
Maria Clara Cavalini Pinto
Silvana Nisgoski
Graciela Inês Bolzón de Muniz
Marianne do Rocio de Mello Maron da Costa
Leonardo Fagundes Rosembach Miranda

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782204111>

CAPÍTULO 2..... 17

DIMENSIONAMENTO DE UMA CISTERNA COM A CAPTAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL PARA REUTILIZAÇÃO DOMÉSTICA EM ITAJUBÁ – MG

Caio Cruz Rodrigues
João Pedro Oliveira de Souza
João Vitor Martins de Moraes
Thanus Eduardo Nogueira e Silva
Tiago Costa de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782204112>

CAPÍTULO 3..... 25

UM ROTEIRO PARA BOAS PRÁTICAS DA SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Paulo Pinheiro Castanheira Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782204113>

CAPÍTULO 4..... 49

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA PELO VIDRO EM TRAÇOS DE CONCRETO UTILIZANDO FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS

Ciro Parente Barroso
Lucas Antonio Silva de Carvalho
Antonio Rafael de Souza Alves Bosso
Roberta Paula Medeiros Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782204114>

CAPÍTULO 5..... 63

ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TELHA EM INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA E FORMAS DE REUTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL

Laiany Teixeira Costa
Letícia Lustosa Bezerra
Ítalo Thiago Silva
Frankilandio Teixeira Costa
Amanda Fernandes Pereira da Silva

Alisson Rodrigues de Oliveira Dias
Artemária Côelho de Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4782204115>

SOBRE A ORGANIZADORA.....	73
ÍNDICE REMISSIVO.....	74

CAPÍTULO 1

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES AGLOMERANTES MINERAIS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICA EM COMPÓSITOS COM CELULOSE KRAFT

Data de aceite: 01/11/2022

Tháisa Mariana Santiago Rocha

Professora no Instituto Federal do Paraná
(IFPR)

Doutoranda no Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade
Federal do Paraná (UFPR)

Curitiba – PR

ORCID 0000-0002-8586-6449

Maria Clara Cavalini Pinto

Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade
Federal do Paraná (UFPR)

Curitiba – PR

ORCID 0000-0002-8639-7349

Silvana Nisgoski

Professora no Departamento de Engenharia e
Tecnologia Florestal da Universidade Federal
do Paraná (UFPR)

Curitiba – PR

ORCID: 0000-0001-9595-9131

Graciela Inês Bolzón de Muniz

Professora no Departamento de Engenharia e
Tecnologia Florestal da Universidade Federal
do Paraná (UFPR)

Curitiba – PR

ORCID: 0000-0003-4417-0178

Marienne do Rocio de Mello Maron da Costa

Professora no Departamento de Construção
Civil (DCC) da Universidade Federal do Paraná
(UFPR)

Curitiba – PR

ORCID 0000-0002-9421-7985

Leonardo Fagundes Rosemback Miranda

Professor no Departamento de Construção
Civil (DCC) da Universidade Federal do Paraná
(UFPR)

Curitiba – PR

ORCID 0000-0003-2729-7695

RESUMO: A madeira é um material que além de aprisionar gases causadores do efeito estufa, também demanda baixo consumo de energia quando empregada em processos construtivos, gerando para a cadeia da construção civil novas tecnologias verdes. Com o objetivo de apresentar novas alternativas que reduzam o impacto da construção no meio ambiente, este estudo avaliou a influência, nas propriedades físicas e mecânicas, de três diferentes aglomerantes minerais (cal, cimento Portland e gesso) em compósitos com fibras de celulose Kraft de eucalipto e de pinus. Os compósitos foram caracterizados no estado fresco - índice de consistência - e no estado endurecido aos 28 dias - densidade de massa, resistência à tração na flexão e à compressão. Também foram realizadas análises microscópicas a fim de se analisar a dispersão das fibras nos diferentes tipos de compósitos. A partir dos resultados obtidos, foi possível verificar que o tipo de aglomerante utilizado exerce maior influência no comportamento do compósito quando comparado à variação da espécie da celulose. A utilização da cal como aglomerante contribuiu para a diminuição do desempenho mecânico dos compósitos, enquanto que o cimento Portland e o gesso propiciaram a produção de compósitos

com maior desempenho mecânico. Quanto à espécie da celulose, o pinus contribuiu para o aumento da resistência à compressão.

PALAVRAS-CHAVE: Compósito, celulose, cal hidratada, cimento Portland, gesso.

INFLUENCE OF DIFFERENT MINERAL BINDERS ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF *KRAFT* CELLULOSE COMPOSITES

ABSTRACT: Wood is a material that not only imprison the gases that cause the greenhouse effect but also demands low energy consumption when used in construction processes. These characteristics favor its employment, generating new green technologies for the construction sector. In order to present new alternatives that reduce the impact of construction on the environment, this study evaluated the influence, in the physical and mechanical properties, of three different mineral binders (lime, Portland cement and gypsum) on composites made with eucalyptus and pinus Kraft. The composites were characterized in the fresh state - consistency index - and in the hardened state at 28 days - mass density, tensile strength in flexing and compressing. Microscopic analyzes were also carried out to analyze the fiber dispersion in different types of composites. Based on the results it was possible to verify that the type of binder used exerts greater influence on the behavior of the composite when compared to the variation of the cellulose species. The use of lime as a binder contributed to the reduction of mechanical performance of composites, while Portland cement and gypsum provided the production of composites with higher mechanical performance. Comparing the species of the cellulose, the pinus contributed for the increase of the resistance to compression.

KEYWORDS: Composites, cellulose, lime, cement, gypsum.

1 | INTRODUÇÃO

Construções com estruturas e componentes em madeira utilizam processos construtivos de baixo consumo de energia e, conseqüentemente, liberam uma baixa quantidade de carbono em forma de CO₂. Essa característica tornou-se imprescindível para as construções atuais, visto que a concentração de dióxido de carbono na atmosfera está aumentando e contribuindo com o aquecimento global. A incorporação e/ou a introdução da madeira como material de construção proporciona a redução da emissão de CO₂ para atmosfera (MATOSKI, 2005; GUSTAVSSON; SATHRE, 2006), contribuindo para a produção de materiais sustentáveis (CORINALDESI; MAZZOLI; SIDDIQUE, 2016; AKKAOUI; CARÉ; VANDAMME, 2017). Nos últimos anos, pesquisadores concentraram seu trabalho buscando alternativas para atenuar o impacto da ascensão econômica provocado ao meio ambiente contribuindo para o desenvolvimento da tecnologia verde (KISKU *et al.*, 2017).

Com o avanço da tecnologia, observa-se cada vez mais o desenvolvimento de materiais que são produzidos a partir da combinação de propriedades sendo capaz de substituir outros materiais. Um compósito pode ser caracterizado como um material multifásico - que inclui umidade, vazios e aditivos - produzido artificialmente no qual suas propriedades estão relacionadas com os seus constituintes.

Compósitos de madeira surgem como alternativa para incorporar esses resíduos na produção de novos materiais e, geralmente, são produzidos a partir da mistura de um aglomerante com as partículas de madeira (YOUNGQUIST, 1999), em que o aglomerante atua como ligante, sendo capaz de transmitir os esforços entre as fibras, mantendo-as protegidas do meio e permitindo sua orientação adequada (PARCHEN, 2012). Como são produzidos a partir de materiais heterogêneos, suas propriedades dependem da proporção e das características de seus componentes, e por isso suas propriedades físicas e mecânicas devem ser estudadas, no intuito de avaliar e verificar o desempenho do material ou produto final (MATOSKI, 2005; MARTINS, 2002; CALLISTER, 2008). Desde então, o desenvolvimento de compósitos para a construção utilizando fibras é uma alternativa interessante capaz de minimizar as preocupações com o meio ambiente (KHORAMI, 2013).

Pesquisas relacionadas a compósitos de cimento com fibras naturais têm evoluído devido ao aumento da procura pela utilização de produtos sustentáveis, de baixo custo, com baixa densidade, com desempenho adequado e com disponibilidade de matéria-prima (ONUAGULUCH; BANTHIA, 2016). As fibras de celulose podem ser utilizadas em compósitos de cimento e, geralmente, são obtidas por um processo mecânico ou químico, sendo que o processo *Kraft* tem sido o mais utilizado (NEGRO *et al.*, 2006). Dentre os aglomerantes utilizados para a produção de compósitos de fibras, ao ser comparado com o cimento Portland e com a cal, o processo de produção do gesso emite uma menor quantidade de CO₂, além de consumir menor quantidade de energia, o que pode levar o gesso a ser considerado um “aglomerante verde” (CARVALHO *et al.*, 2008).

Neste sentido, o objetivo deste estudo é avaliar a influência, nas propriedades físicas e mecânicas, de três diferentes aglomerantes minerais (cal, cimento Portland e gesso) em compósitos com fibras de celulose *Kraft* de eucalipto e de pinus.

2 | PROGRAMA EXPERIMENTAL

2.1 Materiais

Os aglomerantes utilizados foram a cal hidratada do tipo CH-III, o cimento Portland CPV-ARI RS e o gesso universal de pega lenta 60. A composição granulométrica a laser e a composição química dos aglomerantes (esta realizada através do ensaio de espectrometria de fluorescência de raios-X - FRX) estão apresentadas nas Figura 1 e Tabela 1, respectivamente.

Quanto à composição química dos aglomerantes, comparando-se o teor de óxidos da cal empregada na pesquisa com os valores indicados pela NBR 7175 (ABNT, 2003), a soma do teor de CaO e MgO estão abaixo do limite apresentado na norma. Em contrapartida, o teor de CO₂ encontra-se compatível com o estabelecido pela NBR 7175 (ABNT, 2003). Já para o cimento CPV ARI, de acordo com a NBR 16.697 (ABNT, 2018), a composição química encontra-se em conformidade com os limites estipulados por norma.

Por fim, quanto ao gesso, a NBR 13207 (ABNT, 2017) indica que o valor mínimo de anidrido sulfúrico (SO₃) é 53%, diferente do 51% presente no gesso utilizado.

O aditivo superplastificante empregado foi o MC-PowerFlow 4000 – composto por uma solução de polímeros policarboxilatos (PCE) em meio aquoso – com densidade de 1,12 g/cm³ e com dosagem recomendada pelo fabricante de 0,2 a 5,0% com relação à massa do aglomerante.

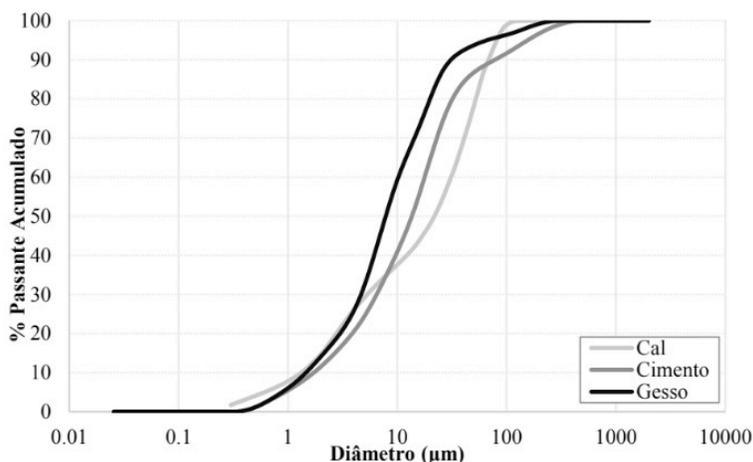


Figura 1 – Composição granulométrica a laser dos aglomerantes

Fonte: Os autores.

Parâmetros	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SrO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	CO ₂ (%)	R. I. (%)	P. F. (%)
Cal	49,7	31,1	0,024	-	-	-	-	-	14,4	-	-
Cimento	-	5,5	3,1	-	-	-	-	-	-	11,8	3,5
Gesso	42,7	0,1	51	0,3	0,1	0,1	< 0,1	< 0,1	-	-	5,63

Legenda: R. I. – resíduo insolúvel; P. F. – Perda ao fogo.

Tabela 1 – Composição química dos aglomerantes

Fonte: Os autores.

As celuloses *Kraft* não branqueada de eucalipto e pinus (Figura 2) foram caracterizadas quanto às dimensões médias de 30 fibras inteiras de cada espécie (Equação 1) (Tabela 2). O equipamento utilizado foi o microscópio Olympus com escala graduada.

$$e = [(LF - LL)/2] \quad \text{Eq. 1}$$

Em que: e= Espessura da parede (calculada) (µm); LF= Diâmetro da fibra (µm); LL=Diâmetro do lume (µm).

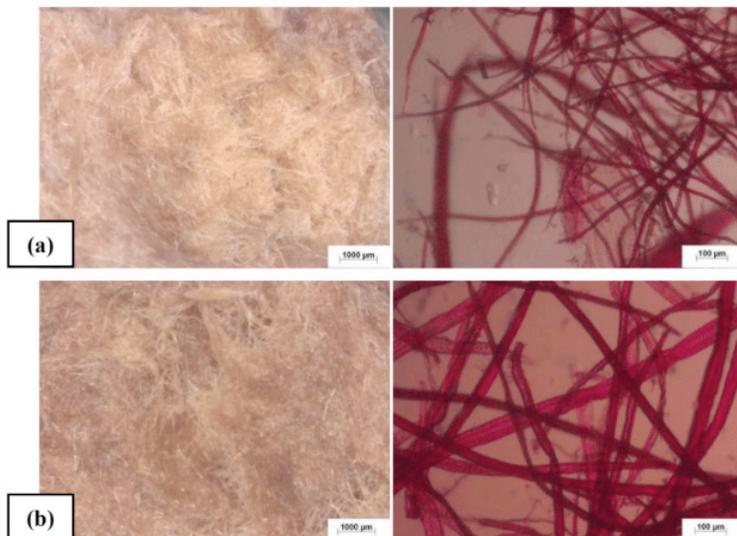


Figura 2 – Amostra de celulose *Kraft* e fibras individuais de eucalipto (a) e pinus (b).

Fonte: Os autores.

Espécie / Parâmetro		Comprimento (μm)	Diâmetro fibra (μm)	Diâmetro lume (μm)	Espessura parede (μm)
Eucalipto	Mínimo	910,0	11,0	0,5	2,5
	Média	1.256,0	18,0	5,0	6,7
	Máximo	1.850,0	25,0	10,0	11,5
	Desvio padrão	213,2	3,6	2,0	1,9
Pinus	Mínimo	2.120,0	35,0	5,0	2,5
	Média	3.220,0	51,0	30,0	10,6
	Máximo	5.000,0	75,0	69,0	20,0
	Desvio padrão	710,9	11,6	17,5	5,6

Tabela 2 – Dimensões das fibras de celulose *Kraft* de eucalipto e pinus

Fonte: Os autores.

2.2 Métodos

Foram produzidos diferentes compósitos contendo as fibras de celulose. O teor do aditivo superplastificante foi utilizado com relação à massa do aglomerante. A composição de cada compósito e as proporções de cada material utilizado estão apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

Identificação	Aglomerante			Celulose		Aditivo SP
	Cal	Cimento	Gesso	Eucalipto	Pinus	
Cal-Eucalipto (CE)	x			x		
Cal-Pinus (CP)	x				x	
Cal-Eucalipto com superplastificante (CESP)	x			x		x
Cal-Pinus com superplastificante (CPSP)	x				x	x
Cimento Portland-Eucalipto (CPE)		x		x		
Cimento Portland-Pinus (CPP)		x			x	
Gesso-Eucalipto (GE)			x	x		
Gesso-Pinus (GP)			x		x	

Tabela 3 – Composição dos compósitos produzidos

Identificação	Relação água/aglomerante (em massa)	Relação água/celulose (em massa)	Teor de aditivo (%)
CE	0,80	0,15	-
CP	0,80	0,15	-
CESP	0,75	0,15	0,06
CPSP	0,75	0,15	0,06
CPE	0,50	0,15	-
CPP	0,50	0,15	-
GE	0,70	0,15	-
GP	0,70	0,15	-

Tabela 4 – Proporção dos componentes dos compósitos

A mistura dos materiais para produção dos compósitos de cal foi realizada adaptando-se a NBR 13.276 (ABNT, 2016). Primeiramente foram adicionados a água, o aditivo e a celulose à argamassadeira e o misturador foi acionado por um minuto em velocidade para se dispersar a celulose. Decorrido o período, a cal foi adicionada e a mistura ocorreu por mais três minutos em velocidade baixa.

Os compósitos produzidos com cimento Portland foram realizados de acordo com a NBR 13.276 (ABNT, 2016) com algumas adaptações. Adicionou-se primeiramente a água e, em seguida, o cimento. O compósito foi misturado em argamassadeira em velocidade baixa por 30s, em seguida adicionou-se a celulose gradativamente durante 30s, sem parar a mistura. Aumentou-se a velocidade para alta por mais 30s.

Para a produção dos compósitos com gesso, adaptaram-se os procedimentos indicados pela NBR 12.128 (ABNT, 2017). Adicionou-se primeiramente a água, realizou-se o polvilhamento do gesso anidro, durante 1 min, para que fosse mantida em repouso durante 2 min. A composição foi misturada em argamassadeira, em velocidade baixa, e, simultaneamente, adicionou-se a madeira, gradativamente, durante 30s. A argamassadeira

foi mantida ligada em velocidade baixa por mais 30s.

Ao término, as misturas foram homogeneizadas manualmente por 30s para então realizar o ensaio de determinação do índice de consistência (exceto para as composições com gesso) além de serem moldados 3 corpos de prova prismáticos (4 x 4 x 16 cm) para cada composição no intuito de verificar suas propriedades no estado endurecido aos 28 dias, de acordo com a NBR 13.279 (ABNT, 2005) e NBR 13.280 (ABNT, 2005).

Ainda no estado endurecido, após a ruptura dos corpos de prova de cada amostra, foram obtidas imagens em estereomicroscópio Zeiss Discovery V12 com auxílio do software Axio Vision 4.7.

O delineamento estatístico utilizado foi análise fatorial com ênfase na natureza dos tratamentos (aglomerante e celulose). Para a comparação entre as médias, utilizou-se ANOVA em conjunto com o teste de Tukey, no nível de probabilidade de 95%.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados dos ensaios de índice de consistência – com valores entre 128 mm e 214 mm –, de densidade de massa endurecida – com valores entre 914,58 e 1404,73 kg/m³ –, de resistência à tração na flexão – com valores entre 0,58 e 3,92 MPa – e à compressão – com valores entre 1,06 e 9,64 MPa.

Identificação	Estado fresco	Estado endurecido		
	Índice de consistência (mm)	Densidade de massa endurecida (kg/m ³)	Resistência à tração na flexão (MPa)	Resistência à compressão (MPa)
CE	185	1013,35	0,70	1,06
CP	214	1012,02	0,84	2,06
CESP	179	1047,66	0,73	1,21
CPSP	199	1019,44	0,58	1,22
CPE	151	1359,66	3,92	8,17
CPP	128	1404,73	3,11	9,64
GE	-	914,58	3,25	7,06
GP	-	931,59	3,02	6,92

Tabela 5 – Resultado dos ensaios no estado fresco e no estado endurecido

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios obtidos pela análise fatorial das propriedades no estado endurecido para cada fator e suas interações.

Na Figura 3 estão apresentados os resultados obtidos a partir dos índices de consistência dos compósitos desenvolvidos. É possível verificar que para os compósitos produzidos com cal, diferente do esperado, não apresentaram maior índice de consistência para os compósitos que continham superplastificante em sua composição, isto pode ter

ocorrido, devido ao fato do superplastificante ser um aditivo desenvolvido para o cimento, sendo assim a sua eficiência é reduzida quando utilizado na cal.

Ao observar o índice de consistência dos compósitos produzidos com cimento Portland, verifica-se que as misturas contendo celulose de eucalipto apresentaram maior índice. Isto porque, a celulose de eucalipto é uma fibra curta, de comprimento de 0,5 a 2,0 mm (IBÁ, 20150), podendo apresentar melhor dispersão (TONOLI *et al.*, 2010), proporcionando maior trabalhabilidade à composição.

Avaliando a influência dos aglomerantes, é possível constatar que o maior índice de consistência foi obtido pelas composições produzidas com cal. Isso pode ser explicado pelo fato de que a cal é um material muito fino, e devido à sua grande área específica, tende a se comportar com um lubrificante sólido entre os componentes da mistura (GUIMARÃES, 2002). Essa característica também garante a propriedade de retenção de água (GUIMARÃES, 2002), contribuindo para os resultados obtidos neste estudo.

FONTE DE VARIAÇÃO			ESTADO ENDURECIDO			
FATORES / NÍVEIS	Densidade de massa endurecida (kg/m³)		Resistência à tração na flexão (MPa)		Resistência à compressão (MPa)	
A - Aglomerante	S		S		S	
1 - Cal	1012,69	b	0,77	b	1,56	c
	1,00%		17,52%		26,54%	
2 - Cal com superplastificante	1033,55	b	0,66	b	1,22	c
	1,93%		21,15%		6,64%	
3 - Cimento Portland	1382,19	a	3,51	a	8,90	a
	4,11%		17,54%		18,92%	
4 - Gesso	923,08	c	3,14	a	6,99	b
	3,52%		11,66%		9,42%	
B - Celulose	NS		NS		S	
1 - Eucalipto	1083,81	a	2,15	a	4,37	b
	16,17%		71,20%		77,32%	
2 - Pinus	1091,94	a	1,89	a	4,96	a
	17,90%		67,50%		78,25%	

S = Valor calculado de F significativo a 95% de probabilidade; **NS** = Valor calculado de F não significativo a 95% de probabilidade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Valores em vermelho indicam o coeficiente de variação (%).

Tabela 6 – Valores médios obtidos pela análise fatorial das propriedades no estado endurecido para cada fator e suas interações

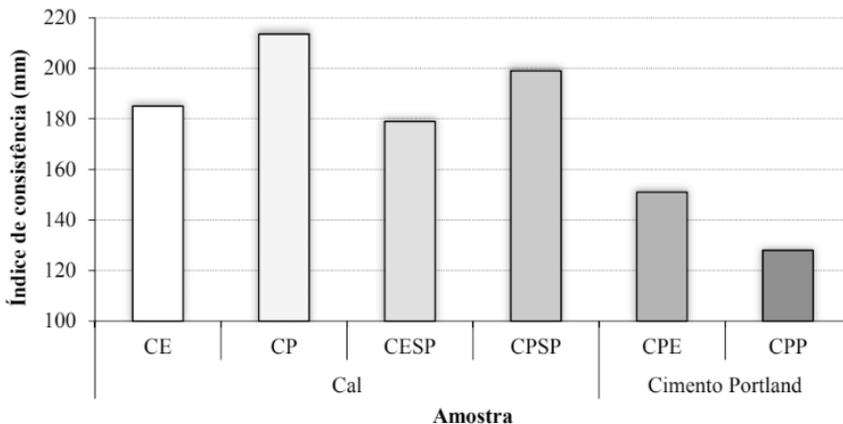


Figura 3 – Resultado dos índices de consistência dos compósitos produzidos

Fonte: Os autores.

Na Figura 4 estão apresentados os resultados de densidade de massa endurecida aos 28 dias. É possível verificar que para os compósitos produzidos com cal e gesso, os valores encontram-se inferiores aos de cimento Portland, isto porque, a massa específica do cimento Portland é muito superior à massa específica da cal e do gesso. Avaliando a influência das fibras de celulose, é possível observar que independente do tipo utilizado, os resultados apresentaram-se muito próximos.

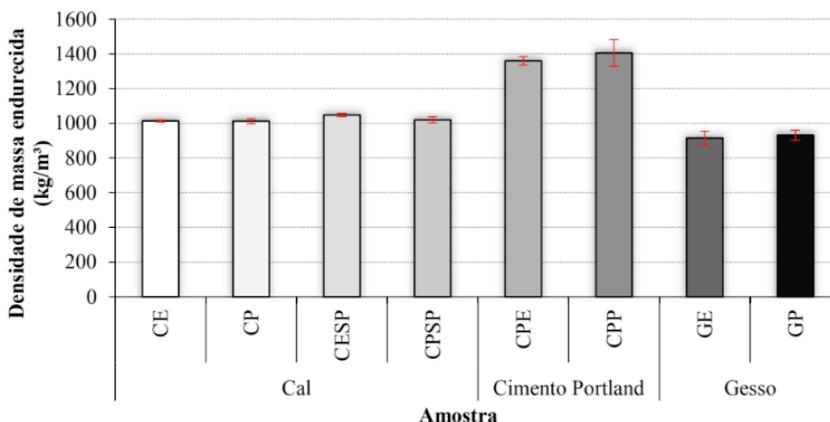


Figura 4 – Resultado das densidades de massa endurecida dos compósitos produzidos

Fonte: Os autores.

Na Figura 5 estão apresentados os resultados de resistência à tração na flexão aos 28 dias. É possível verificar que para os compósitos produzidos com cal, os valores

encontram-se inferiores aos produzidos com gesso e com cimento Portland, isto porque, a propriedade de retenção de água da cal (JOHN, 2003; CARASEK, 2010), tende a provocar ao longo dos dias, a formação de vazios decorrentes da evaporação da água retida nos poros, contribuindo para a diminuição da resistência. Avaliando a influência das fibras de celulose, é possível observar que, diferente do esperado, independente do tipo utilizado, os resultados apresentaram-se muito próximos, demonstrando que em compósitos com aglomerantes minerais, fibras de celulose longas ou curtas exercem pouca influência para determinação da resistência à tração na flexão.

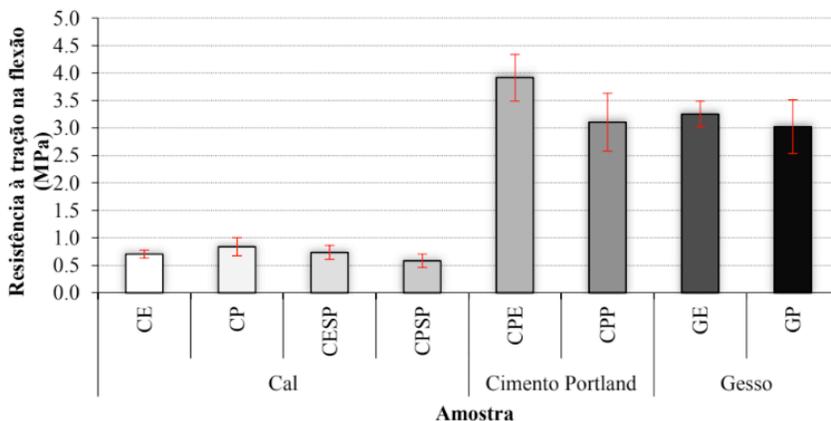


Figura 5 – Resultado das resistências à tração na flexão dos compósitos produzidos

Fonte: Os autores.

Na Figura 6 estão apresentados os resultados de resistência à compressão aos 28 dias. É possível verificar, novamente, que para os compósitos produzidos com cal, os valores encontram-se inferiores aos produzidos com gesso e com cimento Portland, isto porque, conforme explicado anteriormente, a formação de vazios decorrentes da evaporação da água retida nos poros, tende a contribuir para a diminuição da resistência. Avaliando a influência das fibras de celulose, foi verificada diferença estatística entre os dois tipos utilizados. Constatou-se que para a resistência à compressão, fibras longas tendem a propiciar maiores valores quando produzidos compósitos com aglomerantes minerais. Assim como na produção de papel, fibras de celulose de fibra longa tendem a apresentar maiores resistências (IBÁ, 2015).

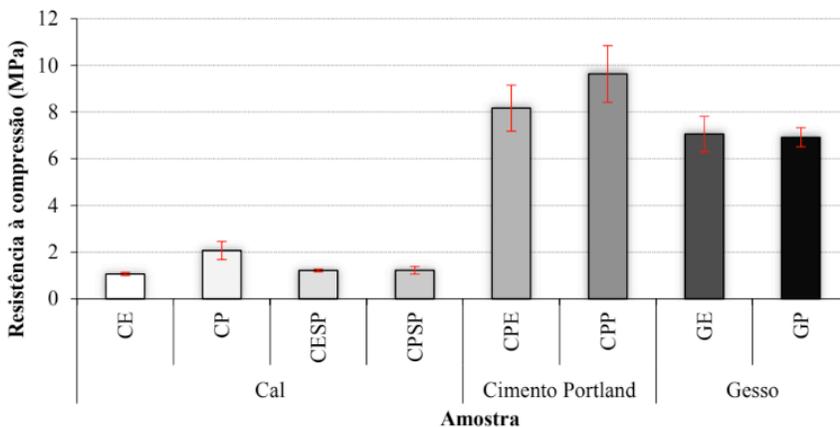


Figura 6 – Resultado das resistências à compressão dos compósitos produzidos

Fonte: Os autores.

Ao correlacionar as resistências mecânicas com a densidade de massa endurecida aos 28 dias (Figura 7) dos compósitos produzidos com aglomerantes aéreos, observa-se que existe uma boa correlação tanto para a resistência à tração na flexão ($R^2 = 0,9375$) como para a resistência à compressão ($R^2 = 0,9405$). Ao correlacionar a resistência à compressão com a resistência à tração na flexão aos 28 dias (Figura 8), observa-se que existe uma boa correlação ($R^2 = 0,9908$). Isto indica que para as propriedades avaliadas, a retenção de água na composição proporcionada pela utilização da cal tende a contribuir para a diminuição da resistência aos 28 dias.

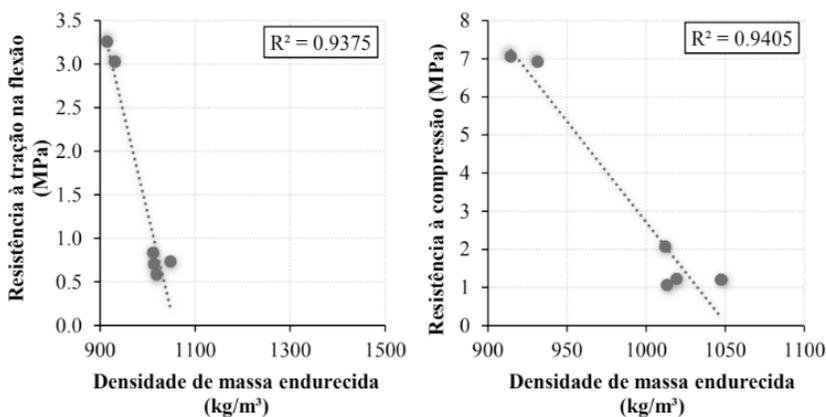


Figura 7 – Correlação entre as resistências mecânicas e a densidade de massa endurecida dos compósitos produzidos com os aglomerantes aéreos

Fonte: Os autores.

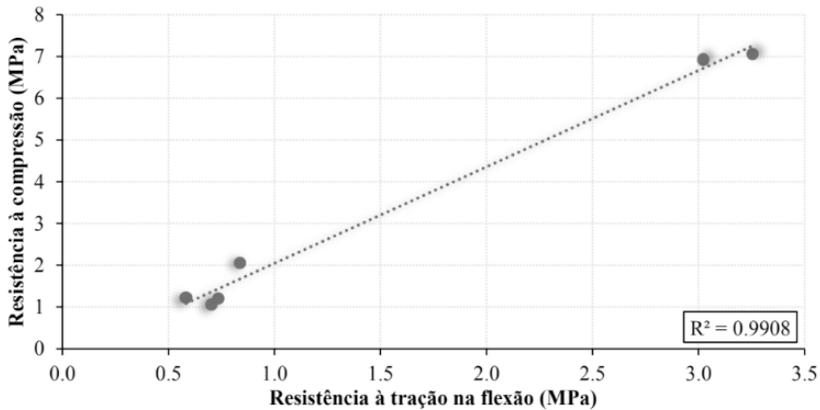
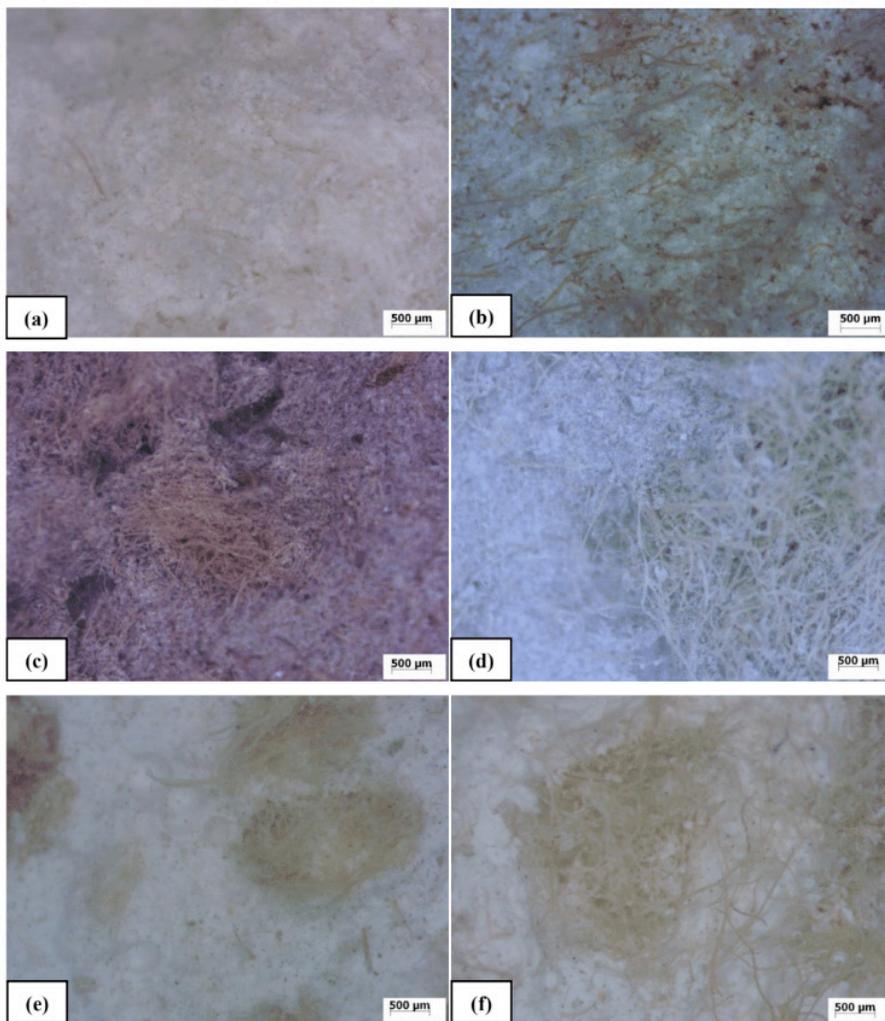


Figura 8 – Correlação entre resistência à tração na flexão com a resistência à compressão dos compósitos produzidos com os aglomerantes aéreos

Fonte: Os autores.

Na Figura 9 (a, b, c, d, e, f), estão apresentadas as imagens das amostras de cada composição produzida neste estudo. Sendo possível observar nas Figuras 9a e 9b os compósitos de cal com eucalipto e pinus, respectivamente. Nas Figuras 9c e 9d os compósitos de cimento Portland com eucalipto e pinus, respectivamente. E nas Figuras 9e e 9f os compósitos de gesso com eucalipto e pinus, respectivamente.

É possível observar que os compósitos produzidos utilizando a cal como aglomerante (Figuras 9a e 9b) apresentaram melhor dispersão das fibras de celulose, quando comparado com os compósitos produzidos com cimento Portland e gesso (Figuras 9c, 9d, 9e e 9f). Entretanto, apesar da boa dispersão, as propriedades mecânicas ainda foram fortemente influenciadas pelo aglomerante utilizado, ou seja, os compósitos produzidos com cimento Portland e gesso, apesar da pouca dispersão das fibras, apresentaram resultados superiores aos compósitos produzidos com cal.



Legenda: (a) refere-se ao compósito CE, (b) refere-se ao compósito CP, (c) refere-se ao compósito CPE, (d) refere-se ao compósito CPP, (e) refere-se ao compósito GE, (f) refere-se ao compósito GP.

Figura 9 - Imagens macroscópicas dos compósitos produzidos

Fonte: Os autores.

4 | CONCLUSÕES

A busca por tecnologias que permitam à construção civil reduzir seu impacto no meio ambiente impulsiona pesquisas de compósitos que liberem menos gases de efeito estufa durante sua produção. Buscando atender a essa demanda, foram desenvolvidos compósitos de cal, cimento Portland e gesso utilizando fibras de celulose *kraft*. Por fim, foi possível concluir que o tipo de aglomerante exerce maior influência sobre o comportamento do compósito – sendo densidade de massa endurecida, resistência à tração na flexão e à

compressão - quando comparado à variação do tipo de celulose – eucalipto e pinus. Os compósitos desenvolvidos com cal apresentaram baixa resistência mecânica, enquanto que ao utilizar o cimento Portland e o gesso os compósitos apresentaram aumento significativo da resistência mecânica. A espécie da fibra de celulose exerceu influência somente para a resistência à compressão dos compósitos, demonstrando que neste quesito a celulose de pinus foi mais eficiente do que a celulose de eucalipto.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Laboratório de Materiais e Estruturas (LAME/DCC) e ao Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal do Paraná pela disponibilização dos materiais, dos laboratórios e dos equipamentos necessários para o desenvolvimento deste estudo. À empresa Klabin Papel e Celulose, Divisão Monte Alegre pelo fornecimento da celulose. Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC) da Universidade Federal do Paraná; à Fundação Araucária, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AKKAOUI, A.; CARÉ, S.; VANDAMME, M. Experimental and micromechanical analysis of the elastic properties of wood-aggregate concrete. **Construction and Building Materials**, v. 134, p. 346–357, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7.571**: Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12.128**: Gesso para construção - Determinação das propriedades físicas da pasta - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.207**: Gesso para construção civil – Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16.697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

CALLISTER JR., W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 7ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil**. 2 ed. v. 2. Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON. São Paulo. 2010.

CARVALHO, M. A.; CALIL JÚNIOR, C.; SAVASTANO JUNIOR, H.; TUBINO, R.; CARVALHO, M. T. Microstructure and mechanical properties of gypsum composites reinforced with recycled cellulose pulp. **Materials Research**, v. 11, n. 4, p. 391-397, 2008.

CORINALDESI, V.; MAZZOLI, A.; SIDDIQUE, R. Characterization of lightweight mortars containing wood processing by-products waste. **Construction and Building Materials**, v. 123, p. 281–289, 2016.

GUIMARÃES, J. E. P. **A cal: Fundamentos e aplicações na engenharia civil**. 2.ed. Pini, São Paulo, 2002.

GUSTAVSSON, L.; SATHRE, R. Variability in energy and carbon dioxide balances of wood and concrete building materials. **Building and Environment**, v. 41, p. 940–951, 2006.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **Celulose**, 2015. Acessado em: 11/01/2018. <<http://iba.org/pt/produtos/celulose>>

JOHN, V. M. **Repensando o papel da cal hidratada nas argamassas**. V Simpósio Brasileiro de Tecnologia em Argamassa, São Paulo. 2003.

KHORAMI, M.; GANJIAN, E. The effect of limestone powder, silica fume and fibre content on flexural behaviour of cement composite reinforced by waste Kraft pulp. **Construction and Building Materials**, v. 46, p. 142–149, 2013.

KISKU, N.; JOSHI, H.; ANSARI, M.; PANDA, S.K.; NAYAK, S.; DUTTA, S. C. A critical review and assessment for usage of recycled aggregate as sustainable construction material. **Construction and Building Materials**, v. 131, p. 721–740, 2017.

MARTINS, S. C. F. **Pisos de argamassa reforçada com partículas de bambu**. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MATOSKI, A. **Utilização de pó de madeira com granulometria controlada na produção de painéis de cimento-madeira**. 187 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

NEGRO, C.; BLANCO, A.; PÍO, I. S.; TIJERO, J. Methodology for flocculant selection in fibre-cement manufacture. **Cement Concrete Composites**, v. 28, p. 90-96, 2006.

ONUAGULUCHI, O.; BANTHIA, N. Plant-based natural fibre reinforced cement composites: A review. **Cement and Concrete Composites**, v. 68, p. 96-108, 2016.

PARCHEN, C. F. A. **Compósito madeira cimento de baixa densidade produzido com método de compactação vibro dinâmica**. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TONOLI, G. H. D.; SAVASTANO, H.; FUENTE, E.; NEGRO, C.; BLANCO, A.; LAHR, F. R. Eucalyptus pulp fibres as alternative reinforcement to engineered cement-based composites. **Industrial crops and products**, v. 31, n. 2, p. 225-232, 2010.

YOUNGQUIST, J. A. Wood handbook—Wood as an engineering material: Wood-based composites and panel products. **Forest Products Laboratory**, 1999.

CAPÍTULO 2

DIMENSIONAMENTO DE UMA CISTERNA COM A CAPTAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL PARA REUTILIZAÇÃO DÔMÉSTICA EM ITAJUBÁ – MG

Data de aceite: 01/11/2022

Caio Cruz Rodrigues

Centro Universitário de Itajubá - FEPI
Varginha – Itajubá - Minas Gerais

João Pedro Oliveira de Souza

Centro Universitário de Itajubá - FEPI
Varginha – Itajubá - Minas Gerais

João Vitor Martins de Moraes

Centro Universitário de Itajubá - FEPI
Varginha – Itajubá - Minas Gerais

Thanus Eduardo Nogueira e Silva

Centro Universitário de Itajubá - FEPI
Varginha – Itajubá - Minas Gerais

Tiago Costa de Oliveira

Centro Universitário de Itajubá - FEPI
Varginha – Itajubá - Minas Gerais

RESUMO: O trabalho descreve um sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em uma residência, visando reconhecer o poder potencial pluviométrico da região, assim entendendo a necessidade da água a ser armazenada. Foi realizado um estudo de caso para uma residência no município de Itajubá-MG, no mesmo local foi analisado dados pluviométricos criando uma base de dados para identificar a quantidade necessária de água à ser armazenada, com intuito de criar um sistema de coleta e aproveitamento da água pluvial, suprimindo a falta de água para os meses com baixa quantidade de chuva. As conclusões

apontam que a caixa foi dimensionada com a responsabilidade de suprir as demandas da casa, além de armazenar para os meses quais não conseguirão atender a demanda.

PALAVRAS-CHAVE: Series temporais; dados pluviométrico; caixa d'água.

DIMENSIONING OF A CISTERNA WITH RAINWATER WATER CAPTURE FOR DOMESTIC REUSE IN ITAJUBÁ – MG

ABSTRACT: The work knowledge a system of harnessing rain water for non-potable purposes in a residence, known the potential rainfall power of the region, thus understanding the need for water to be stored. A case study was carried out for a residence in the municipality of Itajubá-MG, no place was even analyzed rainfall data creating a database to identify the necessary amount of water to be stored, in order to create a system for collecting and using water. rainwater, supplying the lack of water for the months with low amount of rain. The protected ones point out that the box was dimensioned with responsibility to meet the demands of the house, in addition to storing for months which ones will not be able to meet the demand.

KEYWORDS: Time series; pluviometric data; water box.

INTRODUÇÃO

É notório que nos últimos anos o uso da água vem sendo utilizada de maneira inadequada, apesar da água ser um recurso renovável mas esgotável, de forma que o

excesso de consumo vem ultrapassando o limite dos países que sofrem com escassez, passando a ser um tema de discussão pública.

A água cobre cerca de 70% da superfície da Terra, porém a quantidade de água doce disponível para utilização humana é limitada pelas condições naturais do planeta. A água doce é definida cerca de 0.35%. De fato, apenas 2,5% de toda a água existente na Terra é doce, sendo o resto salgada (a maior parte encontra-se nos oceanos). Destes 2,5%, a maior parte (1,8%) está retida em forma de gelo na Antártida, no Ártico e nos glaciares. As necessidades em água da humanidade e dos ecossistemas terrestres têm de ser satisfeitas com base nos restantes 0,7% da água doce existente no planeta (conselho nacional da água- acesso 2020). Contudo, essa quantidade está sendo poluída e desperdiçada pela humanidade.

A crise no abastecimento d'água mostra a necessidade de se buscar alternativas ao estado de uso deste recurso, que contribuam para o uso eficiente da água. O cenário ambiental atual chama a atenção para a importância de proteger os recursos hídricos. Segundo Carli, De Conto, Beal e Pessin (2013, p. 145) expõem que “as ações de conservação surgem como alternativas potenciais para promover o uso sustentável da água”.

O uso residencial da água se divide em dois tipos: o uso potável, caracterizado pela ingestão da água, pelo preparo de alimentos e para outros fins com contato direto com a água, enquanto que o segundo tipo é denominado como não potável, utilizado principalmente para limpeza e conservação de áreas externas, descarga de bacia sanitária e a rega de jardins (BARRETO, 2008). A água da chuva, com o projeto de uma cisterna, é uma alternativa concreta para uso em atividades diárias, como lavagem de roupas, carros, casa e descargas de sanitários. O protótipo a ser desenvolvido irá auxiliar futuramente para uma economia de água potável, com isso deve-se dimensionar o volume de uma cisterna para obter a melhor relação custo/benefício.

Para atingir o objetivo deste estudo é preciso entender a precipitação da chuva na cidade de Itajubá, Minas Gerais, para analisar o potencial de um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais, como forma de substituição parcial da água potável para realização de tarefas domésticas. Analisando a precipitação de chuva dos últimos 9 anos (01/01/2011 – 01/06/2020. uso em atividades diárias, como lavagem de roupas, carros, casa e descargas de sanitários

Por fim, com este estudo pode-se promover o menor uso de água tratada para fins não potáveis, contribuindo para conscientização da população de necessidade do reuso.

OBJETIVO

O propósito geral deste projeto é estudar a precipitação da chuva na cidade de Itajubá, Minas Gerais, para analisar o potencial de um sistema de captação e aproveitamento

de águas pluviais, como forma de substituição parcial da água potável para realização de tarefas domésticas.

METODOLOGIA

No início do trabalho observará dados mensais quantitativos relacionados a incidência de chuva, criando assim um relatório para identificar a quantidade necessária de água à ser armazenada, com intuito de criar um sistema de coleta e aproveitamento da água pluvial. A captação e o reaproveitamento de águas pluviais são realizados por meio de calhas e canos que captam a água que chega ao telhado da residência escolhida. Após a água entrar na cisterna, a mesma passará por um processo de limpeza e filtragem para evitar o entupimento da tubulação. A água será reservada e distribuída nos banheiros, nas torneiras, as quais possuem indicação de água não potável.

Tratando de uma pesquisa com abordagem quantitativas e observacional, analisando dados de precipitações mensais dados usando dos 101 meses referentes a esse período dos últimos 9 anos (jan / 2011 a junho / 2020), tendo como base sites que realizaram pesquisas sobre a incidência de chuva, tais como Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), Global Precipitation Climatology Project (GPCP), Agência Nacional de Águas (ANA), Plataforma de Coleta de Dados (PCD) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Ciências atmosféricas UNIFEI. As informações encontradas nos sites pesquisados pelo grupo apontam dados secundários, disponibilizam um estudo retrospectivo e fornecem variáveis como, Divisões hidrográficas do Brasil, mapa interativo da precipitação média anual e tempo de retorno, qualidade da água, dados climatológicos, entre outros. Vale-se ressaltar que o estudo irá considerar um nível de significância 0,05 e confiabilidade de 95%. Utilizando programas para criação de testes que comparam médias e série temporal, como, Excel, Minitab e Gretl.

Esses dados são importantes para analisar a viabilidade técnica da cidade e previsibilidade da quantidade da precipitação futuramente para, posteriormente reaproveitar a água pluvial.

DESENVOLVIMENTO

Foi explorada uma técnica de determinação da área mínima de captação da água de chuva. Visando atender à demanda de água não potável, foi adotado o consumo diário de três bacias sanitárias, juntamente com o desperdício de água com uso de mangueiras para atender algumas necessidades de uma família (lavar piso, lavar carro, etc). Estimado em 108L diários ao uso de 3 privadas, totalizando 36L por privada (6 acionamentos para cada privada) e 150 litros de água em cada uso da mangueira por semana (Tomaz, 2005). Com isso, foi realizado o cálculo da quantidade de água utilizada por mês e chegou à conclusão que terá uma demanda máxima de 3,84 m³/mês.

A área de captação necessária é definida em função da precipitação média anual, e pela análise da série temporal do volume do reservatório, utilizando a simulação de balanço diário.

Segundo Dornelles; Tassi & Goldenfum (2010), para o ter o conhecimento do tamanho ideal dos reservatórios do sistema é necessário determinar a precipitação média da região, a área de captação disponível para o sistema e a demanda exigida pelo sistema.

O local de estudo da análise de implantação do reservatório de acumulação de água de chuva é o município de Itajubá, situado no sul do estado de Minas Gerais, próxima a cidade de Maria da Fé e encontra-se na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí (IBGE, 2015).

A coleta de dados pluviométricos foi retirada do site da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). A série histórica obtida foi de 2011 até 2020. A partir dos dados de precipitação coletados foi possível calcular a média de precipitação considerando os meses dos últimos 10 anos, para a cidade de Itajubá, demonstrada na fig.1.

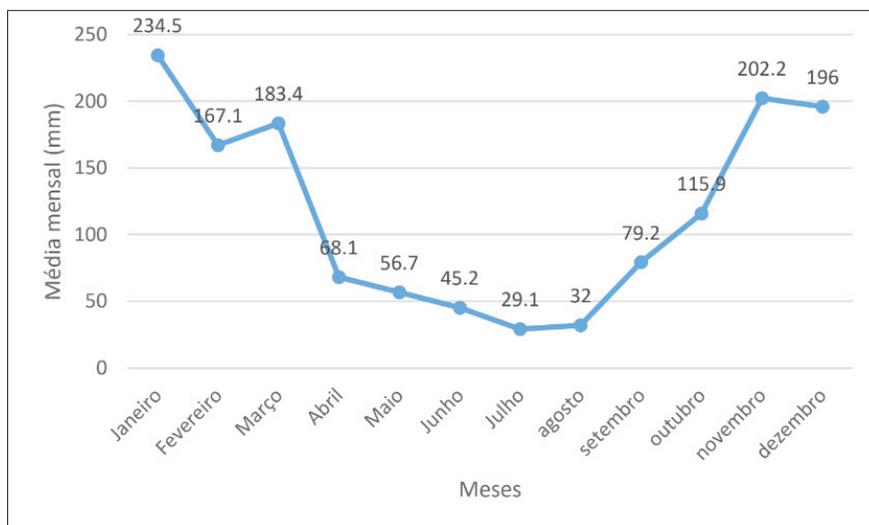


Fig.1

Visado um trabalho eficaz, entende-se de que em estatística não é admissível apenas recolher dados mensais e dizer que os meses que menos chove são os meses com menor média. Com isso foi aplicado o teste de ANOVA- Método de Tukey, no minitab, responsável pelo agrupamento de informações.

Fator	N	Média	Agrupamento			
janeiro	10	234.5	A			
novembro	9	202.2	A	B		
dezembro	9	196.0	A	B		
março	10	183.4	A	B		
fevereiro	10	167.1	A	B	C	
outubro	9	115.9		B	C	D
setembro	9	79.2			C	D
abril	10	68.1				D
maio	10	56.7				D
junho	10	45.2				D
agosto	9	32.03				D
julho	9	29.14				D

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Observando a tabela acima percebe-se, que o mês que mais chove são os meses de janeiro, novembro, dezembro, março e os meses com mais escassez em ordem são julho, agosto, junho, maio e abril.

Esses dados demonstrados anteriormente irá auxiliar para compreender os problemas que uma cisternas pode acarretar, isto porque, existiram meses quais terão escassez de água, ou também, meses que sobrar água.

Em seguida foi otimizado um cálculo lógico visando encontra o tamanho ideal da cisterna, ou seja, calcular o tamanho da cisterna que será responsável por armazenar água suficiente para atender a demanda de meses com crise pluviométrica.

O método utilizado, apresenta um dimensionamento mais otimizado dos reservatórios, já que leva em conta o período seco do ano, havendo uma regularização pelo período úmido, ao invés da consideração do ano mais seco da série histórica, superdimensionado o reservatório.

meses	precipitação media (mês, mm)	falta para suprir	litros para suprir	entrada água pluvial	caixa-demanda+ entrada	Demanda	falta
jan	234.5	-	-	-	-	3840	-
fev	167.1	-	-	-	-	3840	-
mar	183.4	-	-	-	-	3840	-
abr	68.1	49.35	493.5	3200.7	5680.7	3840	-1840.7
mai	56.7	60.75	607.5	2664.9	5144.9	3840	-1304.9
jun	45.2	72.25	722.5	2124.4	4604.4	3840	-764.4
jul	29.1	88.35	883.5	1367.7	3847.7	3840	-7.7
ago	32	85.45	854.5	1504	3984	3840	-144
set	79.2	38.25	382.5	3722.4	6202.4	3840	-2362.4
out	115.9	-	-	-	-	3840	-
nov	202.2	-	-	-	-	3840	-
dez	196	-	-	-	-	3840	-
média (mm)	117.45				demanda mensal (litros)	3840	
média (litro)	1174.5				Caixa	6320	Litros

A tabela acima auxilio a fazer o cálculo ideal da cisterna, o cálculo foi realizado conforme o passo a passo abaixo:

- Tirou a Média total de precipitação de todos os meses, aonde nos baseamos para poder entender quais meses forneceram mais água que a média.
- Assim foi considerado apenas os meses que não estão de amarelo, isto porque, os meses que estão em amarelo já possui uma média de chuva maior do que o valor que falta pra suprir.
- Na sequência, foi dimensionado uma matemática básica, somando a entrada de agua, subtraindo o valor da demanda e entendendo o quanto de água terá armazenada pro mês seguinte.
- Com isso, encontramos o valor (litros) para caixa, que será responsável por manter o máximo de água de meses com alto índice de precipitação e suprir a falta em meses como: junho e julho.

Após todos as teorias aplicadas, conseguimos determinar que o dimensionamento da nossa cisterna será de 6320 Litros, ou então, 2 metros de largura, 2 metros de comprimento e 1,58m de altura (2x2x1,58m). Lembrando que foi visado esse dimensionamento para uma demanda de 3840L/mês, assim o dimensionamento será diretamente relacionado com a quantidade de água que a residência necessita.

CONCLUSÃO

O aproveitamento de água de chuva é uma alternativa com potenciais para promover o uso sustentável da água, principalmente nos dias atuais em que há escassez de recursos hídricos para consumo, pensando nisso o uso de um cisterna terá viabilidade ambiental pela economia da água potável.

O desenvolvimento deste trabalho mostrou que a execução do aproveitamento de água de chuva, depende do número de demanda a ser suprida, conseqüentemente essa demanda irá variar com a quantidade de uso da água não potável, tanto pra privada quanto para torneiras. Tira-se como conclusão do desenvolvimento do trabalho que existem meses (julho, agosto, junho, maio e abril) quais não irão suprir com a demanda necessária (3840 Litros/mês), com isso os meses que mais chovem (janeiro, novembro, dezembro, março) deveram armazenar a quantidade de água referente a caixa de água (6320 Litros). Está caixa foi dimensionada com a responsabilidade de suprir as demandas da casa, além de armazenar para os meses quais não conseguirão atender a demanda.

REFERÊNCIAS

Água no planeta Terra. Conselho nacional da água, 2020. Disponível em: <<https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/aacutegua-no-planeta-terra.html>>. Acesso em: 30 de set. de 2020.

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. *Ambiente Construído*, v. 8, n. 2, p. 23-40, 2008.

BEZERRA, S. M. C. et al. Dimensionamento de Reservatório Para Aproveitamento de Água de Chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527: 2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. *Ambiente Construído*, v. 10, n. 4, p. 219- 231, 2010

Carli, L. N., De Conto, S. M., Beal, L. L., & Pessin, N. (2013). Racionalização do uso da água em uma instituição de ensino superior – Estudo de caso da Universidade de Caxias do Sul. *GeAS – Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 2(1), 143-165.

Cervo, A. L., & Bervian, P. A. (1996). *Metodologia científica*. 4 ed. São Paulo: Makron Books.

Duarte, R. G., Bastos, A. T., Sena, A. P., & Oliveira, F. C. (2015). Educação Ambiental na Convivência com o Semiárido: Ações Desenvolvidas pela Secretaria de Educação do Estado do Ceará. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 4, 17-29.

IBGE. Censo demográfico, cidades. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=313240&search=minasgeraislitajubalinfograficos:-historico>> acesso em: 11 de nov. 2020.

Machado CJS. Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafio. *Ambient Soc* 2003; 6(2):121-136.

Organização das Nações Unidas. Programa da Década da Água da ONU-Água sobre Advocacia e Comunicação (UNW-DPAC). *O Direito Humano à Água e Saneamento: Comunicado aos Media*. [acessado 2015 jul 12]: [8 p]. Disponível em: <http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf>

SOUZA, L. A. F; MUMBACH, G. D. Estudo de métodos de dimensionamento do volume do reservatório de água da chuva. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 6, n. 1, p. 72-82, 2014.

TOMAZ, P. Aproveitamento de Água de Chuva: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 2 ed. São Paulo: Navegar, 2005. 180 p.

UNIFEI. Ciências atmosféricas Disponível em: <https://meteorologia.unifei.edu.br/pag/boletim/boletim.php?b=2020-06-23_00-00-00> acesso em: 20 de Out. 2020.

CAPÍTULO 3

UM ROTEIRO PARA BOAS PRÁTICAS DA SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Data de aceite: 01/11/2022

Paulo Pinheiro Castanheira Neto

RESUMO: O setor da Construção Civil tem vital importância para a economia do Brasil, gerando oportunidades para indivíduos pouco habilitados, em um país que falha na distribuição de educação de qualidade para extensa parcela de sua população. Como ajudantes, inúmeras pessoas ingressam neste mercado após não conseguirem posição em setores menos hostis do mercado de trabalho. Ao mesmo tempo em que essa realidade de pouca qualificação inicial dos novos ingressantes possibilita a sua capacitação de ajudantes para funções específicas, como exemplo carpinteiro, armador e pedreiro; por outro lado a falta de experiência gera inúmeras condições de quase acidentes que, na trilha da pirâmide de Bird, podem em algum momento levar a acidentes que podem chegar à fatalidade. Em paralelo, a falta de treinamento e inadequação do uso de EPI's e EPC's tornam este setor um dos que mais sofrem com a incidência de acidentes de trabalho. Após um período de estagnação causado pelos efeitos da "Lava Jato" e impactos da COVID-19, observa-se o reaquecimento do setor, demandando o fortalecimento da cultura de segurança nas empresas a fim de absorver um efetivo renovado e inexperiente, além daquele desacostumado com a rotina de segurança, em função do longo tempo sem obras, no qual, inclusive, desempenhou funções não correlatas. O cenário de retomada produtiva, faz necessária

a união entre engenheiros responsáveis pela produção e o setor de segurança do trabalho, com vistas a procedimentos e atitudes favoráveis a um canteiro de obras sem acidentes. Além das práticas normativas, o presente trabalho busca apresentar inovações em andamento para implantação de boas práticas.

PALAVRAS-CHAVE: Construção Civil; Acidentes; Prevenção; Saúde; Segurança.

INTRODUÇÃO

A Construção Civil tem como finalidade a transformação do ambiente natural com vistas à melhoria da qualidade de vida do ser humano. Sua dinâmica envolve uma infinidade de atividades de diferentes complexidades e alternância ao longo das fases de uma obra.

Apesar de desempenhar forte papel na economia do país, um lamentável e elevado índice de acidentes e doenças do trabalho decorrentes das atividades da construção insiste em prejudicar seus resultados, com impactos diretos nos funcionários em suas famílias, nas equipes de trabalho e nas responsabilidades jurídicas e econômicas das empresas.

Diferentemente de outros setores, a Construção Civil apresenta uma série de particularidades que afetam de forma impactante a segurança do trabalho. A condição básica de preparar um canteiro temporário, reunir pessoas muitas vezes diferentes e desconhecidas, nem sempre acostumadas com as políticas da

empresa, ao longo do tempo de obra, acompanhando o crescimento e queda dos recursos ao longo do ciclo de vida do projeto, até a completa desmobilização gera uma série de fatores que dificulta em muito a gestão da segurança no canteiro de obras.

Alta rotatividade, ou turnover, aliado à baixa capacitação da mão de obra; uso extensivo de mão de obra terceirizada (empresas terceirizadas nem sempre maduras e suficientemente robustas para gerir a segurança); métodos pouco eficazes e artesanais de trabalho (que nem sempre visam à segurança do trabalhador), mudança da natureza do serviço de acordo com a etapa da obra e falta de tradição na elaboração de projetos de segurança; exposição às intempéries. Tudo muito diferente de uma indústria convencional, localizada em ponto fixo, com atuação por longo prazo e, portanto, baixa rotatividade.

Em uma análise anterior, ainda na fase de concepção, muitas vezes, a natureza de todo o processo implica na não participação do construtor na etapa de projeto, impossibilitando a adoção de soluções projetuais que aumentem a segurança do processo construtivo.

A grande ocorrência de erros de incompatibilidade de projetos, cuja ocorrência só acaba sendo identificada durante a execução, expondo os funcionários a atividades de correção, com retrabalhos recorrentes e aumento da exposição a riscos é um outro fator da fase de projetos que pode ocasionar acidentes.

Um outro aspecto recorrente e impactante na ocorrência de acidentes resulta na distribuição orçamentária relacionada aos custos com segurança do trabalho, limitando as ações às exigências legais. E ainda, em licitações pelo menor preço, as implicações da redução de preço no orçamento do vencedor para segurança geralmente não é considerada.

A própria prática de gestão executiva no campo, com adoção das “tarefas”, em que o estímulo pela redução de prazos executivos em troca de benefícios aos colaboradores pode gerar condições de riscos.

Percebe-se, portanto, que as soluções em termos de segurança do trabalho a serem elaboradas para as atividades de construção civil são, muitas vezes, diferentes daquelas observadas em outros ramos de serviço. Não obstante, esta diferença de soluções ocorre também, no próprio setor, em cada um dos seus ramos: residencial, industrial, infraestrutura, etc.

O presente artigo nasce a partir desta constatação e da necessidade de reforçar o aprimoramento e desenvolvimento das práticas de segurança nos canteiros de obra para este novo momento de grande capacidade produtiva que se avizinha no cenário nacional.

Existem atividades corriqueiras no canteiro de obra que lideram as estatísticas de acidente de trabalho, tais como trabalho com as mãos, trabalho em altura (queda com diferença de nível), movimentação de cargas, impacto de pessoa contra objeto parado, esforço excessivo ao erguer objeto, exposição a altas temperaturas ou à energia elétrica; estresse; lesões por esforço repetitivo e saúde frágil.

Constata-se, portanto, que a utilização adequada de EPI's e EPC's, frequência

de treinamentos posturais e procedimentais, programas de segurança, debates diários abordando as atividades típicas do dia nos TDS – Treinamentos Diários de Segurança, logo no início do turno – aumentam a percepção de risco e favorecem atitudes preventivas, ações que promovam a segurança e cuidados de saúde no trabalho, a incidência de acidentes sofre significativa redução.

Procedimentos adequados e práticas de segurança eficazes auxiliam na garantia da saúde e integridade do colaborador, parte interessada importante do processo, assim como preservam as empresas em processos jurídicos e penalidades financeiras.

O presente artigo busca definir quais são os procedimentos e boas práticas de SST definidos pela legislação trabalhista e tenta responder à seguinte pergunta: Que outras alternativas podem ser buscadas a fim de inovar o modelo de gestão corrente para a Saúde e Segurança do Trabalho dos Colaboradores?

DESENVOLVIMENTO

O Brasil dispõe de vasta legislação referente à segurança do trabalho, que precisa ser bem desdobrada a fim de obter as melhores práticas em canteiros de obras.

Em 1978 as Normas Regulamentadoras – NR's – foram aprovadas a fim de estabelecer este horizonte e estimular a atuação de empresas, sindicatos, e Ministério do Trabalho. A evolução das NR's atingiu o ponto atual, no qual 37 NR's regulam a grande maioria das atividades laborais, determinando procedimentos, programas, treinamentos voltados à integridade e saúde dos colaboradores.

A NR 18 trata exclusivamente da construção civil, sendo fundamental para as atividades dos canteiros de obra, porém as NR's 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 23, 33 e 35 devem ser avaliadas a fim de cobrir várias abordagens de atividades típicas de obras civis.

Além das NR's, especial atenção deve ser dada às Recomendações Técnicas de Procedimentos (RTPs) da FUNDACENTRO, a Convenção Coletiva de Trabalho (CCT) aplicada à região em que se dará a obra, a legislação municipal (código de obras e demais leis complementares que trazem informações sobre o canteiro e as condições da construção) e normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) afetas ao tema¹⁵

A importância de observar outras regulamentações é inclusive indicada pela NR, que estabelece que “a observância das Normas Regulamentadoras - NR não desobriga as empresas do cumprimento de outras disposições que, com relação à matéria, sejam incluídas em códigos de obras ou regulamentos sanitários dos Estados ou Municípios, e outras, oriundas de convenções e acordos coletivos de trabalho”.

Os principais programas relacionados à segurança e saúde do trabalhador, de implementação obrigatória são o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) – NR 7; o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) – NR 9; o

Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT) – NR 18. As condições de implantação são específicas a cada tipo e tamanho de obra, portanto é de suma importância que os profissionais envolvidos na sua elaboração e implementação estejam bem cientes das restrições.

O PCMSO, de forma resumida integra as iniciativas a serem implementadas no campo de saúde do trabalho, com foco em prevenção, rastreamento e diagnóstico, com objetivo de promover e preservar a saúde de todos os colaboradores da obra e tem diretrizes definidas na NR7.

O PPRA visa a preservar a saúde e integridade dos trabalhadores, através da antecipação, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais, abrangendo riscos químicos e biológicos, conforme definido na NR9.

O PCMAT, por sua vez, consiste no conjunto de ações e recursos que visam garantir a saúde e integridade dos trabalhadores da construção, prevenindo acidentes de trabalho no canteiro de obras durante todas as fases da construção e estabelecendo condições adequadas de conforto, asseio e higiene ocupacional. É objeto da NR18 e obrigatório para canteiros com 20 trabalhadores ou mais.

Novamente, deve-se ter conhecimento da legislação pertinente de forma global, a fim de adequar as condições do canteiro às normas necessárias.

Além dos Programas, alguns Projetos específicos, relacionados às atividades do canteiro devem ser estabelecidos, conforme descrito na NR18, tais como Projeto dos Equipamentos de Proteção Coletiva em conformidade com as etapas de execução da obra; Projeto de estrutura de apoio de andaimes suspensos; Detalhamento de dispositivos destinados à ancoragem de equipamentos e sustentação de andaimes e de cabos de segurança para serviços de limpeza, manutenção e restauração de fachadas.

A NR4 estabelece a estrutura de segurança necessária para execução de obras:

as empresas privadas e públicas, os órgãos públicos da administração direta e indireta e dos poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, manterão, obrigatoriamente, Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho" (SESMT). A finalidade do SESMT consiste em "promover a saúde e proteger a integridade do trabalhador no local de trabalho (BRASIL, MINISTÉRIO DO TRABALHO, NR4)

Com suas devidas competências, discriminadas na NR4, os profissionais que integrarão o SESMT serão Técnico de Segurança do Trabalho, Engenheiro de Segurança do Trabalho, Auxiliar ou Técnico em Enfermagem do Trabalho, Enfermeiro do Trabalho e Médico do Trabalho.

O dimensionamento da equipe do SESMT se dará em função do Grau de Risco da atividade (que varia de 1 a 4, com base no CNAE30) e do número de funcionários a

empresa.

Para o grau de risco 3, por exemplo, construção de edifícios, tem-se, conforme quadro que se segue.

Grau de risco	Técnicos	Nº. de empregados no estabelecimento					
		50 a	101 a	251 a	501 a	1.001 a	2.001 a
		100	250	500	1.000	2.000	3.500
3	Técnico Seg. Trabalho	-	1	2	3	4	6
	Engenheiro Seg. Trabalho				1*	1	1
	Aux. Enferm. do Trabalho				1*	1	2
	Enfermeiro do Trabalho						
	Médico do trabalho					1	1

Quadro 1: Dimensionamento do SESMT para o GR 3 (recorte do Quadro II da NR 4)

A CIPA - Comissão Interna de prevenção de acidentes é regida como se segue,

“empresas privadas, públicas, sociedades de economia mista, órgãos da administração direta e indireta, instituições beneficentes, associações recreativas, cooperativas, bem como outras instituições que admitam trabalhadores como empregados” deverão constituir uma Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) por estabelecimento e mantê-la funcionando. A CIPA tem como objetivo “a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho, de modo a tornar compatível permanentemente o trabalho com a preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador.” (BRASIL, MINISTÉRIO DO TRABALHO, NR4)

Outros treinamentos e capacitações relacionados à segurança e saúde do trabalho são ferramentas importantíssimas para se garantir o conhecimento dos trabalhadores sobre os possíveis riscos nas atividades que desenvolverão e das formas de evitá-los ou controlá-los, permitindo que adquiram conhecimento e habilidades necessárias para realização do trabalho de forma segura, evitando situações de risco. Possibilitam, ainda, que os agentes envolvidos tenham consciência e compreensão desses riscos, de modo a identificá-los, reportá-los e controlá-los.

E neste ponto, é muito importante que o setor responsável pela segurança, em parceria com o setor produtivo, estabeleça cronogramas de treinamento adequados para as atividades praticadas em cada canteiro específico. É preciso debruçar-se sobre as Normas Regulamentadoras e definir as prioridades obrigatórias.

Antes de definir os treinamentos obrigatórios, algumas práticas importantes devem ser mencionadas - não fazem parte do escopo de treinamentos com foco em segurança do trabalho de empresas menos maduras - e trazem impacto positivo no desempenho dos funcionários no que se refere à SST.

Dentre os temas relevantes, apontam-se o incentivo e treino de funcionários na

adoção da prática do 5S; treinamentos de “reciclagem” para colaboradores que se desviam das regras de SST; promoção de eventos com enfoque em SST; instruções relacionadas à ergonomia; escolha do profissional adequado para a coordenação, implementação e avaliação dos programas de capacitação em SST e a efetiva difusão destes programas entre os trabalhadores.

Voltando aos treinamentos e capacitações obrigatórios em todo canteiro de obras segundo as NR’s do MT e observando-se as particularidades das atividades desenvolvidas, temos: Admissional (NR 18), periódico (NR 18), de mudança de função (NR 18), para trabalho em altura (NR 35), de combate a incêndio (NR 23), para instalações e serviços em eletricidade (NR 10), de CIPA (NR 5) e para operação de máquinas e equipamentos, inclusive guias e elevadores para transporte de materiais e pessoas (NR 12 e NR 18).

O aprendizado conferido aos funcionários é registrado nos certificados dos treinamentos e capacitações que fizeram, valendo a importante lembrança de que o empregador tenha arquivado também uma cópia do certificado de realização desses cursos pelo funcionário além das listas de presença em treinamento, em caso de fiscalização ou demandas judiciais futuras.

Todos os funcionários que forem iniciar suas atividades em canteiro de obras deverão receber treinamento admissional e, quando houver mudança da etapa da obra, na função do funcionário ou sempre que se tornar necessário, deverão receber treinamento periódico, visando à garantia da execução com segurança das atividades que eles realizarão.

O treinamento admissional deverá apresentar carga-horária mínima de seis horas, ser realizado durante o horário de trabalho e obrigatoriamente no primeiro dia de trabalho. O conteúdo programático previsto pela NR 18 consiste das informações sobre as condições e meio ambiente de trabalho; dos riscos inerentes à sua função; do uso adequado dos Equipamentos de Proteção Individual - EPI; das informações sobre os Equipamentos de Proteção Coletiva - EPC, existentes no canteiro de obra.

As mesmas diretrizes definidas para o treinamento admissional são definidas para os treinamentos periódicos ou para mudança de função.

O treinamento para trabalho em altura é normatizado pela A NR 35 e estabelece que o treinamento, de caráter teórico e prático, não deverá apresentar carga-horária inferior a oito horas, sendo realizado preferencialmente no horário de trabalho. Sendo realizado ou não durante o horário regular de trabalho, o tempo despendido pelo funcionário para a realização do treinamento – que será ministrado por instrutores com comprovada proficiência no assunto” será computado como tempo de trabalho.

O conteúdo programático mínimo definido consiste das normas e regulamentos aplicáveis ao trabalho em altura; da análise de risco e condições impeditivas; dos riscos potenciais inerentes ao trabalho em altura e medidas de prevenção e controle; dos sistemas, equipamentos e procedimentos de proteção coletiva; dos equipamentos de proteção individual para trabalho em altura: seleção, inspeção, conservação e limitação de uso;

dos acidentes típicos em trabalhos em altura; das condutas em situações de emergência, incluindo noções de técnicas de resgate e de primeiros socorros.

O treinamento para trabalho em altura deverá ser feito a cada dois anos ou sempre que algumas das seguintes situações ocorrerem: mudança nos procedimentos, condições ou operações de trabalho; evento que indique a necessidade de novo treinamento; retorno de afastamento ao trabalho por período superior a noventa dias; mudança de empresa. A carga horária para o treinamento periódico deverá ser também de 8 horas e deverá atender à situação que levou à necessidade de antecipação do mesmo.

No que se refere ao combate a incêndio, a NR 23 estabelece que o empregador deverá providenciar a todos os trabalhadores informações a respeito do correto uso de equipamentos de combate a incêndio, procedimentos de evacuação do local de trabalho de forma segura e dispositivos de alarme existentes. Por sua vez, a NR 18 traz também que “os canteiros de obra devem ter equipes de operários organizadas e especialmente treinadas no correto manejo do material disponível para o primeiro combate ao fogo”.

Ambas as normas trazem ainda informações relacionadas às condições do local de trabalho, porém não definem diretrizes diretas a respeito do treinamento de combate a incêndio, que devem ser buscadas nas legislações estaduais e normas técnicas acerca do assunto, geralmente tratadas nas normas do Corpo de Bombeiros de cada estado e em normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, tal como a ABNT NBR 14277:2005.

Outro tema bastante crítico no canteiro de obras se refere aos serviços em instalações elétricas. A NR 10 estabelece que “trabalhadores autorizados a intervir em instalações elétricas devem possuir treinamento específico sobre os riscos decorrentes do emprego da energia elétrica e as principais medidas de prevenção de acidentes em instalações elétricas”.

Este treinamento, tratado como “Curso Básico – Segurança em instalações e serviços com eletricidade” apresenta carga-horária mínimo de 40 horas, com conteúdo programático trazido no Anexo II da NR 10.

O treinamento de reciclagem referente a serviços em eletricidade deverá ocorrer a cada dois anos ou em prazo menor em caso de o funcionário mudar de função ou trocar de empresa, de retornar ao trabalho após período de três meses de afastamento ou inatividade e, ainda, por mudanças significativas nos métodos de trabalho e nas instalações elétricas.

Nos casos em que a reciclagem foi necessária antes do período de dois anos, a carga-horária e o conteúdo programático do treinamento deverá atender à situação que o motivou.

Os trabalhadores que intervirem em instalações elétricas energizadas com alta tensão deverão receber treinamento específico, tratado pela NR 10 como “Curso Complementar – Segurança no Sistema Elétrico de Potência (SEP) e em suas proximidades”.

Esse treinamento também deverá apresentar carga-horária de 40 horas, com conteúdo programático conforme o Anexo II da NR 10. Importante ressaltar que, para a

realização do curso complementar, é necessário que o funcionário tenha participado do curso básico com aproveitamento considerado satisfatório.

A NR 12 define as condições para a operação de máquinas e equipamentos: “poderá se dar por trabalhadores que estejam habilitados, qualificados, capacitados ou que sejam autorizados para essas tarefas.”

Considerando que a construção civil emprega diversos equipamentos (gruas, elevadores para transporte de materiais e pessoas, betoneiras, serras circulares de bancada, policorte, martelo rompedor, sapo mecânico, dentre outros), é importante ter clareza a respeito da necessidade de capacitação para a operação deles.

As capacitações deverão ocorrer antes do trabalhador assumir a atividade proposta e ser realizadas durante o horário de trabalho, distribuídas em no máximo oito horas diárias, com carga horária suficiente de modo que o trabalhador execute suas atividades com segurança. O conteúdo programático previsto para esses cursos é trazido no Anexo II da NR 12 que informa que a capacitação para operação segura de máquinas será composta por etapas teórica e prática, de modo a garantir a competência necessária ao operador.

O conteúdo mínimo previsto para essa capacitação deverá constar da descrição e identificação dos riscos associados com cada máquina e equipamento e as proteções específicas contra cada um deles; do funcionamento das proteções - como e por que devem ser usadas; de como e em que circunstâncias uma proteção pode ser removida, e por quem, sendo, na maioria dos casos, somente o pessoal de inspeção ou manutenção; do que fazer, por exemplo, contatar o supervisor, se uma proteção foi danificada ou se perdeu sua função, deixando de garantir uma segurança adequada; dos princípios de segurança na utilização da máquina ou equipamento; da segurança para riscos mecânicos, elétricos e outros relevantes; do método de trabalho seguro; da permissão de trabalho; do sistema de bloqueio de funcionamento da máquina e equipamento durante operações de inspeção, limpeza, lubrificação e manutenção.

A capacitação deverá ser ministrada por “trabalhadores ou profissionais qualificados para este fim, com supervisão de profissional legalmente habilitado que se responsabilizará pela adequação do conteúdo, forma, carga horária, qualificação dos instrutores e avaliação dos capacitados”.

Micros e pequenas empresas, poderão ministrar o treinamento através de trabalhador capacitado da própria empresa, com registro – declaração ou certificado - do treinamento de capacitação em entidade oficial de ensino de educação profissional.

No que tange a periodicidade dos treinamentos, a reciclagem deverá se dar “sempre que ocorrerem modificações significativas nas instalações e na operação de máquinas ou troca de métodos, processos e organização do trabalho”. O conteúdo programático e a carga-horária do treinamento de reciclagem deverão atender às necessidades da situação que resultou em sua necessidade, sempre com o enfoque de que o trabalhador desenvolva seus trabalhos com segurança.

Além da NR 12, a NR 18 também traz informações importantes com relação à capacitação de profissionais para a operação de equipamentos na construção, quando pondera que, para ser considerado trabalhador qualificado para a operação de um equipamento ou máquina, o trabalhador deverá apresentar uma das seguintes condições: capacitação mediante treinamento na empresa; capacitação mediante curso ministrado por instituições privadas ou públicas, desde que conduzido por profissional habilitado; experiência comprovada em Carteira de Trabalho de pelo menos 6 (seis) meses na função.

Adicionalmente, A NR 18 especifica uma série de atividades a serem desenvolvidas por profissionais qualificados, os quais necessariamente precisarão de capacitação ou de experiência comprovada para a operação desses equipamentos, dentre as quais destacam-se: operação de quaisquer máquinas e equipamentos que exponham o operador ou terceiros a riscos; operação de bate-estacas (em serviços de contenção e fundação); operação de equipamentos para escavação; operação de máquinas e equipamentos necessários à realização de atividade de carpintaria (serra circular de bancada, por exemplo); inspeção de peças e máquinas do sistema transportador de concreto (bomba estacionária, por exemplo) antes do início das atividades; operação de soldagem e corte a quente; operação de equipamentos de movimentação e transporte de materiais e pessoas, inclusive guas; instalação, montagem, desmontagem e manutenção de equipamentos de transporte vertical de materiais e de pessoas, inclusive guas); operação de grua e sinaleiro/ amarrador de carga; montagem e desmontagem de torres de elevadores; montagem e desmontagem de andaimes; instalação e manutenção de andaimes suspensos (balancins); instalação, operação, manutenção e inspeção periódica de plataformas de trabalho com sistema de movimentação vertical em pinhão e cremalheira e plataformas hidráulicas.

A capacitação para operação de equipamentos de transporte vertical de materiais e pessoas recebe ainda mais atenção por parte da NR 18, que determina que os funcionários que operarão os equipamentos de transporte vertical de materiais e pessoas (elevadores da obra, por exemplo) deverão apresentar ensino fundamental completo e receber treinamento específico com carga horária mínima de 16 horas e atualizações (reciclagens) anuais de quatro horas.

No caso específico das guas, dada a atuação do operador de guas e do sinaleiro, o Anexo III da NR 18, ao tratar do Plano de Cargas para Guas, especifica a qualificação desses profissionais.

O operador da Grua deve ser qualificado de acordo com as orientações anteriores desta NR e ser treinado conforme o conteúdo programático mínimo, com carga horária mínima definida pelo fabricante, locador ou responsável pela obra, devendo, a partir do treinamento, ser capaz de operar conforme as normas de segurança utilizando os EPI necessários para o acesso à cabine e para a operação, bem como, executar inspeções periódicas semanais. Este profissional deve integrar cada “Plano de Carga” e ser capacitado para as seguintes responsabilidades: operação do equipamento de acordo com as

determinações do fabricante e realização de “Lista de Verificação de Conformidades” (check-list) com frequência mínima semanal ou periodicidade inferior, conforme especificação do responsável técnico do equipamento.

O Sinaleiro/Amarrador de cargas - deve ser qualificado de acordo com as orientações anteriores desta NR e ser treinado conforme o conteúdo programático mínimo, com carga horária mínima de 8 horas. Deve estar qualificado a operar conforme as normas de segurança, bem como a executar inspeção periódica com periodicidade semanal ou outra de menor intervalo de tempo, conforme especificação do responsável técnico pelo equipamento. Este profissional deve integrar cada “Plano de Carga” e ser capacitado para as seguintes responsabilidades: amarração de cargas para o içamento; escolha correta dos materiais de amarração de acordo com as características das cargas; orientação para o operador da grua referente aos movimentos a serem executados; observância às determinações do Plano de Cargas e sinalização e orientação dos trajetos.

A NR 5 determina que todos os membros da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), sejam eles titulares ou suplentes, deverão receber o treinamento especificado por esta norma antes da posse. O mesmo treinamento é necessário ao designado (conhecido como designado de CIPA), em caso de não ser necessária a constituição de CIPA.

Este treinamento deverá apresentar carga horária de 20 horas, distribuídas em no máximo oito horas diárias, sendo realizado durante o horário de trabalho. O conteúdo programático deverá prever, no mínimo, os seguintes tópicos: estudo do ambiente, das condições de trabalho, bem como dos riscos originados do processo produtivo; metodologia de investigação e análise de acidentes e doenças do trabalho; noções sobre acidentes e doenças do trabalho decorrentes de exposição aos riscos existentes na empresa; noções sobre a AIDS, e medidas de prevenção; noções sobre as legislações trabalhista e previdenciária relativas à segurança e saúde no trabalho; princípios gerais de higiene do trabalho e de medidas de controle dos riscos; organização da CIPA e outros assuntos necessários ao exercício da Comissão.

Uma vez que a eleição da CIPA é anual, naturalmente os treinamentos ocorrerão a cada eleição. Para designados, o treinamento também deverá ser ministrado anualmente. Segundo a NR5, “O treinamento poderá ser ministrado pelo SESMT da empresa, entidade patronal, entidade de trabalhadores ou por profissional que possua conhecimentos sobre os temas”.

Todos os itens até aqui mencionados não encerram as ações de DDT no canteiro de obras. Novamente, muitos dos itens a seguir serão desconhecidos por empresas de menor grau de maturidade.

Desta forma, ainda há outras providências a serem adotadas no canteiro de obras no que se refere à documentação com base nas NR's: Comunicação Prévia do início da obra; Ordens de serviço (OS); Atestados de Saúde Ocupacional (ASO); Ficha de registro

de entrega de EPIs; Documentos de equipamentos de transporte vertical; Análise de Risco (AR) e Permissão de Trabalho para atividades em altura.

Outros procedimentos importantes (que gerarão documentos a serem arquivados), tais como: Permissão de Entrada e Trabalho (PET) para a realização de trabalhos em espaços confinados com base na NR 33; Procedimentos de Trabalho (PT) e Permissão para o trabalho (PPT) referentes aos serviços em eletricidade com base na NR 10 e relatório de análise de causas de acidentes e doenças de trabalho com base na NR 5.

A NR18 determina que antes do início das atividades de uma obra, deve-se comunicar ao órgão regional do Ministério do Trabalho uma série de informações, tais quais, endereço correto da obra; endereço correto e qualificação (CEI, CGC ou CPF) do contratante, empregador ou condomínio; tipo de obra; datas previstas do início e conclusão da obra; número máximo previsto de trabalhadores na obra.

Informações adicionais podem ser acrescentadas: número de trabalhadores alojados, informações sobre o processo construtivo e o nome o profissional responsável pela gestão de segurança e saúde no trabalho da construção. Recomenda-se que uma cópia da comunicação prévia conste também do PCMAT da obra. A comunicação prévia deverá ser feita online pelo Sistema de Comunicação Prévia de Obras (SCPO), disponibilizado pela Secretaria de Inspeção do Trabalho.

A NR1 determina a NR 1 a competência do empregador em elaborar ordens de serviço (OS) para cada um de seus funcionários. Apesar da respectiva norma não trazer o que deverá compor uma ordem de serviço, geralmente observa-se que elas apresentam os seguintes itens: dados da empresa, nome do funcionário, função, descrição das atividades a serem desenvolvidas por ele, riscos prováveis no desenvolvimento dessas atividades, normas e medidas preventivas obrigatórias (EPI's e EPC's a serem empregados), treinamentos necessários, procedimentos em caso de acidente de trabalho, data de emissão da OS, assinatura do funcionário junto ao termo de responsabilidade (em que afirma estar ciente das normas e procedimentos citados) e assinatura de quem está explicando a ordem de serviço (técnico de segurança que está ministrando o treinamento admissional ou de mudança de função).

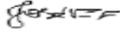
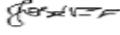
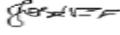
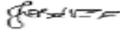
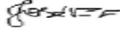
A OS deve ser apresentada ao funcionário durante o treinamento admissional, a fim de que ele tome conhecimento das atividades que irá desenvolver, quais os riscos profissionais a que poderá estar submetido e as medidas preventivas a serem adotadas, dentre outros aspectos que integram uma OS.

Se houver mudança de função, além dos exames médicos e do treinamento de mudança de função, deverá ser feita nova Ordem de Serviço a ser apresentada ao funcionário e assinada por ele durante o treinamento. Todas as outras OS deste funcionário (em funções anteriores) deverão ser guardadas pelo empregador.

A NR 6 designa ao empregador o registro de entrega dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e uniformes aos funcionários, recomendando que sejam utilizados fichas,

livros ou sistema eletrônico para tanto.

A ficha de registro de entrega de EPI's, é registro individual, geralmente composto por cabeçalho e local de entrega, trazendo o nome da empresa, o nome do funcionário, a função exercida e data do registro. Poderá apresentar declaração a ser lida e assinada pelo funcionário de que está recebendo os EPIs gratuitamente e que recebeu o treinamento para utilizá-los corretamente, os cuidados que ele deverá ter com os EPIs e a obrigatoriedade do uso. A figura identifica o registro de entrega.

Data de recebimento	Quantidade	Tipo de EPI	CA	Marca	Assinatura do funcionário
06/03/2019	1	Capacete	00000	EPI Cpy	
06/03/2019	1	Calçado de segurança	11111	EPI Cpy	
06/03/2019	1	Luva raspa	22222	EPI Cpy	
06/03/2019	1	Óculos de proteção transparente	33333	EPI Cpy	
06/03/2019	3	Camisa (uniforme)	-	Total uniformes	
06/03/2019	3	Calça (uniforme)	-	Total uniformes	

Quadro 2: Modelo de ficha de EPIs (Peinado, 2019)

Os equipamentos de transporte vertical de materiais e pessoas comumente empregados em canteiro de obras são elevadores de cremalheira, guias, miniguas, guindastes, bombas de recalque, dentre diversos outros. Para utilização dos mesmos existe uma extensa série de documentos e procedimentos a ser observada, com referência a instalação, montagem, desmontagem, operação, teste, manutenção e reparos. Ressalte-se que todos os trabalhos referenciados deverão ser realizados por profissionais habilitados (no caso de dimensionamento desses equipamentos, comumente empregam-se os serviços de engenheiros mecânicos, por exemplo) ou por profissionais qualificados (no caso de serviços de instalação, montagem, desmontagem e manutenção, por exemplo) com o acompanhamento de profissionais habilitados, o que resultará em uma série de ART's (Anotação de Responsabilidade Técnica) que deverão ser emitidas pelo profissional habilitado e guardadas pelos responsáveis da obra.

Devido à enorme responsabilidade envolvida e os inúmeros detalhes relacionados ao uso de guias e elevadores em canteiro de obras, é imprescindível que o profissional recorra aos critérios trazidos pela NR 18, não apenas no que se refere aos testes e à documentação, mas também em relação às características desses equipamentos, procedimentos de segurança no uso, dentre outras informações.

Além dos requisitos trazidos pela NR 18 (BRASIL, 2018d), deve-se consultar a ABNT NBR 16200:2013, que trata dos requisitos de segurança para construção e instalação de

elevadores empregados em canteiro de obras.

Em síntese, a relação de documentos a ser observada para os elevadores cremalheira, segundo a NR18 determina: projeto do equipamento; ART e registro no CREA do fabricante, do locador e do prestador de serviço de instalação, montagem, desmontagem e manutenção; qualificação dos montadores (anual); qualificação dos responsáveis pela manutenção (anual); Programa de manutenção preventiva; Livro de inspeção diária do equipamento; Termo de Entrega Técnica inicial e posteriores; laudo dos testes dos freios de emergência; qualificação do operador (treinamento inicial de 16 horas, com reciclagem anual de quatro horas); cartão de identificação do operador (em posse do mesmo durante os trabalhos em canteiro de obras); manual de orientações do fabricante do elevador de cremalheira (disponível no canteiro de obras para consulta).

Já para as guias, os documentos exigidos pela NR 18 são: projetos e ART's do equipamento e dos dispositivos auxiliares de içamento; ART's de implantação, instalação, manutenção e retirada de guias; registro no CREA do fabricante, da locadora e da prestadora de serviço de instalação, montagem, desmontagem e manutenção; Termo de Entrega Técnica; Programa de Manutenção Preventiva; Livro de Inspeção do Equipamento; Lista de Verificação de Conformidades (*checklist*) utilizado pelo operador da guia; • Lista de Verificação de Conformidades (*checklist*) empregada pelo sinaleiro/amarrador de cargas no que se refere ao içamento de materiais; comprovante de qualificação dos funcionários que atuam na operacionalização e operação da guia (sinaleiro/amarrador de cargas e operador de guia); Plano de Cargas; documentação sobre esforços atuantes na estrutura da edificação; atestado de aterramento elétrico com medição ôhmica elaborado por profissional habilitado (de realização semestral); manual do fabricante do equipamento; contrato de locação, quando houver; laudo estrutural e operacional revalidado a cada dois anos quanto à integridade estrutural e eletromecânica da guia acompanhado de ART para o caso de guias com tempo de utilização superior a 20 anos ou que não apresentem identificação do fabricante, ou ainda que não possuam fabricante ou importador estabelecido.

A NR 35 define como trabalho em altura toda atividade desenvolvida acima de dois metros do solo em que haja risco de queda, o que coloca a construção civil como potencial foco de acidentes neste padrão, haja vista serem diversos os serviços em altura desenvolvidos no setor: produção da estrutura em concreto armado, execução de fechamentos (em alvenaria, por exemplo) na periferia dos pavimentos ou no entorno de aberturas ao longo do pavimento (poço do elevador, dutos de ventilação, *shafts*, dentre outros), serviços de revestimento e acabamento externo (que empregam o uso de balancins ou andaimes fachadeiros), dentre diversos outros.

A NR 35 traz uma diversidade de procedimentos a serem implementados no que se refere a serviços em altura, das quais, destaca-se a Análise de Risco (AR) e a Permissão de Trabalho (PT). Compete ao empregador garantir que se dê a realização da Análise de Risco para todo trabalho em altura a ser realizado e, quando for aplicável, a emissão da

Permissão de Trabalho - PT.

Uma AR para trabalho em altura deverá considerar, além dos riscos no desenvolvimento dessas atividades: o local em que os serviços serão executados e seu entorno; o isolamento e a sinalização no entorno da área de trabalho; o estabelecimento dos sistemas e pontos de ancoragem; as condições meteorológicas adversas; a seleção, inspeção, forma de utilização e limitação de uso dos sistemas de proteção coletiva e individual, atendendo às normas técnicas vigentes, às orientações dos fabricantes e aos princípios da redução do impacto e dos fatores de queda; o risco de queda de materiais e ferramentas; os trabalhos simultâneos que apresentem riscos específicos; o atendimento aos requisitos de segurança e saúde contidos nas demais normas regulamentadoras; os riscos adicionais; as condições impeditivas; as situações de emergência e o planejamento do resgate e primeiros socorros, de forma a reduzir o tempo da suspensão inerte do trabalhador; a necessidade de sistema de comunicação e a supervisão.

Em caso de atividades rotineiras de trabalho em altura, a AR poderá ser contemplada no procedimento operacional utilizado pela empresa, desde que esse obedeça ao conteúdo mínimo exigido trazido por esta norma.

Para a realização de atividades não rotineiras, além da AR, é necessária também a Permissão de Trabalho, cujo conteúdo mínimo se segue: os requisitos mínimos a serem atendidos para a execução dos trabalhos; as disposições e medidas estabelecidas na Análise de Risco; a relação de todos os envolvidos e suas autorizações.

A PT será emitida e aprovada pelo responsável pela autorização e deverá ser disponibilizada no local de realização do serviço. No término da atividade, deverá ser encerrada e arquivada, de modo que seja possível seu rastreamento. A PT deverá ser elaborada por evento, ou seja, terá validade apenas durante a realização daquela atividade restrita ao turno de trabalho e poderá ser revalidada pelo responsável em caso de serviços nos quais não houve mudança nas condições ou na equipe de trabalho.

Os quadros a seguir resumem procedimentos e documentos necessários em obras.

Programas relacionados à segurança do trabalho na construção civil
- Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO)
- Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA)
- Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT) (Para obras com mais de 20 funcionários)

Quadro 3: Documentos e providências necessários aos canteiros de obras (Peinado, 2019)

Projetos relacionados à segurança do trabalho na construção civil
- Projeto de proteções coletivas
- Projeto de estrutura de apoio de andaimes suspensos
- Detalhamento de dispositivos destinados à ancoragem de equipamentos de sustentação de andaimes e de cabos de segurança para serviços de limpeza, manutenção e restauração de fachadas

Quadro 3: Documentos e providências necessários aos canteiros de obras (Peinado, 2019)

Treinamentos e Capacitações relacionados à segurança do trabalho na construção civil
- Certificado com lista de presença de treinamentos admissional, periódicos e de mudança de função
- Certificado com lista de presença de treinamentos para trabalho em altura
- Certificado com lista de presença de treinamentos de combate a incêndio
- Certificado com lista de presença de treinamentos para instalações e serviços em eletricidade
- Certificado com lista de presença de capacitação para a operação de máquinas e equipamentos, inclusive guias e elevadores para transporte de materiais e pessoas
- Certificado com lista de presença de treinamento para Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA)
Outros procedimentos e documentos relacionados à segurança e à saúde do trabalho na construção civil
- Comunicação prévia do início da obra
- Ordens de Serviço (OS)
- Atestados de Saúde Ocupacional (ASO)
- Fichas de registro de entrega de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e uniformes
- Notas fiscais de compra de EPIs
- Documentos de equipamentos de transporte vertical
- Análise de Risco (AR) e Permissão de Trabalho para atividades em altura
- Permissão de Entrada e Trabalho (PET) para a realização de trabalhos em espaços confinados
- Procedimentos de Trabalho (PT) e Permissão para o trabalho (PPT) referentes aos serviços em eletricidade
- Relatório de análise de causas de acidentes e doenças de trabalho
Outras providências relacionadas à segurança e à saúde do trabalho na construção civil
- Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT)
- Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA)

Quadro 3: Documentos e providências necessários aos canteiros de obras (Peinado, 2019)

Da mesma forma, a fim de resumir os treinamentos e exames médicos necessários aos funcionários em canteiro de obras, seguem figuras.



Figura 1: Treinamentos necessários aos funcionários em canteiro (Peinado, 2019)

Exame admissional

(Realizado antes do início das atividades, para identificar se o funcionário está apto para o desenvolvimento do trabalho para o qual será contratado)

Início das atividades na empresa (admissão)

Exame periódico

[Geralmente, realizado a cada ano para trabalhadores menores de 18 anos e maiores de 45 anos de idade ou a cada dois anos para trabalhadores com idade entre 18 e 45 anos. Pode ainda ser realizado em outras periodicidades a critério do médico do trabalho (especificado no PCMSO). Esse exame tem como objetivo verificar se houve alteração nas condições de saúde do funcionário em função do trabalho]

Em caso de trabalho em altura, espaço confinado ou serviços em eletricidade, fazer exames específicos para identificar se o funcionário está apto para aquele trabalho (consultar o PCMSO da empresa)

Exame de mudança de função

(Realizado antes da mudança de função do funcionário para identificar se ele está apto para a nova função a ser exercida)

Exame de retorno ao trabalho

[Realizado no primeiro dia de volta ao trabalho, após período igual ou superior a 30 dias por motivo de doença, acidente (de natureza ocupacional ou não ou parto), para verificar se o funcionário está apto para retornar ao trabalho]

Exame demissional

(Realizado até dez dias após a demissão do funcionário, com o objetivo de verificar se o trabalho resultou em alterações nas condições de saúde dele)

Saída de empresa (demissão)

Figura 2: Exames médicos necessários aos funcionários em canteiro (Peinado, 2019)

Todas as recomendações legais referentes a SST nos canteiros de obras da construção civil, foram tratadas até aqui, de forma sintética. Existem, entretanto, outras referências e recomendações especializadas direcionadas ao setor, que acrescentam conteúdo ao tema de vital importância, a saúde e segurança dos colaboradores.

Destacam-se as Recomendações Técnicas de Procedimentos (RTP) da FUNDACENTRO, a Convenção Coletiva de Trabalho aplicável à região em que a obra se encontra, a legislação municipal vigente (códigos de obras e leis complementares) as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) referentes à temática de SST.

O Ministério do Trabalho, através da Fundação Jorge Duprat de Figueiredo de

Segurança e Medicina do Trabalho, (FUNDACENTRO), publicou suas Recomendações Técnicas de Procedimentos, com o intuito de contribuir com a compreensão e aplicação dos requisitos trazidos na NR 18.

Existem cinco RTPs no site da FUNDACENTRO: RTP 01 - Medidas de Proteção contra Quedas de Altura; RTP 02 - Movimentação e Transporte de Materiais e Pessoas – Elevadores de Obra; RTP 03 - Escavações, Fundações e Desmonte de Rochas; RTP 04 - Escadas, Rampas e Passarelas; RTP 05 - Instalações Elétricas Temporárias em Canteiros de Obras.

Essas RTPs trazem de forma detalhada e ilustrada uma série de requisitos que são apenas citados na NR 18, contribuindo com a implementação dessas diretrizes no canteiro de obras.

A Convenção Coletiva de Trabalho (CCT) para o setor da construção civil é um acordo anual/bienal entre o sindicato patronal (Sinduscon – Sindicato da Indústria da Construção Civil, por exemplo) e sindicatos de trabalhadores da indústria da construção (Sintracom, por exemplo) visando a definir classificações profissionais, pisos salariais para cada uma das classificações, gratificações e auxílios (vale-alimentação, oferecimento de almoço, café da manhã ou café da tarde e lanches para horas extras), seguro de vida, vale transporte, dentre diversos.

A CCT é definida por estado ou região do estado, portanto, ao empreender a construção em uma nova cidade, é importante tomar conhecimento da CCT local.

Dentre os diversos aspectos tratados na CCT, vale destacar a classificação Profissional, conforme quadro a seguir.

Classificação Profissional	Função (como o funcionário é registrado na carteira de trabalho)
Servente*	Servente
Meio-oficial**	Operador de betoneira, meio-oficial de pedreiro, meio-oficial de carpinteiro, dentre outros
Oficial ***	Pedreiro, carpinteiro, armador, encanador, eletricista, pintor, soldador, azulejista, almoxarife, apontador, guincheiro, montador de guindaste, operador de máquina (retroescavadeira, terraplanagem, bate-estaca e perfuratriz de solo para fundação), operador de grua, dentre outros
Contramestre ****	Contramestre
Mestre de obras	Mestre de obras

Nota: *Também tratado como Ajudante em outras CCTs; **Também tratado como Meio-profissional, meia-colher em outras CCTs; ***Também tratado como Profissional em outras CCTs; ****Também tratado como Encarregado em outras CCTs.

Quadro 4: Classificação profissional e funções na construção civil (Peinado, 2019)

Outro aspecto também comum a ser observado em CCT's é o tempo em que um funcionário poderá ser enquadrado como meio-oficial até ser promovido a oficial.

A compreensão das diversas funções dentro de cada classificação profissional é importante, uma vez que a função desempenhada pelo funcionário (servente, operador de betoneira, pedreiro, armador, dentre outros) determinará quais os serviços que ele irá executar, os tipos de ferramentas que ele poderá operar, dentre outros aspectos.

O elevador da obra, por exemplo, apenas poderá ser operado por um funcionário que esteja registrado como “Operador de guincho” na carteira de trabalho e, portanto, recebendo minimamente como oficial, além de ter os treinamentos e exames médicos para a função.

A grua poderá ser operada apenas por um funcionário registrado na carteira de trabalho como “Operador de grua” (recebendo minimamente como oficial), que tenha recebido treinamentos e tenha feito os exames médicos, estando apto para a função.

Assim, um mestre de obras não poderá operar a grua, mesmo que tenha feito os treinamentos, pois não consta no *hall* de suas atribuições (o que pode ser observado na ordem de serviço dele).

A consulta ao código de obras e leis complementares da localidade onde a construção será executada também é relevante, uma vez que podem trazer diretrizes, como a altura de tapumes para as obras, altura livre das galerias sobre o passeio, distância entre o tapume e os elementos fixos da calçada (árvores, postes, placas, etc.), condição do passeio em frente ao canteiro, dentre outros aspectos.

Por fim, mas não menos importante, outra importante referência normativa para canteiros de obras são as normas da ABNT, com abrangência bastante ampla a se observar para variados aspectos relacionados à segurança e à saúde do trabalhador.

A ABNT NBR 16200:2013 especifica os requisitos de segurança para construção e instalação de elevadores para transporte de pessoas e materiais em canteiro de obras. Ela se aplica para qualquer elevador elétrico que tenha sido instalado após 19 de maio de 2013, data de início da validade desta norma.

A ABNT NBR 9050:2015, por sua vez, trata da acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Apesar de seu foco principal ser no projeto desses espaços de modo a torná-los acessíveis a pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, há também especificações em relação às condições de calçadas que deverão ser adotadas no canteiro.

A referida norma especifica que a faixa livre a ser reservada no passeio para passagem de pessoas seja de 1,20 metros de largura, atendendo a essa dimensão ao longo de uma altura de 2,10 metros, e inclinação transversal de até 3%, de modo a permitir conforto do transeunte. Essas especificações devem ser consideradas ao se definir quanto o tapume avançará sobre a calçada, garantindo largura adequada no passeio ao transeunte que passa em frente à obra.

Também, a mesma norma especifica que, em caso de obras no passeio, além de garantir que elas estejam corretamente sinalizadas e isoladas, deve-se providenciar uma

circulação sobre a via com 1,20 metros de largura e rampas de acesso a este desvio.

A ABNT NBR 12284:1991 traz luz às diretrizes para algumas das áreas de vivência do canteiro de obras: refeitório, instalações sanitárias, vestiários, alojamentos, área de lazer, cozinha e lavanderia. As informações trazidas nesta norma apresentam algumas diferenças em relação às trazidas pela NR 18, inclusive acrescentando o ambulatório como área de vivência, o que acaba levando à adoção dos requisitos da NR 18 ao se fazer o planejamento do canteiro.

No entanto, ressalta-se que a consulta à ABNT NBR 12284:1991 pode trazer algumas informações que ajudarão o profissional responsável na concepção inicial do projeto do canteiro de obras, como a consideração de que cada trabalhador ocupará 1 m² no refeitório.

Conclui-se, assim, o rol de documentações, procedimentos e ações tradicionais focadas em critérios normativos para gestão de canteiros de obras em concordância com as melhores práticas para Saúde e Segurança do Trabalho dos colaboradores.

Entretanto, em um mundo movido por inovações e tecnologia aplicada em produção, algumas opções em áreas de apoio aparecem para auxiliar a gestão com boas práticas de SST.

Um tema muito debatido nos bastidores, e já há muito desenvolvido em grandes corporações é a adoção de práticas de Responsabilidade Social para garantia de trabalho justo nas Empresas construtoras.

Para tal, um primeiro passo é a adoção, nas obras, de um espaço mais próximo ao das indústrias para utilização dos funcionários, nas já mencionadas Áreas de Vivência, desde refeitório, passando ao vestiário, banheiro e área de lazer. Melhorar as condições destes pontos, de forma a humanizar esses espaços e proporcionar maior conforto aos colaboradores. Um funcionário mais satisfeito, trabalha mais motivado e tende a cometer menos erros ou acidentes.

Na área de produção, esta mentalidade está implantada desde há mais tempo com os Programas 5S, inovações e modernizações de processos construtivos e hoje com a metodologia Lean Construction, em que a organização e ordenação da frente de serviço já melhora o desempenho produtivo e diminui a probabilidade de acidentes.

É a busca pelo conceito de que um trabalho justo e saudável é direito da pessoa humana, com garantias de acesso ao trabalho em condições dignas de saúde, segurança e remuneração, uma condição social e ética que deve ser pautada pelos empregadores.

A Norma Internacional de Responsabilidade Social, representada no contexto nacional como ABNT NBR ISO 26000:2010 esclarece que:

a responsabilidade social se expressa pelo desejo e pelo propósito das organizações em incorporarem considerações socioambientais em seus processos decisórios e a responsabilizar-se pelos impactos de suas decisões e atividades na sociedade e no meio ambiente. Isso implica um comportamento ético e transparente que contribua para o desenvolvimento

sustentável, que esteja em conformidade com as leis aplicáveis e seja consistente com as normas internacionais de comportamento. Também implica que a responsabilidade social esteja integrada em toda a organização, seja praticada em suas relações e leve em conta os interesses das partes interessadas.

Entre os temas centrais e as questões referentes à responsabilidade social, segundo a ABNT NBR ISO 26000:2010 temos alguns pontos de destaque.

A governança organizacional, tratando de processos e da estrutura para tomada de decisão, convergindo princípios e práticas da Responsabilidade Social à sua prática cotidiana.

O respeito aos Direitos Humanos, desde a estrutura interna da empresa até os terceiros ou parceiros, resolvendo queixas, rechaçando discriminação, garantindo direitos civis, políticos, sociais e culturais, convergindo a ação até os direitos fundamentais do trabalho.

Práticas Trabalhistas garantidoras de emprego, das relações trabalhistas, de condições adequadas de trabalho, do desenvolvimento humano e treinamento constante no local de trabalho. Tanto para a equipe própria, como para terceiros e parceiros.

O respeito ao Meio Ambiente, incluindo a prevenção da poluição, o uso sustentável de recursos, a mitigação e adaptação às mudanças climáticas; a proteção do meio ambiente e da biodiversidade e restauração de *habitats* naturais.

Todas as ações do foco na Responsabilidade promovem o Envolvimento e Desenvolvimento da Comunidade, com educação e cultura, geração de emprego e capacitação, desenvolvimento e acesso a tecnologias, geração de renda e riqueza, saúde e bem social.

Outros pontos interessantes se destacam como as Práticas Leais de Operação, compreendendo práticas anticorrupção; Compliance; o respeito aos consumidores, incluindo o Marketing Leal, informações factuais não tendenciosas, práticas contratuais justas, segurança do consumidor; consumo sustentável.

Um outro ponto de destaque se dá na adoção da metodologia BIM, que permite utilização de programas compatíveis na execução de projetos multidisciplinares compartilhados, facilitando a solução de problemas e incompatibilidades de projetos nas fases iniciais de projeto.

Como consequência, reduz-se as interferências entre disciplinas diferentes da engenharia civil na fase de execução, reduzindo os conflitos, o retrabalho e a exposição desnecessária ao risco de construção. A metodologia BIM em alto desempenho, como já se verifica em países desenvolvidos confere além do controle da modelagem (3D), controle da gestão de tempo (4D) e orçamento (5). Em abordagens mais avançadas podendo atuar inclusive nas etapas de sustentabilidade (6D), na definição de ventilação e iluminação auto sustentáveis e até na utilização do cliente final, como manual de utilização e manutenção

(7D).

Atualmente o BIM auxilia até mesmo a execução de canteiros de obra, em empresas nacionais de grande porte e grande maturidade em projetos.

A tecnologia da Informação e Comunicação – TIC – se mostra outra ferramenta interessante para a gestão da SST na Construção Civil.

Dispositivos manuais em posse dos gestores permitem coletar dados no ambiente de trabalho, garantindo a inspeção da Saúde e Segurança do Trabalho em tempo real.

Um sistema de coleta e manejo da informação bem orientado facilita o processamento dos dados de forma rápida e gera relatórios para membros da equipe, gerentes ou engenheiros, facilitando a análise de dados e tomada de decisão no que se refere à SST.

Trata-se de funcionalidades que eliminam o tempo gasto na elaboração dos relatórios e aumentam a produtividade, garantindo maior rapidez e assertividade nas decisões gerenciais.

CONCLUSÕES

A indústria da construção civil apresenta grande relevância no contexto nacional no que se refere à geração de empregos e renda e a expectativa dos próximos anos indica que deve voltar a ser um dos principais empregadores do país, senão o maior.

No entanto, apesar dessa expressividade, por razões aqui já tratadas, é uma indústria que, apresenta elevado índice de acidentes, o que é maximizado em função das particularidades do setor (que as diferem de outras indústrias).

O presente texto buscou compilar as principais demandas de SST, em termos de referências gerenciais, a fim de auxiliar a implantação de canteiros de obras. As diretrizes aqui apresentadas servem para empresas já maduras ou em nível de amadurecimento, indicando as referências necessárias para atendimento da legislação e sucesso na gestão de SST.

O presente texto auxiliará os profissionais em níveis gerenciais, ao preencher uma eventual lacuna de conhecimento na área de SST.

Seria impossível detalhar de forma aprofundada cada um dos documentos aqui apresentados, em função da limitação espacial do artigo, porém as diretrizes e pontos de consulta estão aqui claramente identificados.

Abordou-se, neste artigo, todas as NR's do Ministério do Trabalho, as RTP's da Fundacentro, As CCT's e normas ABNT envolvidas nas atividades do canteiro de obras, de forma a permitir acesso rápido e sequencial às demandas obrigatórias, além de identificar a fonte de informação. O mesmo foi feito para as normas assessórias do escopo de SST.

A adoção das práticas trazidas por essas normas, recomendações e manuais de boas práticas devem estar alinhadas a um Sistema de Gestão de Segurança e Saúde do Trabalho (SGSST) a ser implementado na obra, de modo que as ações em SST sejam

estruturadas e, portanto, apresentem maior eficácia.

A busca pela criação de uma cultura de segurança e saúde no canteiro de obras passa pelo treinamento e capacitação constantes, fundamentais para disseminação do conhecimento dos riscos envolvidos nas atividades e aumento da percepção dos mesmos.

O cuidado diário, na forma de práticas os Treinamentos Diários de Segurança (TDS), também conhecidos por e Diálogos Diários de Segurança (DSS), supre a lacuna entre os treinamentos iniciais e as reciclagens normativas, garantindo que todos os funcionários estejam atentos aos cuidados nesse quesito.

Não cabe mais entender a gestão de segurança e saúde do trabalho como apenas uma quantidade de documentos que serão cumulados para atendimento de fiscalizações e padrões normativos. A prática da segurança traz retorno direto em produtividade, com menos paralização e menos acidentes.

Programas como o PCMSO, PPRA e PCMAT não precisam ser apenas elaborados nas periodicidades estabelecidas, mas devem também ser implementados no canteiro de obras, de modo a efetivamente garantir os cuidados com a saúde e a segurança do trabalhador

Ao consultar o PPRA, o gestor observará que há ferramentas de controle com foco em avaliar a eficácia das medidas implementadas. Na consulta ao PCMAT, verificará um cronograma de implementação das medidas preventivas, assim como o programa educativo relacionado à temática de prevenção de doenças e acidentes do trabalho. No PCMSO, estarão indicadas as frequências em que os exames periódicos deverão ser realizados para cada uma das funções que estão presentes no canteiro de obras, de modo a acompanhar a condição de saúde dos funcionários.

Adicionalmente, identificou-se ações em outros setores que podem contribuir em muito com a Segurança do Trabalho, inclusive em termos de inovação da gestão. O foco diferencial está na valorização da responsabilidade social, em amplo espectro, da melhoria do ambiente de trabalho para o colaborador e da compatibilização de projetos favorecendo a prática construtiva e reduzindo retrabalhos, erros executivos e exposição desnecessária a riscos.

Desse modo, para a elevação de nível de produção prevista para o próximo ano, é de extrema importância que profissionais de execução de obras conheçam a temática de SST, de forma que a segurança e a saúde de seus colaboradores sejam preservadas, evitando perdas judiciais e econômicas.

As redes sociais denunciam rapidamente quaisquer desvios havidos, desta forma, além dos aspectos judiciais e econômicos já mencionados, atenção ao Marketing negativo e respeito à responsabilidade social da empresa são fatores que podem alavancar o desempenho de uma empresa reconhecida no mercado por cumprir as normas de Segurança e Saúde do Trabalhador.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 45001: Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR 1 – Disposições gerais. Brasília, 2009.

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR 4 – Serviços especializados em engenharia de segurança e em medicina do trabalho. Brasília, 2016a.

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR 5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes. Brasília, 2011a.

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR 6 – Equipamentos de proteção individual – EPI. Brasília, 2018a.

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR 7 – Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO. Brasília, 2018b.

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Brasília, 2016b.

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e equipamentos. Brasília, 2018c.

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção. Brasília, 2018d.

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR 23 – Proteção Contra Incêndio. Brasília, 2011b.

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR 33 – Segurança e saúde no trabalho em espaços confinados. Brasília, 2012.

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR 35 – Trabalho em altura. Brasília, 2016c

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA PELO VIDRO EM TRAÇOS DE CONCRETO UTILIZANDO FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS

Data de aceite: 01/11/2022

Ciro Parente Barroso

Graduandos de Engenharia Civil, FACTO -
Campus Palmas
Palmas- TO

Lucas Antonio Silva de Carvalho

Graduandos de Engenharia Civil, FACTO -
Campus Palmas
Palmas- TO

Antonio Rafael de Souza Alves Bosso

Professor Doutor, Curso de Engenharia Civil
Palmas- TO

Roberta Paula Medeiros Silva

Professora Mestra, Curso de Engenharia Civil
Palmas- TO

RESUMO: A utilização de vidros moídos na produção de traço de concreto ou argamassa é uma alternativa sustentável para redução desses resíduos que são destinados em sua grande porcentagem para aterros sanitários (NEVILLE, 1997). Com base nisto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o efeito que o vidro triturado graduado, de embalagens não retornáveis, desempenha no concreto como matéria prima ao realizar a substituição parcial ou integral do agregado miúdo convencional. No uso da metodologia de planejamentos de experimentos fatorial 2^2 acrescidos de triplicatas genuínas de ponto central para estimativa de erro experimental e otimização dos experimentos, onde foram analisados os efeitos de duas

variáveis: x_1 e x_2 . A resistência a compressão axial aos 14 dias de cura úmida por imersão, determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone e o ensaio de absorção de água. Nas quais foram submetidas as análises estatísticas para complementar o estudo do planejamento de experimentos e obter os pontos ótimos do sistema experimental. Os traços com resíduos de vidro foram superiores ao concreto usando material convencional. Portanto, pode-se afirmar que o vidro não influenciou estatisticamente na resistência mecânica do concreto, dessa forma, torna-se viável a utilização do vidro na substituição da areia no concreto.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE PARTIAL REPLACEMENT OF THE AREA BY THE GLASS IN THE CONCRETE TRACES USING STATISTICAL TOOLS

ABSTRACT: The use of ground glass in the production of concrete or mortar is a sustainable alternative for the reduction of these residues, which are destined in large part to landfills (NEVILLE, 1997). Based on this, the present work has the objective of analyzing the effect that the graduated crushed glass, of non-returnable packaging, performs in the concrete as a raw material when performing the partial or integral replacement of the conventional small aggregate. In the use of the methodology of factorial experimental planning 2^2 plus central point triplicates for estimating experimental error and optimization of the experiments, where the effects of two variables will be analyzed: x_1 and x_2 axial compression strength at 14 days of wet curing by immersion, determination of consistency by cone

trunk abatement and water absorption test. In which the statistical analyzes were submitted to complement the study of the planning of experiments and to obtain the optimal points of the experimental system. The marks with looters are consistent with the conventional material, supported, nonpolyvistically, deformed, becomes feasible and becomes more applicable in replacing the sand in the concrete.

KEYWORDS: Factorial planning, Recycled, Glass.

1 | INTRODUÇÃO

Conforme a resolução do CONAMA 307/2002, o vidro é classificado como material que deve ter destinação final para reuso ou reciclagem, e faz parte da “Classe B” de resíduos reutilizável que agrupam os demais materiais que são: papéis e papelões (embalagens de argamassa, embalagens em geral, documentos), metais (perfis metálicos, tubos de ferro galvanizado, marmitex de alumínio, aço, esquadrias de alumínio, grades de ferro e resíduos de ferro em geral, fios de cobre, latas). No entanto, os resíduos de vidros (garrafas de refrigerante, embalagens de bebidas alcoólicas, utensílios domésticos e outros) quando utilizadas e descartadas de forma irregular na sua maioria das vezes, gera um grande impacto ambiental, por conta de sua decomposição tardia, demorando centenas de anos para se decompor e contribuindo negativamente para o esgotamento dos aterros sanitários.

De acordo com Cempre (2009), no Brasil são gerados em média 980 mil toneladas de resíduos provenientes do vidro anualmente, e apenas 47% dos cacos de vidros foram reciclados no Brasil em 2010, totalizando 470 mil t/ano. O principal consumidor desse mercado são as vidrarias, que compram o material de sucateiros na forma de cacos ou recebem através de campanha voltadas para reciclagem do mesmo. E o restante dos resíduos de vidro são destinados ao aterro sanitários.

Neville (2016) defende que o uso de vidros moídos na substituição da areia em traço de concreto ou argamassa é uma alternativa sustentável para redução desses resíduos que são destinados em grande porcentagem para aterros sanitários. Já Rodrigues *et al* (2017) apresenta que a reciclagem de resíduos de vidros é muito empregada em todo mundo, que traz benefícios para economia da matéria-prima e auxilia para desenvolvimento sustentável do planeta. O vidro tem inúmeras utilidades nas mais variadas indústrias, tendo suas particularidades de dureza, inalterabilidade, resistência e propriedades térmicas tornando-se um dos materiais ainda insubstituível, presente cada vez mais em pesquisas científicas para desenvolvimento sustentável (CEBRACE, 2014).

Países como Austrália e Estados Unidos já utilizam o pó do vidro proveniente do lixo em concreto na construção civil e recomendam o uso deste material para desenvolver uma política de sustentabilidade nas obras (Crentsil et al., 2005).

Com base nisto, o presente trabalho teve como objetivo responder a seguinte pergunta: Em quais concentrações a substituição da areia por resíduo de vidro adicionados

ao concreto, possibilitaria uma melhoria nas características mecânicas deste material?

Para responder o problema de estudo do trabalho, foi utilizado a metodologia do planejamento de experimentos fatorial 2^2 acrescidos de triplicatas de ponto central resultando em sete traços de concreto que foram comparados com um traço padrão com matéria prima convencional. O planejamento fatorial em questão é útil para estimativa de erro experimental e otimização dos experimentos, onde foram analisados os efeitos das variáveis: x_1 - a porcentagem de substituição do agregado miúdo convencional proveniente da areia de rio pelo agregado reciclado oriundo do pó de vidro de embalagens não retornáveis, e x_2 - a porcentagem de adição de aditivo superplastificante para obter a trabalhabilidade no intervalo considerado do método de dosagem. As respostas experimentais estudadas foram: a resistência a compressão axial aos 28 dias de cura úmida por imersão, determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone e o ensaio de absorção de água.

Com isso, o objetivo do trabalho foi analisar o efeito da incorporação do vidro no concreto e o uso de aditivo nas propriedades físico-mecânicas para obtenção de um produto com características sustentáveis.

2 | METODOLOGIA

2.1 Planejamento Experimental

Foi utilizado a metodologia do planejamento de experimento fatorial 2^2 com triplicatas genuínas do ponto central para se chegar às condições otimizadas de um variáveis.

Traço	Variáveis				s_exp	Resposta Experimental
	Reais (%)		Codificadas			
	x_1	x_2	x_1	x_2		
T ₁	20	0,64	-1	-1	-1	y _{1r}
T ₂	20	0,78	-1	1	a	y _{2r}
T ₃	40	0,64	1	-1	b	y _{3r}
T ₄	40	0,78	1	1	ab	y _{4r}
T ₅	30	0,71	0	0	O ₁	y _{5r}
T ₆	30	0,71	0	0	O ₂	y _{6r}
T ₇	30	0,71	0	0	O ₃	y _{7r}

Na segunda coluna da direita para esquerda, s_exp significa símbolos dos experimentos, -1 significa os experimentos realizados no nível menor das variáveis, **a** significa o nível menor da x_1 , **b** significa o nível menor da x_2 e **ab** significa o nível maior de x_1 e x_2

Tabela 1 - Planejamento fatorial 2^2 com triplicatas genuínas do ponto central.

Fonte: Autores, 2019

Na Tabela 1 a quantidade de experimentos realizados foi dada pela metodologia do planejamento fatorial com ponto central (BOX et al, 1978; BRUNS et al, 2001):

$$n=2^k+n_c$$

Onde 2 significa que cada k variável foi estudada em dois níveis, e n_c indica a quantidade de repetições do ponto central estipulado para verificar se houve erro experimental na dosagem do concreto. Neste caso, $n = 7$, sendo $k = 2$ e $n_c = 3$. Em cada tratamento (traço) foi obtido 6 replicatas de corpos de provas $r_{cp} = 6$.

As variáveis foram codificadas de acordo com a equação:

$$x_{\text{Nível}} = \frac{v_{\text{Nível}} - \bar{v}}{\bar{v} - v_{\text{Nível_Menor}}}$$

Aonde \bar{v} é a média dos valores das variáveis, $v_{\text{Nível}}$ é o valor do nível desejado para codificar, $v_{\text{Nível_Menor}}$ é o valor do menor nível e $x_{\text{Nível}}$ é a codificação do nível desejado.

O modelo linear considerado foi o completo para avaliar se há sinergismo entre as variáveis:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \hat{\beta}_3 x_1 x_2$$

Os coeficientes do modelo podem ser obtidos pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO) ou método da máxima verossimilhança (MV). Segundo Gujarati (2006), esses dois métodos produzem resultados estimados idênticos para os coeficientes de regressão, por isso limita-se neste trabalho ao método dos MQO. Os coeficientes foram calculados de acordo com:

$$\hat{\beta}_{c \times 1} = (\mathbf{X}^t \mathbf{X})_{c \times c}^{-1} \mathbf{X}_{c \times n}^t \mathbf{Y}_{n \times r}$$

Onde c é a quantidade de coeficientes do modelo, n é a quantidade de experimentos realizados e r é as replicatas dos corpos de provas de concreto. As medidas de estatística experimental, os efeitos do planejamento fatorial e o estudo da significância deles, e os gráficos correlacionados foram obtidos de acordo com o trabalho de doutorado descrito na tese de Bôsson, 2012.

2.2 Materias e métodos

Utilizou-se o método de dosagem ABCP para definição do traço referência no planejamento de experimento fatorial 1;1,4;2,9;0,05;0,5 com aferição na umidade da areia, no qual, foi realizado mais sete traços alternando a substituição de parte do agregado miúdo (areia) por vidro moído, nas proporções de 20, 30 e 40%, bem como a proporção adicional de aditivo superplastificante de 20, 30 e 40%.

O vidro utilizado no experimento foi proveniente da coleta seletiva de garrafas do tipo long-neck, sendo que este material foi escolhido devido a sua abundância e por não possuir uma destinação adequada na região. Inicialmente, procedeu-se a trituração

mecânica das garrafas pelo britador de mandíbulas, em seguida, os cacos foram inseridos no equipamento de abrasão los angeles onde resultou no pó de vidro, por conseguinte, o pó graduado foi peneirado manualmente e separados em cada peneira de malha #4,75;2,36;1,18;0,60;0,30;0,15 mm, por fim, foram realocados nas mesmas proporções da areia.



Figura 1 Peneiramento manual

Fonte: Autores, 2019

Peneiras (#)	Massa (g)				
	Areia	Vidro (a)	%dif.	Recalculo	Vidro (b)
4,75	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,36	120,0	140,0	-14,3	1.548,0	115,0
1,18	132,0	138,0	-4,3	1.900,8	132,0
0,6	153,0	209,0	-26,8	1.675,4	162,0
0,3	375,0	447,0	-16,1	4.725,0	372,0
0,15	180,0	49,0	367	134,8	195,0
Fundo	40,0	17,0	135	17,0	37,0
Total Σ	1.000,0	1.000,0		10.000,0	1.000,0

Tabela 2: Caracterização granulométrica do agregado miúdo.

Fonte: Autores, 2019

Resultou nas seguintes curvas granulométricas.

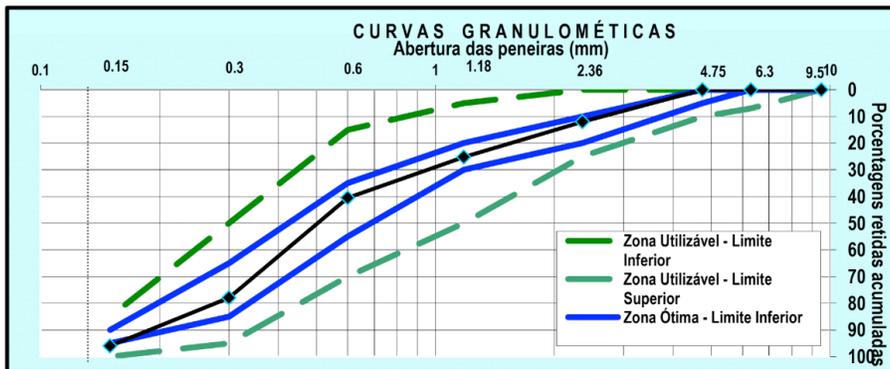


Figura 2 Granulometria do agregado miúdo: Areia natural de rio grossa

Fonte: Autores, 2019

Figura 2 representa a curva granulométrica da areia que está na zona ótima em azul, infoma que o material está dentro dos parâmetros para uso.

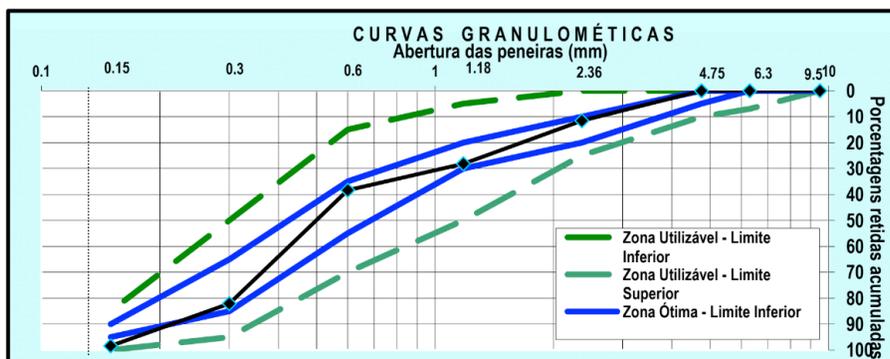


Figura 3 Granulometria do agregado miúdo: Pó de vidro

Fonte: Autores, 2019

E a figura 3, refere-se curva do pó de vidro que foi produzida para ter um material que possibilita aproximação da curva granulométrica da areia. Não idêntica, mas está na zona ótima sendo possível o uso para produzir o concreto.

Material	Massa específica	Granulometria	
	γ (g/cm ³) *	\varnothing Máx. (mm) **	Módulo Finura
Areia	2,53	2,36	2,51
Brita - 1	2,72	19	7,17
Vidro	2,54	2,36	2,58
Cimento	3,21		

* γ – Massa específica

** \varnothing Máx – Dimensão máxima característica dos agregados

Tabela 3: Caracterização dos materiais.

Fonte: Autores, 2019

- Areia: Ensaio de granulometria conforme a NBR 248. Através do ensaio de granulometria, foi obtida a dimensão máxima característica do agregado miúdo, o módulo de finura utilizado no estudo e a curva ótima;
- Brita – 1: Procedeu-se o ensaio de granulometria conforme a NBR 248, o ensaio de massa específica conforme NBR NM 53. No ensaio de granulometria, foi determinada a dimensão máxima característica do agregado graúdo e o módulo de finura utilizado no estudo;
- Vidro: Ensaio de granulometria conforme a NBR 248. Através do ensaio de granulometria, foi obtida a dimensão máxima característica do agregado miúdo, o módulo de finura utilizado no estudo e a curva ótima;
- Aditivo superplastificante: É um aditivo líquido, superplastificante de pega prolongada, composto por matérias primas de origem natural, que possuem grande poder de dispersão, mantendo a trabalhabilidade, dado fornecido pelo fabricante;
- Aglomerante: Utilizado o Cimento Portland tipo CPII-F-32, dado fornecido pelo fabricante.

2.3 Preparação dos corpos de provas

Após a caracterização do material, foram moldados 10 corpos-de-prova cilíndricos de concreto para sete traços em estudo e 10 corpos-de-prova cilíndricos de concreto para o traço referência, com dimensões de 10 x 20 cm (diâmetro x altura), utilizando as recomendações do Método de Dosagem ABCP (Associação Brasileira De Normas Técnicas).

Traço	Cimento	Areia	Vidro (kg)	Brita (kg)	Aditivo(ml)	Água(l)
1	10,0	12,0	2,0	29,0	64,0	5,00
2	10,0	12,0	2,0	29,0	78,0	5,00
3	10,0	10,0	4,0	29,0	64,0	5,00
4	10,0	10,0	4,0	29,0	78,0	5,00
5	10,0	11,0	3,0	29,0	71,0	5,00
6	10,0	11,0	3,0	29,0	71,0	5,00
7	10,0	11,0	3,0	29,0	71,0	5,00
BASE	10,0	14,0	0,0	29,0	50,0	5,00

Na Tabela 4: apresentam-se os traços e as respectivas quantidades de materiais utilizadas.

Fonte: Autores, 2019

Os corpos-de-prova foram curados por imersão em solução de água e cal hidratada durante 14 dias e, após este período, foram retirados para o ensaio de resistência a compressão axial e ensaio de absorção. Após quatorze dias, os corpos de prova cilíndricos, foram retirados do tanque de cura. Por conseguinte, utilizou-se uma prensa hidráulica equipada com dois pratos, cujo prato inferior de compressão fixa e um prato superior de compressão flexível, que adequa-se com o formato do molde, para fazer os rompimentos dos corpos de provas.



Figura 4 Ensaio de compressão axial

Fonte: Autores, 2019

Realizou-se o ensaio de absorção do concreto pela diferença de peso do corpo de prova submerso a água e em estufa a 105° C após 24, 48 e 72 h, obteve-se a representatividade em porcentagem da diferença com a aplicação da seguinte fórmula:

$$A(\%) = \frac{m_U - m_S}{m_S} \cdot 100\%$$

A é a porcentagem de absorção da amostra, μ é massa saturada e m_s é a massa seca.

Traço	Média
1	5,8
2	4,9
3	7,3
4	5,5
5	6,3
6	6,6
7	6,7
BASE	6,9

Tabela 5: Resultado do ensaio de absorção do concreto.

Fonte: Autores, 2019

As médias foram obtidas através de ensaios realizados com três corpos de provas para cada traço.

Classificação do concreto	Teor de absorção de água
Convencional	$\leq 4,2\%$
Convencional	$4,2\% \leq a \leq 6,2\%$
Deficiente	$\geq 6,2\%$

Tabela 6: Classificação de absorção do concreto.

Fonte: Autores, 2019

Conforme a Tabela 6, pode-se observar que os traços com maior porcentagem de vidro e aditivos estão com a classificação de concreto deficiente.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 7 são apresentadas as medidas estatísticas de resistência a compressão axial do T_0 e dos traços relativos ao planejamento fatorial 2^2 com triplicatas genuínas do ponto central (T_1 a T_7).

Grandeza	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
\bar{x}	18,71	26,30	22,19	21,70	21,91	20,81	21,47	19,82
s ²	7,08	2,68	4,09	2,37	4,36	1,36	6,85	4,36
s	2,66	1,64	2,02	1,54	2,09	1,17	2,62	2,09
cv (%)	14,22	6,23	9,11	7,10	9,52	5,61	12,19	10,54

\bar{x} é a média aritmética da resistência a compressão axial, s² é a variância amostral, s é o desvio padrão amostral e cv é o coeficiente de variação amostral (%)

Tabela 7: Medidas estatísticas do planejamento fatorial 2² com triplicatas genuínas do ponto central.

Fonte: Autores, 2019

Vale ressaltar que nos traços T₅, T₆ e T₇ uma das replicatas das resistências a compressão axial foi considerada *outline*, desse modo realizou-se a substituição da mesma pela média dos demais corpos de provas de cada traço para manter o mesmo grau de liberdade dos demais traços.

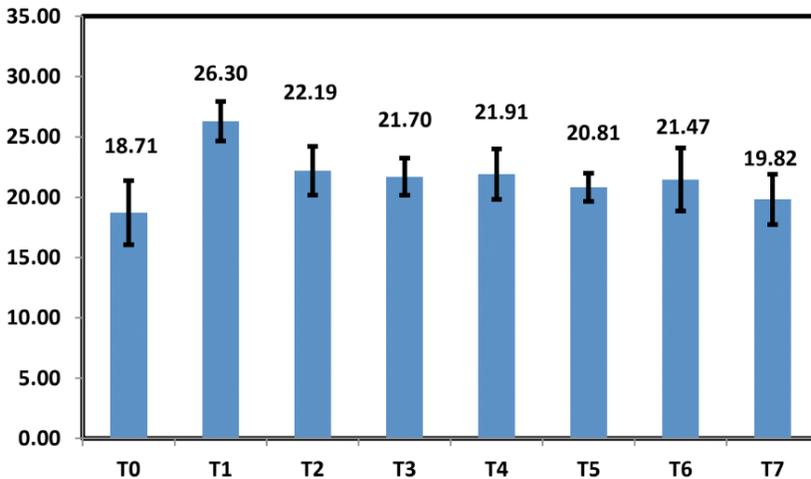


Gráfico 1 – Resistência a compressão axial aos 14 dias de cura úmida por imersão do Traço padrão (T₀) dos traços referentes ao planejamento fatorial (T₁ a T₇).

Fonte: Autores, 2019

Efeitos	Medida	s	Julgamento
Média	22,03	0,31	Significativo
X1	-1,95	0,83	Significativo
X2	-2,44	0,83	Significativo
X1X2	2,16	0,83	Significativo
EC	2,33	0,69	Significativo

s é o desvio padrão amostral, X_1 é o efeito principal provocado pela variável x_1 , X_2 é o efeito principal provocado pela variável x_2 e X_1X_2 é o efeito de segunda ordem provocado pela variável x_1 e x_2 ao mesmo tempo (sinergismo), EC é a estimativa da curvatura do modelo analisado para verificar se o modelo linear é adequado.

Tabela 8 - Resumo dos Efeitos do Planejamento Fatorial 2^2 com triplicatas genuínas do ponto central.

Fonte: Autores, 2019

Na Tabela 8 percebe-se que a média das respostas experimentais (resistência a compressão axial), os efeitos principais X_1 e X_2 e o efeito de interação de segunda ordem, X_1X_2 , para avaliar se há sinergismo entre as variáveis x_1 e x_2 são todos significativos tomando como base o desvio padrão. A estimativa da curvatura, EC, mostrou-se que é significativo, ou seja, o que contribui para inferir que há sinergismo entre as variáveis.

O vidro tem suas particularidades de dureza, inalterabilidade, resistência e propriedades térmica e o aditivo que é inserido na massa do concreto melhora sua trabalhabilidade, compacidade, resistência, permeabilidade e retração e absorção da água. Por isso, os dois componentes auxiliam estatisticamente um sinergismo no concreto.

O modelo numérico estimado para o sistema experimental é

$$\hat{y} = 22,03 - 0,97 x_1 - 1,22 x_2 + 1,08 x_1 x_2 .$$

$\pm 0,31$ $\pm 0,42$ $\pm 0,42$ $\pm 0,42$

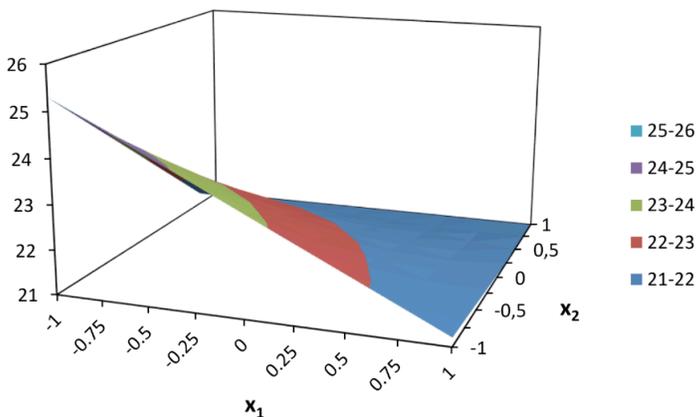


Gráfico 2 – Superfície de resposta da resistência a compressão axial em MPa do modelo estimado do Planejamento Fatorial 2^2 com triplicatas genuínas do ponto central.

No Gráfico 2 percebe-se que o ponto ótimo está ao redor de 26 MPa quando x_1 se aproxima de -1 (20%) e x_2 de -1 (0,64%). No gráfico foi considerado o sinergismo para visualizar se a superfície gerada pelo modelo linear é adequada para representar o sistema experimental. Na Tabela 6, percebe que os efeitos principais e o sinergismo são significativos ao considerar o desvio padrão como parametro, ou seja, exercem influência na resposta experimental dada pela resistência a compressão. Nesse sentido, as ferramentas do planejamento fatorial foram importantes para realizar tal diagnóstico.

N Gráfico 2 percebe-se que a interação de segunda ordem, X_1X_2 , influencia com certa intensidade a superfície de resposta, levando a crer que o modelo linear poderia ser substituído por um quadrático, o que seria necessário expandir o sistema experimental para um planejamento estrela (BÔSSO, 2012). Isso é confirmado pelo coeficiente de determinação que está na ordem de $R^2 = 57,52\%$, sugerindo que será necessário realizar novos experimentos em diferentes níveis para complementar o estudo.

Os efeitos que estão mais distantes do centro, coluna vertical 0, exercem mais influência na resposta experimental (MPa). A variável X_1X_2 , é a que apresenta menor influência nos traços desenvolvimentos, pois é a que mais se aproxima do centro do gráfico Normal Plot.

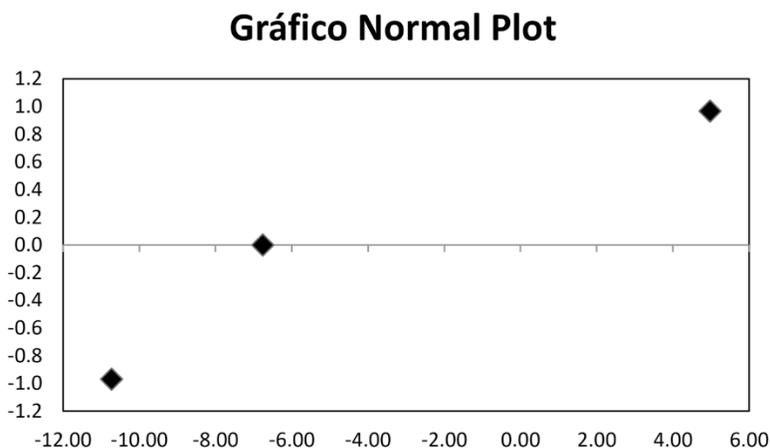


Gráfico 3 – Gráfico Normal Plot- Representação de influência na resposta experimental nos traços.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas análises estatísticas, o planejamento fatorial foi útil para investigar a determinação dos efeitos gerados pela substituição da areia pelo vidro e do uso de aditivo.

Os traços do planejamento fatorial estão em torno de 80% da resistência planejada de 25 MPa aos 14 dias de cura úmida por imersão, ou seja, estão dentro do planejado. Os

traços com resíduos de vidro foram superiores ao concreto usando material convencional.

De acordo com gráfico 1, o melhor traço foi T_1 que teve uma porcentagem de adição de 20% de vidro chegando 26,30 Mpa. Os traços T_3 e T_4 foram que obtiveram maior quantidade de resíduos de vidros no experimento e teve resultados semelhantes estaticamente iguais aos resultados do ensaio de T2 e T3.

Através do ensaio de absorção do concreto, pode-se observar que maiores porcentagens de vidro e aditivo em conjunto, o concreto tende a ficar deficiente, podendo ocasionar patologias. Com dosagens equilibradas entre os dois fatores em conjunto é possível a utilização deles no concreto.

Portanto, pode-se afirmar que o vidro não influenciou estatisticamente na resistência mecânica do concreto, dessa forma, torna-se viável a utilização do vidro na substituição da areia no concreto.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. ABCP – Método de dosagem. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/>>. Acesso em: 15 fevereiro. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 10004** - Classificação De Resíduos Sólidos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12821** – Preparação de concreto em laboratório.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738** - Concreto - Procedimento para Moldagem e cura de corpos-de-prova.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739** - Ensaio de Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos de Concreto.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248** Agregados – Determinação da composição granulométrica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53** - Agregado Graudo - Determinação de Massa Específica_ Massa Específica Aparente e Absorção de Água.

BÔSSO, Antônio Rafael de Souza Alves. Desenvolvimento do *Software* PlanEx de Planejamento de Experimentos *Online* e sua Aplicação Didática na Pós Graduação UFG, 2012.

BOX, George E. P.; HUNTER, William G.; HUNTER, J. Stuart. *Statistics for Experimenters*. Estados Unidos: John Wiley e Sons, 1978.

BRASIL. 2002. Resolução CONAMA n.º 307 - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil de 17 de julho de 2002.

BRUNS, Roy Edward; FAIGLE, José Fernando Gregori. Quimiometria. Química Nova, Vol. 8, 84-99, 1985.

CEBRACE. 2019. O Vidro, <<http://www.cebrace.com.br/v2/vidro>>. Acesso em 10/03/2019.

CRENTSIL et al. 2001. Recycled glass as sand replacement in premix concrete, Ed. EcoRecycled Australia and CSIRO, p 45-46.

LEVIN, Jack; FOX, James Alan; FORDE, David R. Statistics for human sciences. 11. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

Neville, A. M. Propriedades do concreto [recurso eletrônico] / A. M.Neville ; tradução: Ruy Alberto Cremonini. – 5. ed. Porto Alegre : Bookman, 2016. 72-120.

ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TELHA EM INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA E FORMAS DE REUTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL

Data de aceite: 01/11/2022

Data de submissão: 02/10/2022

Laiany Teixeira Costa

Universidade Estadual do Piauí
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/3097381022597523>

Letícia Lustosa Bezerra

Universidade Estadual do Piauí
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/7809436712510261>

Ítalo Thiago Silva

Universidade Estadual do Piauí
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/9744341650064180>

Frankilandio Teixeira Costa

Universidade Estadual do Amazonas
Manaus – Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/9195468793104365>

Amanda Fernandes Pereira da Silva

Engenheira Civil
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/6687283757018503>

Alisson Rodrigues de Oliveira Dias

Universidade Estadual do Piauí
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/7625882727010720>

Artemária Côelho de Andrade

Universidade Estadual do Piauí
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/2100216410130999>

RESUMO: O crescimento da construção civil provoca uma grande geração de resíduos nas cidades e causa preocupação financeira, social e ao meio ambiente. Com isso, estão sendo realizados estudos para encontrar alternativas de mitigação desses problemas. Através da análise de pesquisas já existentes, o presente trabalho tem por objetivo observar os desperdícios gerados durante o processo de fabricação de materiais cerâmicos em indústrias, como a fabricação de telhas, e averiguar alternativas de reutilização do chamote (resíduos gerados da cerâmica vermelha). Foram identificados desperdícios desde o início do processo de fabricação, com a perda de matéria prima, até a destinação final do produto com materiais defeituosos e quebras no transporte. Os resultados das pesquisas mostram que a reincorporação do chamote é uma alternativa viável na formulação de massas para fabricação de novos produtos cerâmicos e na utilização em camadas de base e sub-base em pavimentos asfálticos. Dessa forma, as alternativas de destinação dos resíduos da cerâmica vermelha gerados nas indústrias trazem benefícios para o setor ceramista com diminuição dos desperdícios e do impacto ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil, Resíduos cerâmicos, Desperdício, Alternativas de utilização, Sustentabilidade.

ANALYSIS OF WASTE GENERATION
IN ROOF TILES MANUFACTURING
PROCESS IN CERAMIC INDUSTRY AND
FORMS OF SUSTAINABLE USE

ABSTRACT: The growth of civil construction causes a large generation of waste in cities and

financial, social and environmental concerns. As a result, studies are being carried out to find alternatives to mitigate these problems. Through the analysis of existing research, the present work aims to observe the waste generated during the manufacturing process of ceramic materials in industries, such as the manufacture of tiles, and to investigate alternatives for the reuse of chamotte (waste generated from red ceramic). Waste was identified from the beginning of the manufacturing process, with the loss of raw material, to the final destination of the product with defective materials and breaks in transport. The research results show that the reincorporation of chamotte is a viable alternative in the formulation of masses for the manufacture of new ceramic products and in the use in base and sub-base layers in asphalt pavements. In this way, the alternatives for the destination of red ceramic waste generated in industries bring benefits to the ceramic sector with a reduction in waste and environmental impact.

KEYWORDS: Civil construction, Ceramic residues, Waste, Reuse, Sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

A intensa geração de resíduos sólidos da construção civil em cidades de porte grande e médio tem sido motivo de preocupação em diversos países, já que a mesma envolve questões de ordem ambiental, social e financeira. Em função disto, muitos pesquisadores em todo o mundo vêm tentando encontrar alternativas para que os problemas decorrentes deste processo sejam minimizados, ou até mesmo sanados, com vistas à sustentabilidade do setor construtivo [1].

Com a intenção de reduzir os impactos causados pela geração destes resíduos, em 2002 foi estabelecida uma política nacional, elaborada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) [2], tendo como resultado a Resolução nº 307/02, que estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando, ainda, as ações necessárias para minimizar tais impactos ambientais. De acordo com a medida, o gerenciamento de resíduos é um sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos utilizando mecanismos, recursos e técnicas com o propósito de destinar adequadamente os resíduos da construção civil, preservando os materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente [2].

A criação da Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), tem como objetivo incentivar as indústrias à reutilização e melhorias das formas de deposição dos resíduos gerados, vislumbrando-se novas oportunidades para aprimoramento de pesquisas e procedimentos com a finalidade de obter a melhor destinação dos entulhos, sobretudo buscando sua reutilização em outras atividades da construção civil, a exemplo do Resíduo de Cerâmica Vermelha – RCV, o qual, após passar por diversos processamentos e análises de suas características e propriedades, apresenta-se passível de ser utilizado como agregado na pavimentação de rodovias [3].

Em vista deste cenário, esta pesquisa tem por objetivo analisar os desperdícios gerados em indústrias de cerâmica vermelha durante o processo de fabricação de telhas, além disso, contribuir com as indústrias na busca por desenvolver alternativas de deposição adequada do RCV, na diminuição dos impactos ambientais através da reutilização de tais materiais. Desde modo, é evidente os benefícios para a indústria, a população e o meio ambiente com os resultados desta pesquisa.

2 | GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CERÂMICA VERMELHA

De modo geral, o processo se inicia com a extração da matéria-prima, etapa que ocorre em ambiente externo à indústria, isto é, na jazida de extração do mineral argila. No ambiente interno à indústria o processo é composto, em geral, das seguintes etapas: desintegração; laminação; mistura; moldagem; pela extrusora; corte; secagem; queima; e estoque/expedição [4], conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1 – Processo produtivo da indústria da cerâmica vermelha [4].

A extração da matéria-prima é realizada a céu aberto por um equipamento escavadeira hidráulica, durante todo o ano, com exceção dos meses da estação chuvosa, devido à dificuldade de acesso à jazida e o deslocamento das máquinas no próprio local da extração. A partir da etapa de beneficiamento até a queima para obtenção do produto final, os processos envolvidos ocorrem dentro da indústria. O beneficiamento se inicia com a preparação da massa de produção. Algumas indústrias utilizam em seu processo dois tipos de argila, uma contendo um alto índice de plasticidade e outra um índice de plasticidade mais inferior. A massa de produção, após ser formada passa por um processo

de refinamento, para que torresões sejam destruídos e a mistura ocorra de forma mais homogênea. Para isso, a massa passa por: caixão alimentador, desintegrador, misturador e laminador [4].

A função da maromba não é apenas de conferir o formato ao produto, mas também o de promover a homogeneização, desagregação e compactação da massa cerâmica. A compactação da massa ocorre porque a extrusora retira o ar presente nos seus vazios. Logo após o processo de extrusão, o produto já com o formato devido, passa pela mesa de corte, onde adquire as dimensões projetadas. O corte pode ser realizado de forma manual ou automático, em geral por fios de aço [4].

Essa etapa pode ocorrer de forma natural ou artificial. Na secagem natural, ocorre sob influência da temperatura, da umidade relativa do ar, da velocidade e aplicação da direção do ar, da densidade de carga, da composição granulométrica da massa, da forma, da dimensão e da forma de moldagem das peças [5]. Quando os produtos são submetidos à uma estufa, a secagem é caracterizada como artificial [4].

Na etapa de queima os produtos passam por altas temperaturas. Segundo Oliveira [6], esta ocorre na faixa de 800 a 1000 °C, promovendo alteração na composição física, química e mineralógica da matéria-prima, transformando a argila em cerâmica. A queima é realizada em dois tipos de fornos, intermitentes, ou seja, em bateladas, ou contínuos. Nessa etapa, o produto adquire as características cerâmicas, tais como resistência mecânica, à abrasão e à agentes químicos, redução da porosidade, impermeabilidade, dentre outros [7].

2.1 Perdas de materiais durante o processo de fabricação de telhas cerâmicas

Segundo Shigeo Shingo [8], foram identificadas sete categorias de perdas no processo produtivo. São elas: perdas por superprodução, transporte, processamento, produção de itens defeituosos, espera, estoque e movimentação.

De acordo com estudo [9] há desperdícios no macroprocesso da maromba no transporte da matéria prima até o caixão alimentador, durante a extrusão há perda quando o barro úmido gruda ao passar pela esteira, na prensagem o material que o operador não conseguiu prensar não passam pela prensa e cai no chão ao fim da esteira. Como não possui um modo de retorno automático para os resíduos desperdiçados, depende de o operador retornar este material para o processo, o que exige trabalho e tempo extra sem ter a certeza de que o material estará endurecido ou viável para o retrabalho.

Durante a secagem, podem ocorrer empenamentos e trincas que geralmente iniciam-se nas bordas e propaga-se até o centro da peça, sendo mais aberta na borda. No processo foi analisado que quantidades de telhas são desperdiçadas, por não estarem em boas condições para continuarem o processo. Em relação ao processo de queima, pode ocorrer a retirada de peças cruas, que representam um retrabalho para empresa, e a geração de refugos e trincas que simbolizam desperdício do produto acabado. Durante o

manuseio das telhas no processo de montagem dos paletes, seja para alocação no estoque ou para os caminhões de transporte, também são observadas quebras dos materiais. Após certo volume acumulado, o material é devolvido às jazidas, demorando muito tempo até aderir novamente propriedades físicas que lhes permitam voltar ao processo [9].

3 I REUTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS DA CERÂMICA VERMELHA

Uma das alternativas para minimizar esses impactos é a incorporação e/ou reutilização de resíduos num ciclo produtivo, que devem representar uma opção de recuperação dessas matérias tanto no aspecto ambiental como no aspecto econômico para indústria cerâmica. Essa reincorporação ou reutilização é dada através de formulações à massa cerâmica com o objetivo de fabricação de produtos cerâmicos como blocos, telhas e lajotas, colocando-se assim como uma das opções viáveis para a indústria cerâmica [10].

Em estudo [10] realizado sobre a reutilização de resíduos de telha cerâmica (chamote) em formulação de massa para blocos cerâmicos, a massa cerâmica e o resíduo de telha utilizados na pesquisa foram adquiridos em indústria cerâmica localizada na região da Grande Teresina, capital do Piauí. Para as formulações das massas cerâmicas aplicadas na pesquisa, a massa industrial não passou por nenhum beneficiamento. O resíduo de telha foi triturado e moído até passar na peneira de malha nº40 (0,425 mm). As composições das massas foram elaboradas com adição do chamote em peso variando de 0% a 20%.

Nos resultados de resistência mecânica após queima (Figura 2), observa-se, de um modo geral, que todas as formulações aumentaram a resistência mecânica com o aumento da temperatura. A resistência mecânica se relaciona inversamente com a porosidade e diretamente com a densidade do corpo cerâmico, ou seja, a maior resistência é obtida quando há simultaneamente baixa porosidade e maior adensamento das partículas. Também observa-se que todas as composições com adição de chamote obtiveram valores maiores do que a massa básica e os melhores resultados foram com a formulação com 5% de chamote. Isto é bastante motivador para a utilização do chamote como matériaprima alternativa para a produção de blocos cerâmicos, demonstrando uma grande potencialidade em aplicações cerâmicas [10].

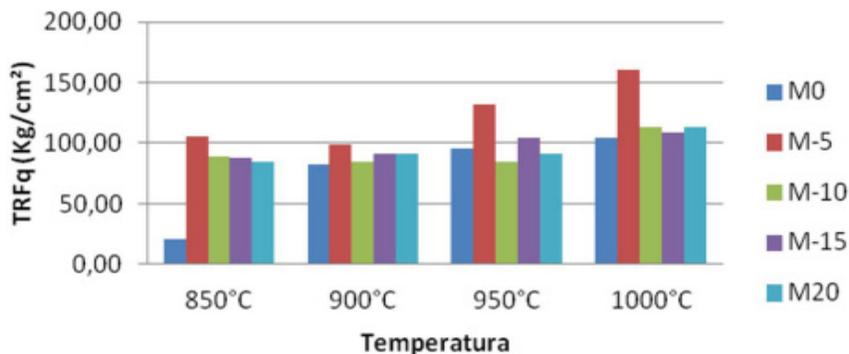


Figura 2 – Gráfico de tensão de ruptura à flexão de queima [10].

As granulometrias apresentadas por estas amostras foram classificadas como predominante silte-arenoso e silte-argiloso. A plasticidade da massa de referência foi diminuída com o incremento do chamote. Os resultados encontrados da absorção de água dos corpos cerâmicos a adição do chamote mostraram um maior fechamento dos poros comparados ao da massa básica. Este resultado é corroborado com os resultados de resistência mecânica, onde as amostras das formulações com teor de chamote obtiveram resultados superiores ao da massa de referência e a formulação com 5% de teor obteve os melhores resultados. Os resultados mostraram que o uso do chamote na produção de cerâmica estrutural, é uma alternativa viável para o aumento da qualidade técnica do produto cerâmico estrutural e a melhoria da qualidade ambiental, pois a reutilização deste resíduo faz com que reduza o impacto ambiental provocado pelas indústrias deste setor [10].

Natassia Sales [11] realizou uma análise da mistura de chamote cerâmico com solo laterítico para a utilização nas camadas de base e sub-base de pavimentos asfálticos, através de experimentos para a determinação do comportamento mecânico e das principais características de amostras contendo diferentes proporções da mistura de chamote cerâmico associado ao solo laterítico, comparando-as com uma amostra contendo 100% desse mesmo solo, buscando a proporção mais adequada da mistura, e assim analisar a viabilidade de sua utilização nas camadas de base e sub-base de pavimentos rodoviário.

A partir da análise dos resultados observa-se que o acréscimo de chamote cerâmico fez aumentar a percentagem do equivalente de areia, diminuindo a quantidade de finos e impurezas da amostra, aumentando a qualidade do material e permanecendo nos valores aceitáveis pelo Manual de Pavimentação do DNIT [11].

Dessa forma, todas as misturas estão aptas a serem utilizadas na camada de sub-base pois apresentaram ISC superior a 20% e IG = 0, sendo a proporção que recebeu 20% em peso de chamote cerâmico a que apresentou maior resistência e mostra-se mais adequada. Para a camada de base as misturas que receberam 20% e 30% de chamote

cerâmico se mostraram potencialmente adequadas para o uso em camadas de base, pois atenderam à todos os requisitos do manual para essa utilização, mostrando-se totalmente viáveis. Assim como para camada de sub-base, a proporção que apresentou maior resistência foi a mistura que recebeu 20% de chamote cerâmico [11].

Ressaltando que existem grandes quantidades de resíduos prontos para serem exploradas nos pátios das indústrias cerâmicas e o uso do chamote evitaria impactos ambientais negativos, pois traria um novo material aparentemente sem uso e reduziria a exploração de jazidas para fornecimento de materiais para execução de base e sub-base de pavimentos, agregando um novo material as obras rodoviárias [11].

Paixão et. al. [12] elaborou pesquisas e experimentos a fim de contribuir com o aumento do conhecimento sobre as características dos agregados reciclados e sobre o comportamento das argamassas quando incorporam estes materiais. Este trabalho foi realizado utilizando-se resíduos cerâmicos de construção e demolição como agregado miúdo para a produção de argamassa de revestimento. Em relação à resistência à compressão e a resistência à tração por compressão diametral observou-se que quanto maior o teor de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado, maior a resistência da argamassa, o que aponta a existência de atividade pozolânica do agregado cerâmico reciclado. Porém, a substituição total do agregado natural pelo agregado reciclado se mostrou inviável devido à dificuldade de adensamento da mistura, o que ocasionou significativa redução tanto da resistência à compressão quanto da resistência à tração por compressão diametral das argamassas estudadas. De forma geral, conclui-se que, com base nas características estudadas, o uso de agregados reciclados é viável para produção de argamassas de revestimento. No entanto, é importante ressaltar que a substituição total do agregado natural pelo agregado reciclado causou grandes prejuízos às resistências mecânicas da argamassa e à sua trabalhabilidade [12].

No artigo elaborado por Silva et. al [13], apresenta a utilização do resíduo chamote como adição reativa em massas cerâmicas para produção de blocos de vedação da construção civil, visando um melhor desempenho das propriedades físico-mecânicas das massas e uma destinação a este resíduo, o qual, se sempre descartado, acarretará graves impactos ambientais. Dos ensaios obtidos da bibliografia acerca da composição química, observou-se que a composição da amostra do material chamote é similar à argila convencional, visto que o principal material componente é a sílica o que permite uma reprodução das propriedades. Quanto às propriedades tecnológicas, pode-se constatar que através da incrementação do resíduo chamote em massas de cerâmica vermelha pode-se obter desempenhos satisfatórios na produção, visto que sua presença não provocou alterações significativas no comportamento das amostras estudadas.

Este fato se comprova na literatura com análise do ensaio de resistência à compressão, onde se obteve dados bem semelhantes entre a amostra com teor de chamote em sua composição e a amostra de cerâmica padrão. Assim, com base nesses fatores, vê-se que

não há implicações relevantes que impeçam o uso do chamote na formulação de massas de cerâmica vermelha e que este se mostra com grande potencial para ser utilizado como matéria-prima alternativa de baixo custo na fabricação de produtos cerâmicos, até mesmo de blocos de vedação, como um caminho à destinação desde resíduo e possibilitando a sua reinserção na cadeia produtiva de mercado [13].

Castro [14], em sua dissertação, verificou a potencialidade de se produzir revestimento cerâmico semi-poroso utilizando chamote de telhas. Com base nos resultados, o chamote não interferiu na estabilidade dimensional do material. Os corpos de prova preparados a partir de F1 tiveram reduções em suas propriedades quando comparados com os preparados com a formulação básica, mesmo assim os resultados encontrados para a formulação dopada com 20% de chamote encontram-se dentro dos valores estabelecidos pela norma vigente para revestimento semi-poroso em nível de absorção de água e tensão de ruptura a flexão, através dos resultados obtidos com as duas formulações F1 e F2 nos corpos-de-prova, pode-se concluir que a mais adequada foi F2-2,5, com os melhores resultados nos testes de retração linear, absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente, tensão de ruptura à flexão e perda ao fogo resultando com isso em uma melhor classificação nos corpos-de-prova, embora seja utilizado uma pequena quantidade de chamote só 2,5%.

A importância desse trabalho foi a de produzir materiais adicionando aos mesmos com diferentes porcentagens de chamote. A principal vantagem na produção destes materiais está no benefício que esse produto trará ao meio ambiente, onde haverá menos resíduos descartados, menor remoção de recursos naturais (argila) e menores gastos com disposição dos resíduos de telhas, resultando em benefícios ambientais devido a redução na disposição e conseqüentemente melhoria na qualidade de vida do homem. [14]

Morais e Souza [15] em sua pesquisa analisaram a influência da substituição do agregado miúdo (areia natural) pelo RCV, através da Resistência à Compressão Simples (RCS) e do consumo de cimento Portland no concreto, de modo a reduzir os custos, bem como os impactos associados ao uso do concreto, tendo em vista o seu largo consumo. Pode-se aferir que a substituição do agregado natural pelo agregado reciclado apresentou influência, de forma positiva, na resistência à compressão e no consumo de cimento. A utilização do RCV teve influencia considerável na demanda de água dos concretos produzidos, o concreto CS100 foi o que apresentou melhor desempenho em relação ao menor consumo de cimento e o CS50 apresentou maior RCS. Verificou-se também que a substituição total do agregado natural pela cerâmica vermelha modificou a coloração dos concretos no estado fresco, atribuindo-lhes uma cor avermelhada, mas que no estado endurecido essa cor não fica tão evidente, assemelhando-se a cor acinzentada dos concretos CREF [15].

Pode-se concluir que o resíduo de cerâmica vermelha analisado, se mostra como material alternativo potencialmente viável de ser utilizado na fabricação de concretos,

atribuindo-lhe aprimoramento em suas características de resistência à compressão e consumo de cimento. O que possibilitou essas evidentes influências causadas pelo resíduo cerâmico, em relação à resistência à compressão, foram suas características físicas, pois seus grãos possuem superfície áspera, a qual propicia uma melhor ligação entre a matriz de cimento e os agregados reciclados e, química, pois apresenta características que o classifica como material pozolânico [15].

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o que foi discorrido acima, conclui-se que há grandes desperdícios durante a fabricação de materiais cerâmicos em indústrias, como a exemplo, na produção de telhas cerâmicas. Estes resíduos são gerados em várias fases do processo, desde a extração com perda da matéria-prima, com peças defeituosas e até a destinação final na quebra dos materiais durante o transporte. Os resíduos de cerâmica vermelha (RCV), após passarem por procedimentos, podem ser reutilizados de forma sustentável na formulação de massas para fabricação de produtos cerâmicos como blocos, telhas e concretos. Outra alternativa é o uso dos rejeitos de materiais cerâmicos após a queima (chamote) para utilização em camadas de pavimentos asfálticos. Dessa forma, a reutilização sustentável dos resíduos beneficia tanto as indústrias, com alternativas de destinação correta, bem como diminui o impacto ambiental causado.

REFERÊNCIAS

- [1] MOTTA, Rosângela dos Santos. **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2005.
- [2] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Brasília. 2002. **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002**. Disponível em: < <http://conama.mma.gov.br/>>. Acesso em: 10 de maio de 2022.
- [3] BRASIL. Lei n. 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei n.9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da república Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília DF.
- [4] MORAIS, Maria Monize. **Gerenciamento de resíduos sólidos na indústria de cerâmica vermelha: um múltiplo estudo de caso na região de desenvolvimento do Sertão do São Francisco de Pernambuco**. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015.
- [5] TUBINO, L. C. B.; BORBA, P. **Etapas do processo cerâmico e sua influência no produto final – massa, extrusão, secagem e queima**. Resposta Técnica, 2006. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/acesoDT/42>>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

- [6] CASA GRANDE, M. C.; SARTOR, M. N.; GOMES, V. DELLA, V. P. HOTZA, D.; OLIVEIRA, A. P. N. **Reaproveitamento de resíduos sólidos industriais: processamento e aplicações no setor cerâmico**. Cerâmica Industrial, v. 13, n. 1, p. 34-42, 2008.
- [7] MONTEIRO, C. M. O. L.; FRANCO, M. N.; PINATTI, A. A. BARBOSA, F. C.; SOUZA, R. B.; CARVALHO, F. C. **Noções básicas de processo produtivo de cerâmica vermelha**. SENAI-PI, Centro de Tecnologia da Cerâmica "Wildson Gonçalves". Piauí, 2007.88p.
- [8] SHINGO, Shigeo. **O sistema toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- [9] IDROGO, Aurelia Altemira Acuna; BEZERRA, Maria Clara da Cunha; ACUÑA, Gioconda Sunción. **Estudo sobre os desperdícios presentes no processo de fabricação de telhas em uma indústria de cerâmica vermelha**. Brazilian Journal of Business, v. 1, n. 3, p. 1087-1103, 2019.
- [10] OLIVEIRA, Y. L. *et al.* **Estudo da reutilização de resíduos de telha cerâmica (chamote) em formulação de massa para blocos cerâmicos**. Cerâmica Industrial, v. 21, n. 2, p. 45-50, 2016.
- [11] SALES, Natássia da Silva *et al.* **Análise da mistura de chamote cerâmico com solo laterítico para a utilização nas camadas de base e sub-base de pavimentos rodoviários**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais do Instituto Federal do Piauí. 2018.
- [12] PAIXÃO, Suelen de Oliveira. **Estudo do uso de resíduo cerâmico de obras como agregado miúdo para a fabricação de argamassas para revestimento de alvenarias**. Projeto de Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
- [13] SILVA, C. M.; SILVA JUNIOR, T. L.; NASCIMENTO, F. B. C.; HOLANDA, E. P. T. **Utilização de chamote como aditivo em massas de cerâmica vermelha para a produção de blocos de vedação**. In: Workshop De Tecnologia De Processos E Sistemas Construtivos. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. P. 1-6.
- [14] CASTRO, Raimundo José de Sousa. **Formulation and characterization of raw materials for semiporous ceramic coating and roofing tile Chamote**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.
- [15] MORAIS, M. H. L.; SOUZA, W. M.; RIBEIRO, A. J. A. **Utilização de resíduo cerâmico vermelho como agregado miúdo em concretos**. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, [S. l.], v. 9, n. 7, pág. e357974145, 2020.

SOBRE A ORGANIZADORA

AMANDA FERNANDES PEREIRA DA SILVA - Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA), é Mestranda em Ciência e Engenharia dos Materiais pelo Programa de Pós-Graduação (PPGCM) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Atua na área de pesquisa Materiais Magnéticos, Semicondutores e Semicondutores Magnéticos Diluídos com aplicações antibacterianas sob orientação do Professor Doutor Ramón Raudel e Professora Doutora Francisca Araújo. Além disso, seus temas de interesse são: Construção Civil, Patologia das Construções, Materiais da Construção Civil, Perícia Judicial, Concreto, Análise do Comportamento de Solos, Ensino de Engenharia e Educação à Distância.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidentes 25, 26, 27, 28, 29, 31, 34, 35, 37, 44, 46, 47, 48

Aditivo 4, 5, 6, 8, 51, 52, 55, 59, 60, 61, 72

Aglomerante 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 55

Água 6, 8, 10, 11, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 49, 51, 56, 57, 59, 68, 70

Água pluvial 17, 19, 22

Alternativas de utilização 63

Areia 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 60, 61, 68, 70

C

Caixa d'água 17

Cal hidratada 2, 3, 14, 15, 56

Celulose 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15

Cerâmica vermelha 63, 64, 65, 67, 69, 70, 71, 72

Chamote 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Chuva 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24

Cimento Portland 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 55, 61, 70

Cisterna 17

Compósito 1, 2, 5, 6, 13, 15

Concreto 15, 33, 37, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 59, 61, 62, 70, 73

Consistência 1, 7, 8, 9, 14, 49, 51

Construção Civil 1, 13, 14, 15, 25, 26, 27, 32, 37, 41, 42, 46, 50, 61, 63, 64, 69, 71, 73

D

Dados pluviométrico 17

Desperdício 19, 63, 66

G

Gesso 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14

I

Impacto ambiental 50, 63, 68, 71

Indústrias 44, 46, 50, 63, 64, 65, 68, 69, 71

K

KRAFT 1, 2, 3, 4, 5, 13, 15

N

Normas regulamentadoras 27, 29, 38

P

Planejamento fatorial 51, 52, 57, 58, 59, 60

Prevenção 25, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 45, 47, 48

R

Reciclado 51, 69, 70, 71

Resíduo 4, 50, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Resíduo de Cerâmica Vermelha – RCV 64, 70

Resíduos cerâmicos 63, 69

Resíduos sólidos 61, 64, 71, 72

Resistência 1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 49, 50, 51, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 66, 67, 68, 69, 70, 71

S

Saúde 25, 26, 27, 28, 29, 34, 35, 38, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 64

Segurança 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48

Sustentabilidade 23, 45, 50, 63, 64

T

Tecnologia verde 2

Telha 63, 67, 72

Traço 49, 50, 51, 52, 55, 57, 58, 61

Treinamentos diários de segurança 27, 47

V

Vidro 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 59, 60, 61, 62

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e
tecnológicas e aspectos ambientais 3




Ano 2022

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e
tecnológicas e aspectos ambientais 3

