

 **UNIVÉRTIX**
FACULDADE VÉRTICE – UNIVÉRTIX
SOCIEDADE EDUCACIONAL GARDINGO LTDA. – SOEGAR

TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA CIVIL 2021/01



COORDENAÇÃO DE CURSO:
PROF^a. *M.Sc.* SILANE MATTOS PERES

PROFESSOR RESPONSÁVEL:
PROF. *M.Sc.* PAULO ROBERTO DE AZEVEDO SOUZA

TRÊS RIOS – RJ
2021

SUMÁRIO

NANOTECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO NA RESISTÊNCIA DE CONCRETOS ESTRUTURAIS	1
VIABILIDADE TÉCNICA DE IMPLANTAÇÃO DE CEMITÉRIO VERTICAL ECOLÓGICO NA CIDADE DE TRÊS RIOS/RJ.....	21
VANTAGENS DA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NA CONCEPÇÃO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR.....	57
PROCESSO DE RACIONALIZAÇÃO APLICADO NA ESTRUTURAÇÃO DAS PAREDES DE CONCRETO DE FORMA METÁLICA COMO FORMA DE OTIMIZAÇÃO.....	89
O PAVIMENTO PERMEÁVEL COMO ALTERNATIVA AO PAVIMENTO IMPERMEÁVEL.: ESTUDO DE CASO NA AVENIDA ZOELO SOLA, TRÊS RIOS – RJ	132
FÔRMA FIBERGLASS PARA FUNDAÇÃO TIPO SAPATA.....	149

NANOTECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO NA RESISTÊNCIA DE CONCRETOS ESTRUTURAIS

ACADÊMICA: Sandilla Santana de Oliveira

ORIENTADORA: Prof. Esp. Rita de Cássia Teixeira Assis

LINHA DE PESQUISA: Dinâmica de Estruturas

RESUMO

As aplicações da nanotecnologia na construção civil vêm despertando o interesse de pesquisadores em diferentes campos. Um dos campos mais promissores é a produção de materiais mais resistentes e duráveis, capazes de atender às demandas socioeconômicas atuais. Assim, o objetivo deste estudo é discutir quais os benefícios da associação dos nanotubos de carbono (NTC) ao concreto estrutural quanto à prevenção de patologias estruturais e ganhos de resistência mecânica. Para esta discussão foi realizada uma revisão de literatura, utilizando como bases de dados *sites* como Google Acadêmico e *Scientific Electronic Library Online*, onde observou-se resultados bastante promissores referentes a utilização de nanomateriais na construção civil. O concreto é um dos componentes mais amplamente empregados na construção civil brasileira, fato este que ressalta a importância de estudos para o aprimoramento deste material de maneira a atender às novas demandas ambientais, sociais e econômicas. Conforme os dados analisados, os resultados obtidos apontam ganhos de resistência mecânica expressivos, aumentando a resistência do concreto final contra fissuras e rachaduras, diminuindo a necessidade de produção e utilização de cimentos para manutenções, visto que este componente é altamente poluente e existem poucas alternativas para seu uso disponíveis no mercado brasileiro. Também se observou que a proporção de 0,3% de NTC para a mistura total é capaz de conferir ganhos expressivos de resistência e durabilidade ao concreto final. Por fim, destaca-se a necessidade de se ampliar os estudos em território brasileiro, a fim de se investigar as potencialidades da utilização do concreto nanoestruturado.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto Estrutural; Nanotubos de Carbono; Microestrutura.

1. INTRODUÇÃO

Sabendo que a adição de nanotubos de carbono à microestrutura do cimento Portland melhora suas características físico-mecânicas e que estas características influenciam na resistência final do composto de concreto obtido a partir da mistura deste elemento cimentício a outros agregados, a presente investigação procura compreender em quais níveis estruturais se pode observar esta influência e, assim, trazer à luz qual tipo de reflexo ela imprime em componentes estruturais utilizados na construção civil.

Por isso, a motivação para se desenvolver tal análise deve-se ao interesse em se conhecer mais a fundo sobre a nanotecnologia aplicada a um material tão presente na indústria da construção civil e também ao fato de que o emprego da nanotecnologia na melhoria de materiais se mostra uma alternativa positiva promissora para problemas com patologias estruturais presentes ao se utilizar cimento Portland convencional. A literatura recente, especialmente os estudos produzidos por pesquisadores vinculados ao Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno (CTNano/UFMG), mostra que têm sido promissores os resultados obtidos em termos de resistência mecânica e durabilidade estrutural, o que pode ser uma alternativa economicamente viável na busca pela prevenção de patologias estruturais resultantes da ação das cargas suportadas pelas estruturas e pela ação do tempo (SOUZA *et al.*, 2016).

Dessa forma, a hipótese que originou este estudo consiste em analisar como o concreto nanoestruturado pode influenciar na prevenção de patologias estruturais em comparação ao concreto convencional, pois a nanotecnologia na construção civil se mostra, nos últimos anos, um importante avanço técnico-científico na melhoria de diversos materiais, dentre ele o cimento Portland, na busca por uma melhoria de desempenho e adequações mercadológicas às novas demandas tecnológicas do mercado da construção civil.

Assim, o objetivo geral da pesquisa é investigar se a adição de nanotubos de carbono ao cimento Portland, utilizado para a preparação da massa de concreto, influencia positivamente na resistência mecânica de concretos estruturais, minimizando possíveis patologias estruturais futuras. Como objetivos específicos a serem desenvolvidos na pesquisa, tem-se: fazer um comparativo entre o cimento Portland convencional e o cimento nanoestruturado; demonstrar, de forma teórica, as

diferenças entre a resistência mecânica dos dois tipos de concreto provenientes da mistura dos dois tipos de cimento e discorrer sobre a influência da adição dos nanotubos de carbono na microestrutura de argamassas cimentícias quanto a prevenção de patologias estruturais.

Portanto, justifica-se esta investigação para que se possa conhecer as propriedades do cimento nanoestruturado e suas possíveis vantagens quando comparado ao cimento convencional, além disso a relevância de trabalhos como este se encontra no fato de os avanços da nanotecnologia na construção civil se mostrarem atrativos ao interesse científico, pois os nanomateriais são vistos como candidatos promissores à uma nova geração de materiais que podem ser empregados desde a criação de novos elementos até a melhoria dos já existentes, devido às suas características de multifuncionalidade e desempenho elevado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A nanotecnologia trabalha a manipulação da matéria em escala nanométrica, na ordem do bilionésimo do metro (10^{-9}m), onde os átomos possuem aspectos bastante específicos, apresentando maior tolerância à temperatura, à reatividade química e uma melhor condutividade elétrica, dentre outras características particulares (SILVA, 2004).

Esta condição dos elementos permite que se observe peculiaridades nos átomos que permitam que sejam rearranjados, melhorando o desempenho dos materiais finais. A nanotecnologia também aumenta a área superficial dos materiais em escala nano tornando-os mais reativos (PAULO; CAETANO e GERALDO, 2015).

O cimento é um material largamente utilizado na construção civil, estando presente no revestimento e no assentamento de diferentes tipos de edificações. Quando na forma de argamassa, o composto cimentício desempenha funções fundamentais no que diz respeito a garantir a durabilidade e proteção das estruturas e alvenarias das edificações contra agentes do intemperismo (KNUTH *et al.*, 2016).

Os nanotubos de carbono se dividem em duas categorias, quanto a sua camada de grafeno. Conforme explicam Knuth *et al.* (2016):

Os NTC são estruturas formadas por átomos de carbono em arranjo hexagonal, na forma de uma ou mais folhas de grafeno enroladas de maneira

concêntrica. Quando formados por uma camada são denominados nanotubos de paredes simples (NTCPS) e quando formados por duas ou mais camadas são denominados nanotubos de paredes múltiplas (NTCPM).

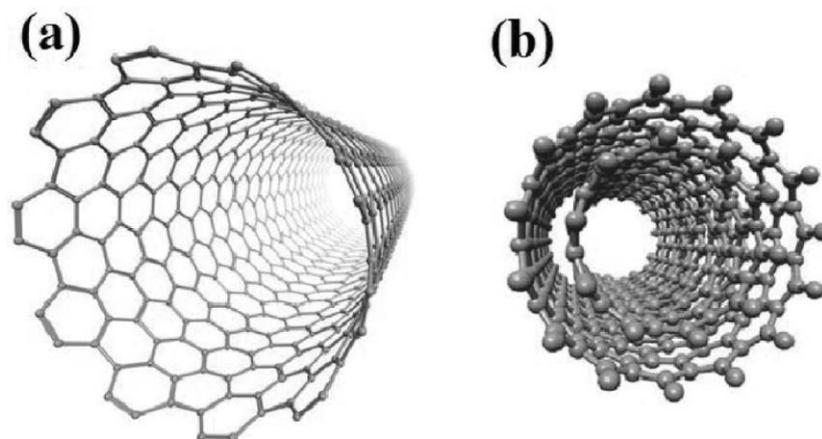


Figura 1 – Diagrama esquemático de nanotubos de carbono (a) de parede simples (NTCPS), (b) de paredes múltiplas (NTCPM). Extraído de Lima et al. (2017)

Assim, os nanotubos de carbono (NTC) vêm sendo empregados como forma de desenvolver materiais superiores aos originais, melhorando as propriedades dos compósitos. A literatura recente aponta uma melhora de desempenho de 19% na resistência à compressão e 25% na resistência à flexão com a incorporação de 0,5% de NTCPM em relação à massa de cimento (LI, et al.2005).

Segundo Andrade Junior (2019) uma causa importante da ocorrência de patologias estruturais se dá pela baixa qualidade dos materiais empregados na construção civil. Nesse sentido, o cimento nanoestruturado mostra-se um material superior quando comparado ao cimento convencional, o que pode ajudar a minimizar possíveis deficiências decorrentes do tempo ou de esforços mecânicos.

Villanueva (2015) apurou, em pesquisas realizadas pelo IBAPE-SP, que em construções com mais de uma década de existência, cerca de 60% dos danos que causam acidentes, são provocados por falhas estruturais.

Marcondes et al. (2015) afirma que as adições de nanotubos de carbono ao cimento promovem modificações importantes em sua microestrutura, o que por sua

vez permite a obtenção de concretos de melhor qualidade, quando se fala em resistência, porosidade e durabilidade.

Chaipanich (2010) provou em seu estudo que há uma significativa redução do tamanho médio dos poros das pastas de cimento Portland, quando da adição dos NTC ao composto cimentício, o que provoca também uma significativa melhora nas estruturas obtidas a partir destas pastas de cimento nanoestruturado, pois a diminuição do diâmetro dos poros tende a permitir que menos agentes agressivos penetrem no concreto.

Makar *et al.* (2005) afirmam que este efeito de durabilidade elevada ocorre devido ao aumento das ligações de aderência que se formam na microestrutura da massa.

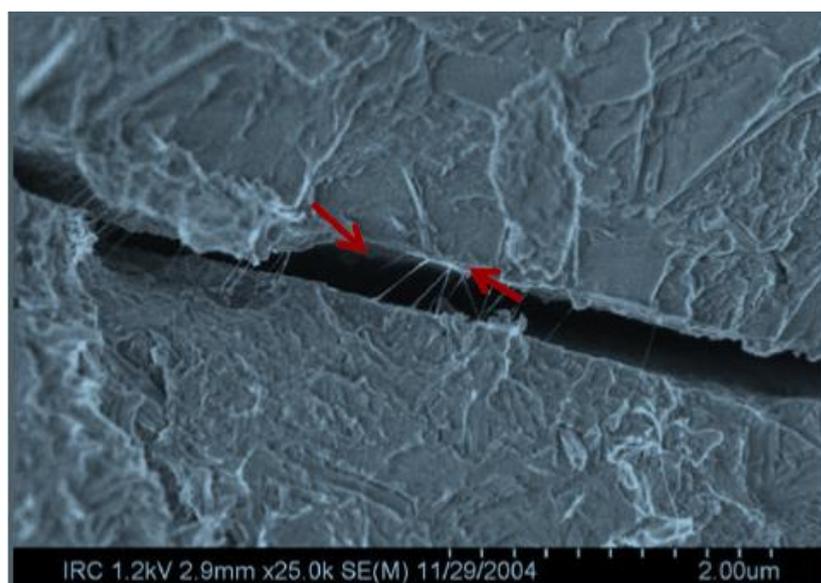


Figura 2. Ligações de aderência em microfissura na pasta de cimento Portland com adição de NTC. Extraído de Makar *et al.* (2005)

Souza *et al.* (2016) afirma que a adição de nanotecnologia ao cimento pode ser um grande avanço científico para este material, visto que o mesmo passou por poucas mudanças tecnológicas, a ponto de poderem ser consideradas evoluções. Especialmente quando se fala da adição de NTC ao clínquer do cimento Portland, observam-se resultados promissores quanto no ganho de propriedades mecânicas e de parâmetros relacionados à durabilidade.

Ainda de acordo com Souza *et al.* (2016) adições entre 0,1% e 0,3% de NTC ao cimento, através do clínquer nanoestruturado, são suficientes para uma melhora

do concreto final quanto ao ganho de resistência, quando comparado ao concreto convencional, sem a adição destes nanomateriais.

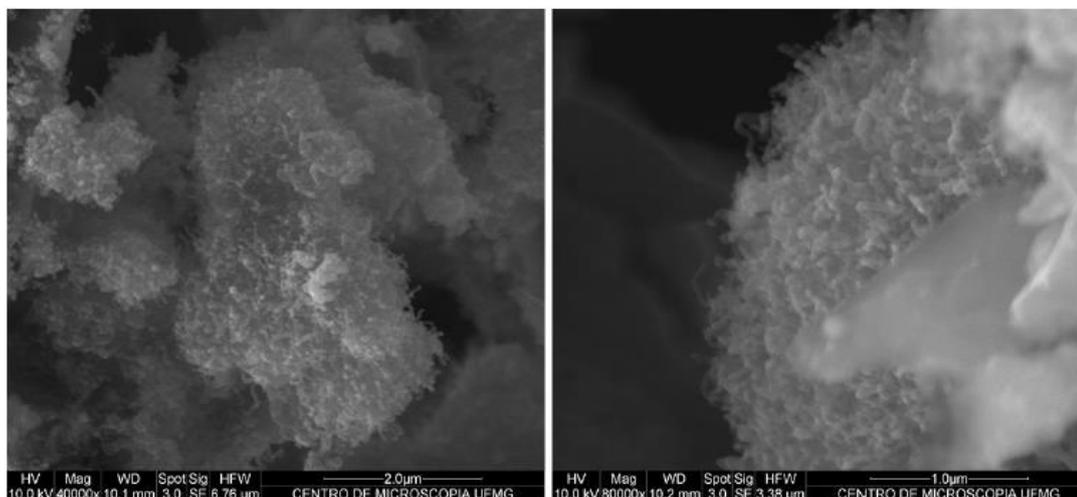


Figura 3: Imagem do clínquer nanoestruturado obtida por de microscopia eletrônica de varredura de elétrons (MEV). Extraído de Souza *et al.* (2016)

Soares *et al.* (2018) salienta também que quando os NTC são incorporados às pastas de cimento através de uma mistura física, acabam por fazer com que estas pastas tenham sua trabalhabilidade reduzida, pois devido à elevada área superficial específica destes nanomateriais ocorre um significativo aumento da viscosidade da pasta em seu estado fresco, o acarreta em uma melhor aplicabilidade para o fim que se destina. Os estudos reológicos realizados por este autor reafirmam a melhora da porosidade mecânica do concreto nanoestruturado devido ao melhor adensamento da pasta.

Embora com bastante potencial de desenvolvimento, as tendências de aglomeração dos NTC em matrizes cimentícias configura-se no grande desafio de uso deste material. As forças de Van der Waals atuantes ocasionam a aglomeração dos NTC (BHARJ *et al.*, 2014).

Para diminuição deste problema, é preciso que a dispersão destes materiais seja feita de maneira adequada, de forma a maximizar a área de contato interfacial entre os NTC e a matriz do clínquer, melhorando a distribuição de esforços no compósito como um todo (SILVA *et al.*, 2016).

Ainda conforme Silva *et al.* (2016), uma das possíveis formas de se minimizar este tipo de ocorrência é através da simples agitação mecânica da suspensão aquosa

contendo os NYCs. Quando a agitação simples não for eficaz, pode-se associá-la tratamentos de ultrassom ou de origem físico/química.

Borba (2013) afirma que o ultrassom é uma importante ferramenta na dispersão das aglomerações dos NTC, pois cria uma tensão de cisalhamento entre os nanotubos, fazendo com que o tensoativo possa penetrar com mais facilidade nos mesmos e torne sua separação mais facilitada.

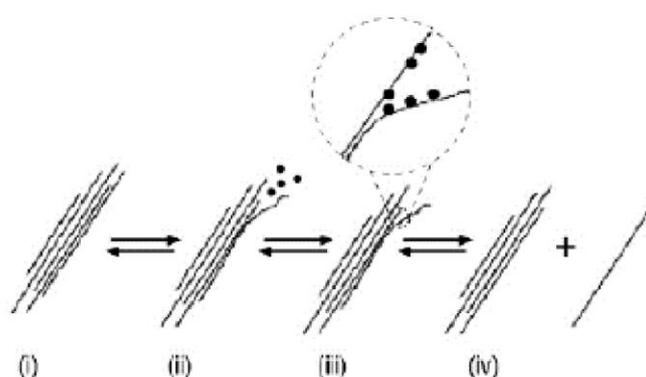


Figura 4 - Mecanismos de separação dos nanotubos de carbono em uma dispersão estabilizada por ultrassom.

Extraído de Lemes (2018).

As propriedades mecânicas, elétricas e químicas dos NTC superam os aspectos negativos e tornam este material potencialmente importante para ser usado como reforço estrutural em compostos cimentícios. Estima-se que os nanotubos de paredes simples (NTCPS) tenham em torno de 1,4 TPa de módulo de elasticidade e sua densidade ser próxima de 1,33 g/cm³, o que em simulações de mecânica molecular, permitiu concluir que a deformação dos NTC fique em torno de 20% e 0,3% quando sob uma tensão de tração na ordem de 100 GPa e se mantenha estável, na maioria dos casos, quando sob trações de até 200 GPa (TRAGAZIKIS *et al.* 2016; MUNIR e WEN, 2016).

Infelizmente, ainda existem poucos estudos que relatem sobre a experiência da utilização dos NTC na área da engenharia civil, especialmente no tocante à adição dos NTC ao cimento para a obtenção de novos tipos de concretos ou argamassas (MELO, 2009).

3. METODOLOGIA

A metodologia empregada na pesquisa para desenvolver os objetivos seguiu a abordagem qualitativa de cunho bibliográfico. A fundamentação teórica da pesquisa está apoiada em autores como: Tragazikis *et al.* 2016; Knuth *et al.* (2016); Silva *et al.* (2016); Munir (2016); Villanueva (2015); Soares *et al.* (2018), dentre outros.

Durante o desenvolvimento do trabalho foram analisados alguns estudos divulgados entre os anos de 2014 e 2020, tendo como principais fontes de pesquisa as ferramentas de busca *Scientific Electronic Library Online (SciELO)* e *Google Acadêmico*.

Por se tratar de uma pesquisa comparativa teórica desenvolvida a partir de dados secundários, na impossibilidade de realização de estudos laboratoriais, os resultados obtidos pelos autores Melo (2009); Reis (2013); Lima *et al.* (2017) e Marcondes *et al.* (2015) foram tratados como alicerçadores dos resultados aqui apresentados e como norteadores das análises feitas, onde se discutiu uma possibilidade de emprego da nanotecnologia para a prevenção de patologias estruturais comuns a componentes que utilizam o concreto obtido da mistura de cimento Portland.

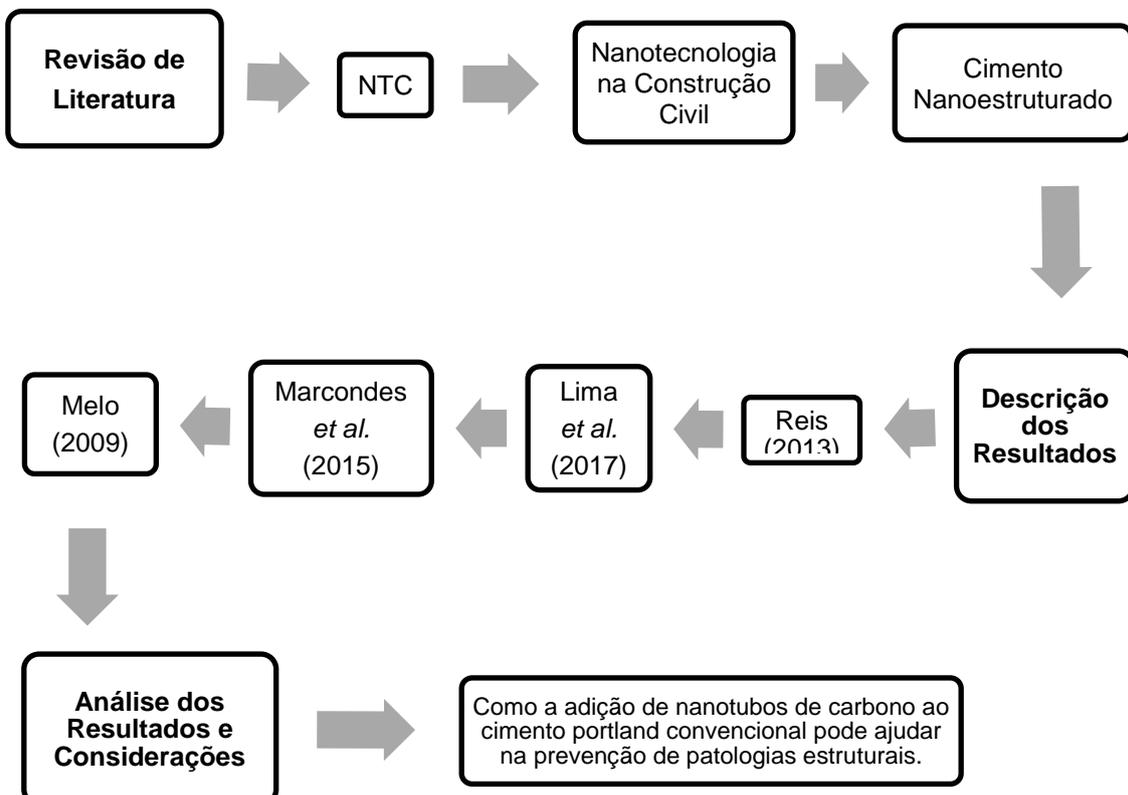


Figura 5 – Etapas da pesquisa. Elaborado pela autora (2021).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados apresentados a seguir foram descritos a partir das análises feitas por quatro autores que estudaram temáticas semelhantes a esta aqui abordada, sendo eles Melo (2009); Reis (2013); Lima *et al.* (2017) e Marcondes *et al.* (2015).

Resultados obtidos por Reis (2013) apontam que o cimento Portland II convencional possui em média um FCK (resistência característica do concreto à compressão) de 32Mpa e após a adição de nanotubos de carbono à sua composição, o FCK final pode chegar a uma resistência final de 200Mpa.

O autor salienta que devido ao alto custo de produção, ainda não é possível encontrar o cimento nanoestruturado no mercado brasileiro, e nesse sentido, as pesquisas mais promissoras que vêm sendo desenvolvidas buscam viabilizar a comercialização deste cimento, que resulta em concretos mais resistentes, ideais para serem utilizados em obras de grande porte.

Reis (2013) enfatiza que os estudos realizados pelo Laboratório de Nanomateriais do Departamento de Física da UFMG, ligado ao Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno (CTNano/UFMG) são os mais adiantados com relação ao custo benefício do cimento nanoestruturado, estudando a geração de NTC a partir do próprio clínquer do cimento Portland, o que diminuiria o custo de produção em quatro vezes e tornaria viável sua utilização em larga escala.

Por sua vez, Lima *et al.* (2017) afirma em suas análises que adições de 0,3% de nanotubos de carbono em relação ao concreto são capazes de promover até 37% de aumento na resistência à compressão e entre 18% e 24% de aumento na resistência a tração, além de diminuir a porosidade do concreto após a cura.

Ainda de acordo com Lima *et al.* (2017), a adição de NTC às misturas de argamassas cimentícias promove também outras vantagens, como a prevenção de fissuras em escalas nanométricas e melhoria na durabilidade geral do componente estrutural feito a partir do concreto nanoestruturado, uma vez que os poros finos da

matriz de cimento são reduzidos, diminuindo a ação dos fenômenos de capilaridade e, conseqüentemente, melhorando sua resistência a ataques químicos.

Lima *et al.* (2017) trazem ainda uma comparação entre a resistências dos NTC de paredes simples (SWNT) e de paredes múltiplas (MWNT) a outros materiais usados na construção civil:

	Resistência a tração (GPa)	Módulo de Young (GPa)	Densidade	Resistividade elétrica ($\Omega \cdot \text{cm}$)	Condutividade térmica (W/mK)
SWNT	20-100	500-1500	~1.3	1.00E-4	6000
MWNT	10-60	200-1000	2.16	1.00E-4	200-3000
Aço	0.4	200	7.86	1.60E-7	52.9
Alumínio	0.11	70	2.71	2.82E-8	237

Figura 6: Comparação de resistência dos NTC a outros materiais. Universidade do Minho – Escola de Engenharia (2013). Extraído de Lima *et al.* (2017).

Conforme a figura 6 se pode inferir que a resistência dos nanotubos de carbono é, em teoria, cerca de 100 vezes maior que a do aço e os NTC são, ainda, cerca de sete vezes mais leves, o que o torna um material de excelência para a utilização em empreendimentos construtivos.

Já Marcondes *et al.* (2015) ressalta que um outro aspecto importante a ser considerado é que a dispersão uniforme de uma pequena quantidade de NTC à mistura de concreto faz com que as pontes de ligações resistentes sejam relacionadas com o cimento hidratado, o que contribui para a hidratação do concreto e impede a formação de micro cristais no produto final, mais uma vez, melhorando a resistência mecânica.

Em seus resultados, Marcondes *et al.* (2015) trata da adição de NTC a concretos de cimento Portland e aponta que quando se há a adição de NTC às misturas de concreto, há melhoras expressivas nos resultados das análises de resistência à compressão, como se pode observar no gráfico abaixo.

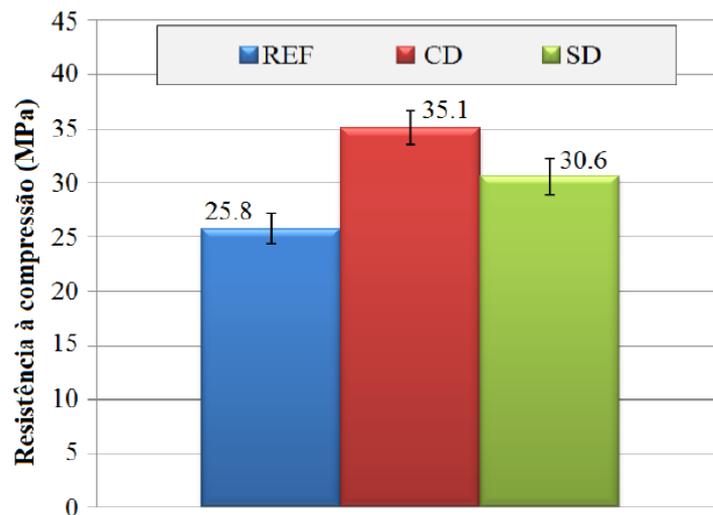


Figura 7: Resistência à compressão de concretos nanoestruturados.

Extraído de Marcondes et al. (2015)

Os autores utilizaram uma mistura de concreto feita com cimento nanoestruturado e aditivo plastificante (CD), uma outra feita com cimento nanoestruturado e sem aditivo plastificante (SD) e uma terceira, feita com cimento convencional e sem aditivo plastificante. Após o tempo de cura de 28 dias, observou-se ganhos positivos nas misturas onde foram adicionados os NTC.

Um outro ponto destacado pelas pesquisas de Marcondes *et al.* (2015) é que quando há a combinação de NTC e um aditivo plastificante (CD), a mistura de concreto ganha ainda mais resistência à tração e à compressão, tornando o concreto mais propício a ser usado em situações onde estará mais sob efeitos de cargas maiores.

Quanto à absorção de água pelas amostras de concreto, os resultados encontrados pelos autores apontam que a mistura feita com cimento nanoestruturado e aditivo plastificante torna-se mais resistente, devido a diminuição dos poros do concreto após a cura. Este resultado está também ligado à resistência do concreto a umidades, infiltrações e mofos.

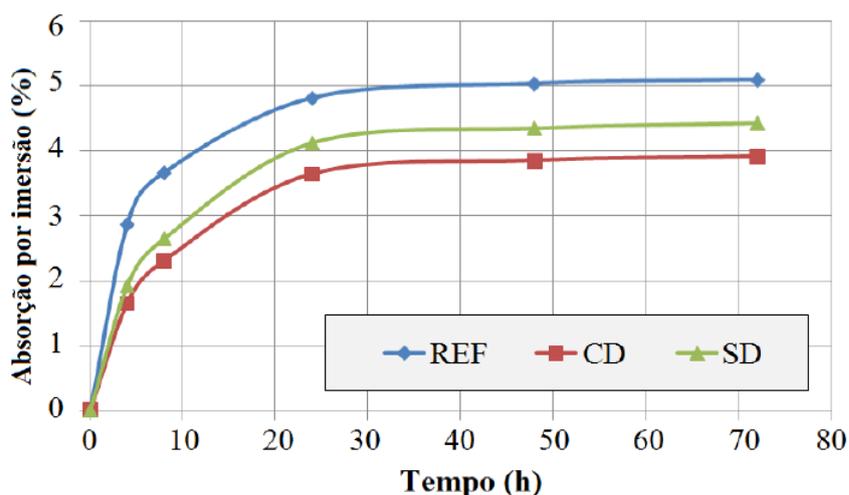


Figura 8: Resistência a água em condições de submersão.

Extraído de Marcondes et al. (2015)

Observações semelhantes haviam sido feitas por Melo (2009), que, ao comparar três amostras distintas em seus estudos, CN30 com adição de 0,3% de NTC, CN50 com adição de 0,5% de NTC e CN75 com adição de 0,0,75% de NTC, chegou aos seguintes resultados:

Idade	Parâmetros	CR	CN30	CN50	CN75
3 dias	Resistência média (MPa)	30,64	37,30	34,27	32,27
	Desvio padrão	1,26	3,14	2,49	1,47
	Coefic. de variação (%)	4,13	8,41	7,26	4,55
	% ganho/redução	-	21,73	11,84	5,33
7 dias	Resistência média (MPa)	40,20	43,40	37,15	34,92
	Desvio padrão	0,99	1,48	2,07	0,99
	Coefic. de variação (%)	2,45	3,41	5,59	2,83
	% ganho/redução	-	7,95	-7,60	-13,13
28 dias	Resistência média (MPa)	43,76	49,05	47,54	44,21
	Desvio padrão	2,61	3,90	4,13	1,13
	Coefic. de variação (%)	5,97	7,96	8,69	2,57
	% ganho/redução	-	12,10	8,64	1,04

Figura 9: Resistência à compressão em análise de três amostras.

Extraído de Melo (2009).

A partir dos quais, foi elaborado o seguinte gráfico que demonstra a resistência à compressão decorrido o tempo de cura de 28 dias:

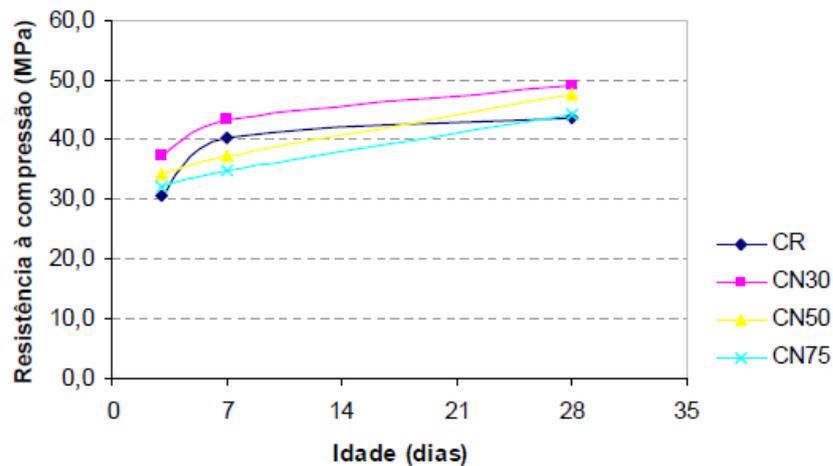


Figura 10: Evolução gráfica da resistência à compressão.

Extraído de Melo (2009).

Os resultados obtidos por Melo (2009) permitem inferir que as amostras C30 e C50, contendo diferentes adições de NTC, apresentam resultados maiores de resistência à compressão, quando comparadas à amostra C75 e, conforme o decorrer do tempo de cura, tomando por base a idade de referência de 28 dias, o ganho de resistência da amostra C30 foi de 12%.

Esse resultado aponta que existe uma faixa “ótima” para que a adição de NTC seja de fato benéfica ao concreto final, faixa esta que deve ser próxima ao valor de 0,3% da mistura de concreto. Percebe-se também que adições com valores elevados podem gerar um efeito rebote, causando perda de resistência (MELO, 2019).

A figura 11 permite observar os aspectos visuais dos corpos de prova utilizados pela autora em suas pesquisas:



Figura 11: Coloração dos corpos de prova: mistura base; CN30; CN50 e CN75, respectivamente. Extraído de Melo (2009).

Ainda baseando-se nos resultados obtidos por Melo (2009), os ganhos positivos da amostra CN30 também se mostraram relevantes quanto à resistência a tração, permitindo que se estabelecesse os seguintes padrões:

Idade	Parâmetros	CRM	CN30M	CN50M
3 dias	Resistência média (MPa)	2,42	3,26	2,51
	% ganho/redução	-	34,91	4,03
7 dias	Resistência média (MPa)	2,77	3,36	2,66
	% ganho/redução	-	21,16	-4,08
28 dias	Resistência média (MPa)	3,00	3,62	3,00
	% ganho/redução	-	20,78	0,00

Figura 12: Comparações de resistência à tração.

Extraído de Melo (2009).

A partir da tabela acima, Melo (2009) traz o seguinte gráfico, onde é possível observar a resistência à tração de acordo com o tempo de cura da mistura de cimento nanoestruturado e de cimento convencional:

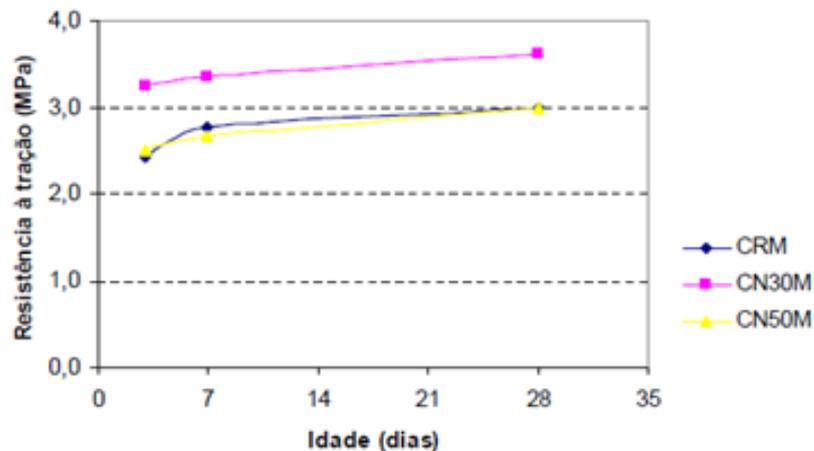


Figura 13: Comparações de resistência à tração.

Extraído de Melo (2009).

Novamente, o gráfico e a tabela permitem observar que os indicadores apontam para uma faixa ótima na mistura, por volta dos 0,3%, que confere ganhos nas propriedades mecânicas do concreto sem que as aglomerações dos NTC prejudiquem o resultado final dos produtos obtidos.

4.1. Análise dos Resultados

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil brasileira, devido às características como resistência a água, praticidade de manuseio e resistência à compressão e boa oferta de mercado, fato este que ressalta a importância de estudos para o aprimoramento deste material, de maneira a atender as demandas nacionais.

Conforme os resultados dos quatro estudos analisados, as adições com volumes acima de 0,3% de NTC, em comparação ao volume da mistura final, não mostraram valores relevantes quanto ao ganho de resistência mecânica quando comparadas às misturas de cimento convencionais e isso pode ter ocorrido devido às aglomerações de NTC causadas pela elevada porcentagem de mistura.

De maneira geral, o aumento da resistência do concreto está diretamente ligado à dispersão dos NTC adicionados à matriz cimentícia. Caso esta dispersão ocorra de maneira homogênea, os nanotubos ligam-se com o silicato de cálcio hidratado e com o próprio componente granular da mistura, sem que ocorram aglomerações. O resultado é uma mistura de concreto mais densa e mais resistente.

Estes são resultados são expressivos quando se fala em concreto estrutural, pois ganhos dessa proporção em resistência são considerados avanços tecnológicos importantes para este tipo de material.

A faixa ótima para a adição de nanotubos de carbono ao concreto estrutural fica em torno de 0,3%, conforme apontado pelos autores analisados, valor este que proporciona as modificações desejadas na microestrutura do cimento, conferindo maior resistência mecânica e durabilidade ao concreto final.

Nesse sentido, e tendo em vista que a resistência do concreto final varia em função de seu tempo de cura, a adição de nanotubos de carbono gera uma proteção ao concreto, aumentando seu FCK final.

O concreto nanoestruturado obtido então, possui propriedades que conferem à estrutura final uma maior resistência à tração e uma maior durabilidade, aumentando a vida útil da estrutura e diminuindo a ocorrência de patologias, como fissuras, rachaduras e ações agressivas do ambiente.

Observa-se ainda que o concreto nanoestruturado, por possuir menos poros, retém menos umidade, contribuindo para uma maior resistência a mofos e infiltrações que a longo prazo podem danificar todo o empreendimento construído.

Assim, devido às suas características ótimas de baixa porosidade, resistência mecânica, superior condutividade elétrica e térmica e resistência a água, o concreto nanoestruturado torna-se ideal para empreendimentos construtivos de grande porte e obras submersas, pois sua resistência final em comparação aos concretos convencionais disponíveis no mercado é bastante superior.

Ainda neste sentido, dados de centros de pesquisas feitas em universidades brasileiras apontam conclusões positivas semelhantes, quando se avalia os ganhos nas principais características do concreto final, como resistência a tração e à compressão.

Importante considerar que são poucas pesquisas aprofundadas realizadas no território brasileiro, sendo necessário que estudos mais particulares sejam desenvolvidos de modo a se conhecer as potencialidades do concreto estrutural obtido a partir do cimento nanoestruturado.

Para tal, são necessários investimento em pesquisas nas áreas da ciência e da tecnologia, bem como interesses governamentais e políticos em incentivar e fortalecer as agências de fomento à pesquisa científica nacional.

Para estudos posteriores, sugere-se que se façam revisões sistemáticas para que se analise a bibliografia disponível sobre o concreto nanoestruturado em território brasileiro e se investigue de maneira aprofundada a evolução dos resultados encontrados e das análises feitas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adição de nanotubos de carbono ao cimento é o passo inicial para o estudo dos concretos estruturais nanoestruturados. Devido a ser um material de custo elevado, os estudos realizados até o momento limitam-se a pequenas quantidades do material, tendo como base para seus resultados, valores já pré-estabelecidos.

As propriedades mecânicas estudadas e aqui apresentadas são as mais comumente analisadas quando se fala em concretos estruturais, e embora se observe as potencialidades deste material, o alto custo e a falta de pesquisas específicas aprofundadas dificulta com que se vislumbre o uso do concreto estrutural nanoestruturado em larga escala no Brasil.

Ademais, os ganhos de resistência mecânica e durabilidade são expressivos, mesmo quando comparados aos concretos provenientes de outras misturas para ganhos de resistência. As características de aumento de durabilidade também devem ser investigadas, pois a longo prazo os concretos estruturais nanoestruturado podem ser uma solução para problemas estruturais decorrentes da ação do tempo.

Por fim, salienta-se a necessidade de estudos específicos sobre o tema, pois por se tratar de um material novo, o campo para a utilização de cimento nanoestruturado se mostra bastante amplo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE JUNIOR, P. R.; REIS, E. A. P. dos. **Reforço de estruturas de concreto armado com aplicação de compósito polimérico com fibra de carbono. Vantagens e desvantagens.** Etic 2019 – Encontro de Iniciação Científica. Disponível

em: <<http://intertemas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/view/7824>>. Acesso em 20 de agosto de 2020.

BHARJ, J.; SINGH, S.; CHANDER, S.; SINGH, R. **Role of Dispersion of Multiwalled Carbon Nanotubes on Compressive Strength of Cement Paste**. International Journal of Mathematical, Computational, Physical and Quantum Engineering. v. 8, n 2, p. 340-343, 2014.

BORBA, A. P. B.; MATSUNAGA, A. S.; FRAN CZAK L. R. **Uso de nanotubos de carbono na confecção de argamassas de reparo: Efeito nas propriedades mecânicas e absorção de água**. [Trabalho de conclusão de curso]. Curitiba: Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná; 2013.

CHAIPANICH, A., NOCHAIVA, T., WONGKEO, W., TORKITTIKUL, P. **Compressive strength and microstructure of carbon nanotubes–fly ash cement composites**. Materials Science and Engineering: A, v.527, n.4-5, p. 1063–1067, 2010.

KNUTH, D.; GONÇALVES, M. R. F.; SILVA, R. M.; KNUTH, F. A. **Reforço em compósito de cimento Portland através da adição de nanotubos de carbono de paredes múltiplas**. TECNO-LÓGICA, Revista do depto. de Química e Física do depto. de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias e do Mestrado em Tecnologia Ambiental. Santa Cruz do Sul, v. 20, n. 2, p. 140-144, Jul/Dez. 2016.

LEMES, S. P. S. **Caracterização do comportamento mecânico e térmico de argamassas de cimento Portland com adição de nanotubo de carbono**. Rev Cient Fac Educ e Meio Ambiente [Internet]. 2018;9(2): 734-744. doi: <http://dx.doi.org/10.31072/rcf.v9i2.714>.

LI, G. Y.; WANG, P. M.; ZHAO, X. **Mechanical behavior and microstructure of cement composites incorporating surface-treated multi-walled carbon nanotubes**. Carbon, n. 43, p. 1239-45, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 20 de agosto de 2020.

LIMA, Y. O.; SILVA, J. A.; SILVA, G. S. **Potencial dos nanotubos de carbono no setor da construção civil**. Ciências exatas e tecnológicas. Maceió, v. 4, n. 1, p. 211-222. Maio 2017.

MAKAR, J., MARGESON, J., LUH, J. **“Carbon nanotube / cement composites – early results and potential applications”** in: International Conference on Construction Materials: Performance, Innovations and Structural Implications, 2005, v.3., pp. 1-10.

MARCONDES, C. G. N.; MEDEIROS, M. H. F.; FILHO, J. M.; HELENE, P. **Nanotubos de carbono em concreto de cimento Portland: Influência da dispersão nas propriedades mecânicas e na absorção de água**. Revista ALCONPAT - Revista da Associação Latinoamericana de Controle de Qualidade, Patologia y Recuperação da Construção, Volumen 5, Número 2, Mayo - Agosto 2015, Páginas 96 – 113.

MELO, V. S. **Nanotecnologia aplicada ao concreto: efeito da mistura física de nanotubos de carbono em matrizes de cimento Portland**. [Dissertação]. Belo

Horizonte: Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais; 2009.

MUNIR, K. S.; WEN, C. **Deterioration of the strong sp^2 carbon network in carbon nanotubes during the mechanical dispersion processing** – A review, Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences, v. 0, p. 1-20, 2016.

PAULO, F. A.; CAETANO, P. J. M.; GERALDO, V. **Aplicações da nanotecnologia na construção civil: análise experimental em argamassa expansiva com nanotubos de carbono**. Revista Pensar Engenharia, v.3, n. 1, Jan./2015.

REIS, E. **Aspectos relevantes da nanotecnologia e a sua aplicação na construção civil**. IPOG – Revista Especialize Online. Aracaju-SE, v. 1/2013, nº 006, p.1-19, dezembro. 2013.

SILVA, C. G. **Nanotecnologia – manipulando a matéria na escala atômica**. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, nº 206, p. 43-47, 2004.

SILVA, L. J.; OLIVEIRA, P. H. D.; PANZERA, T. H.; RUBIO, J. C. C. **Efeito da adição de nanotubos de carbono e aditivo superplastificante nas propriedades físico-mecânicas de pastas de cimento portland**. 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais 06 a 10 de novembro de 2016, Natal, RN, Brasil.

SOARES, P. A.; CALIXTO, J. M.; LADEIRA, L. M.; SOUZA, T. C.; KITTEN, E.; Pinto, G. **Caracterização Reológica de Pastas de Cimento Portland CIII 40 RS com incorporação de Nanotubos de Carbono sintetizados diretamente sobre o clínquer**. ANAIS DO 60º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2018 – 60CBC2018.

SOUZA T. C. C.; CALIXTO, J. M. F.; LADEIRA, L. M.; SILVA, P. H. V.; DIAS, A. E. S. **Resistências mecânicas nas primeiras idades de pastas de cimento fabricado com nanotubos de carbono sintetizados diretamente sobre clínquer**. ANAIS DO 58º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2016 – 58CBC2016.

TRAGAZIKIS, I. K.; DASSIOS, K. G.; EXARCHOS, D. A.; DALLA, P. T.; MATIKAS, T. E. **Acoustic emission investigation of the mechanical performance of carbon nanotube-modified cement-based mortars**, Construction and Building Materials, v. 122, p. 518-524, 2016.

VILLANUEVA, M. M. **A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação**. Rio de Janeiro: UFRJ. Escola Politécnica, 2015.

VIABILIDADE TÉCNICA DE IMPLANTAÇÃO DE CEMITÉRIO VERTICAL ECOLÓGICO NA CIDADE DE TRÊS RIOS/RJ

ACADÊMICOS: Camargo Silva / Patrícia dos Santos Eduardo

ORIENTADOR: Rita de Cássia Teixeira Assis

LINHA DE PESQUISA: Sustentabilidade

RESUMO

Com a crescente multiplicação da população, os locais para sepultamento em várias cidades estão ficando comprometidos com a falta de espaço, além disso há uma poluição do lençol freático derivado da falta de tratamento do necrochorume que percola pelo solo, atingindo as águas subterrâneas e dos gases que são altamente tóxicos oriundos da putrefação dos cadáveres. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise técnica para implantação do cemitério vertical ecológico na cidade de Três Rios. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica, juntamente com estudos das legislações de domínio e consultas aos órgãos responsáveis das esferas municipais, estaduais e federais. Uma pesquisa no Google Maps também foi feita, a fim de identificar o local ideal dentro do padrão normativo estabelecido pelos órgãos ambientais, nas leis do Conama, no Plano Diretor da cidade, entre outros. Os resultados apontam uma boa alternativa para realizar a implantação do cemitério vertical fora do domínio urbano, reduzindo o impacto direto na cidade, proporcionando maior conforto aos usuários, num local mais agradável e apropriado. Esse modelo deve ser executado seguindo a normatização determinada pelo Conama, bem como as NBR's, a fim de garantir a segurança e a fácil locomoção para todos, além de dispor de um sistema com vedação e captação dos líquidos e gases, onde todos esses resíduos são coletados e tratados de forma ecológica, sem causar poluição. Sendo assim, conclui-se que o cemitério vertical trará diversos benefícios ao meio ambiente contribuindo para a sustentabilidade da cidade.

PALAVRAS-CHAVE: Cemitério vertical; Legislações ambientais; Sustentabilidade.

1.INTRODUÇÃO

Os cemitérios convencionais existentes se dividem em horizontais e do tipo parque jardim, modelos que por sua vez geram grandes impactos ambientais devido ao risco de contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas. No período de decomposição, os corpos liberam agentes patogênicos e algumas substâncias pesadas (MIGLIORINI,1994).

Culturalmente a população não conhece sobre os aspectos ambientais no cenário brasileiro quanto aos sepultamentos nos cemitérios convencionais, visto que no quesito ambiental o cemitério como fonte de poluição acaba sendo ignorado e dessa forma a população não tem nenhum tipo de conhecimento sobre os sepultamentos, os quais podem ser comparados a um aterro sanitário que gera um necrochorume de líquido viscoso de cor castanho acinzentado e fétido (ANJOS, 2013).

Um dos maiores impactos nesses cemitérios são os problemas de ordem estrutural e ambiental, que vão da conservação dos túmulos até os agentes patogênicos instaurados naquele solo (BIANCHINI e FANK, 2014).

Esse modelo construtivo, de cemitério vertical ecológico, oferece grande eficiência na redução de área quadrada por lóculo comparado aos cemitérios horizontais, isento de contaminação do solo e águas subterrâneas e superficiais, oferecendo conforto e comodidade para realizar os sepultamentos, mesmo em dias chuvosos e noturnos, contando com segurança local, podendo oferecer um lugar mais agradável.

Essa prática tende a trazer benfeitorias na questão ambiental, ecológica e estrutural para a cidade local e arredores, preservando os recursos hídricos e promovendo uma estrutura otimizada onde as pessoas poderão desfrutar do seu uso continuamente sem que haja contaminação (CAMPOS, 2007).

Tendo em vista as informações apresentadas, o objetivo deste estudo é apresentar um novo método de sepultamento que vem quebrando paradigmas, mitigando as possíveis formas de contaminação, otimizando a área de ocupação e estruturação de um cemitério horizontal, fornecendo um serviço de qualidade e promovendo um ambiente satisfatório no quesito organização, conforto visual e ambiental.

Trabalhos como este são relevantes para que novas possibilidades sejam analisadas e avaliadas, estimulando a implantação de cemitérios verticais ecológicos, mantendo o meio ambiente livre de quaisquer contaminações e que, diretamente, podem impactar na saúde das pessoas residentes nas proximidades. Pretende-se, também, propor um modelo para que cidades vizinhas possam se empenhar em realizar esse empreendimento e contribuir para pesquisas futuras.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Atualmente a sociedade vem enfrentando obstáculos com a insuficiência de matérias-primas bem como fontes naturais para fabricação de inúmeros produtos, devido à falta de planejamento adequado. A finalidade de um empreendimento sustentável tem justamente o objetivo de impedir que os recursos naturais sejam exauridos das gerações futuras (MAULEN; MARINHO; ETEROVIK, 2019).

Dessa forma, e devido ao fato de grande parte da população brasileira habitar em área urbana, os municípios se tornaram o núcleo de problemas como contaminação e desperdício de fontes naturais. Diante disso os municípios têm de se reconstruir, de modo que o futuro das gerações vindouras não seja comprometido, mas sim que tenham um mundo melhor no qual residem no momento atual (MAULEN; MARINHO; ETEROVIK, 2019).

Assim, a ideia de cemitério vertical pode ser considerada como inovadora, no entanto, no Brasil, em 1930 já se encontrava construções desse modelo, na cidade de Porto Alegre. Porém, um assunto pouco difundido, dispendo de uma pequena quantia de empreendimentos com esse propósito no país. Alguns que se evidenciam encontram-se nas cidades do Rio de Janeiro, Santos, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre. O Memorial Necrópole Ecumênica situado em Santos, na cidade de São Paulo, desde 1983, se destaca por ser o maior de toda a América Latina. “A inserção de cemitérios verticais vem sendo implementada em diversas cidades que possuem uma quantidade de habitantes relativamente alta e uma taxa de mortalidade iminente que não se enquadra nos parâmetros de cemitérios convencionais” (MARQUES, 2018).

Com o crescente número de óbitos e o aumento da população, bem como a falta de planejamento e estruturação fizeram com que os cemitérios horizontais e parques jardins, local onde os sepultamentos são feitos em construções de concreto

ou alvenaria sem nenhum tipo de cuidado especializado, ficassem inviáveis, provocando impactos ambientais em grande escala (CANDURO; RIBEIRO, 2018).

Nesse sentido, as resoluções do CONAMA 335/03 e 402/08, regulamentam e estabelecem alguns critérios básicos que obrigatoriamente devem ser executados na elaboração de projetos e implantação dos cemitérios. Garantindo assim a decomposição do corpo humano bem como cuidados com a prevenção de contaminação do solo e das águas subterrâneas.

“Usualmente, cemitérios horizontais que não dispõem de tratamento dos líquidos e gases gerados pela decomposição, são fontes constantes de poluição visto que mesmo após saturados continuam em operação” (TOCHIME, 2015).

Assim, se sabe que elementos radioativos tem um alto teor de toxicidade e são considerados de alto risco para a vida humana, portanto “pacientes que foram tratados com sessões de radioterapia e tiveram aplicações em seus corpos de aparelhos com fonte alimentadora material radioativo oferecem risco iminente se disposto em solo e houver contato humano, como por exemplo o marcapasso que contém plutônio” (FIGUEIRA, 2003).

Ainda nesse contexto, em sepulturas de cadáveres que obtiveram incidência de radioatividade foram identificados vestígios num raio de 200 metros, outro fator agravante é que os materiais radioativos são solúveis em contato com a água (BORTOLOTTI, 2009).

Com o decorrer dos anos novas tecnologias foram surgindo com a ideia de mitigar os problemas ambientais em cemitérios horizontais, tendo em vista um novo modelo que é disposto em forma de prédios com vários pavimentos que se autodenomina cemitério vertical, onde apresenta um “sistema de inativação dos gases do necrochorume que é realizado através da circulação do ar entre os lóculos, uma vedação eficiente é aplicada, evitando a passagem dos gases para as áreas de acesso” (TOCHIME, 2015).

Dessa maneira, os cemitérios verticais surgiram como alternativa para suprir as necessidades das grandes cidades na otimização do espaço em função do crescimento populacional e o cuidado com o meio ambiente se tornando uma opção ecologicamente correta. “O modelo de cemitério vertical está se desenvolvendo no Brasil, mas ainda tem o número bastante reduzido visto que em 2013 um levantamento mostrou apenas 17 cemitérios verticais” (ALBERTIN, *et al.*, 2013).

Por fim, se pode afirmar que “o costume de dispor corpos humanos em cemitérios convencionais do tipo horizontal é o mais empregado, se analisada as questões socioeconômicas, bem como a formalidade religiosa cultural, porém, esse modelo é o principal causador de contaminação” (BIANCHINI e FANK, 2014) que poderia ser evitada, uma vez que fosse implementado o modelo vertical, já amplamente comprovado a sua eficiência em questão de falta de espaço físico e contaminação do solo, ar e água.

3. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa classificada como aplicada, exploratória, do tipo estudo de caso, com abordagem qualitativa.

Segundo Vergara (2013), a pesquisa de classe aplicada é em especial aguçada pela necessidade em esclarecer problemas concretos; imediatos ou não. Tem por sua vez propósito prático.

De acordo com Gil (2010), o tipo de pesquisa a que se faz alusão (exploratória), tem o intuito de trazer maior cordialidade com o óbice, deixando-o mais coerente. Sendo assim o propósito desta pesquisa é acrisolar ideias, a fim de venerar diversas particularidades ao caso estudado, indubitavelmente sua elaboração é de extrema flexibilidade.

Yin (2001), afirma que o estudo de caso é o método escolhido ao se estudar uma eventualidade contemporânea, no entanto quando não se pode manobrar comportamentos consideráveis.

Segundo Bruyne, Herman e Schoutheete (1977), o estudo de caso defende seu conceito por agregar conhecimentos múltiplos e aprofundados que proporcionam encadear todo fragmento. A riqueza dos conhecimentos esmiuçados ampara o investigador a maior sapiência e numa imaginável conclusão de um estorvo referente à temática extraída.

Conforme Prodanov e Freitas, (2013), existe uma compatibilidade prática entre a realidade atual e o sujeito, ou seja, uma combinação inerente entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não é capaz de ser retratado em números. A interpretação dos acontecimentos e o domínio de conceitos são essenciais no desenvolvimento da pesquisa qualitativa. Esta não solicita o uso de artifícios e meios para análise e comparação de dados. O ambiente corriqueiro é o fundamento direto com finalidade de coletar dados e o investigador é o instrumento-chave. O trabalho percorrido será desenvolvido baseando-se em uma revisão bibliográfica, bem como o estudo das legislações de domínio e consultas aos órgãos responsáveis das esferas municipais, estaduais e federais. Como forma de ilustrar a proposta deste assunto, também se apresentou duas unidades de cemitérios verticais localizados em Santos-SP e Curitiba-PR, respectivamente, que demonstram as vantagens deste tipo de empreendimento. Os cemitérios foram escolhidos por se adequarem às demandas das legislações vigentes e serem exemplos para outros do tipo, além disso são construções possíveis de serem executadas na cidade analisada.

No Brasil, a carência sobre o assunto proporcionou uma extensa busca por conteúdos relacionados, especialmente do que tange ao processo construtivo.

O local escolhido para a viabilidade de implantação do cemitério vertical é uma área que tenha menos impacto pela ausência de flora e fauna, tendo uma elevação considerável em relação a cidade e possuir uma área disponível e extensa, essa preferência ocorre pela concepção desses empreendimentos serem locados em áreas urbanizadas.

A princípio foi realizada uma pesquisa no Google Maps a fim de identificar o local ideal, com o intuito de facilitar o projeto de implantação e possuir altitude dentro do padrão normativo estabelecido pelas legislações do governo Federal, Estadual e Municipal.

Através de pesquisas realizadas nos órgãos ambientais, nas leis do Conama, Plano Diretor da cidade, Código de meio ambiente, entre outros órgãos competentes, foram feitos levantamentos e análises para avaliação de possíveis riscos de poluição ambiental ao longo de sua elaboração e implantação do cemitério vertical, além da apresentação dos benefícios oriundos desse processo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CONDICIONANTES DO PROJETO

4.1.1 ÁREA ESCOLHIDA

O cemitério vertical ecológico tem como objetivo oferecer um local mais seguro e com medidas mais eficazes no que tange a poluição. Nesse local escolhido, haverá uma vista privilegiada da cidade para aqueles que visitarem seus entes queridos, que contará com variedade de fauna e flora, amplo estacionamento e praça de alimentação.

O local escolhido para a viabilidade de implantação do cemitério vertical ecológico foi na BR-393 no Km 173 norte, antiga Rio-Bahia próximo ao bairro Nova Niterói, optando por uma área que contemple a necessidade do empreendimento, visto que no centro da cidade é difícil encontrar tal área disponível, bem como o alto valor agregado ao terreno o que tornaria mais trabalhoso a implantação.

Seguindo uma linha de maior tranquilidade e maior contato com a natureza, a fim de proporcionar um ambiente mais agradável e tranquilo, a locação do empreendimento fora do centro da cidade tem melhor aproveitamento, bem como área propícia para a construção dispendo de 65.652,34m² conforme visto pelo Google Maps, livres para ocupação, a fim de obter melhor aproveitamento nesse espaço a ser utilizado para a implantação oferecendo um projeto amplo e harmonioso.

Essa localização de acordo com o Google Maps possui uma altitude de 300m, que coincide com o recomendado para que não se entre em Áreas de Preservação Permanente (APP), que são classificadas como topos de morro que possuem altitudes acima de 400m. Ademais é um local de fácil acesso e boa visualização por estar às margens da rodovia BR-393.

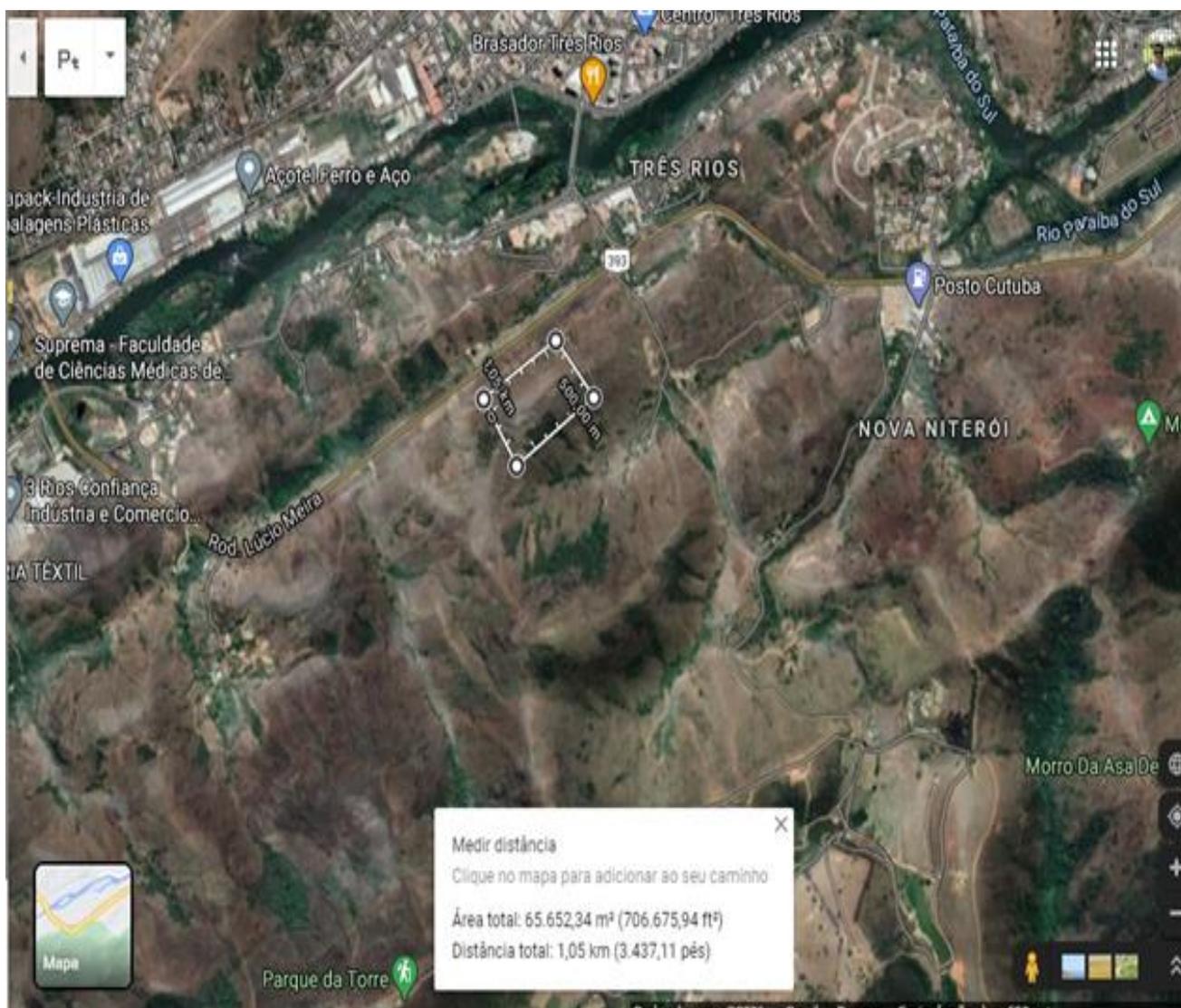


Figura 01: Zoneamento inicial. Fonte: Adaptado do Google Maps, 2021.

4.1.2 ANÁLISE DOS CONDICIONANTES LEGAIS

O Plano Diretor Urbano e Rural (PDUR) da cidade de Três Rios, Lei nº 3.906 de 02 de outubro de 2013, que em seu art. 9º é classificado como EOE (Eixo de Ocupação Estratégica), que atinge o conjunto de rodovias federais, estaduais e municipais que em seu perfil físico e operacional tem função como eixos de acessibilidade e de atratividade nas suas áreas lindeiras, trabalhando como vetor do desenvolvimento de crescimento urbano e poderão estar inseridos nas Zonas Mistas, Eixo de Comércio e Serviços 1 e 2 e Área Central.

Portanto, com base no art. 20º Lei nº 3982 Uso e Ocupação do Solo, estabelece que APP (Área de Preservação Permanente) são parcelas de terras que dispõem de características próprias do bioma de domínio da mata atlântica.

Fica estabelecido como Área de Preservação Permanente (APP) – quaisquer porções de terras situadas acima da cota de altitude de 400m (quatrocentos metros) em relação ao nível do mar, que são consideradas topo de morro, bem como todas as áreas localizadas às margens de cursos d'água.

Para a construção do cemitério vertical algumas observâncias nos alertam ao procedimento correto, que são estritamente importantes, referenciando o procedimento de construção dos lóculos que devem ser bem vedados para que os gases sejam impedidos de chegar aos locais de circulação dos visitantes, bem como dos trabalhadores.

De acordo com a Resolução do Conama 335/03 no art. 1º, instrui que os cemitérios verticais sejam acometidos por uma atividade de licenciamento ambiental conforme essa resolução, sem danos de outras normas cabíveis.

No art. 3º do Conama na fase de Licença Prévia (LP), apresentada na fase inicial do projeto de empreendimento, possuindo as exigências básicas e condicionantes a serem executadas nas suas fases de localização, implantação e operação, para análise da viabilidade ambiental daquele nas fases seguintes do licenciamento.

Licença de Instalação (LI), onde é permitido o início da implantação do empreendimento, deverão ser apresentados entre outros, os seguintes documentos: projeto do empreendimento que terá de conter plantas, memoriais e documentos assinados por profissional habilitado, projeto executivo contendo as medidas de mitigação e de controle ambiental.

Na construção de cemitérios verticais, também se observa a necessidade de adequação às NBRs vigentes, quanto à segurança, comodidade e usabilidade do empreendimento. Nesse sentido, se pode citar, principalmente, os parâmetros a seguir:

Segundo a NBR 9050 (2015), para que haja fácil acesso e equipamentos na edificação para pessoas que possuem mobilidade reduzida, é necessário dispor de rampas, acessos e circulações com dimensões que atendam às necessidades dos usuários, bem como os alcances manuais e auditivos, orientações visuais, piso tátil,

braille, formas de comunicação, sinalização e demais simbologias de identificação exigidas pela norma supracitada.

Por sua vez, a NBR 9077 (2001), trata sobre as definições sobre as saídas de emergência de edificações, e mantém a mesma, caso ocorra algum incêndio e quem estiver no local possa abandonar, de forma rápida e segura, sem sofrer os danos do incêndio, possuindo também amplo espaço interno de maneira que os bombeiros possam se locomover com rapidez e facilidade no combate ao fogo. Conforme o uso da edificação, tem-se as cargas de incêndio, que quanto maior essa carga, maior será o risco.

De acordo com a NBR 8160 (1999), o local atribuído que não possui rede de esgoto, deverá realizar o seu próprio tratamento de esgoto, apresentando as instalações devidas para o funcionamento, bem como sua dimensão.

Em seu art. 5º da Resolução do Conama nº 368/06 informa que o nível inferior das sepulturas necessitará se manter, no mínimo, a 1,5m (um metro e meio), acima do mais alto nível de lençol freático, com medições realizadas no fim da estação das cheias.

De acordo com a Resolução do Conama 335/03 em seu art. 8º diz que os corpos poderão estar em urnas construídas de materiais biodegradáveis, estar envolvidos por uma manta, sendo estritamente proibido o uso de material impermeável que venha impedir a troca gasosa do corpo com o envolvente, exceto casos previstos em legislação.

No art. 9º diz que os resíduos sólidos oriundos da decomposição dos corpos humanos restantes, deverão ser encaminhados para um local ambientalmente e sanitariamente adequado.

4.2 ESPECIFICAÇÕES CONSTRUTIVAS

A construção de um cemitério vertical é semelhante a de um edifício de dois ou mais pavimentos, como o cemitério vertical de Santos na figura abaixo. Ele teve sua construção iniciada na década de 80 e hoje conta com mais de 25 mil lóculos, distribuídos em dois prédios totalizando 40.000 m² de área construída. Possui vasta vegetação nativa e por sua imponência e estrutura foi incluído como ponto turístico da cidade local.



Figura 02: Cemitério Vertical de Santos. Fonte: Extraído de Memorial Necrópole Ecumênica, site oficial, 2021.

Uma das partes do cemitério que dispõe de um grupo de blocos são chamados lóculos onde os corpos são depositados, que ficam lado a lado por toda a extensão do edifício e outro bloco de frente com um vão de corredor para a circulação dos visitantes e possíveis manutenções.



Figura 03: Lócules do Cemitério Vertical de Curitiba. Fonte: Extraído de Cemitério Vertical de Curitiba, site oficial, 2021.

Nesse novo modelo de cemitério, onde os corpos ficam postos em gavetas isentos de total contato com o exterior, é feito um isolamento que se dá pela parte estrutural do lóculo e as tubulações que são bem vedadas, possuindo apenas uma abertura em sua parte frontal que dá acesso aos corredores. Quando sepultado um corpo, uma tampa é posta na parte frontal do lóculo com vedação em toda a peça, garantindo sua eficiência.

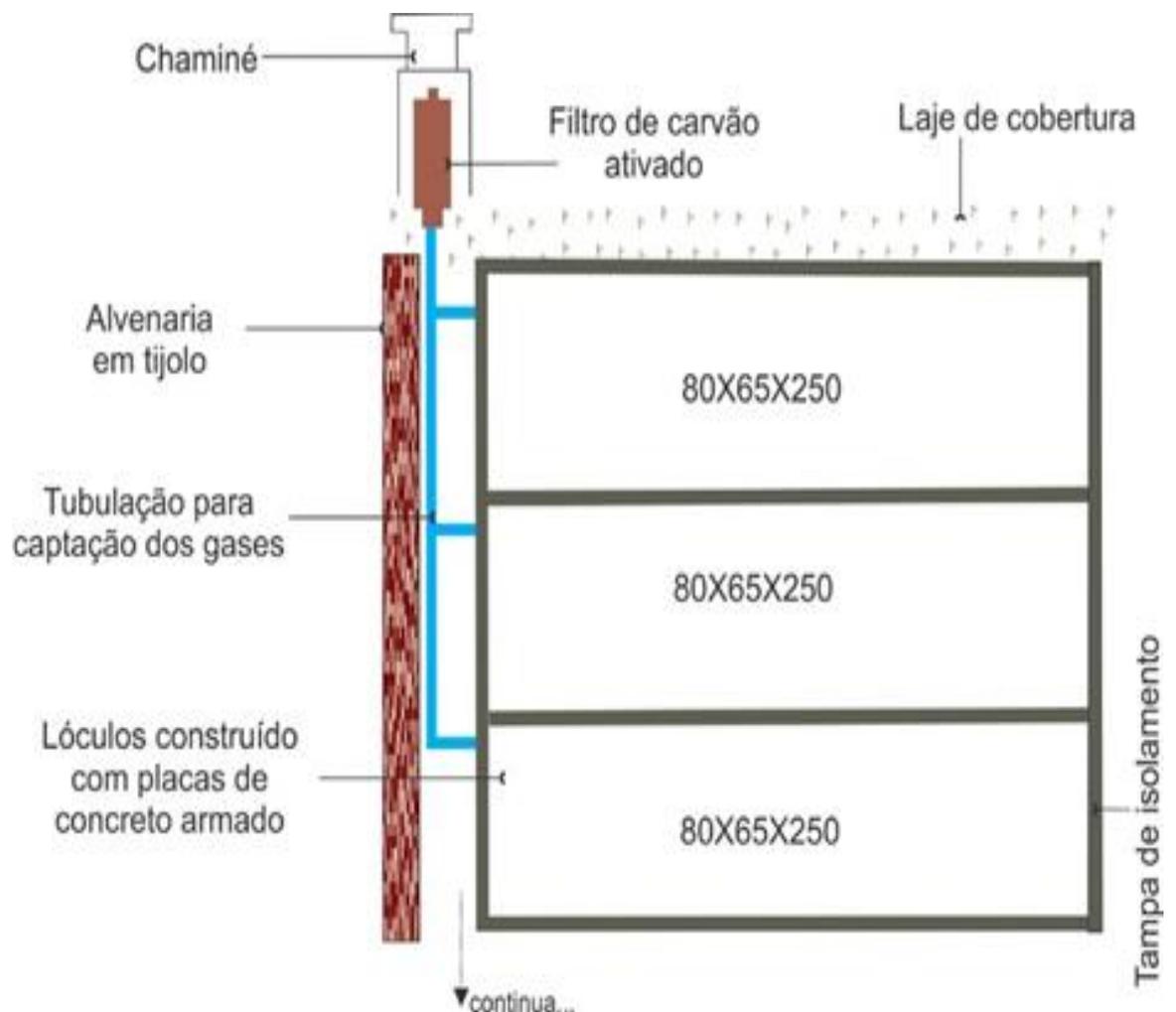


Figura 04: Esquema de funcionamento das gavetas. Fonte: Extraído de Albertin (2013).

Um sistema mais simples de filtragem é mostrado na figura acima, ilustrando o esquema de uma tubulação em cada lóculo que é responsável por captar esses gases, forçando a decomposição dos corpos a ser mais acelerada por fenômenos de pressão, temperatura e umidade, um corpo de aproximadamente 70 kg gera ao final de todo o processo cerca de 50 gramas. Nesse processo utiliza-se um filtro de carvão para filtrar os gases derivados dos lóculos, que após filtrados os gases já purificados são lançados na atmosfera através de uma chaminé.

Grande parte dos cemitérios verticais conta com o tratamento do necrochorume através de um aparelho chamado inativador de gases, que de acordo com o fabricante, possui custo efetivamente baixo, porém, sua manutenção deve ter alguns cuidados, pois, se houver algum tipo de vazamento, trará impactos ambientais e sociais.

É fundamental ter um equipamento ambientalmente correto para tratar os gases oriundos do processo de decomposição dos corpos, que são altamente tóxicos e nocivos à vida humana, evitando fenômenos como mumificação e saponificação.



Figura 05: Ossuário. Fonte: Extraído de Memorial Necrópole Ecumênica, site oficial, 2021.

A sala de ossuário é composta por várias urnas onde cada usuário tem a sua separadamente, que pós exumação do corpo, o mesmo é destinado a essa sala a fim de receber os restos mortais, posterior a passagem do tempo de decomposição.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise da viabilidade e normatização acerca da implantação de cemitério vertical.

Com base em estudos realizados sobre um modelo de cemitério vertical, foi identificado a necessidade de trazer esse modelo para a cidade de Três Rios, evitando uma contaminação contínua dos recursos naturais como solo, água e ar, a proliferação de doenças que são favorecidas por fungos, vírus e bactérias dependentes desse solo contaminado. Para isso, foram realizadas buscas da forma de construção e operação deste tipo de cemitério vertical, bem como os riscos. A falta de espaço é um fator agravante em cemitérios, visto que há uma dificuldade para alocação dos corpos em cemitérios horizontais com a crescente multiplicação da população.

Ademais, o trabalho apresentado permitiu observar que os impactos ambientais resultantes da construção de cemitérios verticais se resumem a implantação de um edifício, tais como poluição sonora, geração de resíduos, alteração das características do solo original.

Conclui-se que com a implantação do cemitério vertical tende a tornar o ambiente mais agradável, tranquilo e organizado, proporcionando a redução de impactos ambientais no solo, evitando a contaminação dos recursos hídricos, por ter uma coleta do necrochorume, e posteriormente um tratamento dos gases gerados antes de serem liberados ao ar livre, garantindo-se a saúde humana e ambiental.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, R. M. *et al.* **Análise de impacto ambiental e identificação de implantação e operação cemitério vertical.** Revista Agro@mbiente. On-line, (2013). Disponível em: <<https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/894>>. Acesso em: 08 out. 2020.

ANJOS, R. M. **Cemitérios: uma ameaça à saúde humana?** CREA - SC. Out. 2013 Disponível em:<<http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?-cmd=artigosdetalhe&id=2635#.U2KuDWpdUpo>>. Acessado em: 13 maio. 2014.

BIANCHINI, D. C.; FANK, J. C. **A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil.** Edição especial LPMA/UFSM 3777-3785. Rio Grande do Sul: Revista Monografias Ambientais – REMOA, 2014.

BORTOLOTTI, E.G.B.F. **Cemitérios Sustentáveis**, 2009. Disponível em: <<http://studylibpt.com/doc/1705916/cemit%C3%A9rios-sustent%C3%A1veis>>. Acesso em: 07 out. 2020

BRASIL Resolução CONAMA nº 335 de 03 de abril de 2003. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/>>. Acesso em: 06 out. 2020

BRASIL Resolução CONAMA nº 402 - 17 de novembro de 2008. **Dispõe sobre licenciamento ambiental de cemitérios.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/>>. Acesso em: 06 out. 2020

BRUYNE, P. de; HERMAN, J.; SCHOUTHEETE, M. de. **Dinâmica da pesquisa em ciências sociais: os pólos da prática metodológica.** Rio de Janeiro: F. Alves, 1977. 251 p.

CAMPOS, A. P. S. **Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial.** 2007. 141f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2007.

CANDURO, F.; RIBEIRO, C. S. **A atividade cemeterial no território brasileiro e o impacto aos recursos hídricos.** Encontro técnico AESABESP - 29º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente – Fenasan – Ifat - 2018.

CEMITÉRIO VERTICAL DE CURITIBA. Site oficial. Disponível em: <<https://www.cemiteriovertical.com.br/>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

FIGUEIRA, R. C. L. **Níveis de Pu-238 e Pu- 239+240 em amostras de sedimento marinho da costa sul do Brasil.** Revista brasileira de oceanografia – São Paulo, 2003.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/@-22.1240541,-43.2094178,821m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

MARQUES, R. O. **Estudo Preliminar de Cemitério Vertical para Natal - RN.** Trabalho Final de Graduação, Arquitetura e Urbanismo – UFRN, Natal, 2018.

MAULEN, I.; MARINHO C.; ETEROVICK R. **Cidades e Comunidades Sustentáveis** - Programa de Pós Graduação em Administração e Economia - PUC São Paulo, 2019.

MEMORIAL NECRÓPOLE ECUMÊNICA. Site oficial. Disponível em: <<https://memorialsantos.com.br/>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

MIGLIORINI, R. B. **Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos.** Estudo do cemitério Vila Formosa na bacia sedimentar de São Paulo – 1994. Dissertação de mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia – Universidade de São Paulo Instituto de Geociências, 1994.

NBR 9050 - 2015 **Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos.** Disponível em: <https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Comissoes/DireitosFundamentais/Acessibilidade/NBR_9077_Sa%C3%ADdas_de_emerg%C3%AAncia_em_edif%C3%ADcios-2001.pdf> Acesso em: 10 mar. 2021.

NBR 9077 - 2001 **Saídas de Emergência em Edifícios.** Disponível em: <http://abridef.org.br/conteudoExtra/abridef-arquivo-2016_07_05_09_49_50-361.pdf> Acesso em: 11 mar. 2021.

NBR 8160 - 1999 **Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e Execução.** Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17500/material/NBR%208160%20Sistemas%20prediais%20de%20esgoto%20sanit%C3%A1rio-%20projeto%20e%20execu%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 11 mar. 2021.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** 2ª edição Associação Pró- Ensino Superior em Rio Grande do Sul – ASPEUR Universidade Feevale (2013).

PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS RIOS - RJ, **Plano Diretor Urbano e Rural,** Lei nº 3.906 de outubro de 2013. Disponível em: <<https://cvtr.rj.gov.br/plano-diretor/>> Acesso em: 10 mar. 2021.

TOCHIME, M. H. **O necrochorume e a gestão ambiental dos cemitérios.** Revista on-line ipog especialize. Instituto de pós graduação - Santa Catarina - dez 2015.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração.** 12. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos** / Robert K. Yin; trad. Daniel Grassi - 2.ed. -Porto Alegre: Bookman, 2001.

VIABILIDADE TÉCNICA DE IMPLANTAÇÃO DE CEMITÉRIO VERTICAL ECOLÓGICO NA CIDADE DE TRÊS RIOS/RJ

ACADÊMICOS: Camargo Silva / Patrícia dos Santos Eduardo

ORIENTADOR: Rita de Cássia Teixeira Assis

LINHA DE PESQUISA: Sustentabilidade

RESUMO

Com a crescente multiplicação da população, os locais para sepultamento em várias cidades estão ficando comprometidos com a falta de espaço, além disso há uma poluição do lençol freático derivado da falta de tratamento do necrochorume que percola pelo solo, atingindo as águas subterrâneas e dos gases que são altamente tóxicos oriundos da putrefação dos cadáveres. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise técnica para implantação do cemitério vertical ecológico na cidade de Três Rios. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica, juntamente com estudos das legislações de domínio e consultas aos órgãos responsáveis das esferas municipais, estaduais e federais. Uma pesquisa no Google Maps também foi feita, a fim de identificar o local ideal dentro do padrão normativo estabelecido pelos órgãos ambientais, nas leis do Conama, no Plano Diretor da cidade, entre outros. Os resultados apontam uma boa alternativa para realizar a implantação do cemitério vertical fora do domínio urbano, reduzindo o impacto direto na cidade, proporcionando maior conforto aos usuários, num local mais agradável e apropriado. Esse modelo deve ser executado seguindo a normatização determinada pelo Conama, bem como as NBR's, a fim de garantir a segurança e a fácil locomoção para todos, além de dispor de um sistema com vedação e captação dos líquidos e gases, onde todos esses resíduos são coletados e tratados de forma ecológica, sem causar poluição. Sendo assim, conclui-se que o cemitério vertical trará diversos benefícios ao meio ambiente contribuindo para a sustentabilidade da cidade.

PALAVRAS-CHAVE: Cemitério vertical; Legislações ambientais; Sustentabilidade.

1.INTRODUÇÃO

Os cemitérios convencionais existentes se dividem em horizontais e do tipo parque jardim, modelos que por sua vez geram grandes impactos ambientais devido ao risco de contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas. No período de decomposição, os corpos liberam agentes patogênicos e algumas substâncias pesadas (MIGLIORINI,1994).

Culturalmente a população não conhece sobre os aspectos ambientais no cenário brasileiro quanto aos sepultamentos nos cemitérios convencionais, visto que no quesito ambiental o cemitério como fonte de poluição acaba sendo ignorado e

dessa forma a população não tem nenhum tipo de conhecimento sobre os sepultamentos, os quais podem ser comparados a um aterro sanitário que gera um necrochorume de líquido viscoso de cor castanho acinzentado e fétido (ANJOS, 2013).

Um dos maiores impactos nesses cemitérios são os problemas de ordem estrutural e ambiental, que vão da conservação dos túmulos até os agentes patogênicos instaurados naquele solo (BIANCHINI e FANK, 2014).

Esse modelo construtivo, de cemitério vertical ecológico, oferece grande eficiência na redução de área quadrada por lóculo comparado aos cemitérios horizontais, isento de contaminação do solo e águas subterrâneas e superficiais, oferecendo conforto e comodidade para realizar os sepultamentos, mesmo em dias chuvosos e noturnos, contando com segurança local, podendo oferecer um lugar mais agradável.

Essa prática tende a trazer benfeitorias na questão ambiental, ecológica e estrutural para a cidade local e arredores, preservando os recursos hídricos e promovendo uma estrutura otimizada onde as pessoas poderão desfrutar do seu uso continuamente sem que haja contaminação (CAMPOS, 2007).

Tendo em vista as informações apresentadas, o objetivo deste estudo é apresentar um novo método de sepultamento que vem quebrando paradigmas, mitigando as possíveis formas de contaminação, otimizando a área de ocupação e estruturação de um cemitério horizontal, fornecendo um serviço de qualidade e promovendo um ambiente satisfatório no quesito organização, conforto visual e ambiental.

Trabalhos como este são relevantes para que novas possibilidades sejam analisadas e avaliadas, estimulando a implantação de cemitérios verticais ecológicos, mantendo o meio ambiente livre de quaisquer contaminações e que, diretamente, podem impactar na saúde das pessoas residentes nas proximidades. Pretende-se, também, propor um modelo para que cidades vizinhas possam se empenhar em realizar esse empreendimento e contribuir para pesquisas futuras.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Atualmente a sociedade vem enfrentando obstáculos com a insuficiência de matérias-primas bem como fontes naturais para fabricação de inúmeros produtos, devido à falta de planejamento adequado. A finalidade de um empreendimento

sustentável tem justamente o objetivo de impedir que os recursos naturais sejam esgotados das gerações futuras (MAULEN; MARINHO; ETEROVIK, 2019).

Dessa forma, e devido ao fato de grande parte da população brasileira habitar em área urbana, os municípios se tornaram o núcleo de problemas como contaminação e desperdício de fontes naturais. Diante disso os municípios têm de se reconstruir, de modo que o futuro das gerações vindouras não seja comprometido, mas sim que tenham um mundo melhor no qual residem no momento atual (MAULEN; MARINHO; ETEROVIK, 2019).

Assim, a ideia de cemitério vertical pode ser considerada como inovadora, no entanto, no Brasil, em 1930 já se encontrava construções desse modelo, na cidade de Porto Alegre. Porém, um assunto pouco difundido, dispondo de uma pequena quantidade de empreendimentos com esse propósito no país. Alguns que se evidenciam encontram-se nas cidades do Rio de Janeiro, Santos, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre. O Memorial Necrópole Ecumênica situado em Santos, na cidade de São Paulo, desde 1983, se destaca por ser o maior de toda a América Latina. “A inserção de cemitérios verticais vem sendo implementada em diversas cidades que possuem uma quantidade de habitantes relativamente alta e uma taxa de mortalidade iminente que não se enquadra nos parâmetros de cemitérios convencionais” (MARQUES, 2018).

Com o crescente número de óbitos e o aumento da população, bem como a falta de planejamento e estruturação fizeram com que os cemitérios horizontais e parques jardins, local onde os sepultamentos são feitos em construções de concreto ou alvenaria sem nenhum tipo de cuidado especializado, ficassem inviáveis, provocando impactos ambientais em grande escala (CANDURO; RIBEIRO, 2018).

Nesse sentido, as resoluções do CONAMA 335/03 e 402/08, regulamentam e estabelecem alguns critérios básicos que obrigatoriamente devem ser executados na elaboração de projetos e implantação dos cemitérios. Garantindo assim a decomposição do corpo humano bem como cuidados com a prevenção de contaminação do solo e das águas subterrâneas.

“Usualmente, cemitérios horizontais que não dispõem de tratamento dos líquidos e gases gerados pela decomposição, são fontes constantes de poluição visto que mesmo após saturados continuam em operação” (TOCHIME, 2015).

Assim, se sabe que elementos radioativos tem um alto teor de toxicidade e são considerados de alto risco para a vida humana, portanto “pacientes que foram tratados com sessões de radioterapia e tiveram aplicações em seus corpos de aparelhos com fonte alimentadora material radioativo oferecem risco iminente se disposto em solo e houver contato humano, como por exemplo o marcapasso que contém plutônio” (FIGUEIRA, 2003).

Ainda nesse contexto, em sepulturas de cadáveres que obtiveram incidência de radioatividade foram identificados vestígios num raio de 200 metros, outro fator agravante é que os materiais radioativos são solúveis em contato com a água (BORTOLOTTI, 2009).

Com o decorrer dos anos novas tecnologias foram surgindo com a ideia de mitigar os problemas ambientais em cemitérios horizontais, tendo em vista um novo modelo que é disposto em forma de prédios com vários pavimentos que se autodenomina cemitério vertical, onde apresenta um “sistema de inativação dos gases do necrochorume que é realizado através da circulação do ar entre os lóculos, uma vedação eficiente é aplicada, evitando a passagem dos gases para as áreas de acesso” (TOCHIME, 2015).

Dessa maneira, os cemitérios verticais surgiram como alternativa para suprir as necessidades das grandes cidades na otimização do espaço em função do crescimento populacional e o cuidado com o meio ambiente se tornando uma opção ecologicamente correta. “O modelo de cemitério vertical está se desenvolvendo no Brasil, mas ainda tem o número bastante reduzido visto que em 2013 um levantamento mostrou apenas 17 cemitérios verticais” (ALBERTIN, *et al.*, 2013).

Por fim, se pode afirmar que “o costume de dispor corpos humanos em cemitérios convencionais do tipo horizontal é o mais empregado, se analisada as questões socioeconômicas, bem como a formalidade religiosa cultural, porém, esse modelo é o principal causador de contaminação” (BIANCHINI e FANK, 2014) que poderia ser evitada, uma vez que fosse implementado o modelo vertical, já amplamente comprovado a sua eficiência em questão de falta de espaço físico e contaminação do solo, ar e água.

3. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa classificada como aplicada, exploratória, do tipo estudo de caso, com abordagem qualitativa.

Segundo Vergara (2013), a pesquisa de classe aplicada é em especial aguçada pela necessidade em esclarecer problemas concretos; imediatos ou não. Tem por sua vez propósito prático.

De acordo com Gil (2010), o tipo de pesquisa a que se faz alusão (exploratória), tem o intuito de trazer maior cordialidade com o óbice, deixando-o mais coerente. Sendo assim o propósito desta pesquisa é acrisolar ideias, a fim de venerar diversas particularidades ao caso estudado, indubitavelmente sua elaboração é de extrema flexibilidade.

Yin (2001), afirma que o estudo de caso é o método escolhido ao se estudar uma eventualidade contemporânea, no entanto quando não se pode manobrar comportamentos consideráveis.

Segundo Bruyne, Herman e Schoutheete (1977), o estudo de caso defende seu conceito por agregar conhecimentos múltiplos e aprofundados que proporcionam encadear todo fragmento. A riqueza dos conhecimentos esmiuçados ampara o investigador a maior sapiência e numa imaginável conclusão de um estorvo referente à temática extraída.

Conforme Prodanov e Freitas, (2013), existe uma compatibilidade prática entre a realidade atual e o sujeito, ou seja, uma combinação inerente entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não é capaz de ser retratado em números. A interpretação dos acontecimentos e o domínio de conceitos são essenciais no desenvolvimento da pesquisa qualitativa. Esta não solicita o uso de artifícios e meios para análise e comparação de dados. O ambiente corriqueiro é o fundamento direto com finalidade de coletar dados e o investigador é o instrumento-chave. O trabalho percorrido será desenvolvido baseando-se em uma revisão bibliográfica, bem como o estudo das legislações de domínio e consultas aos órgãos responsáveis das esferas municipais, estaduais e federais. Como forma de ilustrar a proposta deste assunto, também se apresentou duas unidades de cemitérios verticais localizados em Santos-SP e Curitiba-PR, respectivamente, que demonstram as vantagens deste tipo de empreendimento. Os cemitérios foram escolhidos por se adequarem às demandas das legislações vigentes e serem exemplos para outros do tipo, além disso são construções possíveis de serem executadas na cidade analisada.

No Brasil, a carência sobre o assunto proporcionou uma extensa busca por conteúdos relacionados, especialmente do que tange ao processo construtivo.

O local escolhido para a viabilidade de implantação do cemitério vertical é uma área que tenha menos impacto pela ausência de flora e fauna, tendo uma elevação considerável em relação a cidade e possuir uma área disponível e extensa, essa preferência ocorre pela concepção desses empreendimentos serem locados em áreas urbanizadas.

A princípio foi realizada uma pesquisa no Google Maps a fim de identificar o local ideal, com o intuito de facilitar o projeto de implantação e possuir altitude dentro do padrão normativo estabelecido pelas legislações do governo Federal, Estadual e Municipal.

Através de pesquisas realizadas nos órgãos ambientais, nas leis do Conama, Plano Diretor da cidade, Código de meio ambiente, entre outros órgãos competentes, foram feitos levantamentos e análises para avaliação de possíveis riscos de poluição ambiental ao longo de sua elaboração e implantação do cemitério vertical, além da apresentação dos benefícios oriundos desse processo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CONDICIONANTES DO PROJETO

4.1.1 ÁREA ESCOLHIDA

O cemitério vertical ecológico tem como objetivo oferecer um local mais seguro e com medidas mais eficazes no que tange a poluição. Nesse local escolhido, haverá uma vista privilegiada da cidade para aqueles que visitarem seus entes queridos, que contará com variedade de fauna e flora, amplo estacionamento e praça de alimentação.

O local escolhido para a viabilidade de implantação do cemitério vertical ecológico foi na BR-393 no Km 173 norte, antiga Rio-Bahia próximo ao bairro Nova Niterói, optando por uma área que contemple a necessidade do empreendimento, visto que no centro da cidade é difícil encontrar tal área disponível, bem como o alto valor agregado ao terreno o que tornaria mais trabalhoso a implantação.

Seguindo uma linha de maior tranquilidade e maior contato com a natureza, a fim de proporcionar um ambiente mais agradável e tranquilo, a locação do empreendimento fora do centro da cidade tem melhor aproveitamento, bem como área propícia para a construção dispendo de 65.652,34m² conforme visto pelo Google Maps, livres para ocupação, a fim de obter melhor aproveitamento nesse espaço a ser utilizado para a implantação oferecendo um projeto amplo e harmonioso.

Essa localização de acordo com o Google Maps possui uma altitude de 300m, que coincide com o recomendado para que não se entre em Áreas de Preservação Permanente (APP), que são classificadas como topos de morro que possuem altitudes acima de 400m. Ademais é um local de fácil acesso e boa visualização por estar às margens da rodovia BR-393.

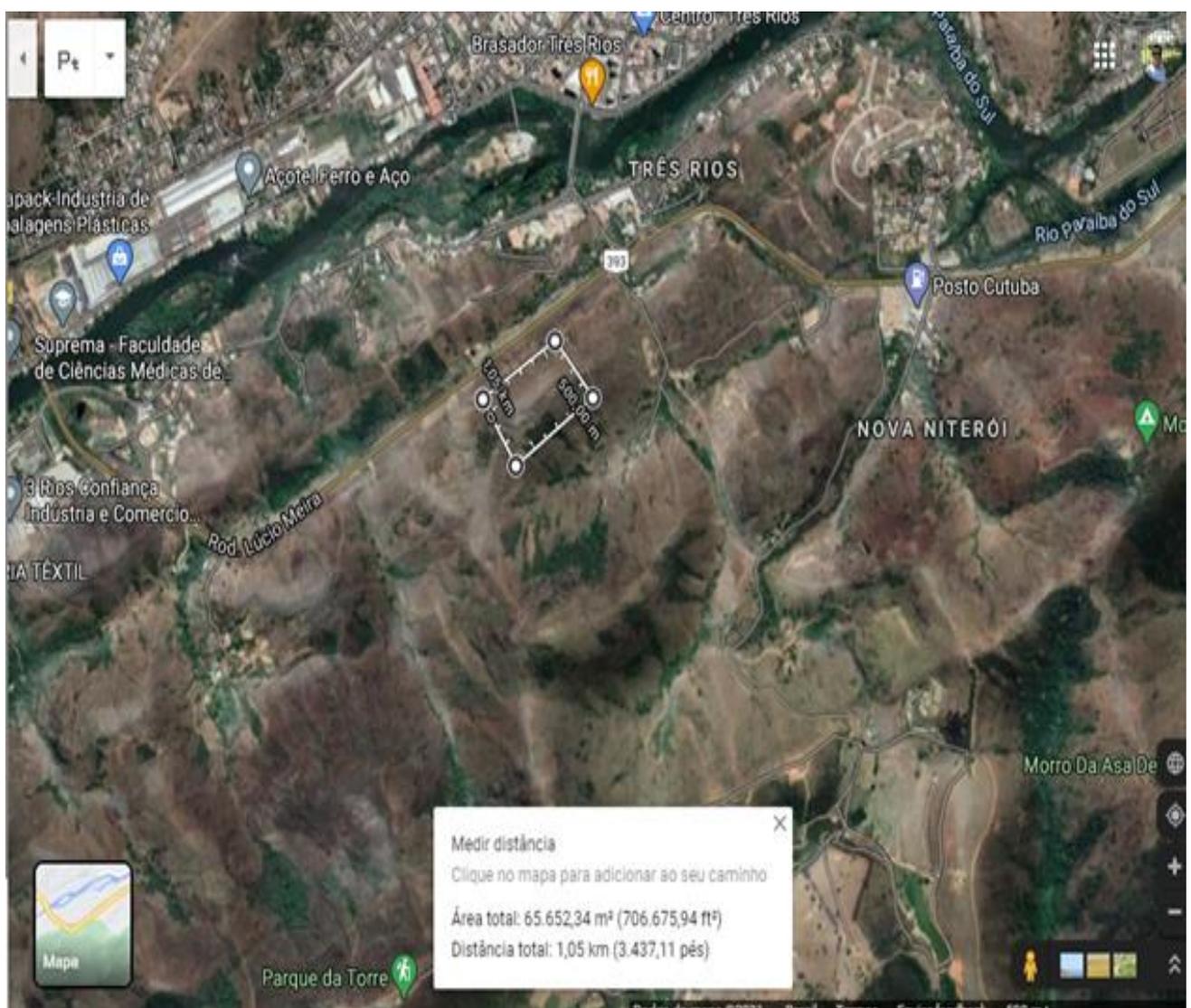


Figura 01: Zoneamento inicial. Fonte: Adaptado do Google Maps, 2021.

4.1.2 ANÁLISE DOS CONDICIONANTES LEGAIS

O Plano Diretor Urbano e Rural (PDUR) da cidade de Três Rios, Lei nº 3.906 de 02 de outubro de 2013, que em seu art. 9º é classificado como EOE (Eixo de Ocupação Estratégica), que atinge o conjunto de rodovias federais, estaduais e municipais que em seu perfil físico e operacional tem função como eixos de acessibilidade e de atratividade nas suas áreas lindeiras, trabalhando como vetor do desenvolvimento de crescimento urbano e poderão estar inseridos nas Zonas Mistas, Eixo de Comércio e Serviços 1 e 2 e Área Central.

Portanto, com base no art. 20º Lei nº 3982 Uso e Ocupação do Solo, estabelece que APP (Área de Preservação Permanente) são parcelas de terras que dispõe de características próprias do bioma de domínio da mata atlântica.

Fica estabelecido como Área de Preservação Permanente (APP) – quaisquer porções de terras situadas acima da cota de altitude de 400m (quatrocentos metros) em relação ao nível do mar, que são consideradas topo de morro, bem como todas as áreas localizadas às margens de cursos d'água.

Para a construção do cemitério vertical algumas observâncias nos alertam ao procedimento correto, que são estritamente importantes, referenciando o procedimento de construção dos lóculos que devem ser bem vedados para que os gases sejam impedidos de chegar aos locais de circulação dos visitantes, bem como dos trabalhadores.

De acordo com a Resolução do Conama 335/03 no art. 1º, instrui que os cemitérios verticais sejam acometidos por uma atividade de licenciamento ambiental conforme essa resolução, sem danos de outras normas cabíveis.

No art. 3º do Conama na fase de Licença Prévia (LP), apresentada na fase inicial do projeto de empreendimento, possuindo as exigências básicas e condicionantes a serem executadas nas suas fases de localização, implantação e operação, para análise da viabilidade ambiental daquele nas fases seguintes do licenciamento.

Licença de Instalação (LI), onde é permitido o início da implantação do empreendimento, deverão ser apresentados entre outros, os seguintes documentos: projeto do empreendimento que terá de conter plantas, memoriais e documentos assinados por profissional habilitado, projeto executivo contendo as medidas de mitigação e de controle ambiental.

Na construção de cemitérios verticais, também se observa a necessidade de adequação às NBRs vigentes, quanto à segurança, comodidade e usabilidade do empreendimento. Nesse sentido, se pode citar, principalmente, os parâmetros a seguir:

Segundo a NBR 9050 (2015), para que haja fácil acesso e equipamentos na edificação para pessoas que possuem mobilidade reduzida, é necessário dispor de rampas, acessos e circulações com dimensões que atendam às necessidades dos usuários, bem como os alcances manuais e auditivos, orientações visuais, piso tátil, braille, formas de comunicação, sinalização e demais simbologias de identificação exigidas pela norma supracitada.

Por sua vez, a NBR 9077 (2001), trata sobre as definições sobre as saídas de emergência de edificações, e mantém a mesma, caso ocorra algum incêndio e quem estiver no local possa abandonar, de forma rápida e segura, sem sofrer os danos do incêndio, possuindo também amplo espaço interno de maneira que os bombeiros possam se locomover com rapidez e facilidade no combate ao fogo. Conforme o uso da edificação, tem-se as cargas de incêndio, que quanto maior essa carga, maior será o risco.

De acordo com a NBR 8160 (1999), o local atribuído que não possui rede de esgoto, deverá realizar o seu próprio tratamento de esgoto, apresentando as instalações devidas para o funcionamento, bem como sua dimensão.

Em seu art. 5º da Resolução do Conama nº 368/06 informa que o nível inferior das sepulturas necessitará se manter, no mínimo, a 1,5m (um metro e meio), acima do mais alto nível de lençol freático, com medições realizadas no fim da estação das cheias.

De acordo com a Resolução do Conama 335/03 em seu art. 8º diz que os corpos poderão estar em urnas construídas de materiais biodegradáveis, estar envolvidos por uma manta, sendo estritamente proibido o uso de material impermeável que venha impedir a troca gasosa do corpo com o envolvente, exceto casos previstos em legislação.

No art. 9º diz que os resíduos sólidos oriundos da decomposição dos corpos humanos restantes, deverão ser encaminhados para um local ambientalmente e sanitariamente adequado.

4.2 ESPECIFICAÇÕES CONSTRUTIVAS

A construção de um cemitério vertical é semelhante a de um edifício de dois ou mais pavimentos, como o cemitério vertical de Santos na figura abaixo. Ele teve sua construção iniciada na década de 80 e hoje conta com mais de 25 mil lóculos, distribuídos em dois prédios totalizando 40.000 m² de área construída. Possui vasta vegetação nativa e por sua imponência e estrutura foi incluído como ponto turístico da cidade local.



Prédio do Memorial Necrópole Ecumênica

Figura 02: Cemitério Vertical de Santos. Fonte: Extraído de Memorial Necrópole Ecumênica, site oficial, 2021.

Uma das partes do cemitério que dispõe de um grupo de blocos são chamados lóculos onde os corpos são depositados, que ficam lado a lado por toda a extensão do edifício e outro bloco de frente com um vão de corredor para a circulação dos visitantes e possíveis manutenções.



Figura 03: Lócules do Cemitério Vertical de Curitiba. Fonte: Extraído de Cemitério Vertical de Curitiba, site oficial, 2021.

Nesse novo modelo de cemitério, onde os corpos ficam postos em gavetas isentos de total contato com o exterior, é feito um isolamento que se dá pela parte estrutural do lóculo e as tubulações que são bem vedadas, possuindo apenas uma abertura em sua parte frontal que dá acesso aos corredores. Quando sepultado um corpo, uma tampa é posta na parte frontal do lóculo com vedação em toda a peça, garantindo sua eficiência.

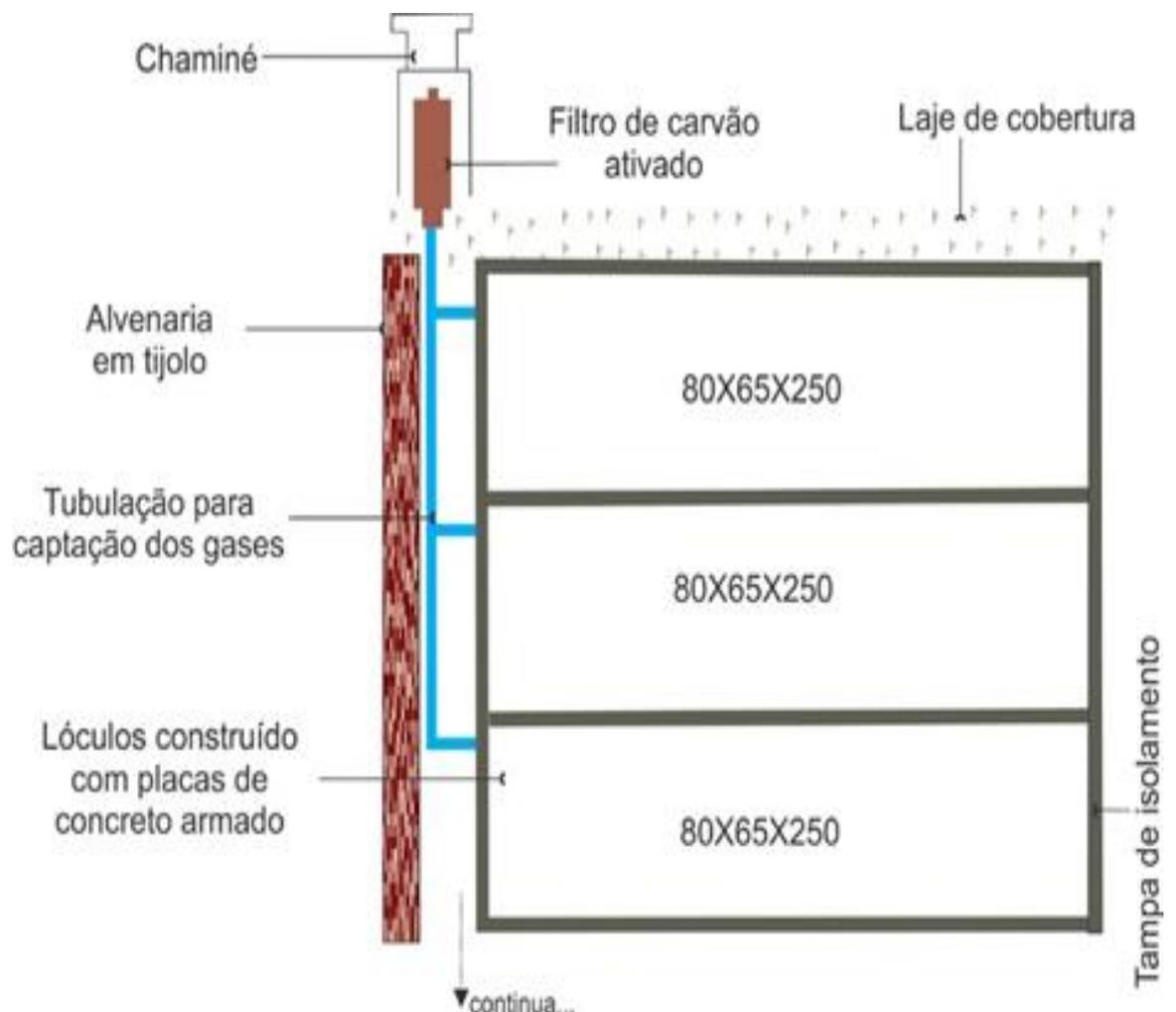


Figura 04: Esquema de funcionamento das gavetas. Fonte: Extraído de Albertin (2013).

Um sistema mais simples de filtragem é mostrado na figura acima, ilustrando o esquema de uma tubulação em cada lóculo que é responsável por captar esses gases, forçando a decomposição dos corpos a ser mais acelerada por fenômenos de pressão, temperatura e umidade, um corpo de aproximadamente 70 kg gera ao final de todo o processo cerca de 50 gramas. Nesse processo utiliza-se um filtro de carvão para filtrar os gases derivados dos lóculos, que após filtrados os gases já purificados são lançados na atmosfera através de uma chaminé.

Grande parte dos cemitérios verticais conta com o tratamento do necrochorume através de um aparelho chamado inativador de gases, que de acordo com o fabricante, possui custo efetivamente baixo, porém, sua manutenção deve ter alguns cuidados, pois, se houver algum tipo de vazamento, trará impactos ambientais e sociais.

É fundamental ter um equipamento ambientalmente correto para tratar os gases oriundos do processo de decomposição dos corpos, que são altamente tóxicos e nocivos à vida humana, evitando fenômenos como mumificação e saponificação.



Figura 05: Ossuário. Fonte: Extraído de Memorial Necrópole Ecumênica, site oficial, 2021.

A sala de ossuário é composta por várias urnas onde cada usuário tem a sua separadamente, que pós exumação do corpo, o mesmo é destinado a essa sala a fim de receber os restos mortais, posterior a passagem do tempo de decomposição.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise da viabilidade e normatização acerca da implantação de cemitério vertical.

Com base em estudos realizados sobre um modelo de cemitério vertical, foi identificado a necessidade de trazer esse modelo para a cidade de Três Rios, evitando uma contaminação contínua dos recursos naturais como solo, água e ar, a proliferação de doenças que são favorecidas por fungos, vírus e bactérias dependentes desse solo contaminado. Para isso, foram realizadas buscas da forma de construção e operação deste tipo de cemitério vertical, bem como os riscos. A falta de espaço é um fator agravante em cemitérios, visto que há uma dificuldade para alocação dos corpos em cemitérios horizontais com a crescente multiplicação da população.

Ademais, o trabalho apresentado permitiu observar que os impactos ambientais resultantes da construção de cemitérios verticais se resumem a implantação de um edifício, tais como poluição sonora, geração de resíduos, alteração das características do solo original.

Conclui-se que com a implantação do cemitério vertical tende a tornar o ambiente mais agradável, tranquilo e organizado, proporcionando a redução de impactos ambientais no solo, evitando a contaminação dos recursos hídricos, por ter uma coleta do necrochorume, e posteriormente um tratamento dos gases gerados antes de serem liberados ao ar livre, garantindo-se a saúde humana e ambiental.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, R. M. *et al.* **Análise de impacto ambiental e identificação de implantação e operação cemitério vertical.** Revista Agro@mbiente. On-line, (2013). Disponível em: <<https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/894>>. Acesso em: 08 out. 2020.

ANJOS, R. M. **Cemitérios: uma ameaça à saúde humana?** CREA - SC. Out. 2013 Disponível em:<<http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?-cmd=artigosdetalhe&id=2635#.U2KuDWpdUpo>>. Acessado em: 13 maio. 2014.

BIANCHINI, D. C.; FANK, J. C. **A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil**. Edição especial LPMA/UFMS 3777-3785. Rio Grande do Sul: Revista Monografias Ambientais – REMOA, 2014.

BORTOLOTTI, E.G.B.F. **Cemitérios Sustentáveis**, 2009. Disponível em: <<http://studylibpt.com/doc/1705916/cemit%C3%A9rios-sustent%C3%A1veis>>. Acesso em: 07 out. 2020

BRASIL Resolução CONAMA nº 335 de 03 de abril de 2003. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/>>. Acesso em: 06 out. 2020

BRASIL Resolução CONAMA nº 402 - 17 de novembro de 2008. **Dispõe sobre licenciamento ambiental de cemitérios**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/>>. Acesso em: 06 out. 2020

BRUYNE, P. de; HERMAN, J.; SCHOUTHEETE, M. de. **Dinâmica da pesquisa em ciências sociais: os pólos da prática metodológica**. Rio de Janeiro: F. Alves, 1977. 251 p.

CAMPOS, A. P. S. **Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial**. 2007. 141f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2007.

CANDURO, F.; RIBEIRO, C. S. **A atividade cemiterial no território brasileiro e o impacto aos recursos hídricos**. Encontro técnico AESABESP - 29º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente – Fenasan – Ifat - 2018.

CEMITÉRIO VERTICAL DE CURITIBA. Site oficial. Disponível em: <<https://www.cemiteriovertical.com.br/>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

FIGUEIRA, R. C. L. **Níveis de Pu-238 e Pu- 239+240 em amostras de sedimento marinho da costa sul do Brasil**. Revista brasileira de oceanografia – São Paulo, 2003.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/@-22.1240541,-43.2094178,821m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

MARQUES, R. O. **Estudo Preliminar de Cemitério Vertical para Natal - RN**. Trabalho Final de Graduação, Arquitetura e Urbanismo – UFRN, Natal, 2018.

MAULEN, I.; MARINHO C.; ETEROVICK R. **Cidades e Comunidades Sustentáveis** - Programa de Pós Graduação em Administração e Economia - PUC São Paulo, 2019.

MEMORIAL NECRÓPOLE ECUMÊNICA. Site oficial. Disponível em: <<https://memorialsantos.com.br/>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

MIGLIORINI, R. B. **Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos.** Estudo do cemitério Vila Formosa na bacia sedimentar de São Paulo – 1994. Dissertação de mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia – Universidade de São Paulo Instituto de Geociências, 1994.

NBR 9050 - 2015 **Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos.** Disponível em: <https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Comissoes/DireitosFundamentais/Acessibilidade/NBR_9077_Sa%C3%ADdas_de_emerg%C3%Aancia_em_edif%C3%ADcios-2001.pdf> Acesso em: 10 mar. 2021.

NBR 9077 - 2001 **Saídas de Emergência em Edifícios.** Disponível em: <http://abridef.org.br/conteudoExtra/abridef-arquivo-2016_07_05_09_49_50-361.pdf> Acesso em: 11 mar. 2021.

NBR 8160 - 1999 **Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e Execução.** Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17500/material/NBR%208160%20Sistemas%20prediais%20de%20esgoto%20sanit%C3%A1rio-%20projeto%20e%20execu%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 11 mar. 2021.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** 2ª edição Associação Pró- Ensino Superior em Rio Grande do Sul – ASPEUR Universidade Feevale (2013).

PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS RIOS - RJ, **Plano Diretor Urbano e Rural,** Lei nº 3.906 de outubro de 2013. Disponível em: <<https://cvtr.rj.gov.br/plano-diretor/>> Acesso em: 10 mar. 2021.

TOCHIME, M. H. **O necrochorume e a gestão ambiental dos cemitérios.** Revista on-line ipog especialize. Instituto de pós graduação - Santa Catarina - dez 2015.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração.** 12. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos** / Robert K. Yin; trad. Daniel Grassi - 2.ed. -Porto Alegre: Bookman, 2001.

VANTAGENS DA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NA CONCEPÇÃO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

ACADÊMICOS: Antônio Fortunato Fernandes Teixeira: Yuri Nunes Sant'Anna

ORIENTADOR: Leonardo Martins Sleutjes.

LINHA DE PESQUISA: Tecnologia, Qualidade e Economia na Construção Civil

RESUMO

A metodologia BIM - Building information modeling, em português Modelagem/Modelação da Informação da Construção, vem ganhando mercado e força dentro do setor da construção civil. Com a crise vivenciada pelo Brasil nos últimos anos, a demanda por inovação é grande e a metodologia apresenta-se nos dias atuais como uma nova ferramenta de projeto, sendo favorável à sua implementação.

Este estudo aborda a forma com que esse novo processo pode trazer benefícios ao ser aplicado na concepção de residências e construtoras. Apresenta-se na revisão bibliográfica conceitos fundamentais para o entendimento do processo BIM. É apresentado também o conceito de Modelo BIM 4D, o qual agrega o modelo inteligente 3D à variável tempo, permitindo à construtora a visualização do planejamento da obra de uma forma mais clara que os métodos usuais e compatibilização. Contudo, foi realizado um estudo de revisão bibliográfica de uma residência unifamiliar com intuito de apresentar os benefícios da sua implementação. Logo, foi possível analisar os benefícios do uso das ferramentas BIM, uma vez que esse processo está voltado para otimizar e facilitar o planejamento de obras.

PALAVRAS-CHAVE: BIM; BIM-4D; Compatibilização.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é o que mais contribui com desperdícios, apresentando problemas relacionados a retrabalhos, patologias e produtos ordinários. Embora apresentando tantos problemas, é o local ideal para a implementação de uma filosofia (JUNQUEIRA, 2006).

A concorrência no setor da construção civil é ainda mais acirrada levando as construtoras a considerar novas possibilidades de construção sem perder qualidade para não deixarem sua competitividade no mercado, além disso busca-se a racionalização dos insumos e serviços, garantindo maior lucratividade (BALDUINO, 2016).

A fim de se ter destaque na indústria da Construção Civil é necessário concluir uma determinada obra em tempo reduzido, custo baixo e alta qualidade para satisfação dos construtores, empreendedores, proprietários, consumidor final, etc (PASTRO, 2007).

O setor no qual a informalidade está presente com constância é o da indústria da construção civil. Deste modo, manifestou-se a imprescindibilidade de um planejamento adequado e conseqüentemente um controle mais centralizado, dado que planejar e controlar são atividades complementares (PARIZI et. al, 2016).

O modelo BIM é uma reprodução digital de uma edificação, ligando informações tridimensionais e não-geométricas. Resulta-se num modelo (modelo BIM 4D), uma vez associado com durações de atividades ou etapas da construção, sendo assim, o modelo resultante pode ser utilizado para projetar e planejar sistemas de produção de empreendimentos de construção através da visualização do plano de execução da obra (BIOTTO, 2015).

O BIM apresenta-se como um instrumento de gestão de instalações durante o ciclo da vida do empreendimento, formado por uma base de informação confiável, verificável, transparente e sustentável que as equipes utilizam na exploração da instalação, ao longo de todo o seu ciclo (NEVES DA SILVA, 2017).

Segundo Schmitz (2014), BIM é um novo conceito de uso da tecnologia da informação pela AEC, que é resultado do crescente interesse pelo uso de TI (tecnologia da informação) entre as pessoas envolvidas na indústria da construção. Essa ideia inclui não apenas novas ferramentas de design, mas também uma nova maneira de ver todo o procedimento envolvido no negócio.

A metodologia BIM traz imensuráveis vantagens para o setor da indústria da construção civil. Segundo com Eastman et al. (2011), a coordenação entre os projetistas participantes e empreiteiros foi melhorada, erros ausentes são reduzidos significativamente. Isso acelera a construção, reduz custos, minimiza a probabilidade de erros de projeto e oferece um processo mais eficaz para toda a equipe do projeto (EASTMAN et al., 2011).

A compatibilização de projetos é uma alternativa para solucionar alguns dos erros originados na fase de projeto arquitetônico, buscar gerenciar e integrar diversos projetos de obra específica, e visar o perfeito ajuste entre eles para minimizar os conflitos existentes e simplificar as operações. Implementação, otimização e racionalização de materiais, tempo, mão de obra e manutenção final (CALLEGARI, 2007)

O BIM encontra-se em um estágio desenvolvimento no Brasil, sendo que os grupos de trabalho permanecem trabalhando de maneira individual e com trocas de informação somente nos momentos de eventos-chave de compatibilização. Contudo, continua-se trabalhando de forma convencional, tornando a fase de execução do projeto em um trabalho árduo no que se refere a planejamento, controle da obra, levantamento dos quantitativos de material, orçamento, entre outros (MANZIONE E MELHADO, 2014).

Segundo Eastman et al. (2011), nas indústrias relacionadas à arquitetura, engenharia e construção (AEC), o BIM é um dos desenvolvimentos mais promissores. Apresenta-se a ferramenta com potencial de facilitar o trabalho dos profissionais envolvidos em uma obra e possibilita a criação de um modelo 4D da edificação, sendo junção do modelo 3D da edificação com a variável tempo. Permite-se através do BIM um processo de construção com dificuldades reduzidas e melhor planejado, economizando tempo e dinheiro, e reduzindo a possibilidade de erros e conflitos.

Sendo uma tendência no setor da construção civil, tendo incentivo por parte da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) ao poder público, de adotar o BIM em seus projetos (SINDUSCON, 2017).

O Governo Federal, por meio do Decreto nº 9.983 de 22 de agosto de 2019, com o intuito de fomentar a evolução do setor de construção no âmbito nacional, instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Estratégia BIM BR), com a finalidade de promover um ambiente apropriado para o investimento em BIM e sua

difusão no país e, estabeleceu seu emprego na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia, efetuadas por órgãos e entidades da administração pública federal, através do Decreto nº 10.306 de 2 de abril de 2020, (BRASIL, 2019a; BRASIL, 2020a)

Com incentivo por parte da CBIC e com Decreto nº 9.983 de 22 de agosto de 2019, com intuito de disseminar o BIM em âmbito nacional e Decreto nº 10.306 de 2 de abril de 2020 estabelecendo seu emprego na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia efetuadas por órgãos e entidades da administração pública federal. Essa pesquisa justifica-se em analisar os benefícios da utilização do BIM, assim como destacar desafios na implantação do planejamento de obra a partir da modelagem 4D e da compatibilização.

O Objetivo deste trabalho consiste em realizar uma revisão bibliográfica que possa servir como material de estudo ou contribuir com a comunidade científica visando apresentar os benefícios da implementação da metodologia BIM na concepção de um residência unifamiliar.

Os objetivos específicos são:

- Analisar vantagens da implementação da metodologia BIM na concepção de uma residência unifamiliar;
- Analisar as interferências nos projetos;
- Apresentar as dificuldades da metodologia BIM no cenário brasileiro.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 BIM

Surge na década de 1970 as ideias do Building Information Modeling (BIM), contudo, a tendência de mudança na tecnologia de construção foi amplamente disseminada pelo mundo após o BIM ser proposto pela empresa Autodesk em 2002 (BIANCHINI, 2019 apud XU, 2017).

A definição do BIM pela American Institute Of Architects (AIA) é dada por “uma tecnologia baseada em um modelo que está associado a um banco de dados de informações sobre um projeto” (CATELANI, 2016). Contudo, traduz-se o termo Building Information Modeling (BIM) como “modelagem da informação da construção”. Este termo demonstra duas características importantes do BIM: o modelo tridimensional e a informação agregada a ele (BIANCHINI, 2019).

Estudando esta tecnologia, é preciso entender que BIM não é simplesmente uma representação computacional, mas sim um processo integrado, construído com base em informações coordenadas e confiáveis sobre um projeto (FERREIRA, 2015). Softwares que são úteis para modelagem 3D, mas que não atuam como gestores de bancos de dados integrados, não são BIM (CATELANI, 2016).

De acordo com Santos (2012):

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) é o processo de produção, uso e atualização de um modelo de informações da edificação durante todo o seu ciclo de vida. Esse modelo, além da geometria da construção, contém numerosas informações sobre seus diferentes aspectos, potencialmente abrangendo todas as disciplinas envolvidas num empreendimento. Dessa forma, serve a diferentes propósitos, desde os estudos de viabilidade, passando pelo desenvolvimento de projeto, simulações, orçamentação, planejamento, controle, (pré-) fabricação, construção, visualização, colaboração, representação e registro, até manutenção, reforma e, eventualmente, demolição da edificação.

Eles descrevem o BIM como um modelo para o desenvolvimento dos empreendimentos de construção civil, que envolve desde a concepção do projeto até a demolição, conforme exemplifica a Figura 1 sobre o uso do BIM no ciclo de vida da edificação:

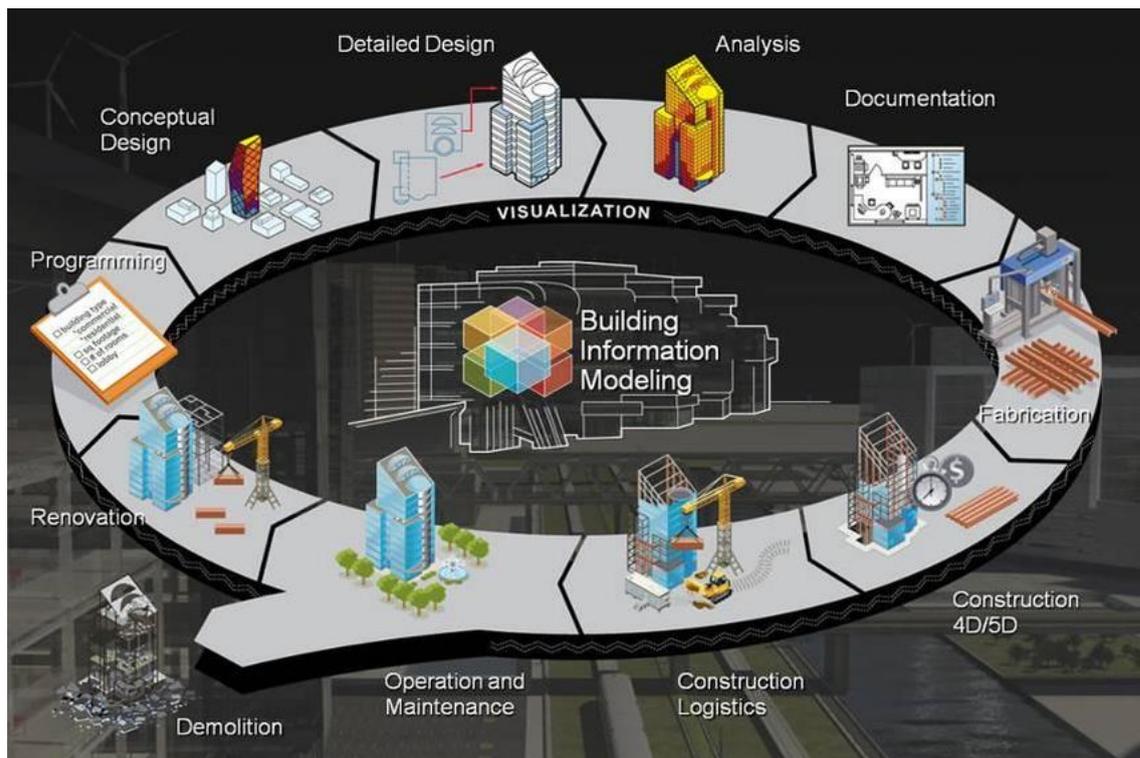


Figura 1: BIM no ciclo de vida de uma edificação. Fonte: Silva, 2017.

A Figura 1 evidencia como a metodologia BIM pode ser desfrutada em todas as fases de uma edificação: renovação, programação, criação do design e seu posterior detalhamento, análise, documentação, fabricação, planejamento e orçamento (4D e 5D), logística de construção, operação e manutenção e finalmente, demolição.

Em outras palavras significa que na tecnologia BIM o modelo digital vai além da sua visualização geométrica, possuindo um conjunto de informações sobre todos os elementos modelados que permite ao projetista realizar alterações e estudar diferentes possibilidades antes do empreendimento começar a ser construído (SOARES, 2013).

De acordo com Eastman et al. (2014) as empresas que utilizam o BIM são favorecidas, visto que, o processo de projeto inclui o conhecimento de construção e, além disso, conseguem coordenar todas as etapas do projeto. Conseqüentemente, a qualidade do projeto e da construção é elevada, pois é possível ter um maior controle e planejamento.

A gestão da informação entre os profissionais no desenvolvimento da construção tradicional verifica-se de várias formas: por meio de reuniões, e-mails,

planilhas, ligações telefônicas e mensagens e a informação enviada por um profissional depende daquela recebida anteriormente (CAMPESTRINI et al., 2015), ocasionando desorganização, carência de informações compartilhadas, perda de dados e conseqüentemente, erros do projeto (BARBOSA, 2014).

Em contrapartida, na metodologia BIM, existe o que se denomina de Integrated Project Delivery (IPD) a partir de um modelo central onde a informação é gerida; sendo assim, um processo extremamente colaborativo onde o modelo é construído por todos os intervenientes durante todo projeto e obra, permitindo assim que a partilha de informação se encontre sempre atualizada e enriquecida (BARBOSA, 2014).

Além disto, os colaboradores incluídos podem acessá-lo com a finalidade de encontrar informações pertinentes à realização de determinada tarefa (SABOL, 2008), obtendo acesso à informação atualizada em tempo real (XU, 2017). Na Figura 2 Mostra-se a diferença na comunicação entre o técnica tradicional, e a tecnologia BIM, que leva ao caos de comunicação, e que utiliza o compartilhamento das informações respectivamente.

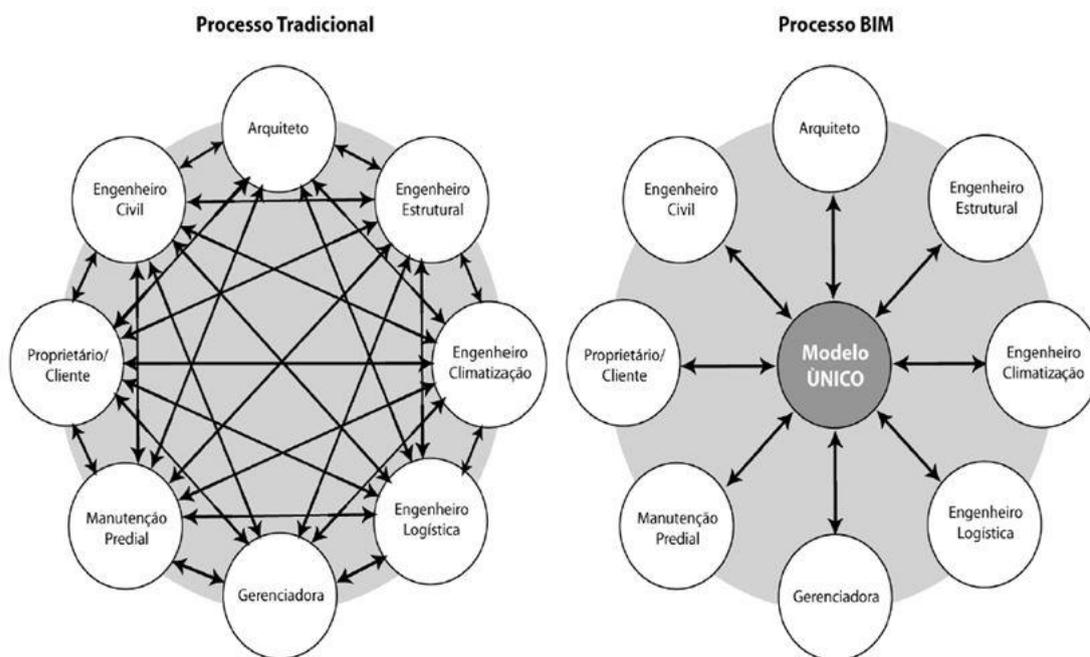


Figura 2: Processo BIM como contraponto ao processo tradicional de projeto. Fonte: Sena, 2012.

As principais características de um modelo BIM é a modelagem por objetos paramétricos e a interoperabilidade. Conceitos extremamente importantes torna-se a base dessa revolucionária metodologia (DE SENA, 2012).

2.2 Modelagem Paramétrica

A base que suporta a metodologia BIM é a modelagem paramétrica, servindo como uma das responsáveis pelos benefícios que o BIM proporciona à AEC. É antigo o conceito de modelagem por objetos paramétricos, utilizado em outras indústrias muito antes do que na construção civil. É um requisito ao BIM e um dos fatores que define o que é e o que não é tecnologia BIM (DE SENA, 2012).

Para Siviero (2010), pode-se definir parametrização como sendo a geração de modelos virtuais que representam fielmente objetos reais. Logo, o projeto deixa de ser representado apenas geometricamente por linhas para tornar-se um modelo representado por dados que caracterizam cada objeto que o compõem.

Para a diferenciação da representação 2D tradicional, os objetos paramétricos são a ideia central do conceito BIM. A modelagem paramétrica define regras que representam a geometria e também outros aspectos não geométricos, o que permite que os objetos se adaptem dependendo do contexto em que é inserido (EASTMAN et al., 2014).

Além de ter famílias pré-definidas, a maioria dos softwares, permite também ao usuário a liberdade de criar suas famílias de objetos com parâmetros de acordo com as necessidades específicas do projeto, pois os parâmetros dos objetos fornecidos pelos softwares nem sempre atendem bem ao usuário. Portanto, é importante que o projetista crie novas famílias ou modifique as existentes, com o propósito de evitar problemas não previstos nas famílias pré-definidas em cada software (DE SENA, 2012).

De acordo Eastman et al. (2011), os objetos paramétricos podem ser classificados de três maneiras:

- Objetos que interagem com outros objetos e tem um comportamento paramétrico mais complexo, como no caso, paredes, pilares e lajes;
- Objetos que interagem uns com os outros e que não necessitam de modelagem paramétrica, como elementos fixos de portas e janelas, por exemplo. São mais facilmente criados e podem ser importados de outros programas;
- Objetos comerciais feitos por fabricantes para uso específico.

2.3 Interoperabilidade

Define-se interoperabilidade como a capacidade de troca de dados de forma recíproca entre sistemas heterogêneos, permitindo dinamizar os fluxos de trabalho e facilitar a sua automação (Eastman et al., 2011).

Na década de 90, mais especificamente no ano 1994, a Autodesk tomou a iniciativa em um esforço para buscar maior interoperabilidade entre softwares, juntamente com outras 11 empresas do ramo, criando uma aliança com fim de estabelecer um padrão de arquivo para transferência de informações. Foi estabelecida, no mesmo ano, a International Alliance for Interoperability (IAI). Esta contava com representantes em diversos países para buscar o desenvolvimento de um padrão internacional e neutro de arquivo para troca de informações (Martins, 2020 apud Bazjanac et al., 1997).

Para Campestrini et al. (2015), o conceito de interoperabilidade vem da necessidade de gerar um único modelo integrado tornando-os diferentes modelos compatíveis entre si independente do software utilizado pelo projetista. É preciso que todos sigam uma linguagem padrão para que seja possível esta integração sendo representada pela chamada Industry Foundation Classes (IFC).

2.4 IFC

O IFC foi formado para representar dados consistentes da construção e ocorrer a troca entre os aplicativos utilizados no projeto. A linguagem está focada em fornecer definições gerais dos modelos de forma que trata mais de informações sobre a construção e o ciclo de vida (Eastman et al., 2014).

Em 1997 foi lançada a primeira normalização do formato IFC e desde então, vem a ser alvo de melhorias em novas versões lançadas. (buildingSMART, 2014 apud Barbosa, 2014.) A Figura 3 apresenta a versão mais recente do protótipo de dados da buildingSMART designada por IFC4, tendo sido lançada em março de 2013.

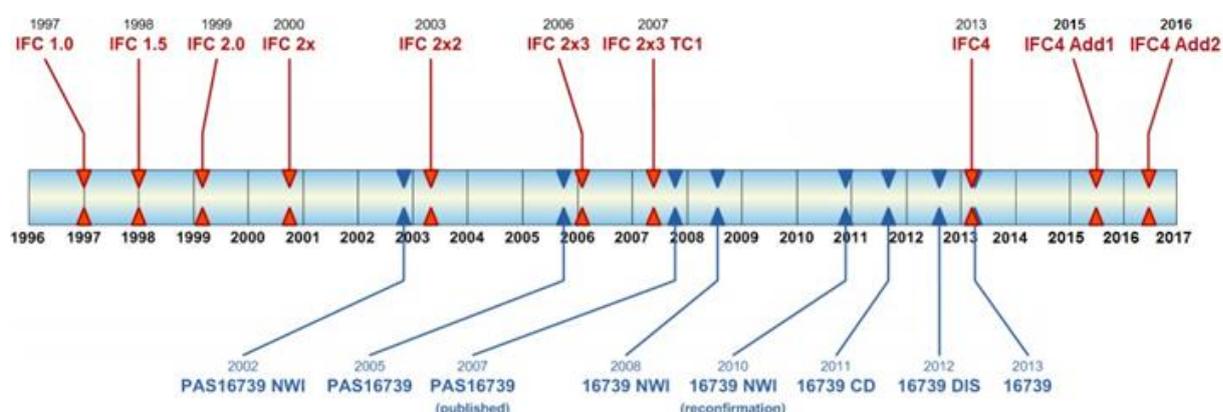


Figura 3: Versões IFC. Fonte: Liebich (2013) apud Krauss e Ribeiro (2019) modificado pelos autores.

2.5 Dimensões do BIM

As numerosas atividades executadas pelas equipes de projeto no decorrer da vida útil do empreendimento tendem a abrir espaços para a categoria do BIM em diferentes camadas de informação, denominadas dimensões do BIM. As dimensões representam os níveis de informações e funcionalidades do modelo, assim como o seu condição de utilização no ciclo de vida do projeto. Conforme a literatura atual, as dimensões do BIM variam do 3D ao 7D e expressam respectivamente: a forma, o tempo, os custos, a sustentabilidade e o gerenciamento de instalações. (Miranda, 2019). Mostram-se na Figura 4 as dimensões do BIM.



Figura 4: Dimensões do BIM. Fonte: Miranda e Salvi, 2019.

2.6 Compatibilização

A compatibilização de projeto refere-se à tarefa de reunir todos os projetos de uma obra e identificar as interferências existentes entre eles e, de forma conjunta com os projetistas, resolvê-las (PICCHI, 1993 apud BARBOSA, 2020).

Rodriguez e Heineck (2001) apud Barbosa (2020) a compatibilização é um processo que deve ser praticado desde as fases iniciais de idealização dos projetos, transitando assim pelas etapas de estudos preliminares, anteprojeto, projetos legais e projeto executivo.

De acordo com Mikaldo Jr et al. (2008), a compatibilização de projetos é de extrema importância a compatibilização de projetos, pois através dela permite-se a

identificação e a solução de falhas de incompatibilidade já no período de projeto, ocasionado grande economia em tempo e dinheiro em comparação ao caso dessas falhas serem identificadas apenas na etapa de execução.

Stanley e Thurnell (2014) ressaltam que a maioria dos usuários do BIM considera a percepção de incompatibilidade entre projetos no estágio inicial de modelagem como uma das principais vantagens desta tecnologia sobre os processos tradicionais de orçamento e planejamento.

O maior privilégio da compatibilização de projetos se dá na redução das indecisões na fase de obras (RILEY; HORMAN, 2001), prevenindo custos não orçados e demoras no cronograma (PAIVA, 2016).

Contudo, o uso de ferramentas BIM apresentam-se como uma opção com mais eficiência, já que é confeccionado um modelo virtual em 3D e não mais desenhos técnicos 2D, que simbolizam partes do objeto tridimensional. Para mais, o uso dessas ferramentas proporciona a detecção automática de interferências entre projetos distintos, por meio de programas específicos (PAIVA, 2016).

2.7 BIM 4D

A base de dados 3D é alimentada com informações de “tempo”, permitindo-se a alocação das quantidades extraídas do modelo em um sequenciamento de atividades e junção de taxas de produtividade e dos tamanhos de equipes criando um cronograma da obra, é caracterizado o 4D-BIM (VICO, 2011).

BIM 4D é aquele modelo que apresenta informações sobre o cronograma do empreendimento, como prazos, produtividade das equipes, número de equipes e sequências construtivas (CAMPESTRINI et al., 2015). Para mais, este modelo consente a avaliação dos projetos através de simulações virtuais do cronograma do empreendimento que podem ser compartilhadas com os demais profissionais da equipe de trabalho (BARBOSA, 2014) e concede a análise de possíveis interferências do processo construtivo e dos elementos (LUKE et al., 2014).

Na estágio de projetos é permitido simular diferentes datas para cada atividade, analisando seus efeitos sobre o cronograma, visualizar a construção e o canteiro de obras em qualquer momento, evoluindo a compreensão do processo executivo (EASTMAN et al., 2014).

O BIM 4D vem sendo utilizado por projetistas engenheiros e equipes de direção técnica de obra para analisar e visualizar projeto, tendo apoio à decisão, na

observação de viabilidade do projeto e nas operações de construção, desenvolvendo-se estimativas e gerindo recursos e para comunicar e colaborar com clientes e outros stakeholders (MONTEIRO et al., 2011).

O planejamento 4D apresenta benefícios importantes para a indústria da construção (LUKE et al., 2014), uma vez que o nível de detalhes e a modelagem dos objetos sejam adequadas às suas utilizações (EASTMAN et al., 2014).

2.7.1. Vantagens BIM 4D

Sai Evuri et al. (2015) afirma que desenvolver projetos em BIM tem benefícios consideráveis em comparação com projetos desenvolvidos usando métodos e processos tradicionais, visto que, com o BIM as empresas economizam tempo, melhoram a qualidade e reduzem custos. Kassem e Amorim (2015) destacam que 70% das empresas que utilizam o BIM apontam que ele é muito relevante na melhoria de desempenho da construção civil. Barlish e Sullivan (2012) encontraram em seus estudos economia de 29% nos custos de projetos e de 70% nos custos de alterações dos projetos. Encontraram também uma variação do cronograma 53% menor e uma economia de 6% dos custos de construção para o empreiteiro.

Para Eastman et al. (2014), são principais mecanismos para verificar erros e faltas de compatibilidade os modelos 4D, bem como um instrumento para melhorar o acompanhamento e métodos construtivos utilizados.

Contudo, para Eastman et al. (2014) os principais benefícios do modelo 4D:

- Comunicação: Capacidade de fornecer gráficos que são alimentados por um cronograma, tendo visão dos planejadores e equipe técnica da obra a verificando-se o que está ocorrendo. O modelo 4D é capaz de fornecer um acompanhamento muito mais completo que o diagrama de Gantt;
- Contribuição de múltiplas partes interessadas: Com o modelo 4D, é mais simples o cumprimento de demonstrações sobre como o entorno do empreendimento mudaria;
- Logística do canteiro: Áreas de armazenamento, locação de equipamentos e acesso ao canteiro tendo uma possível previsão das melhores áreas;
- Coordenação de disciplinas: Coordenar as atividades de acordo com o tempo e liberação de frente de serviço, não só mas também, a organização do trabalho quando for em espaços apertados;

- Comparação de cronogramas e acompanhamento do progresso da construção: sendo possível a visualização rápida do andamento da obra, através das análises de programações.

Considera-se também outras vantagens da adoção desse modelo, além dos benefícios citados acima, a redução de tempo nas atividades, uma vez que identificará conflitos antes de executá-las, otimização de modelos e métodos construtivos, e conseqüentemente, redução do prazo total da obra (GUIMARÃES, 2019).

2.7.1. Desvantagens BIM 4D

Segundo Eastman et al. (2014) embora o BIM tenha grandes vantagens, encontram-se alguns aspectos que dificultam, limitando sua implementação nas empresas. Alguns deles são:

- Alto investimento inicial: É necessário um alto investimento inicial para que uma empresa usufrua melhor de todos os benefícios que o modelo pode oferecer, além disso, utilização de softwares e treinamentos para os profissionais manuseá-los corretamente;

- Tempo inicial: para implantação do BIM na empresa, existe a necessidade que os profissionais sejam liberados para fazer treinamentos e cursos com intuito de aprender a mexer na plataforma, com isso perderá temporariamente sua mão de obra;

- Trabalho em equipe: o BIM necessita de tal interação colaborativa das equipes, com isso não alcançará um sucesso a empresa que não conseguir essa cooperação de todos;

- Interoperabilidade: não é totalmente livre de falhas a importação/exportação de dados de plataformas BIM, contudo podendo prejudicar nos projetos e execução da obra;

- Tempo requerido para elaborar o modelo: mais tempo demandará sua modelagem os projetos mais complexos;

- As etapas antes de iniciar a construção, como licenças e autorizações, não são suportadas. Estas etapas antes do início da construção devem ser incluídas na planta e na planta, entretanto, não poderão ser inseridas no modelo 4D.

2.8 Dificuldades da implementação do BIM

Independentemente de todas as vantagens mencionadas, a implantação do BIM ainda requer planejamento, treinamento e recursos; e na inserção de novas

tecnologias, existem obstáculos de implementação na cultura, finanças, direito e mudanças tecnológicas (PAIVA, 2016).

Os principais obstáculos documentados na literatura podem ser categorizados Conforme Quadro 1 (LIU, 2015 apud PAIVA, 2016).

Quadro 1: Barreiras de implementação de BIM

Categoria	Ítem	Literatura
Falta de padronização nacional	Padronização nacional incompleta Falta de compartilhamento de informações BIM	Bernstein & Pittman, 2004; Thomson & Miner, 2006; Björk & Laakso, 2010; Azhar, 2011; Aibinu & Venkatesh, 2014; Alreshidi et al., 2014
Alto custo de implementação	Alto custo inicial de software Alto custo do processo de implementação	Allen Consulting Group, 2010; Thomson & Miner, 2010; Azhar, 2011; Ganah & John, 2014
Falta de profissionais capacitados	Falta de profissionais Alto custo de treinamento e educação	Smith & Tardif, 2009; Allen Consulting Group, 2010; Sharag-Eldin & Nawari, 2010; Becerik-Gerber et al., 2011; NATSPEC, 2013 ; Wu & Issa, 2014
Problemas organizacionais	Problemas de processos Curva de aprendizado Falta de interesse por funcionários mais antigos/experientes	Arayici et al., 2011; Won et al., 2013; Aibinu & Venkatesh, 2014; Demian & Walters, 2014

Fonte: Extraído Liu, 2015 apud Paiva, 2016.

Nos Estados Unidos, 80% dos projetos são realizados em BIM. Países como Cingapura, Reino Unido, Holanda, Dinamarca, Finlândia e Noruega já solicitaram o uso da tecnologia em projetos financiados pelo governo. Porém, no Brasil, a realidade é diferente. Segundo dados da CEBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção), a proporção de uso nacional dessa ferramenta é de cerca de 20% (REVISTA TÉCHNE, 2016 apud SILVA 2017).

No Brasil, a realização do estudo da modelagem ainda é principalmente introdutório e restrito. Não são encontradas experiências de ensino que foquem nas ferramentas de gerenciamento e de simulações do BIM até o momento, além de não abordarem todo o ciclo de vida da edificação (RUSCHEL, ANDRADE E MORAIS, 2013).

Além da necessidade de treinamento e customização, o uso da modelagem BIM é um processo relativamente caro que precisa ser configurado e gerenciado durante a execução do projeto. Para obter todos os benefícios associados a esta

ferramenta, é necessário ter experiência e conhecimento anteriores para produzir o nível de detalhamento necessário para um cronograma preciso da associação. No entanto, se usados de forma adequada, os benefícios relacionados a custo e tempo excederão, em muito, o custo inicial de implementação (EASTMAN et al., 2011).

3. METODOLOGIA

Este trabalho propõe uma pesquisa exploratória feita a partir de uma revisão bibliográfica dos assuntos a serem abordados: a tecnologia BIM e análises sobre as vantagens do uso da metodologia.

A revisão bibliográfica, que consiste na releitura de trabalhos de conclusão de curso, monografias, artigos, livros impressos ou eletrônicos, norteia os rumos para o levantamento dos resultados e discussões referidas no trabalho. Os dados foram extraídos do Google acadêmico e SciELO entre os meses de junho de 2020 a dezembro de 2020. Foram selecionados trabalhos publicados a partir de 2006 até a presente data, com os seguintes descritores: BIM; BIM-4D; Compatibilização.

A pesquisa exploratória é o contato inicial com o tema a ser estudado, com os sujeitos a serem investigados e com as fontes secundárias disponíveis. Sendo assim, o investigador deve ter uma atitude de receptividade às informações e dados da realidade social, além de uma postura flexível e não formalizada (SANTOS, 1991).

Tripodi et al. (1975) declaram que os estudos exploratórios são baseados na pressuposição de que através do uso de procedimentos relativamente sistemáticos, pode-se desenvolver hipóteses relevantes a um determinado fenômeno.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Projetos em BIM:

Para Ayres e Scheer (2007), os arquivos CAD são formados por bases geométricas básicas e genéricas, que incumbem ao projetista compreender e dispor significado às linhas e demais elementos. Na documentação BIM há relevância e consistência nas informações de determinada edificação, ao passo que se trata de um modelo virtual do empreendimento.

De maneira oposta do sistema CAD, que possuem elementos denominado blocos, a ferramenta BIM apresenta objetos, usualmente, caracterizados como famílias. Esses objetos arquivam informações técnicas particulares dos materiais de construção: a de que a ferramenta tem capacidade de não somente fornecer cortes e elevações, tabelas de esquadrias, acabamentos, áreas, mas também estimativas de cálculo e custos da obra. Dessa forma, é possível acompanhar minuciosamente o andamento de um projeto, desde a fase preliminar, até a representação final com modelagem 3D (NUNES e LEÃO, 2018).

O BIM proporciona novas possibilidades e torna processos de projetos automáticos e ágeis. A afirmação implica, portanto, na qualificação e atualização profissional. Profissionais que atuam de maneira monótona e apresentam soluções comuns, já reconhecidas e consagradas vão sendo excluídos aos poucos do mercado (DURANTE, 2013).

Iniciou nas últimas décadas, um crescente interesse do ramo AEC no uso de modelagem BIM, devido aos benefícios e economia de recursos durante o projeto, planejamento e construção de edificações (Volk et al., 2013).

A ferramenta possibilita ainda, uma melhor comunicação através de visualizações mais eficazes para seus proprietários e demais membros da equipe envolvida (AUTODESK, 2017 apud NUNES e LEÃO, 2018).

Silva (2017) exhibe o projeto arquitetônico desenvolvido de acordo com o projeto padrão de casas populares, que já possuía todos os cômodos e suas respectivas medidas. As Figuras 5 e 6 evidenciam respectivamente a Planta do pavimento térreo original, como Perspectiva da fachada frontal da edificação.

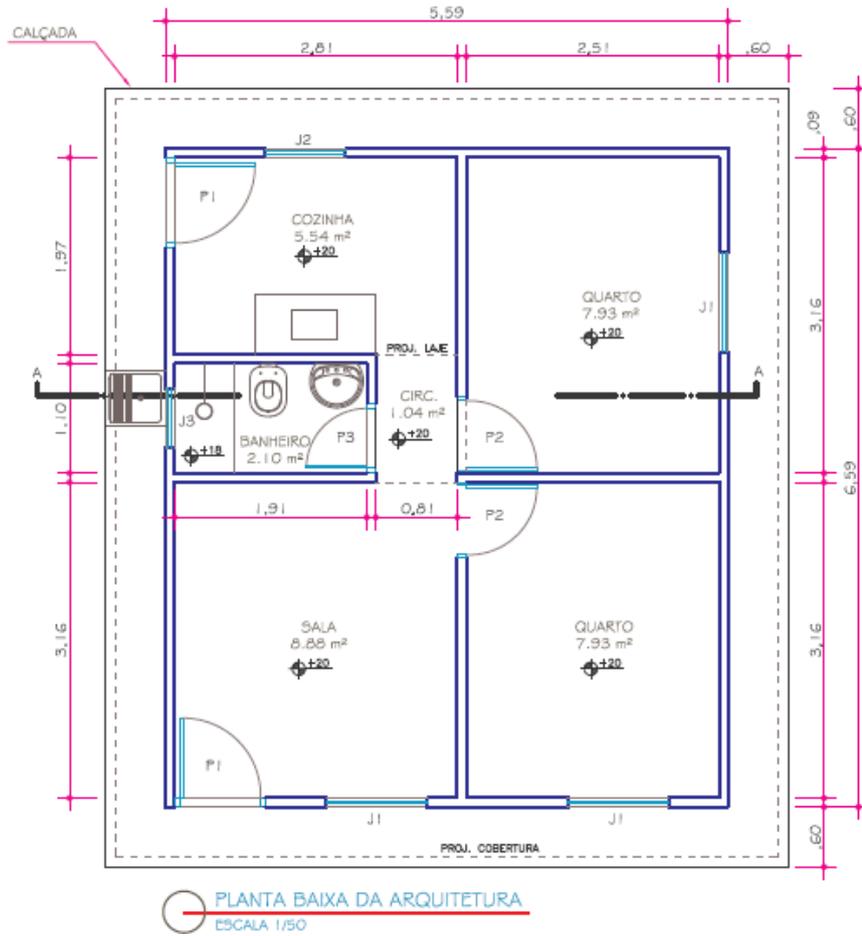


Figura 5: Planta do pavimento térreo original. Fonte: Silva, 2017.



Figura 6: Perspectiva da fachada frontal da edificação. Fonte: Silva, 2017.

A modelagem das armaduras no modelo BIM do projeto de estruturas poderá consistir num processo demorado, principalmente quando o número de elementos estruturais, com geometrias menos convencionais e/ou as soluções de armadura menos frequentes, são dominantes (TARRAFA, 2012). A Figura 7 demonstra vista tridimensional da armadura na interseção de duas vigas com um pilar.

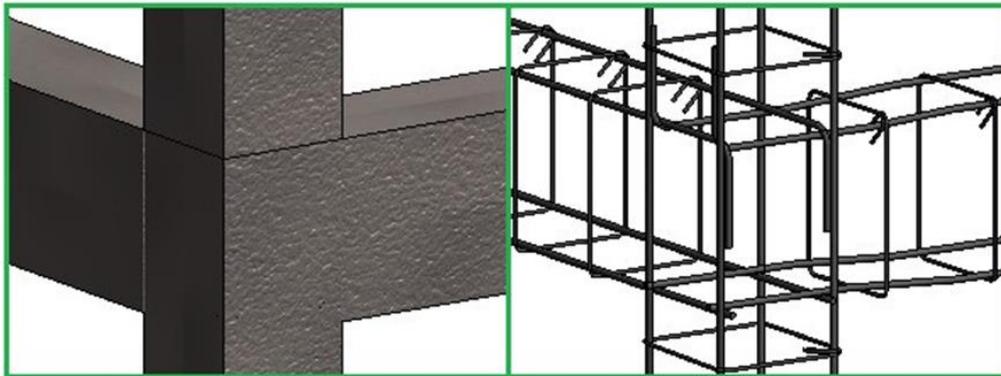


Figura 7: Vista tridimensional da armadura na interseção de duas vigas com um pilar. Fonte: Tarrafa, 2012.

Enquanto que no CAD temos apenas representações gráficas dos elementos do projeto na análise da representação de um banheiro, o BIM abrange, além das representações gráficas, as relações espaciais, análises construtivas, geometria dos elementos, informações de materiais e fabricantes. A plataforma ainda apresenta a viabilidade de adotar custos aos componentes e planejar cronogramas de obra por meio do modelo virtual (ARAÚJO E DARIVA, 2019). A Figura 8 exibe a vista interna de um banheiro no Revit.



Figura 8: Vista interna de um banheiro no Revit. Fonte: Adaptado de Araújo e Dariva, 2019.

O maior obstáculo para a modelagem das instalações são as famílias fundamentais para esse processo. O software oferece várias famílias quando instalado, mas a maioria não segue os padrões da indústria da construção brasileira. Relativamente ao projeto hidrossanitário, algumas empresas brasileiras já produziram e disponibilizam gratuitamente suas próprias famílias, assim como a Deca, a Tigre e a Docol, além de templates desenvolvidos por profissionais da área. Esses templates são extremamente úteis, já que são programados para instalar acessórios nas tubulações automaticamente. Isso permite a obtenção de um quantitativo preciso e detalhado das peças a serem utilizadas para as instalações (SILVA, 2017). A Figura 9 apresenta a perspectiva das instalações elétricas. Para que as instalações ficassem em evidência, todos os elementos foram ocultados.

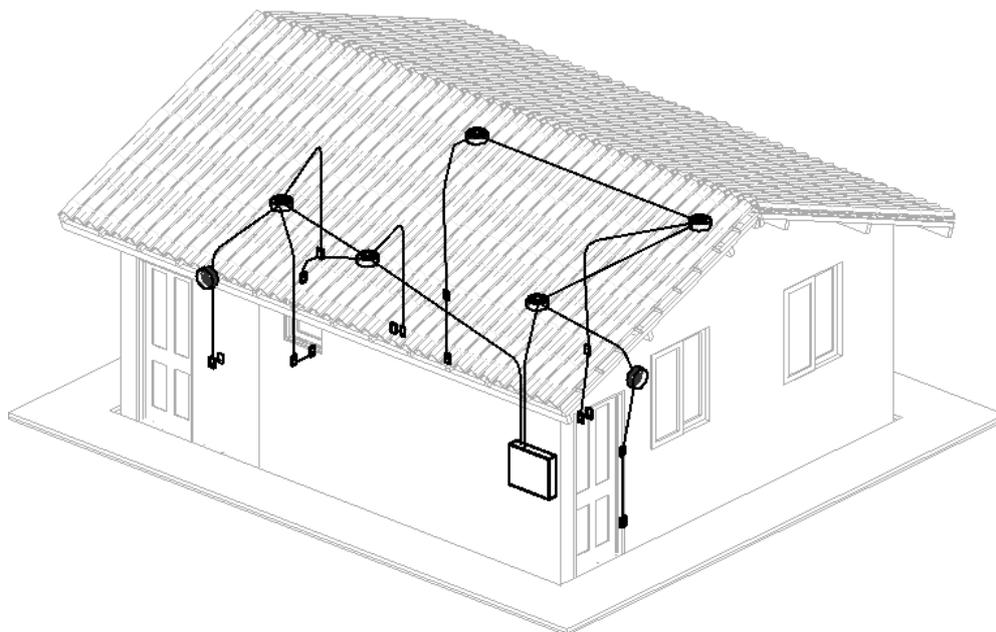


Figura 9: Perspectiva frontal das instalações elétricas. Fonte: Silva, 2017.

Através da metodologia BIM é possível, dentro de único software, a realização da renderização, eliminando assim a integração de dois software distintos, sendo um para modelagem e outro para construção dos projetos arquitetônicos. Confrontado aos métodos tradicionais, a metodologia BIM apresentou eficiência na otimização do tempo, obtendo assim velocidade de execução nos projetos.

Contudo, permitiu-se através da modelagem BIM entendimento mais abrangente da edificação e seus projetos. Elaborado, o modelo 3D possibilitou a criação automática das plantas, elevações, cortes e vista 3D, permitindo assim a visualização e entendimento facilitado do projeto (SILVA, 2017).

Os projetos em BIM facilitam a visualização de forma clara e objetiva. Como pode-se observar na modelagem 3D do projeto arquitetônico, uma vez realizada a modelagem, a criação e edição das vistas e plantas no Revit é realizada de forma simples. No projeto estrutural, é possível visualizar os estribos e as barras de aço. Diferenciando-se das metodologias tradicionais, onde são compostas por linhas e não seguem fielmente como se é construído. Os projetos de instalações hidrossanitárias e instalações elétricas, pode-se observar na modelagem os componentes, sendo eles: tubulações, conexões, caixa sifonada e vaso, não só mas também, padrão de energias, caixa hexagonal e interruptores.

4.2 Interferências no projeto

Após importar o modelo 3D, apresenta a opção de se procurar incompatibilidades no projeto por meio de uma ferramenta denominada Clash Detective (Detetive de Erros). Para que o programa busque no modelo objetos que não cumpram tais especificações é indispensável que se crie regras de compatibilidade.

O software gera um relatório com todas as incompatibilidades encontradas. Para cada item deste relatório, é gerada uma imagem dos objetos que não atendem à regra estabelecida no modelo 3D. Este parecer e essas figuras podem ser exportadas, permitindo que se compartilhe os dados com os projetistas das disciplinas envolvidas para que eles encontrem uma solução, uma vez que o Navisworks não corrige, apenas informa (SILVA, 2017). As Figuras 10 a 11 mostram dois exemplos de clashes (erros) detectados.

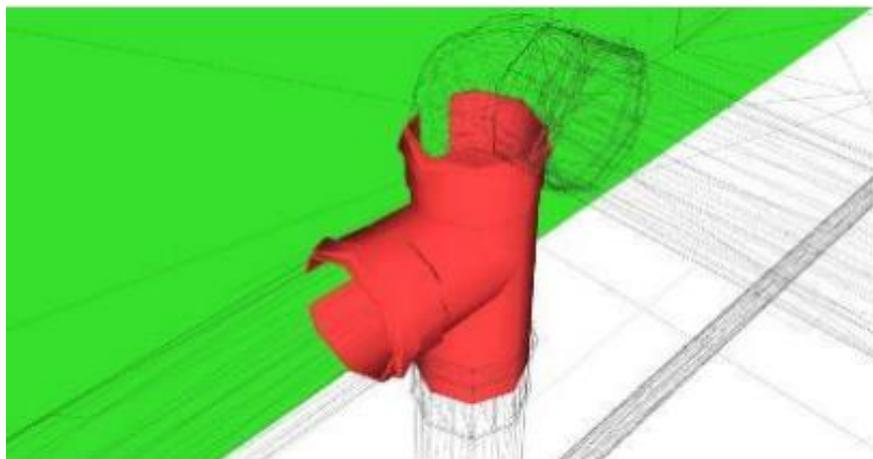


Figura 10: Interferência entre viga e conexão. Fonte: Mesquita et al. 2018.

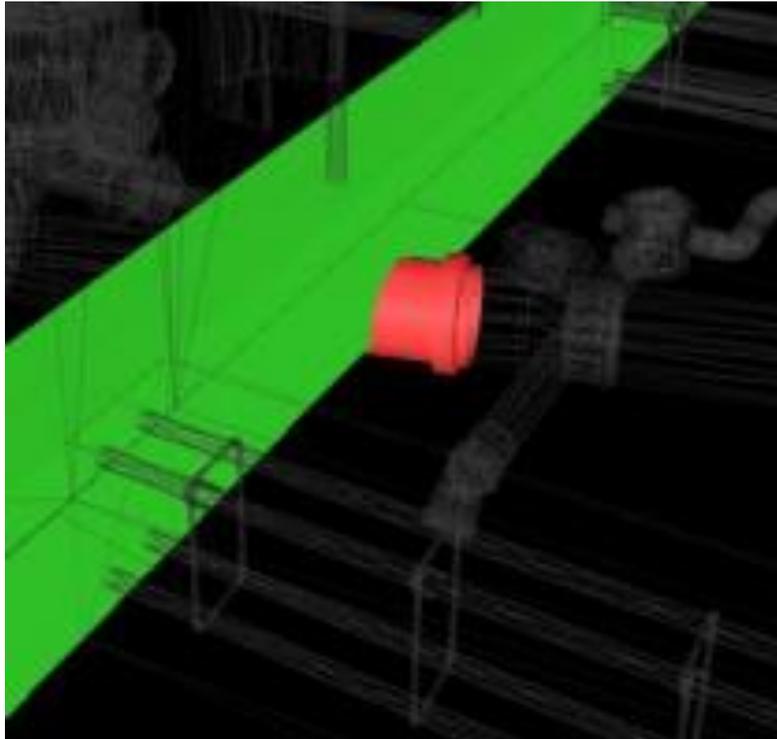


Figura 10: Tubulação dentro da viga. Fonte: Silva, 2017.

Da forma tradicional, os esforços de compatibilização se dão através da sobreposição de projetos de diferentes disciplinas, seja de forma física (projetos impressos sobrepostos) ou digital (desenhos em CAD sobrepostos digitalmente em softwares CAD). Este processo é completamente manual e depende da atenção, capacidade de visualização e experiência do profissional responsável. Muitas incompatibilidades somente são percebidas na fase de obras, sendo ineficiente o processo, trazendo custos extras, além de atrasos no prazo de entrega do empreendimento (PAIVA, 2016).

4.3 Vantagens da metodologia BIM na concepção de uma residência unifamiliar

Segundo Venâncio (2015) a introdução desta metodologia traduz-se no uso do nível atual de tecnologia disponível para auxiliar no projeto e construção, introduzindo inúmeras vantagens, entre as quais se destacam:

- a visualização tridimensional facilitadora da intercomunicação entre os diferentes intervenientes permite um melhor entendimento do projeto;
- a modelagem paramétrica garante a atualização automática de todo o modelo quando é introduzida alguma alteração, corrigindo toda a documentação gerada pelo

modelo como cortes, alçados, plantas e vistas; esta capacidade garante a permanente atualização dos desenhos, reduzindo erros;

- o arquivo de muita informação em torno de um modelo BIM garante o acesso facilitado à informação, permanentemente atualizada e coordenada entre a equipe, reduzindo conflitos e erros de coordenação entre especialidades.

Traduzem-se as vantagens listadas num acréscimo de produtividade, evitando trabalhos repetidos e melhorando a qualidade final de um projeto, não só mas também, garantindo o controle global de toda a informação. Com isso, contribuem para uma construção sustentável e com uma grande potencialidade na gestão e manutenção durante a fase de utilização, podendo ser monitorizada ao longo do ciclo de vida do edificado (VENÂNCIO, 2015).

Silva (2017) aponta a capacidade de identificação de possíveis conflitos de espaço e tempo durante a construção, os quais reduzem a produtividade e causam interferências no modelo 4D:

Através do modelo 4D é permitido visualizar a informação temporal, espacial e lógica através de um único meio na tela. Enquanto no cronograma obtido com ferramentas convencionais, o responsável pelo planejamento pode apenas especular se haverá um conflito de espaço-tempo, o modelo 4D manifesta claramente problemas relativos à restrição de espaço.

4.4 Dificuldades da implantação da metodologia BIM no cenário brasileiro

Segundo Ruschel et al. (2013) o número de empresas que utilizam a tecnologia BIM, sendo seu ensino em universidades no Brasil, é extremamente inferior aos de países europeus e os EUA; mesmo quando utilizado, não conseguem aproveitar seus benefícios, pois poucos profissionais brasileiros estão qualificados para isso: usar a tecnologia BIM de pleno cumprimento à sua função, no ensino e pesquisa BIM no Brasil.

É prevalentemente introdutório e restrito, o estudo da implementação da modelagem no Brasil. Até então, não são encontradas experiências de ensino que realcem as ferramentas de coordenação e de simulações do BIM, além de não abordarem todo o ciclo de vida da edificação (RUSCHEL et al., 2013).

Souza (2009) aponta as principais dificuldades indicadas pelos entrevistados, através da sua pesquisa de campo subtraídas dos escritórios de arquitetura, localizados nas cidades do Rio de Janeiro, São Paulo e Curitiba.

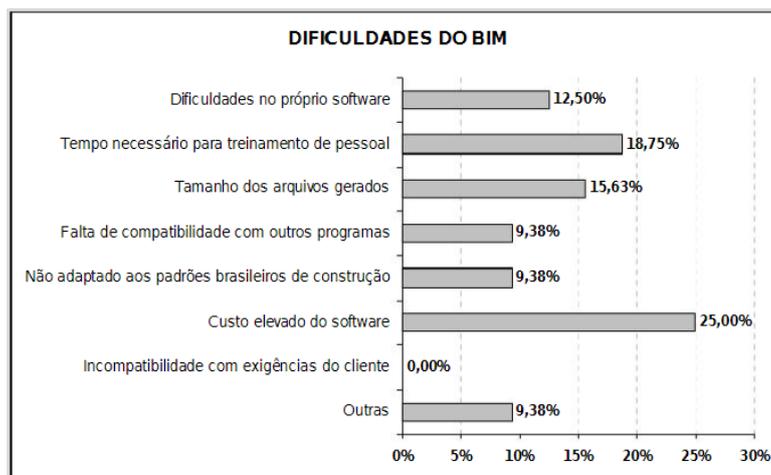


Figura 11: Dificuldades do BIM. Fonte: Souza, 2009.

No setor de AEC, tais fatores geram dificuldades de implantação do BIM nas empresas. O custo de aquisição dos softwares e a capacitação dos profissionais são altos, além do retorno financeiro não ser imediato. A mudança comportamental que deve ocorrer para que a modelagem seja adotada também é um grande obstáculo (SILVA, 2017).

A CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) aponta como principais obstáculos à implementação do BIM a inércia e resistência às mudanças, complexidades de entendimento e compreensão, bloqueios culturais e características do ambiente brasileiro, assim como a carência de valorização de planejamento, procura de resultados rápidos e baratos, pouquidade de interesse em cooperação, ensino insuficiente do assunto nas universidades, além de peculiaridades e aspectos essenciais ao BIM (CBIC, 2016).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil é o setor que mais contribui com desperdícios, retrabalhos, patologias e produtos ordinários. Sendo assim, a modelagem da informação na construção, ou BIM, mostrou-se como uma alternativa aos processos tradicionais de planejamento, projeto, construção e gerenciamento de edificações. O setor demonstra uma concorrência acirrada, levando assim, as construtoras a considerar novas possibilidades de construção, visando racionalização dos insumos e serviços, garantindo lucratividade.

A metodologia BIM se baseia na criação de um modelo 3D que contém todos os projetos referentes à construção de uma obra. Com o modelo, auxilia na otimização dos projetos, na documentação, e que também pode ser compartilhado pelas equipes de planejamento, desenvolvimento e execução da obra.

O BIM evidencia como a metodologia pode ser desfrutada em todas as fases de uma edificação: renovação, programação, criação do design e seu posterior detalhamento, análise, documentação, fabricação, planejamento e orçamento (4D e 5D), logística de construção, operação e manutenção e finalmente, demolição. Contudo, a metodologia pode ser utilizada em toda fase de projeto.

O objetivo fundamental deste trabalho foi avaliar a implementação da metodologia BIM na concepção de uma residência unifamiliar. Diante desta avaliação, notou-se que a tecnologia BIM possui grandes potencialidades que propiciam um entendimento diferenciado do desenvolvimento da construção, visualização do clashes, produtividade, evitando trabalhos repetidos e melhorando a qualidade final de um projeto.

Em comparação com os métodos tradicionais, as vantagens do seu uso abrangem todos os agentes envolvidos no projeto em ferramentas de visualização, integração, análise e gestão. Ainda, o BIM viabiliza uma melhor compreensão da sequência executiva e possibilita a detecção prévia de potenciais problemas, oportunizando melhorias, mesmo nas fases iniciais.

A metodologia já é bastante difundida internacionalmente. Através do Decreto nº 9.983 de 22 de agosto de 2019, com intuito de disseminar o BIM em âmbito nacional, e Decreto nº 10.306 de 2 de abril de 2020, estabelecendo seu emprego na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia efetuadas por órgãos e entidades da administração pública federal e com mais investimentos na área e

maior número de adeptos, a utilização do BIM no Brasil provavelmente se consolidará. Se esta previsão se confirmar, as habilidades dos profissionais em trabalhar efetivamente nesse ambiente se tornarão, cada vez mais, um diferencial na disputa por projetos.

REFERÊNCIAS

ABDI. **Modelagem BIM é alternativa para reverter cenário atual da construção civil.** Disponível em: <<https://www.abdi.com.br/>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

Ayres Filho, C.; Scheer, S. **Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico.** In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. Curitiba, 2007.

BARBOSA, Gilvam Ferreira. **Utilização da metodologia Bim para a criação e compatibilização de projetos de uma residência unifamiliar.** 2020. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, ANGICOS-RN, 2020.

BARBOSA, A. C. M. **A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático Construção de uma ETAR na Argélia.** 2014. — Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014.

BALDUINO, Gabriel Mônico. **Comparativo econômico entre os sistemas construtivos: estrutura aporricada de concreto armado com fechamento em blocos cerâmicos e alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto – estudo de caso.** 2016. Universidade Federal de Ouro Preto Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil Curso de Graduação em Engenharia Civil, Ouro Preto, 2016.

BIANCHINI, Larissa de Quadros. **Utilização de um Modelo Bim 5D para Orçamentação: Um Estudo De Caso.** Universidade Federal de Santa Maria Centro De Tecnologia Curso De Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria-RS, 2019.

BARLISH, K.; SULLIVAN, K. **How to measure the benefits of BIM—A case study approach.** Automation in construction, [S.l.], v.24, p.149–159, 2012.

BRASIL. Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, n. 65, p. 5-7, 3 abr. 2020a.

BRASIL. Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, n. 163, p. 2-3, ago. 2019a.

CALLEGARI, S. **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares.** Dissertação de Mestrado. UFSC: Florianópolis, 2007.

CATELANI, W. S. **Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras**. Volume 3-Colaboração e Integração BIM. Brasília: Cbic, [S.I.], 2016.

CAMPESTRINI, T. F. et al. **Entendendo BIM**. Curitiba, PR, [S.I.], 2015.

CBIC, **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**, Câmara Brasileira da Indústria e da Construção. Disponível em: <<http://cbic.org.br/bim/>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

DARIVA, M. A.; ARAUJO, A. L. **Concepção de projetos hidrossanitários com tecnologia BIM: estudo comparativo ao método conduzido em plataforma CAD**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: <<https://www.antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/131>>. Acesso: 30 mar. 2021.

DURANTE, Fábio Kischel. **O uso da metodologia BIM (Building Information Modeling) para gerenciamento de projetos: Gerente BIM**. 2013. 118 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2013.

SENA, Thiago Silva de. **A aplicação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael e LISTON, Kathleen. **Manual BIM – Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Segunda Edição. BOOKMAN, São Paulo, 2014.

FERREIRA, B. M. L. **Desenvolvimento de metodologias BIM de apoio aos trabalhos construtivos de medição e orçamentação**. [S.I.]. 2015.

GUIMARÃES, Camilla Moreira. **Utilização do Bim 4D na Construção Civil**. Universidade Federal De Minas Gerais Curso De Especialização Em Construção Civil, Belo Horizonte-MG, 2019.

JUNQUEIRA, L. E. L. **Aplicação da Lean Construction para redução dos custos de produção da Casa 1.0®**. 2006. 175 f. Dissertação (Especialização em Engenharia de Produção para Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção, São Paulo, 2006.

KASSEM, M.; AMORIM, S. Leusin de. **BIM Building Information Modeling No Brasil e na União Europeia.** [S.l.]. 2015.

KRAUSS, P.F.; RIBEIRO, S.A. **Análise comparativa entre versões de arquivos IFC utilizando a verificação de interferência** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2, 2019, Campinas. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: <<https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/117>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

LUKE, W. G. et al. **Uso de ferramentas BIM para o melhor planejamento de obras da Construção Civil.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Anais. [S.l.: s.n.], 2014. v.4

MANZIONE, L., MELHADO, S. **Nível de maturidade do processo de projeto: as quatro interfaces.** XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, AL, Maceió, 2014.

MARTINS, Gabriel Almeida. **Interoperabilidade de Softwares Bim no contexto de projeto de Estruturas de Concreto Armado.** 2020. Universidade Federal de Viçosa, VIÇOSA-MG, 2020.

MESQUITA, Hygor de Castro; EDUARDO, Raphael Canedo; RODRIGUES, Karen Campos; PAULA, Heber Martins de. **Estudo de caso da análise de interferências entre as disciplinas de um edifício com projetos convencionais (re) modelados em BIM.** Revista Matéria. Catalão - GO, v.23, n.3, Dezembro, 2018.

MIRANDA, Rian das Dores de. SALVI, Levi. **Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 05, Vol. 07, pp. 79-98 Maio de 2019. ISSN: 2448-0959.

MIRANDA, Rian das Dores de. SALVI, Levi. **Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento.** Ano 04, Ed. 05, Vol. 07, pp. 79-98 Maio de 2019. ISSN: 2448-0959

MIKALDO JR, J.; SCHEER, S. **Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual é a melhor solução?** Gestão & Tecnologia de Projetos, Curitiba, v. 3, n.1, p. 79-99, mai. 2008.

Monteiro, A., & Martins, J. P. (2013). **A survey on modeling guidelines for quantity takeoff oriented BIM-based design.**

NEVES DA SILVA, E. **SINERGIA BIM – Lean Construction: Mudanças e Desafios para a Gestão de Empreendimentos.** Revista Gestão e Gerenciamento, 6 pág, Janeiro 2017.

PASTRO, Rodrigo Zambotto. **Alvenaria Estrutural Sistema Construtivo.** 2007. Universidade São Francisco Engenharia Civil, Itatiba, 2007.

NUNES, Gustavo Henrique; LEÃO, Marlon. **Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM.** Revista de Engenharia Civil, Mato Grosso, volume do exemplar, No. 55, p. 47-61, julho, 2018. Disponível em:

<<http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n55/Pag.47-61.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

PARIZI, C. C., NAAS, I. A., GARCIA, S. **Fatores que influenciam na produtividade do trabalhador da construção civil.** Revista ESPACIOS, 2016.

PAIVA, DANIEL CAPISTRANO SARINHO. **Uso do Bim para Compatibilização de Projetos: Barreiras e Oportunidades em uma Empresa Construtora.** 2016. Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte Centro De Tecnologia Departamento De Engenharia Civil, Natal-RN, 2016.

RUSCHEL, R; DE ANDRADE, M; DE MORAIS, M. **O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013.

SABOL, L. **Challenges in cost estimating with Building Information Modeling.** IFMA WorldWorkplace, [S.l.], p.1–16, 2008.

SANTOS, J. V. T. **A construção da viagem inversa.** Cadernos de Sociologia, ensaio sobre a investigação nas ciências sociais, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 55-88, jan./jul. 1991.

SANTOS, E. T. **Criação, representação e visualização digitais: tecnologias digitais de criação, representação e visualização no processo de projeto.** Brasília: CRV digitais, 2012.

SAI EVURI, G.; AMIRI-ARSHAD, N. **A study on risks and benefits of building information modeling (BIM) in a construction organization.** [S.l.], 2015

SCHMITZ, Carlise. **Representação do escopo da construção em um modelo BIM visando o planejamento e controle da produção através de ferramentas 4D.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

SILVA, C.P. (2017). **Comparativo entre as técnicas tradicionais e a Plataforma BIM aplicadas no Planejamento de obras.** Monografia de Projeto Final, Publicação em 2017, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 109p.

SIVIERO, L. A. **Gestão e manutenção de edifícios históricos da UFRGS: aplicação da tecnologia BIM no Castelinho.** 2010. 70 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.,

SINDUSCON-SP. **Sucesso na implementação do BIM passa por planejamento, afirmam especialistas.** Seminário Internacional BIM 2017. São Paulo, 2017.

SOARES, J. D. R. T. **A metodologia BIM-FM aplicada aum caso prático.** 2013. — Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Souza, L. L. A. D. **Diagnóstico do uso do BIM em empresas de projeto de arquitetura.** 2009. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Tecnologia da Construção - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

STANLEY, R.; THURNELL, D. **The benefits of, and barriers to, implementation of 5D BIM for quantity surveying in New Zealand.** Australasian Journal of Construction Economics and Building, v. 14, n. 1, p. 105-117, 2014. ISSN 18356354.

TARRAFA, Diogo Gonçalo Pinto. **Aplicabilidade prática do conceito BIM em projeto de estruturas.** Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Mecânica Estrutural – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. Coimbra, 2012.

TRIPODI, T.; FELLIN, P.; MEYER, H. **Análise da pesquisa social.** Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1975.

VENÂNCIO, MARIA JOÃO LIMA. **Avaliação da Implementação de Bim – Building Information Modeling em Portugal.** 2015. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.

VICO. **5D BIM.** VICO Software, 2011. Disponível em: <<https://www.vicosoftware.com/what-is5D-BIM>>. Acesso em: 20 out. 2020.

Volk, R.; Stengel, J.; Schultmann, F. **Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – literature review and futures needs.** In: Automation in Construction, Elsevier, 2013.

XU, J. **Research on application of BIM 5D technology in central grand project.** Procedia engineering, [S.l.], v.174, p.600–610, 2017.

PROCESSO DE RACIONALIZAÇÃO APLICADO NA ESTRUTURAÇÃO DAS PAREDES DE CONCRETO DE FORMA METÁLICA COMO FORMA DE OTIMIZAÇÃO

ACADÊMICO: Matheus Diniz Junqueira da Silva

ORIENTADOR: Leonardo Martins Sleutjes

LINHA DE PESQUISA: Tecnologias de Materiais e Método Construtivo

RESUMO

O presente trabalho visa compreender as vantagens da implantação do sistema Parede de Concreto para construções de médio e grande porte, ou onde haja repetição de mesmo projeto. Para tal, detalha-se este método construtivo, desde suas implicações técnicas até administrativas e compara-o com o método de construção tradicional, em alvenaria. Com o cenário não favorável e os investimentos na construção civil limitados, o método construtivo apresenta a possibilidade de construtoras atribuírem alta produtividade, curto prazo e garantia na qualidade. Desta forma, pretende-se demonstrar as vantagens financeiras, gerenciais e práticas do método utilizado. Ressalta-se também a crescente tendência da industrialização dentro da construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Parede de concreto; Método construtivo; Industrialização.

1. INTRODUÇÃO

O surgimento do Banco Nacional de Habitação (BNH) em 1966, impulsionou transformações na área de construção civil como a importação de novas tecnologias, além de instigar interesse de construtores e fabricantes de materiais pelos processos construtivos não convencionais. Contudo, a grave crise inflacionária vivenciada no Brasil na década de 1980, extinguiu as atividades do BNH. Esse cenário provocou estagnação do setor, nova postura no mercado de edificações e redirecionamento da política habitacional.

O sistema tradicional era o que melhor equalizava as exigências quanto ao prazo, orçamento e qualidade do empreendimento. Contudo, a abertura do capital das principais construtoras, a injeção de crédito imobiliário e o aquecimento da economia geraram um aumento da demanda por imóveis econômicos, concomitante à escassez de equipamentos, materiais e mão de obra. A construção convencional não se mostrou uma solução economicamente viável para esse novo mercado e as empresas começaram a estudar alternativas tecnológicas para buscar o equilíbrio da tríade custo, cronograma e qualidade no segmento popular (MARTINS, 2010).

Após muitos anos de inatividade no setor de construção habitacional, em 2009, houve a retomada das atividades com o projeto do governo federal *Minha Casa, Minha Vida*. O objetivo, desse projeto, era a construção de casas para a população, tendo o foco aqueles pertencentes à classe de baixa renda.

Para atender à construção habitacional dos programas governamentais, a construção civil precisou reformular seu método construtivo. Surge como opção a utilização de paredes de concreto com formas metálicas a fim de buscar produção de edificações racionalizadas, otimização das atividades em obra, abreviação dos prazos e minimização dos custos (BARROS, 1996).

A racionalização trata da implementação de novos métodos executivos para acelerar a produção, mas mantendo a base tradicional de construir (DONIAK, 2012).

Racionalização, na construção, consiste no esforço para tornar mais eficiente a atividade de construir, na busca da melhor solução para os diversos problemas da edificação (BARROS, 1996).

Tendo em vista o cenário da carência habitacional, com a necessidade de multiplicação dos canteiros de obras devido ao incentivo dos empreendimentos imobiliários, sobretudo com a criação dos conjuntos habitacionais, e principalmente

em virtude do apoio do Governo Federal com o programa “Minha Casa, Minha Vida”, abre-se uma discussão sobre o tema da industrialização da construção.

Com isso, as construtoras são pressionadas cada vez mais por prazos, qualidade, controles de custos e incidência de modificações não autorizadas, mantendo sempre o layout original do projeto. Desta forma, surge a ideia de métodos construtivos que atendam tanto em prazo, quanto em custo.

O acréscimo dos custos em percentual é considerável e impacta diretamente no valor final do empreendimento. Pode-se perceber isso através dos seguintes dados: na Bélgica, 17%, na França 12% e no Brasil 30% são os percentuais de desperdício. Sendo mais específico, para exemplificar a justificativa dessas perdas: 50% da argamassa e 30% dos tijolos são perdidos.

Além dos desperdícios, pode-se observar altas taxas de retrabalho que podem ser justificadas através da baixa qualificação da mão de obra, dentre outros diversos aspectos que podem interferir negativamente nesse setor.

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica de cunho exploratório. A proposta é visitar, além do texto base de Santos (2013), as fontes bibliográficas a fim de explorar fontes que apresentem vantagens na utilização do processo de racionalização na estruturação das paredes de concreto de fôrma metálica na construção habitacional.

Este estudo visa contribuir com informações e esclarecimentos sobre o processo de racionalização aplicado na estruturação das paredes de concreto de forma metálica. Essas explanações poderão auxiliar os envolvidos em decisões no momento da execução das etapas de trabalho na construção habitacional.

O problema de pesquisa aborda o processo de racionalização aplicado na estruturação das paredes de concreto de forma metálica como forma de otimização na execução das etapas de trabalho na construção habitacional. Esta otimização compreende levar em conta fatores como velocidade de execução, maior produtividade, diminuição do prazo de entrega e redução dos gastos com mão de obra.

Este trabalho tem como objetivo difundir o conhecimento a respeito de paredes de concreto maciço através de formas metálicas, exaltando os benefícios da utilização desse procedimento. De forma a otimizar e racionalizar os processos construtivos dentro da obra.

Demonstrar características e etapas do processo construtivo de paredes de concreto, mostrar as vantagens e desvantagens do método construtivo, discutir os conceitos de racionalização aplicados em paredes de concreto e por fim apresentar possíveis benefícios referentes à utilização deste método construtivo.

O mercado da construção civil se viu aquecido, decorrente dos incentivos do Governo Federal e com a injeção do crédito imobiliário. Empresários e construtoras se viram pressionados a produzir imóveis de forma econômica e com qualidade. O que não era possível com o método construtivo convencional empregado. Sendo assim, novos métodos e tecnologias foram buscados a fim de apresentar um possível equilíbrio entre custo, qualidade e tempo de execução.

A aplicação deste novo método construtivo fez com que as construtoras conseguissem maiores lucros, reduzissem o tempo estimado do projeto, devido à sua produção em grande escala e com alta repetitividade.

Este estudo justifica-se pela necessidade de divulgação da técnica do método construtivo e suas vantagens diante do cenário nacional da construção habitacional. Dessa forma, pode-se contribuir para o processo de industrialização, resultando no crescimento da construção civil brasileira.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Racionalização na construção civil

A racionalização do processo produtivo é caracterizada por uma ação coordenada entre vários aspectos envolvidos desde a concepção até a execução, tendo como objetivo melhorar o desempenho econômico e físico do produto ao longo de sua vida útil. Ressaltando que, durante as fases de produção de edificações, as empresas buscam um equilíbrio entre custo, tempo e qualidade, que dependem basicamente do gerenciamento empresarial.

A industrialização baseou-se na padronização de produtos e a utilização de repetições nas atividades produtivas.

O paradigma da racionalização taylorista e fordista sobre a industrialização fechada deixam de ter sentido, dando lugar a um modelo com base na flexibilidade de

produção e na participação dos trabalhadores no controle de processo de trabalho (FARAH, 1990)

Taylorismo ou Administração Científica é o modelo de administração desenvolvido pelo engenheiro norte-americano Frederick Taylor (1856-1915) que se caracteriza pela ênfase nas tarefas, objetivando o aumento da eficiência ao nível operacional.

Fordismo, termo criado por Antônio Gramsci, em 1922, refere-se aos sistemas de produção em massa e gestão idealizados, em 1913 pelo empresário estadunidense Henry Ford (1863-1947). Trata-se de uma forma de racionalização da produção capitalista baseada em inovações técnicas e organizacionais que se articulam tendo em vista, de um lado a produção em massa e, do outro, o consumo em massa.

A indústria da construção civil buscou otimizar os seus processos, visando o aumento da produtividade através da racionalização do uso de recursos humanos, de materiais, do tempo para realização de suas atividades, da padronização de projetos, do uso de novas tecnologias e sobre a implantação de programas de qualidade. Nesse contexto, as empresas buscam solucionar o problema da baixa produtividade e aumentar a qualidade dos seus produtos, pois estes fatores passaram a determinar a permanência das mesmas neste ramo do mercado.

Pode-se analisar a construção civil atual sob aspectos referentes a industrialização, viabilizando um emprego racionalizado de técnicas e métodos construtivos que aumentem a produtividade e reduzam os custos dos empreendimentos.

Nos programas de incentivo à habitação de famílias de baixa renda, há uma preocupação para a não modificação do projeto arquitetônico original, no intuito das unidades serem padronizadas e de manter a salubridade do projeto. Os processos produtivos, com ênfase na parede de concreto, desempenham papel fundamental em relação à rapidez de execução e rígido controle de qualidade, assim como no aumento da dificuldade de modificação do projeto arquitetônico original, uma vez que tem função estrutural. Também possui como objetivo, proporcionar eficiência em relação ao aumento da racionalização construtiva e conseqüentemente, elevar a produtividade e reduzir desperdícios e custos.

Os conceitos de racionalização e industrialização estão interligados. A utilização de políticas racionalizadas aumenta o nível organizacional dos processos,

que por sua vez, é a base da industrialização. Além disso, a construção racionalizada e industrializada utilizando parede de concreto, ênfase do presente trabalho, podem trazer benefícios de qualidade, durabilidade, desempenho e sustentabilidade, associada, ainda, à rapidez na execução.

A industrialização da construção é o processo evolutivo que, através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho, técnicas de planejamento e controle, objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva (FRANCO, 1992).

A industrialização apresenta caráter muito repetitivo e é bem representada pela parede de concreto, que reflete diretamente na produtividade da mão de obra. Entretanto, vale ressaltar que a qualificação dessa mão de obra e o fluxo do capital imobiliário são fatores importantes na configuração da questão de habitação pois, para manter o mercado atualizado e executando obras dentro das normas técnicas, é necessário fazer treinamentos regulares de capacitação.

É possível empregar mão de obra não especializada. Entretanto, é conveniente introduzir o treinamento do pessoal, o controle de qualidade rigoroso e o incentivo à maior produtividade (BRUMATTI, 2008).

A aplicação do conceito de racionalização construtiva está relacionada aos resultados de melhoria no aproveitamento dos recursos disponíveis em todas as fases da construção, diminuindo imprevistos e mudanças em sua base tecnológica. Além do quesito rapidez com qualidade.

Não basta que o canteiro seja repetitivo, há necessidade de que os operários se desloquem, sem interrupção de uma tarefa para outra; ainda mais, dentro da própria tarefa, não pode haver paradas devido à falta de materiais, falta de detalhamento construtivo, interferência com outras tarefas, desbalanceamento e falta de elementos na equipe de trabalho, ou ingerência de causas naturais como chuvas, etc (HEINECK, 1991).

2.2 Parede de concreto

Na construção civil, existem muitas formas de execução das estruturas. Sejam elas em alvenaria estrutural, estrutura metálica, concreto armado, concreto protendido, pré-moldado, entre outras. Cada uma exhibe uma particularidade, no custo, forma de construção, mão de obra especializada, logística, tempo de construção,

acabamento e funcionalidade. A engenharia proporciona a escolha da melhor técnica adequada à finalidade da construção.

A Western Forms, empresa localizada na cidade de Kansas City, Missouri, EUA, fundada em 1955, por E. B Ward. Comprometida em fornecer produtos e serviços com sistemas em formas para construção para clientes que buscam o melhor, em produtos de qualidade e com baixos custos. Em 1962, inventou as formas de alumínio. Passados 50 anos, tornou-se a líder de mercado em formas voltada à construção residencial, acessórios e suporte técnico. Hoje a empresa atua em 48 estados americanos e em mais 40 locais ao redor do mundo.

O sistema de formas é um conjunto das formas utilizadas para moldar a estrutura de concreto armado da edificação, podemos dizer que a forma é um molde provisório que serve para dar ao concreto fresco, a geometria e textura desejada, e de cimbramento, todos os elementos que servem para sustentá-lo até que atinja resistência suficiente para auto suportar os esforços que lhe são submetidos (ASSAHI, 2011).

O sistema de formas deve possuir resistência suficiente para suportar esforços provenientes do seu próprio peso, acrescido do peso do concreto e do aço e do tráfego de pessoal e equipamentos para lançamento e adensamento.

A parede de concreto preenche os requisitos para instrumentos de aumento da produção, visto que é executada repetidas vezes, de maneira contínua, sem pausas e em elevadas quantidades, o que resultada na experiência da mão de obra e conseqüentemente na melhoria do seu desempenho. É uma alternativa vantajosa para erguer edificações de forma ágil e com qualidade, observando-se todos os critérios de padronização e normalização. O sistema, basicamente, emprega um jogo de formas, tela de aço e o concreto que irá construir a parede.

Um dos pontos cruciais do sistema é o custo da forma. Geralmente é de alumínio, um material nobre. Mas é uma forma que pode ser utilizada muitas vezes, de 500 até duas mil vezes. Então, esse valor é absorvido e o valor por metro quadrado pode cair bastante. Para uma perspectiva de alta repetição de construção, a competitividade do sistema é mais evidente. (CORSINI, 2011).

No sistema de paredes de concreto, a vedação e a estrutura são compostas por esse único elemento. As paredes são moldadas *in loco*, tendo embutidas as instalações elétricas, hidráulicas e esquadrias (MARTINS, 2010)

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland, o sistema paredes de concreto podem ser empregado nos seguintes tipos de edificações:

- Casas térreas;
- Casas assobradadas;
- Edifícios com pavimento térreo mais cinco pavimentos tipo;
- Edifícios com pavimento térreo mais oito pavimentos tipo – limite para ter apenas reforços de compressão;
- Edifícios de até 30 pavimentos;
- Edifícios com mais de 30 pavimentos – considerados casos especiais e específicos.

2.3 Sistema de parede de concreto no Brasil

Embora o sistema de paredes de concreto moldadas no local fosse usado no Brasil, há algumas décadas era empregado em pequena escala e pontualmente. Nos últimos seis anos, aproximadamente, surgiu uma demanda muito grande de construção em larga escala, sobretudo por conta do programa governamental de habitação popular “Minha Casa, Minha Vida”, que possibilitou financiamentos de até 30 anos para a compra da casa própria (CORSINI, 2011)

Manobra que aqueceu o mercado imobiliário, que não estava preparado para tal demanda, exigiu a construção de muitos empreendimentos em pouco espaço de tempo. Uma equação que começou a resultar negativamente para as construtoras e que precisava ser contornada rapidamente. Foi a partir desse cenário, principalmente, que técnicas diferenciadas começaram a ser praticadas em diversos canteiros de obras populares.

O sistema construtivo parede de concreto é um destes métodos e atualmente está entre os mais utilizados em grandes empreendimentos. Apesar de recente nos campos de obras brasileiros, o método é amplamente utilizado em países como Colômbia, Equador e Chile, sem contar Europa e América do Norte.

Pode-se observar que o crescimento do sistema construtivo de paredes de concreto ocorre em função da industrialização das obras e da necessidade de as construtoras reduzirem entulhos, aperfeiçoarem o tempo de execução e o custo total da obra. Com isso, todos os segmentos do setor, de uma forma geral, estão

trabalhando para aumentar a produtividade nas obras, com um controle de qualidade mais rigoroso e, conseqüentemente, um custo mais baixo.

O grau de industrialização de um processo pode ser medido pelo seu nível organizacional e isso é avaliado através de um indicador que faz relação entre consumo de mão de obra por unidade de área construída. Então, surge o conceito de Construção Industrializada, que é a construção com emprego de processos industrializados.

Os sistemas construtivos industrializados têm se tornado cada vez mais necessários para a construção civil moderna, devido à necessidade de menor tempo na construção, de menores despesas e de elevada produtividade da construção civil (Greven & Baldauf, 2007).

Além disso, a construção industrializada reduz o impacto ambiental durante a execução das edificações. E surge como alternativa para contornar a falta de mão de obra no setor da construção civil, que tem ocorrido desde o recente crescimento do mercado imobiliário.

O sistema de paredes de concreto moldadas no local foi concebido no Brasil há 20 anos, através dos sistemas *Outnord* e também com formas *Gethal*, porém o sistema não vingou no passado em função da ausência de demanda. Hoje, com os números atuais do setor altamente aquecidos, o sistema apresenta-se como boa alternativa do ponto de vista da imperativa necessidade de aumento de produtividade através da industrialização dos processos e redução da mão de obra (PIMENTA, 2010).

A importância do gerenciamento da implantação deste e qualquer outro sistema construtivo, assim como a ênfase no planejamento, organização e gestão da produção em campo mostram que o sistema construtivo não se satisfaz sozinho e que o grande diferencial para os bons números de alta produtividade com custo e qualidade otimizados está na preparação e no gerenciamento da tecnologia empregada.

Planejamentos micros de ciclos, acompanhamentos e controle rigoroso de produtividade, estudos de tempos e movimentos na produção, estão entre os principais fatores de sucesso, associados a qualquer sistema construtivo com bom potencial de industrialização. Vale ressaltar que as habitações com paredes de concreto ganham em competitividade quando adotadas em larga escala, com rapidez

de execução e alta repetitividade. Ou seja, ao comparar o custo unitário, deve-se ponderar que os ganhos de escala não estão contabilizados.

2.4 Características e técnicas em parede de concreto

O sistema construtivo parede de concreto é um procedimento que, após a montagem de formas removíveis, é realizada a concretagem das paredes no local, juntamente com todos os elementos construtivos, tais como instalações elétricas e hidráulicas, armaduras distribuídas, detalhes de fachada; e a laje é solidarizada às paredes tornando o sistema monolítico (NBR16055, 2012).

A norma ABNT NBR 16055 (2012) considera edifícios simplificados de parede de concreto de até cinco pavimentos, e que se enquadrem nas seguintes condições:

- lajes com dimensão de vão livre máximo de 4 m e sobrecarga máxima de 300 kgf/m²;
- distância máxima entre os pisos de 3m;
- dimensões em planta de no mínimo 8m.

Todas as paredes de um ciclo construtivo são concretadas em apenas uma etapa, logo todos os vãos de janelas e portas devem estar contidos internamente nas paredes após a retirada das formas. As instalações hidráulicas com diâmetros grandes não são embutidas nas paredes para não comprometer o desempenho estrutural, sendo necessária a determinação de shafts ou dutos para passagem das mesmas.

2.4.1 Projeto específico de formas de alumínio

Com base no projeto de arquitetura, deverá ser desenvolvido um projeto específico de formas de alumínio, a ser seguido rigorosamente. Dessa forma, não é admitida qualquer alteração sem o consentimento do projetista. De acordo com a NBR 16055 (2012), obrigatoriamente o projeto de formas deve ser dimensionado baseado no projeto estrutural, contemplando:

- Detalhamento geométrico e posicionamento dos painéis;
- Detalhamento geométrico dos equipamentos auxiliares;
- Detalhamento geométrico do travamento e aprumo;
- Detalhamento do escoramento, inclusive escoramento residual permanente;
- Tempo de retirada do escoramento residual;

- Carga acumulada nas escoras do escoramento residual;
- Sequência executiva de montagem e desmontagem;
- Coordenação modular do projeto.

2.4.2 Fundação

Não existem restrições quanto ao tipo de fundação a ser adotada. Podem ser empregados os sistemas de fundações em sapata corrida, laje de apoio (radier) e blocos de travamento para estacas ou tubulões conforme especificação do projeto (ABDALA, 2011).

A escolha do tipo de fundação vai depender do local do empreendimento, clima, solo e topografia do terreno. Com base nesses dados, os aspectos a serem levados em consideração são: segurança, estabilidade e durabilidade, e a topografia para garantir o alinhamento necessário para a produção das paredes.

A seleção do tipo de apoio no solo deve contemplar os aspectos de segurança, estabilidade e durabilidade da fundação, à questão do alinhamento e nivelamento necessários para a produção das paredes (parâmetros específicos do sistema construtivo).

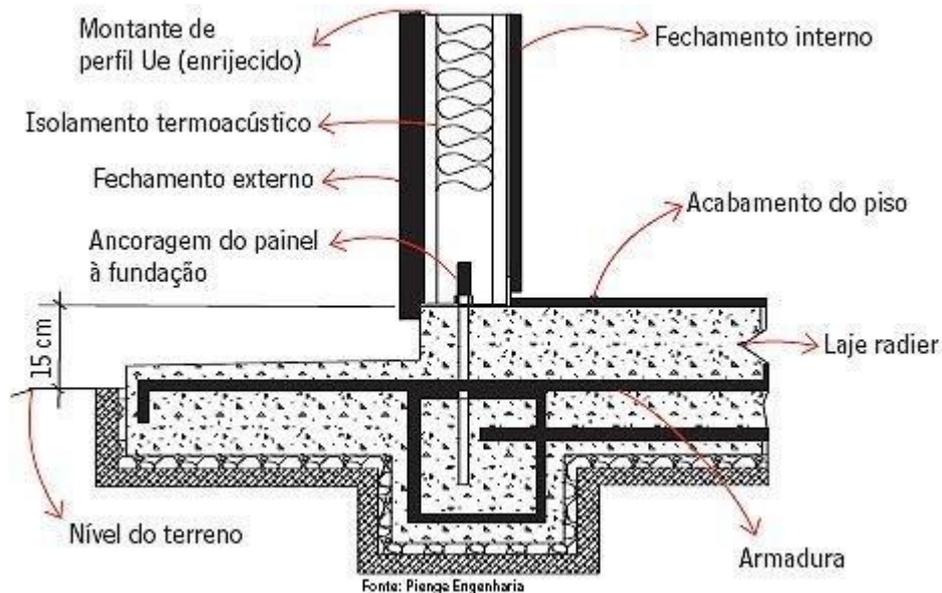


Figura 12 - Estruturação do radier - Fonte: (DUARTE, 2012)



Figura 13 - Radier com instalações elétricas e hidráulicas - Fonte: (ACERVO PESSOAL, 2017)

2.4.3 Nivelamento de lajes

A obra deve ser executada com um controle rigoroso do nivelamento, pois a estrutura irá transmitir toda carga para esta fundação. As fases futuras, também dependerão deste controle para que não haja problema no alinhamento das paredes e nível das lajes. Toda fase de acabamento é feita diretamente nesta estrutura: colagem de cerâmica, pintura, colocação de esquadrias, portas, instalações, etc. Após o total entendimento do processo de execução da estrutura em parede de concreto, faremos a abordagem no ganho significativo que se tem na fase de acabamento. No estudo de caso utilizaremos o radier.

Existem três técnicas de nivelamentos utilizados nos campos de obra brasileiros: nivelamento com bambolê, à laser e em float.



Figura 14 - Nivelamento da laje – bambolê - Fonte: (ACERVO PESSOAL, 2017)



Figura 15 - Aparelho nivelador a laser - Fonte: (ACERVO PESSOAL, 2017)



Figura 16 - Acabamento de laje – float - Fonte: (ACERVO PESSOAL, 2017)

2.4.4 Marcação de paredes

A marcação do ponto exato onde devem ser posicionados as paredes é feita com a ajuda de um topógrafo e do gabarito de fundação, que determinam o eixo no qual se inicia toda a marcação. A próxima sinalização é o posicionamento do gabarito de parede fincada com um tiro no radier. A partir disso, pode-se iniciar a execução da armação e, posteriormente, a forma.



Figura 17 - Marcação com gabarito de parede - Fonte: (ACERVO PESSOAL, 2017)

2.4.5 Armaduras

A armação adotada no sistema de paredes de concreto é a tela soldada posicionada no eixo vertical da parede. Bordas, vãos de portas e janelas recebem reforços de telas ou barras de armaduras convencionais. Em edifícios mais altos, as paredes devem receber duas camadas de telas soldadas, posicionadas verticalmente, e reforços verticais nas extremidades das paredes (MASSUDA e MISURELLI, 2009).

Cada tela é fornecida com as dimensões de 2,45m x 6,00m e são cortadas com tesoura, no comprimento exato, de acordo com o solicitado em cada projeto. No encontro das paredes é feito um transpasse de 40 vezes o diâmetro da bitola utilizada. E na junção parede-parede e parede-laje são colocadas cantoneiras com transpasse de 25,6cm.

As armaduras devem atender a três requisitos básicos: resistir a esforços de flexotorção nas paredes, controlar a retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações de elétrica, hidráulica e gás. Usualmente, utilizam-se telas soldadas posicionadas no eixo das paredes ou nas duas faces, dependendo do dimensionamento projetado, além de barras em pontos específicos tais como cinta superior nas paredes, vergas, contravergas e etc (MASSUDA e MISURELLI, 2009).

A equipe de armação pode dar início a fixação das telas soldadas e reforços de acordo com o projeto. Em seguida, as telas são amarradas em arranques de aço fixados na laje. Visto a armação das paredes, são colocados alguns espaçadores plásticos.

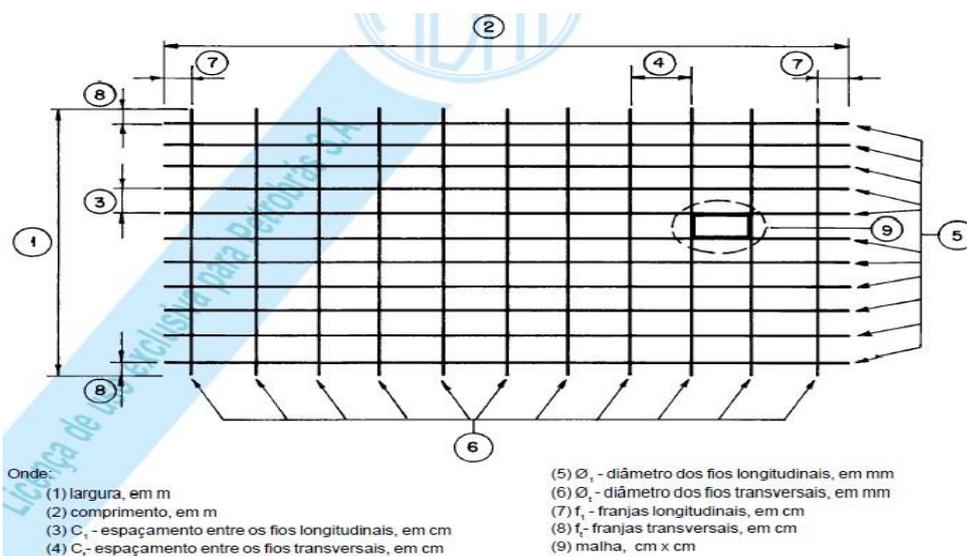


Figura 18 - Características da tela - Fonte: (ABNT NBR 7481)



Figura 19 - Armação das paredes - Fonte: (ACERVO PESSOAL, 2017)

2.4.6 Instalações elétricas

As instalações elétricas são iniciadas no processo de armação do radier e seguem durante toda a execução da estrutura. Nesta etapa é necessário o uso de mão de obra especializada. As distribuições são executadas antes das montagens da forma e são concretadas no lugar determinado no projeto. Todas as instalações elétricas ficam embutidas nas paredes e lajes, processo este, que agiliza a construção, já que no momento que a estrutura é finalizada, conseqüentemente, as passagens para as instalações elétricas também já estão prontas.



Figura 20 - Instalação de conduítes elétricos. Fonte: (ACERVO PESSOAL, 2017)

2.4.6 Formas metálicas

As formas são estruturas provisórias, cujo objetivo é moldar o concreto fresco, compondo-se as paredes estruturais. A resistência à pressão do lançamento do concreto até a sua solidificação é fator decisivo. Para isso, as formas devem ser estanques e favorecer rigorosamente a geometria das peças que estão sendo moldadas (MASSUDA e MISURELLI, 2009).

Ao mesmo tempo as formas metálicas são projetadas criteriosamente com o objetivo de conceber uma forma leve, versátil e resistente.

Assim como as de perfil metálico, esse tipo de forma elimina a possibilidade de perdas, além de proporcionar economia de tempo e precisão na montagem. Porém, através desse tipo de forma, é possível o reuso em mais de 20 vezes, uma vez que além do perfil metálico a forma que se encontra em contato com o concreto é também fabricada com metal o que proporciona menor desgaste e maior durabilidade (SILVA e IKEMORI, 2003).

O projeto de formas deve prever que os painéis sejam modulados com dimensões e peso que permitam o fácil manuseio e transporte por um operário.

A montagem do sistema de formas deve seguir a sequência determinada pelo projeto original, mas há uma sequência padrão, que segue a identificação prévia das peças.

- Nivelamento da laje de piso;
- Marcação de linhas de paredes no piso de apoio;
- Montagem das armaduras;
- Montagem das redes de hidráulicas e elétrica;
- Posicionamento dos painéis de forma;
- Montagem dos painéis: painéis internos primeiro, painéis externos em segundo, opção de montagem pareada;
- Colocação de caixilhos;
- Colocação de grampos de fixação entre painéis;
- Posicionamento das escoras de pruma;
- Colocação das ancoragens: fechamento das formas de paredes.

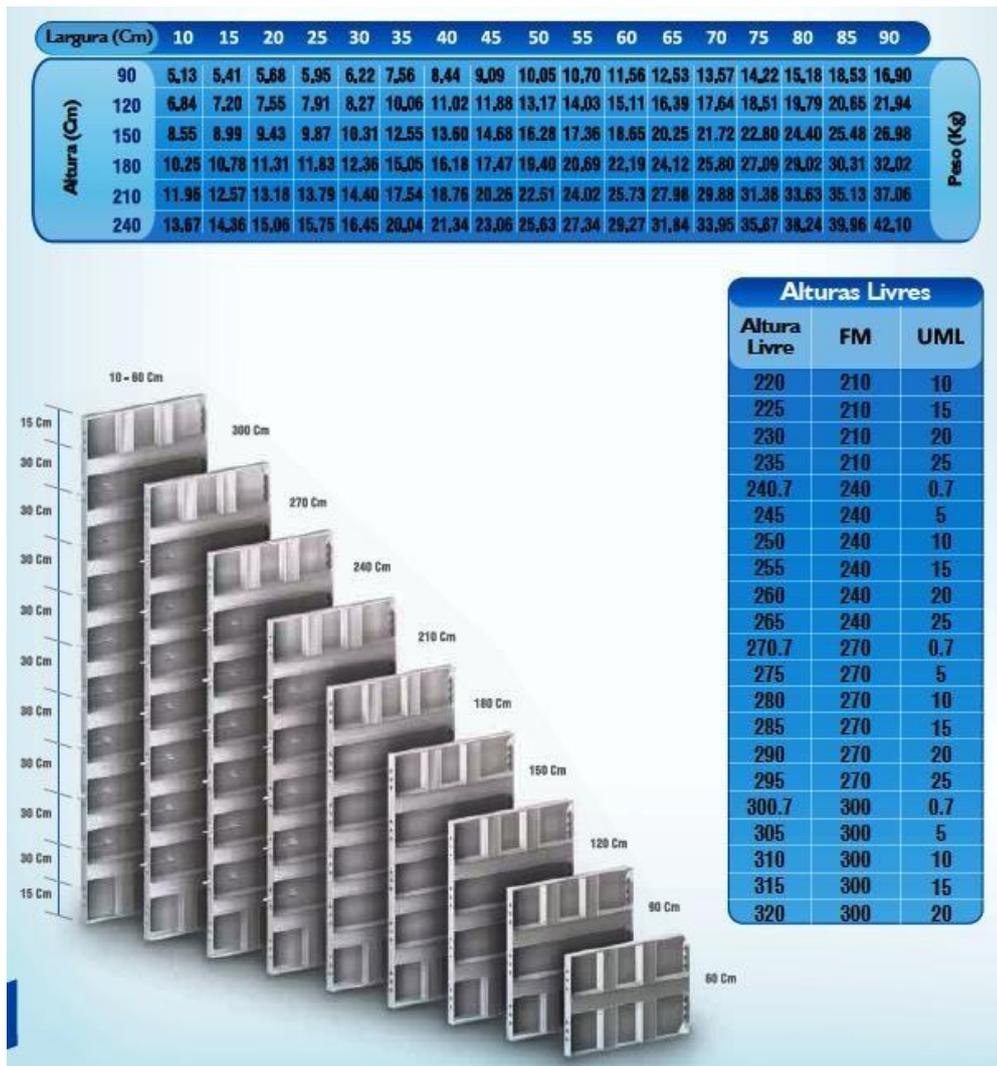


Figura 21 - Relação de tamanho de formas - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)

2.4.8 Aplicação de óleo desmoldante

No instante imediatamente anterior à colocação das chapas nos seus devidos lugares, é preciso que se passe óleo desmoldante. Essa etapa irá garantir a retirada da chapa após o lançamento/endurecimento do concreto. Como a estrutura é feita em ciclos, a forma é necessária para o próximo ciclo, sendo assim, é imprescindível que a desmoldagem seja uma tarefa fácil e rápida para não comprometer o fluxo de trabalho.

Um dos óleos utilizados é o óleo desmoldante da Denver. O produto é formulado à base de emulsão de óleos biodegradáveis e atóxicos e aditivos, para ser utilizado como agente de desforma de alto desempenho na indústria da construção civil. Com formulação especialmente atóxica e biodegradável o produto não agride ao

usuário e ao meio ambiente; versátil, pode ser utilizado para formas de madeira e metálicas; alto rendimento: permite diluição em água na proporção de 1:10 (Denver Desmoldante: água); de fácil remoção, não provoca impregnação do concreto e não prejudica a aderência de revestimentos sobre o concreto; reduz custo de limpeza das formas proporcionando maior reaproveitamento; proporciona melhor acabamento do concreto e aumenta a durabilidade das formas (DENVER, 2012).



Figura 22 - Aplicação de desmoldante. Fonte: (ACERVO PESSOAL, 2017)

2.4.9 Forma de parede

Como o concreto fresco é um material fluido, se faz necessário uma estrutura rígida para que molde o concreto, neste caso as formas de paredes.

As formas são alinhadas interna e externamente e o equipamento utilizado é o perfil C7,5 ou peças de metalon 40x80cm com espessura de 3mm, que são fixados às formas com um alinhador posicionado na união dos painéis. A etapa de montagem da laje segue basicamente a mesma linha das paredes atentando-se para o escoramento que deve ser minuciosamente calculado para combater as flechas geradas pelo peso próprio do concreto (SILVA, 2010)

A colocação das placas das paredes é como a montagem de um quebra cabeça. Têm-se os projetos das formas que mostram quais placas são aptas a trabalhar em determinados lugares. As paredes são colocadas de acordo com as marcações, conforme explicado anteriormente.

Além das chapas das paredes têm-se os cantos, que possuem formato de “L” para fazer o encontro entre duas paredes em cruz ou em “T”. É importante dizer que, no fluxo construtivo, as paredes são iniciadas pelos cantos.



Figura 23 - Montagem de formas de parede - Fonte: (ACERVO PESSOAL, 2017)



Figura 24 - Perfil de canto (esquerda) na união 90° das formas de parede - Fonte: (CATALOGO FORSA)



Figura 25 - Canto de parede em cruz - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)



Figura 26 - Canto de parede em T - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)

2.4.10 Formas de laje

Após o término da fixação das paredes, inicia-se a execução do encaixe das formas das lajes. Nesta fase, o travamento das paredes por sua parte superior garante que o conjunto de formas seja montado corretamente. Assim, o prumo e o esquadro estão corretos, uma vez que o conjunto de formas da laje é exatamente do mesmo tamanho que a marcação feita no chão.

Paralelamente à montagem da laje, é feito o escoramento. Este, por sua vez, garante a concretagem sem risco de movimentação da estrutura e com as escoras remanescentes para que a estrutura não trabalhe antes do estipulado em projeto.



Figura 27 - Fechamento de laje - Fonte: (ACERVO PESSOAL, 2017)

Para fazer a conexão entre as fôrmas de parede e de laje é usado a Cuchilha, um perfil extrudado de 0.7mm de altura. Conforme explicação encontrada no Catálogo Forsa, pela mínima espessura da Cuchilha há menos movimentos na união, o que gera maior precisão no ângulo reto da estrutura.



Figura 28 - União de parede + cuchilha + laje - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)

2.4.11 Fixação entre as placas, primo e travamentos

Tão importante quanto às placas, as peças auxiliares têm papel fundamental na montagem das formas metálicas. São elas que garantem a fixação e a segurança da estrutura.

Cunha - Trabalha em conjunto com os pinos e cunhas. Sua forma curva permite inseri-la facilmente diminuindo o risco de danos à forma. Devido às exigências a que está submetida, recomenda-se a sua revisão e troca a cada 250 usos. Se o desgaste for excessivo e não se ajustar mais ao pino ou a ponteira, deve ser substituída.



Figura 29 – Cunha - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)

Pino – Acessório que em conjunto com a cunha, realiza a fixação dos painéis de paredes entre si, com painéis angulares, esquineiros e tapas-paredes; assim como para a fixação básica dos painéis de laje. Serve como acessório complementar para situações em que são utilizados espaçadores ou perfis de ajustes.



Figura 30 – Pino - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)



Figura 31 - Pino e cunha trabalhando em conjunto - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)

Gravata ou Corbata – Acessório em aço carbono para fixar e separar as formas determinado a espessura da parede. São instaladas nas uniões de painéis de paredes em toda a altura e a cada 30 cm. Devido às exigências a que está submetida, recomenda-se sua revisão e troca a cada 250 usos. Se o desgaste for excessivo e não se ajustar mais ao pino ou a ponteira, deverá ser substituída.

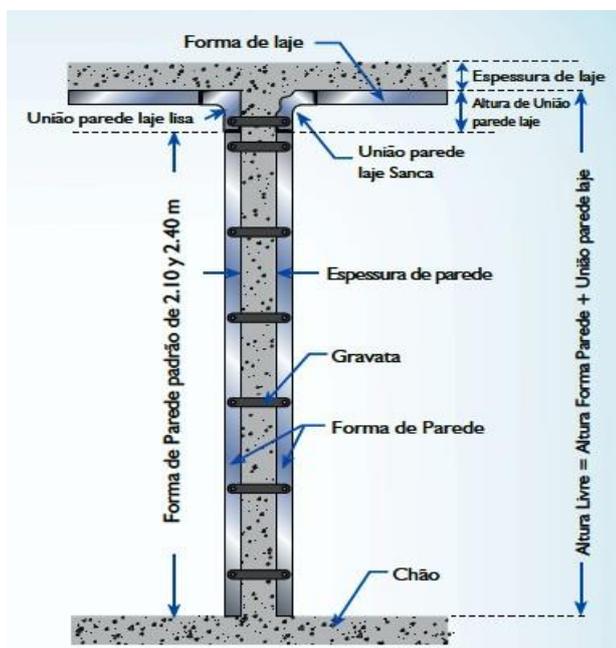


Figura 32 - Uso da gravata na contenção do espaçamento entre as formas
Fonte: (CATÁLOGO FORSA)

Cunha de ângulo – Sua função é fixar as corbata que amarram a parede já concretada com os painéis de parede e que serão utilizados na concretagem da

próxima parede para proporcionar o ajuste ideal que garante a espessura da parede. Para cada corbata, utiliza-se uma cunha em ângulo.



Figura 33 - Cunha de ângulo - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)

Grapa cadeado – Sua forma de grapa permite a fixação entre painéis sem a necessidade de acessórios adicionais, o que diminui a perda de elementos em obra. O acabamento galvanizado é uma barreira protetora que assegura uma maior durabilidade.

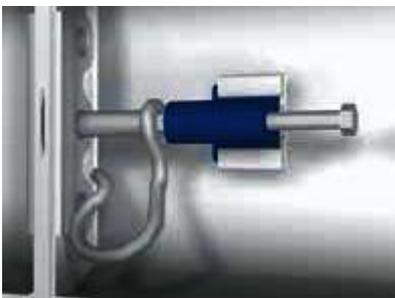


Figura 34 - Grapa - cadeado - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)

Grapa – Acessório utilizado para a fixação de painéis sem perfuração com painéis perfurados, como: painéis de lajes com união parede-laje; painéis de parede com união parede-laje; tapas-paredes com formas de paredes; painéis de laje com painéis para escoras; painéis de lajes entre si.



Figura 35 - Grapa usada no travamento das quinas de placas - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)

Porta-Alinhador Horizontal – São peças que ajudam no alinhamento das paredes para garantir o esquadro.

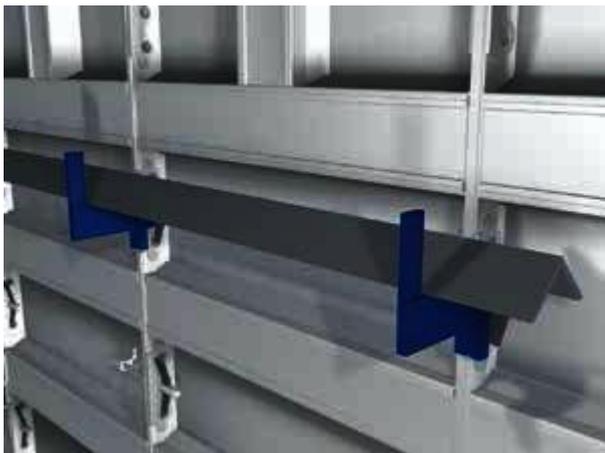


Figura 36 - Porta alinhadores horizontais - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)

Porta-Alinhador Intermediário ou Suporte para Cuchilha - Para reduzir a distância entre os suportes de União Parade-Laje e/ou os alinhadores de complementos, é instalado um porta-alinhador intermediário para melhor garantia no alinhamento da parede. Outra função desta peça é manter a cuchilha firme sobre o painel e evitar o deslocamento para dentro ou para fora.



Figura 37 - Alinhadores intermediários - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)

Tensor de vãos (Portas e janelas) – Pela necessidade de vão precisos tem-se, então, a necessidade de colocar esses tensores para segurar a pressão do concreto em peças menores.

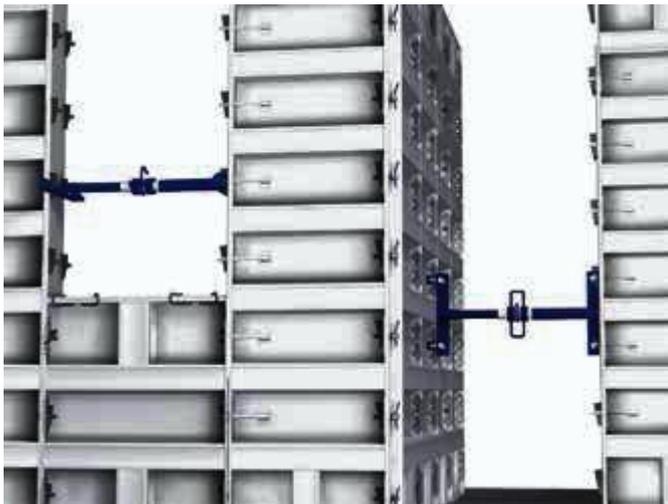


Figura 38 - Tensor expansível de vãos - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)

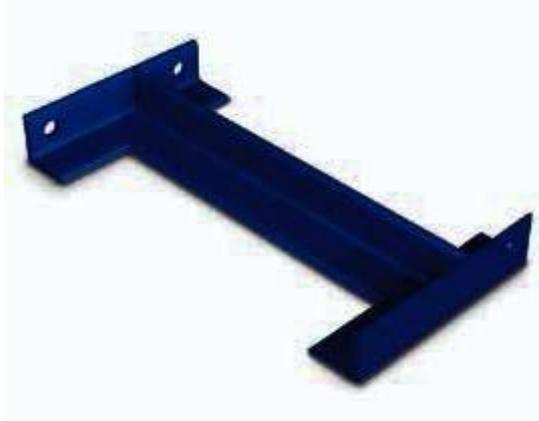


Figura 39 - Tensor fixo - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)

2.4.12 Escoramento para concretagem e escoramento remanescente

O projeto de escoramento e escoramento remanescente é feito respeitando o posicionamento pré-determinado no projeto e já considerando o ciclo de retirada da fôrma ao atingir 3,0 MPa. O mesmo jogo de escoras e bases para junção será utilizado no próximo ciclo. As bases para junção são instaladas na junção de 3 ou 4 painéis de laje, e são removidas no momento da desforma de laje. (Catálogo Forsa, p. 20)

Já o jogo de escoramento remanescente ficará no pavimento durante o tempo de concretagem de dois pavimentos mais 1, uma média de cinco dias, retirando no 6º dia. Dessa forma, garantirá que a laje trabalhe no tempo certo, estipulado em projeto.



Figura 40 - Placa de escoramento remanescente - Fonte :(CATÁLOGO FORSA)



Figura 41 - Escoramento remanescente - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)



Figura 42 - Laje concretada com escoramento remanescente - Fonte: (CATÁLOGO FORSA)

2.5 Concreto

O concreto é o principal elemento do sistema Parede de Concreto, por isso exige-se uma atenção especial com este componente (MASSUDA e MISURELLI, 2009). Para garantir a eficiência do processo, o cronograma da obra tem que garantir concretagens diárias e todo o procedimento deve acontecer no horário normal de expediente. No dia posterior, as formas estão prontas para serem retiradas e começar novamente o mesmo procedimento, e assim sucessivamente.

No Brasil, são quatro os tipos de concreto indicados para as paredes de concreto: concreto celular (elevado teor de ar encorpado, até 9%), concreto com agregados leves ou com baixa massa específica, concreto convencional e concreto auto adensável. A concretagem e todas as ações antecessoras são imprescindíveis para que a estrutura executada corresponda ao projeto estrutural, garantindo a durabilidade e a qualidade desejadas (FARIA, 2009).

- Concreto Celular (Tipo L1) O concreto celular é preparado com agregados convencionais (areia e brita), cimento Portland, água e minúsculas bolhas de ar distribuídas uniformemente em sua massa. Por causa das bolhas de ar, adquire características como a baixa massa específica e o bom desempenho térmico e acústico. É usualmente utilizado para estruturas de até dois pavimentos, quando a resistência especificada seja igual à resistência mínima de 4Mpa.

- Concreto com elevado teor de ar incorporado - até 9% (Tipo M) tem características acústicas, térmicas e mecânicas parecidas às do concreto tipo L1, é usualmente utilizado em residências térreas e assobradas, desde que especificado com resistência igual à resistência mínima de 6Mpa.

- Concreto com agregados leves ou baixa massa específica (Tipo L2) Esse concreto é composto com agregados leves, tem características como bom desempenho térmico e acústico, mas levemente inferior aos concretos Tipos L1 e M. É usado em qualquer estrutura que necessite de resistência de até 25Mpa.

- Concreto convencional ou autoadensável (tipo N) tem duas principais características: a aplicação é muito rápida, feita por bombeamento e a mistura é extremamente plástica, dispensando o uso de vibradores.

O concreto deve ser lançado nas formas antes do início da pega do concreto, pois após este tempo não é recomendado seu uso, porque as transformações químicas dentro do concreto já estão acontecendo, o que pode comprometer sua capacidade estrutural e de trabalhabilidade.

2.5.1 Especificações do concreto

De acordo com a NBR 16055 (2012), o concreto para este tipo de sistema construtivo deve atender às seguintes especificações:

- resistência à compressão para desforma, compatível com o ciclo de concretagem, resistência à compressão característica aos 28 dias (f_{ck}), classe de

agressividade do local de implantação da estrutura, trabalhabilidade, medida pelo abatimento do tronco de cone ou pelo espalhamento do concreto.

Alguns requisitos podem ser solicitados pelos projetistas, como, módulo de elasticidade do concreto à uma determinada idade e tensão, retração do concreto.

2.5.2 Transporte, lançamento, adensamento e cura

O caminhão betoneira é o transporte mais indicado para o concreto matriz, feito em centrais dosadoras até os locais que as formas estiverem (MASSUDA e MISURELLI, 2009). O modelo adotado pela empresa para locomoção do concreto deve mantê-lo seguro, ou seja, livre de desperdícios por vazamentos, desidratação, evaporação ou perdas de qualquer um de seus componentes (NBR 14931, 2004).

O tempo recomendado para utilização do concreto não deve ultrapassar 2h 30min a partir do instante em que a água entra em contato direto com o cimento e o fim da concretagem. Porém, em temperaturas elevadas ou na presença de catalisadores contribuintes para a aceleração da pega do concreto, este tempo deve ser reduzido, exceto nos casos em que estejam em uso retardadores ou aditivos que preservem o tempo de pega e a qualidade do concreto (NBR 14931, 2004).

Antes de iniciar a concretagem, tem que ser conferido o documento de entrega, para certificar-se de que a descrição do material solicitado está correta. Posteriormente é realizado o teste *Slump* por uma empresa terceirizada contratada pelo controle tecnológico da obra a fim de verificar a qualidade do concreto.

Para o lançamento do concreto nas fôrmas é necessário que antes tenha sido feito um planejamento detalhado, levando em consideração as características do concreto que será utilizado, a geometria das formas e o layout do canteiro. O lançamento do concreto deve-se iniciar por um dos cantos da edificação. Depois de uma significativa parcela das paredes próximas ao ponto esteja totalmente cheia, muda-se a posição em direção ao canto oposto, até que se complete o rodízio dos quatro cantos opostos da estrutura. A utilização de bomba para lançamento do concreto reduz a probabilidade de falhas de concretagem e não deve haver interrupções com duração superior a 30 minutos, pois ficaria caracterizada uma junta de dilatação (MASSUDA e MISURELLI, 2009).

O concreto deve ser vibrado com equipamento adequado durante e imediatamente após o lançamento. E o adensamento deve ser cuidadoso para que a mistura preencha todos os espaços da forma. Deve-se também, acompanhar o

enchimento das formas por meio de leves batidas com martelo de borracha nos painéis. O concreto autoadensável (Tipo N) ou celular (Tipo L1) não precisam ser vibrados, pelo fato de ter maior fluidez, plasticidade e viscosidade (MASSUDA e MISURELLI, 2009).



Figura 43 - Lançamento e vibração de concreto - Fonte: (ACERVO PESSOAL, 2017)

Conforme a norma NBR 14931 (2004), a cura deve ocorrer até que o concreto atinja o endurecimento satisfatório. Além de curado, o concreto necessita ser protegido contra agentes nocivos como a perda de água pela superfície. Os agentes que mais influenciam na cura do concreto são mudanças bruscas de temperatura, chuva forte, secagem, água torrencial, congelamento e agentes químicos que influenciam diretamente na aderência do concreto à armadura, como as fissuras na superfície. Pode-se obter uma aceleração controlada no processo de endurecimento do concreto com a utilização de catalisadores que não sejam à base de cloreto de cálcio, porém deve-se preservar medidas que protejam contra secagem.

2.5.3 Desforma de laje

Importante seguir uma sequência da numeração existente nos painéis, que é a mesma com que eles sejam montados nas próximas etapas. Os painéis das lajes também podem ser removidos, sendo exceção os apoiados pelas escoras, que serão retirados apenas depois de quatro dias de concretagem

Quando o concreto adquire resistência de 1Mpa, visualmente prevista para 12 horas após a concretagem, pode se começar a desforma. Primeiro são retiradas as cunhas de travamento, depois, as réguas alinhadoras, os pinos e finalmente, os painéis (SANTOS, 2012).

Ao final do ciclo de utilização das formas, uma limpeza completa é imprescindível a fim de realização e remoção de películas de argamassa aderida ao molde.

2.5.4 Instalações hidráulicas e sanitárias

Nesta etapa, são deixados apenas os passantes na laje para que sejam instaladas as prumadas de esgoto, água fria e água quente. Neste método não é feito instalações nas paredes devido a uma difícil manutenção. Dessa forma, todas as instalações são aparentes e protegidas através do uso de gesso criando sancas, e *shafts* em *drywall*.

2.5.5 Bandejamento

Para que a forma seja montada em sua totalidade é necessária a montagem de uma bandeja que, além de fazer a proteção contra a queda de material, é usada também para a circulação dos operários para a montagem da parte externa da forma. As peças de suporte são chamadas de “mão francesa” e as peças do andaime são chamadas de “tela”. O material de ambas é o aço.

Para a montagem, como a forma deixa um furo na estrutura, local ocupado pelas gravatas para fazer o travamento entre as chapas das paredes, a instalação da mão francesa da bandeja utiliza estes “furos” e estas gravatas a seu favor, e são fixadas com uma distância que permite o encaixe das telas. A bandeja auxilia todo perímetro do prédio onde será executada a forma.



Figura 44 - Bandeja de proteção - Fonte: (ACERVO PESSOAL, 2017)

2.6 Vantagens da utilização do sistema parede de concreto

Um dos principais critérios de competitividade dentro da construção civil são os custos envolvidos e o tempo desperdiçado em fatores que não agregam valor. Podemos, então, verificar que os sistemas utilizados com formas de alumínio para a modelagem de construção reduzem cerca de 50% o tempo para execução da obra. Como exemplo, a empresa mostra que em um modelo de construção de prédios de 400m² cada andar, foram necessários apenas cinco dias para completar quatro andares com apenas 40 funcionários colocando as formas de alumínio para a concretagem (COSTA, 2011).

No processo produtivo tradicional de edifícios, a execução da estrutura sempre faz parte do caminho crítico na composição do cronograma físico. Desconsiderando-se alguns casos atípicos, a execução da estrutura consome, aproximadamente, 50% do prazo total da execução. Por sua vez, a forma é responsável por 60% deste, concluindo-se que ela consome 30% do prazo total do empreendimento (ASSAHI, 2011).

A técnica construtiva utilizando paredes de concreto possui características como alta produtividade, custo global competitivo (comparado ao convencional), execução simultânea da estrutura e da vedação, pode dispensar revestimentos ou usar revestimentos de pequena espessura (FRANCO, 2010).

A repetição do trabalho permite que o processo atinja a premissa de melhoria contínua, já que é executado sempre da mesma forma. Assemelha-se à produção de uma indústria, criando processos repetitivos e iguais uns aos outros.

O sistema de formas de alumínio é desenhado para serem altamente flexíveis, modulares e adaptáveis a centenas de designs em projetos de baixo, médio e alto porte. Isso define outro critério competitivo: flexibilidade. Pode-se definir ainda como flexibilidade dos sistemas de formas de alumínio o baixo nível de qualificação necessário para a utilização das formas, visto que 80% da mão de obra no mundo provém de trabalhadores não qualificados (COSTA, 2011).

Este resultado é refletido em muitos aspectos, seja no controle de solicitação de material, na execução de cada serviço, nas medições dos empreiteiros parceiros, nas patologias surgidas, no controle da produtividade, na formação de equipes, entre muitos outros pontos, com a utilização deste método, é possível fazer um paralelo com obras convencionais e tirar algumas conclusões.

Tabela 1 - Comparativo entre sistemas estruturais - Fonte: (CORSINI, 2011)

COMPARATIVO ENTRE OS PRINCIPAIS SISTEMAS ESTRUTURAIIS				
	Paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	Estrutura convencional (coluna-viga-laje)	Alvenaria estrutural	Painéis pré-fabricados
Características	Estrutura única de concreto, moldada em fôrmas metálicas, de madeira ou de plástico	Formada por pilares, vigas e lajes de concreto. Os vãos são preenchidos com blocos de vedação.	Estrutura em blocos de concreto ou cerâmicos mais resistentes, adequados para alvenaria estrutural	Peças pré-fabricas (no canteiro ou em usinas), montadas normalmente com o auxílio de gruas
Distribuição de peso	O peso se distribui por toda a estrutura de concreto autoportante até a interface com as fundações	O peso da construção é distribuído nos pilares, vigas e lajes para as fundações (as paredes não suportam cargas)	As paredes são autoportantes (capazes de suportar a carga da obra sem a necessidade de vigas e pilares)	Os painéis normalmente são autoportantes. Há modelos, porém, com função exclusiva de fechamento (sem função estrutural)
Armação	Concretada em tela soldada (no centro da parede ou próximas às duas faces)	Não há armação nas áreas de vedação, somente nas colunas, vigas e lajes	Geralmente não há armação (embora haja alvenaria estrutural armada)	Normalmente os painéis são de concreto armado
Revestimento	Normalmente não recebe revestimento	Revestimento, base com chapisco	Revestimento, base com chapisco	Normalmente não recebe revestimento (ou recebe revestimentos incorporados na fabricação)
Instalações elétricas / hidráulicas	Quando embutidas, são instaladas antes da concretagem	Depois da construção das paredes, em geral é preciso "rasgá-las" para embutir as instalações hidráulicas e elétricas	Instalações embutidas dentro de blocos, que são cortados nos pontos de saída	Já vêm embutidas, normalmente, nos painéis pré-fabricados

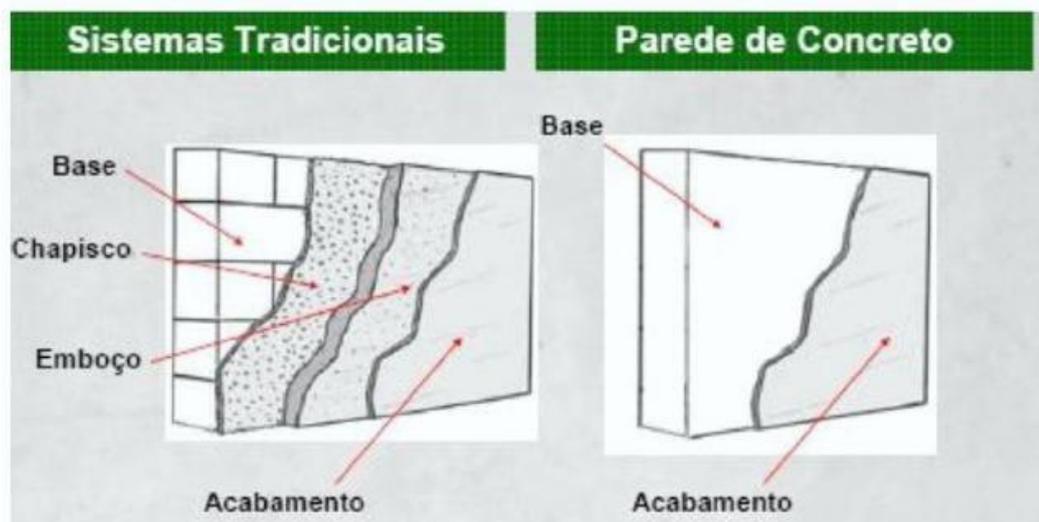
2.6.1 Quanto ao cronograma físico:

Tabela 2 - Cronograma físico - Sistemas Tradicionais x Paredes de Concreto - Fonte: (SOLIDUM, 2015)



2.6.2 Quanto ao quantitativo de serviço:

Tabela 3 - Quantitativo físico - Sistemas Tradicionais x Paredes de Concreto
 Fonte: (HESKETH, 2009)



2.6.3 Uso estratégico nos projetos populares

A aplicação do concreto armado é utilizada em todas as grandes construções como barragens, pontes, reservatórios, contenções de encostas, portos, obras de infraestrutura, etc. E também em construções de menor porte como casas e prédios.

A parede de concreto armado tem as suas particularidades muito interessantes quando a finalidade é a construção em áreas de baixa renda.

Como é sabido, o concreto armado é um material difícil de ser quebrado após seus endurecimentos. Com base nesta premissa, parte-se do princípio que os layouts executados de cada unidade irão manter o mesmo formato após anos de utilização. Isso impede que a unidade seja descaracterizada como ocorre em inúmeros empreendimentos construídos para o público de baixa renda. Cozinhas viram quartos, quartos viram banheiros, e o projeto de arquitetura que foi aprovado com a intensidade de luz correta, ventilação, abastecimento de luz e água, ficam totalmente alterados quando ocorre uma modificação sem qualquer consulta a profissionais da construção. A parede de concreto evita todos estes pontos; pela sua rigidez e papel estrutural.

2.6.4 Recursos Humanos e Sustentabilidade

A produtividade de mão de obra é potencializada pelo treinamento direcionado ao sistema. Não existe a necessidade de mão de obra especializada, o que facilita a execução de projetos em todo o país. Os operários, após treinamento específico, passam a atuar como montadores, executando todas as tarefas necessárias como armação, instalações, montagem, concretagem e desforma (MASSUDA e MISURELLI, 2009).

O desperdício de mão de obra com retrabalhos e atividades não produtivas, como de materiais, pedaços de madeira, pregos e resíduos diversos são substituídos pela execução planejada, padronizada e com grande qualidade final. A utilização de formas reaproveitáveis, que não geram entulho, e de recursos industrializados resultam em maior controle de impacto ambiental da obra (MASSUDA e MISURELLI, 2009). O vídeo fornece uma maneira poderosa de ajudá-lo a provar seu argumento. Ao clicar em Vídeo Online, você pode colar o código de inserção do vídeo que deseja adicionar. Você também pode digitar uma palavra-chave para pesquisar online o vídeo mais adequado ao seu documento.

Para dar ao documento uma aparência profissional, o Word fornece designs de cabeçalho, rodapé, folha de rosto e caixa de texto que se complementam entre si. Por exemplo, você pode adicionar uma folha de rosto, um cabeçalho e uma barra lateral correspondentes. Clique em Inserir e escolha os elementos desejados nas diferentes galerias.

Temas e estilos também ajudam a manter seu documento coordenado. Quando você clica em Design e escolhe um novo tema, as imagens, gráficos e elementos gráficos SmartArt são alterados para corresponder ao novo tema. Quando você aplica estilos, os títulos são alterados para coincidir com o novo tema.

3. METODOLOGIA

A metodologia de estudo adotada é a exploratória, com utilização da pesquisa bibliográfica, envolvendo itens relevantes para que haja um entendimento pleno das ideias pertinentes ao tema. Esta etapa é de suma importância, pois é nela que se adquire o conhecimento teórico essencial para alcançar os objetivos traçados.

A pesquisa bibliográfica foi feita mediante leituras de teses, periódicos, dissertações, artigos, coletâneas de aditivos, especificações técnicas. A internet também foi bastante útil nesta fase, devido ao grande número de informações contidas em sites como SINDUSCON, SENAI-SEBRAE, IPT, ABNT.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A mudança de conceitos gerenciais e a criação de ferramentas de controle no setor industrial nos últimos anos fizeram com que todo e qualquer processo fosse analisado profissionalmente e direcionado a resultados com eficiência, eficácia e produtividade. As empresas de construção civil que realmente queiram continuar no mercado com produtos lucrativos e rentáveis não têm escolha senão racionalizar e gerenciar de forma profissional pessoas, produtos e processos. O tradicional método construtivo pode estar chegando ao fim.

A mudança de conceito e a abertura para novas ideias, já é uma realidade no dia a dia da construção civil. Uma demonstração clara desta visão conceitual é a utilização do sistema Parede de Concreto, permitindo um avanço no setor de construção civil. As empresas buscam o aperfeiçoamento do método, buscando inovações e também a sintonia fina do processo, a fim de reduzir erros, e aumentar cada vez mais a produtividade, a qualidade e a lucratividade.

E a tendência é que as novas gerações, com uma visão maior do gerenciamento de risco e aperfeiçoamento de processos, tragam para a construção civil uma mudança tecnológica extremamente importante, demonstrando que a visão

global é um passo fundamental para um futuro mais rentável e produtivo. Os processos serão cada vez mais profissionais e direcionados para resultados.

Outro ponto que deve ser mantido no enfoque da construção civil brasileira do futuro é a gestão de pessoas. Fundamentais para o sucesso de todo e qualquer empreendimento, é preciso oferecer condições de trabalho dignas e segurança para que todos os operários produzam com a maior eficácia possível. É preciso também fomentar neles o sentimento de equipe para que busquem a qualidade e realização profissional de forma individual, mas com conceito coletivo; incutir nos operários o “sentimento de dono”, fazendo com que compreendam que os resultados positivos são tão importantes para eles quanto para o crescimento da empresa.

Ainda em relação ao sistema Parede de Concreto, com base no que foi analisado anteriormente, é possível concluir que este processo é mais vantajoso em relação ao sistema de Alvenaria Estrutural quando considerados os seguintes aspectos:

- Alta repetitividade de projeto e conseqüente alta rotatividade das formas;
- Comprometimento com o aperfeiçoamento dos processos, desde o gerenciamento à produção, a fim de estreitar a sintonia e que o cronograma, mesmo que apertado, seja cumprido à risca. Uma das premissas para o sucesso do sistema é garantir que haja concretagem diariamente, evitando desperdício de tempo e prejuízos com mão de obra inoperante;
- Contratação de mão de obra comprometida como o trabalho a fim de montar equipes dispostas a seguir um esquema industrial de produção;
- Contratação de prestadores terceirizados que primam pela qualidade de matéria prima e/ou serviço, e que sejam capazes de cumprir o cronograma estabelecido no projeto.

Entretanto, é preciso ter sempre em mente que o processo pode ser aprimorado e que novas tecnologias podem surgir. Uma nova proposta para otimizar o processo de parede de concreto e reduzir custos é o uso de dois jogos de forma simultaneamente para uma única equipe.

Normalmente, como a montagem das formas é feita no decorrer do dia, podem acontecer imprevistos e a concretagem ser feita à noite, após o horário comercial. Isso gera um gasto a mais com horas extras de mão de obra, tanto terceirizada

quanto própria, e adicional de bomba e de concreto. Devido a isso também, o concreto deve ser pedido com fcj 3 MPa em 12 horas.

Por sua vez, o sistema em estudo torna-se viável por reduzir o risco de não realizar o ciclo de montagem porque alguns ajustes, se necessários, podem ser feitos sem o risco de exceder o horário comercial. Não seria necessário o pagamento de horas extras, adicionais noturnos de concreto e bomba, assim como seria possível baratear o custo do metro cúbico do concreto, uma vez que o fcj passaria para 3 MPa em 24 horas.

Enfim, toda ação do setor da construção civil no Brasil deve ter foco em seu crescimento. Porém, tão importante quanto buscar o aperfeiçoamento das técnicas atuais é dar apoio e estimular iniciativas e ideias novas que farão com que o conceito de inovação esteja presente e seja parte do trabalho diário com foco também em elevar a construção civil do Brasil a patamares mais equilibrados em relação aos países mais evoluídos no setor. Quem sabe assim seja cada vez menos raro o uso de tecnologias já usuais nos grandes centros internacionais, ou até mesmo que pesquisadores brasileiros consigam desenvolver métodos próprios.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da demanda por moradias em nosso país, o setor da construção civil se viu em busca de uma forma de racionalização. Com a aparição do plano do Governo Federal, *Minha Casa, Minha Vida*, o método construtivo de paredes de concreto ganha forças devido à redução do tempo de obra e sua velocidade de execução.

Os resultados nos levam a concluir que quando bem projetado e empregado o método construtivo, sua trabalhabilidade reduz consideravelmente o tempo de execução das obras e torna-se viável quando é necessário exercer um grande número de repetições devido ao custo elevado das formas metálicas. Conseguimos obter um aumento de qualidade e produtividade, uma redução no desperdício de material com mão de obra mais qualificada, conseqüentemente tornando o método paredes de concreto mais econômico quando comparado ao sistema convencional.

Algumas desvantagens apresentadas foram empresas que fornecem o devido material, baixa ociosidade das formas no mercado e o seu alto custo inicial. Entretanto, quando trabalhado com as formas em alumínio, leveza, durabilidade, fácil

alinhamento, acabamento satisfatório e rapidez em sua montagem são algumas outras vantagens apresentadas.

O estudo apresentado poderá vir a contribuir como ferramenta para estudantes que queiram conhecer mais sobre métodos de racionalização e novos métodos construtivos que vem adentrando ao mercado em diferentes setores da construção civil.

REFERÊNCIAS

ABDALA, João Felipe Martins. **Paredes de Concreto**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

ASSAHI, Paulo Nobuyoshi. **Sistema de Fôrma para estrutura de Concreto**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2005. Disponível em <http://www.deecc.ufc.br/Download/TB736_construcao%20de%20edificios/Estruturas%20de%20Concreto%20Armado_agosto%20de%202005/Texto%20Paulo%20Assahi%20-%20SISTEMAS%20DE%20F%20D4RMAS.pdf>.

BALDAUF, Alexandra Staudt Follmann; GREVEN, Hélio Adão. **Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil**: uma abordagem atualizada. Porto Alegre: Habitare, 2007.

BARROS, M.M.S.B. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. 1996. 422 f. Tese (Doutorado em Engenharia)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-05072017-090939/ptbr.php#:~:text=Metodologia%20para%20implanta%C3%A7%C3%A3o%20de%20tecnologias%20construtivas%20racionalizadas%20na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20edif%C3%ADcios.&text=O%20trabalho%20prop%C3%B5e%20uma%20Metodologia,tecnol%C3%B3gica%20do%20processo%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o>>.

BRUMATTI, Dioni O. **Uso de pré-moldados – uso e viabilidade**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2008.

CATÁLOGO FORSAalum. Disponível em: <http://issuu.com/ricardozambrano/docs/catalogo_forsa_2010>.

CORSINI, Rodney. **Paredes normatizadas**. Norma inédita para paredes de concreto moldadas “in loco” entra em vigor e promete impulsionar uso da tecnologia em edificações. 2013. Disponível em: <<http://www.abesc.org.br/assets/files/TECHNE-Artigo%20Paredes.pdf>>.

DENVER IMPERBEABILIZANTES. **Denver desmoldante** – desmoldante para forma.

Disponível em:

<http://www.denverimper.com.br/pdf/Denver%20Desmoldante_BT128_RE_V04.pdf>.

DONIAK, Íria Lúcia Oliva. **A industrialização da construção**. Jornal Informativo de 6ª Edição do Concrete Show South América: Concrete Show New, Jun. 2012.

DUARTE, Mateus. Fundações, Tipo, Métodos. **Eng 12 Arquitetura e Construção**, 2012. Disponível em: <<http://enge12.blogspot.com.br/2012/06/fundacao-definicaotipos-metodos.html>>.

FARAH, Marta Ferreira Santos. **Processo de trabalho na construção habitacional: tradição e mudança**. São Paulo, 1996.

FARIA, Renato. **Paredes maciças. Fôrmas metálicas convencionais, painéis em alumínio e em aço são opções oferecidas para execução de paredes de concreto. Para cada empreendimento, utilização exige estudo detalhado**. Edição 143 - Fevereiro/2009. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenhariacivil/143/paredes-macicas-286570-1.aspx>>.

FRANCO, Luíz Sérgio. **Aplicação de diretrizes de Racionalização Construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em Alvenaria Estrutural não armada**. São Paulo, 1992. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

HEINECK, L. F. M. MACHADO R. L. **A Geração de cartões de produção na programação enxuta de curto prazo e obra**. In: II Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização Trabalho no Ambiente Construído -SIBRAGEC, 2, 2001, Fortaleza. Anais... Fortaleza: 2001.

HESKETH M. **Parede de Concreto**. In 9º Congresso de Materiais, Tecnologia e Meio Ambiente da Construção, 2009. Belo Horizonte.

JUNIOR, Ary Fonseca. **Paredes de Concreto no cenário atual da Construção Civil. Concrete Show 2009 – South America**. São Paulo: SP, 2009.

Material de empresa privada, fornecido pela Construtora Solidum.

MASSUDA, Clovis; MISURELLI, Hugo. **Como construir - Paredes de Concreto**. Técnica, nº. 147, ano 17, 2009.

NBR-14931. **Execução de estruturas de concreto – procedimentos**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

NBR-16055. **Parede de Concreto moldada no local para a construção de edificações** – requisitos e procedimentos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012.

SANTOS, Everton de Brito. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares**. 2013. 49 p. Monografia de conclusão de curso de (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1869/1/CM_COECI_2013_1_04.pdf>.

SILVA, Daniella Vieira da; Ikemori, Érika Maki et all. **Fôrmas para concreto armado**. Faculdade de Tecnologia de São Paulo. SP, 2003. Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/173937887/Formas-Para-Concreto>>.

SILVA, Fernando Benigno da. **Fôrmas de alumínio para paredes estruturais de concreto armado moldadas no local**. 2010. Disponível em <<http://arci53.blogspot.com.br/2010/02/formas-de-aluminio-para-paredes.html>>.

VENDRAMINI, Marcela Marques; DE COSTA, Gregory; PINHEIRO, H. A. G; COSTA, Felipe Alves; ABRAHIM, Gisele Seabra. **Sistema de Fôrmas de Alumínio para indústrias de formas de concreto: critérios competitivos na construção civil. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_stp_135_861_18944.pdf>.

O PAVIMENTO PERMEÁVEL COMO ALTERNATIVA AO PAVIMENTO IMPERMEÁVEL.: ESTUDO DE CASO NA AVENIDA ZOELO SOLA, TRÊS RIOS – RJ

ACADÊMICO: David Soares da Silva

ORIENTADORA: Prof. Silane Mattos Peres

LINHA DE PESQUISA: Saneamento e Meio Ambiente

RESUMO

Com o aumento descontrolado da urbanização, muitas cidades acabam sofrendo com a falta de planejamento em relação à drenagem de suas avenidas e ruas, tendo como consequência enchentes e inundações. Problemas que estão se tornando recorrentes na cidade de Três Rios, mais especificamente na Avenida Zoelo Sola que é uma das mais essenciais para região. Além disso, em tempos de pandemia, esse problema só vem se agravando, uma vez que essa Avenida liga boa parte da cidade até a Unidade de Pronto Atendimento em saúde. O objetivo do presente trabalho é mostrar que o pavimento permeável é uma opção melhor em relação aos problemas causados pelo concreto convencional (CBUQ), que é o utilizado na área da Avenida Zoelo Sola. Dessa maneira, através de pesquisa de revisão bibliográfica, ficará claro como o pavimento permeável é uma opção segura diante da falta de permeabilidade de locais onde se há enchentes e alagamentos, prevenindo perdas materiais, inclusive ajudando a diminuir as proliferações de doenças. Ao mesmo tempo em que a falta de viabilidade do mesmo, para locais que não sofrem de impermeabilidade, será exposta.

PALAVRAS-CHAVE: Urbanização; Impermeabilização; Pavimento Permeável; Concreto convencional (CBUQ).

1. INTRODUÇÃO

Como o século XX foi marcado por um aumento urbano que priorizou as edificações nos grandes centros e elevou a impermeabilização do solo, causando com isso uma redução de espaços públicos (JABUR, 2015), a interferência dos seres humanos no chamado ciclo hidrológico junto com a carência de planejamento, inerente da expansão do crescimento urbano das cidades, provoca catástrofes como as enchentes e inundações, e com isso, traz preocupações em âmbito mundial (PIRES, 2018).

A falta de planejamento é um dos principais fatores que ocasionam diferentes impactos ambientais e sociais, como por exemplo: a falta de residências estruturadas, de saneamento básico e as inundações urbanas. Apesar do sistema de drenagem pluvial urbana já existir em uma boa parte de todas as cidades brasileiras, não ocorre, muitas vezes, um controle de impermeabilização do solo e, o descarte de resíduos sólidos nas vias públicas, agrava ainda mais o problema (JABUR, 2015).

Além disso, o excesso de áreas impermeabilizadas causa uma diminuição muito acentuada do tempo de concentração o que, em casos críticos, sobrecarrega o sistema de macrodrenagem que são dimensionados para pequenos períodos de retorno causando alagamentos (KAMURA, 2010, p. 04)

Estes alagamentos causam diversos problemas econômicos e sociais, paralisando o trânsito, abalando as atividades comerciais, assim como causando prejuízos à infraestrutura e perdas materiais e propagação de doenças (OLIVEIRA, 2018).

O pavimento permeável tem como objetivo garantir um acréscimo das infiltrações e assim, ser uma solução para diminuir transtornos como o alto volume de escoamento superficial. Com o levantamento de tal questão, surgem soluções como está já citada, a qual se caracteriza como uma estrutura de infiltração, que através de uma superfície permeável, absorve por completo ou parte do escoamento (VIRGILLIS, 2009).

O presente trabalho irá estudar o método do pavimento permeável como alternativa para Avenida situada no centro da cidade de Três Rios, Avenida Zoelo Sola, que sofre com constantes alagamentos nos períodos de chuva. Tal avenida é

de extrema importância para o trânsito da cidade e a principal passagem para a Unidade de Pronto Atendimento (UPA) e triagem de pacientes com Covid-19.

Trabalhos como este são importantes para trazer uma alternativa viável aos problemas que acabam atrapalhando o cotidiano das pessoas. Como dito acima por Oliveira (2018), os alagamentos são a causa de diversos problemas sociais e econômicos e isso vem acontecendo nessa área estudada da Avenida Zoelo Sola, pela falta de alternativa em relação ao CBUQ.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De início, é necessário saber que “para controlar a impermeabilização das superfícies nas grandes cidades, é comum às prefeituras exigirem, através de seu Plano Diretor, que uma parcela de área do terreno seja mantida permeável, variando entre 15% a 30% do terreno” (JABUR, 2015).

Com o passar dos anos, o debate em torno dos impactos causados pelas inundações nas grandes cidades é cada vez mais relevante no processo do planejamento do sistema de coleta das águas pluviais. Em lados opostos, encontramos conflitos socioambientais e o questionamento da eficiência dos sistemas de drenagem projetados e postos em prática e a inércia de melhorias das técnicas utilizadas, levando em consideração a qualidade dos serviços de manutenção e operação do sistema de drenagem (MC, 2006).

A precariedade ou ausência dos serviços de drenagem de águas pluviais no Brasil, a gestão inadequada dos resíduos sólidos urbanos e do esgotamento sanitário acaba por desencadear ainda mais problemas. A insistência dos gestores em direcionar os recursos públicos de saneamento sem o devido estudo pode causar problemas aos longos dos anos (DAL-PRÁ, 2016).

Para a conveniente seleção entre muitas alternativas possíveis ao planejamento dos pavimentos, é necessária a escolha do que melhor se enquadra, de acordo com as diretrizes do local e necessidades. O mais utilizado é o método de pavimento intertravado que se dá pelo revestimento composto de peças de concreto para pavimentação. As peças devem atender à ABNT NBR 9781: 2013, atentando-se para a dimensão, e assim, para serem considerados pavimentos intertravados, devem atender a relação comprimento/espessura. A infiltração de água, neste caso, se dá

pelos espaços vazios nas peças, pelo espaçamento entre elas ou ainda, pela própria peça quando constituída de concreto permeável (MOTA,2013).

Outro tipo de pavimento permeável é dominado pelas Placas Cimentícias Permeável, que são peças pré-moldadas, feitas de concreto e fibras, que garantem 90% de absorção de água da superfície. Geralmente são usadas em passeios (LIMA, 2018).

Porém, para conseguir chegar a melhor alternativa de Pavimento para a área da Avenida Zoelo Sola, devemos analisar outros fatores como a topografia, densidade demográfica e localização.

O município de Três Rios fica localizado a 131 km ao norte da capital do estado do Rio de Janeiro, latitude 22° 07' 00" S e longitude 43° 12' 33" W. Segundo dados do IBGE (2020), a cidade tem aproximadamente 82142 pessoas. A densidade demográfica é cerca de 237,42 hab/Km², ocupando uma área de 322,843 km² com topografia predominantemente montanhosa. A altitude média é de 275 metros acima do nível do mar, conforme mostra a figura 1 abaixo.



Figura 1: Mapa da localização de Três Rios RJ
Fonte: Adaptada Google Earth 2021

A figura 1 ilustra a localização, no mapa, do município de Três Rios, onde está localizada a avenida Zoelo Sola, objeto de estudo deste trabalho. O local em análise começa em frente ao Mercado Royal (R1) que consta de uma distância de 1,5km aproximadamente, até o outro ponto, praça no bairro triângulo (P2), um local com grande fluxo de carros e pedestres, onde também se encontra uma ciclovia que divide a avenida ao meio.



Figura 2: Localização do trecho da Avenida Zoelo Sola Três Rios RJ
 Fonte: Adaptada de Google Earth 2021

Na Avenida Zoelo Sola, que além do problema do pavimento impermeável, tem-se um sistema de drenagem ineficiente, conforme mostra as figuras abaixo. Nestas figuras vemos as bocas de lobo. Elas têm a função de coletar água dos alagamentos e direcionar para uma enorme vala através de tubulações subterrâneas. Esse “valão” se encontra ao lado do Terminal Rodoviário Interestadual do município, despeja, toda essa água captada, no Rio Paraíba do Sul. Para agravar a situação, tem-se o problema dos resíduos deixados em lixeiras. O projeto de um sistema de drenagem deve ser elaborado para que o escoamento das águas pluviais seja captado convenientemente pelos órgãos acessórios, bocas de lobo e rede de galerias localizados nos arruamentos (BRAZ, 2015).



Figura 3: Atual sistema de drenagem da Avenida Zoelo Sola Três Rios-RJ
 Fonte: Arquivo Pessoal, 20 de novembro de 2020

Na imagem abaixo, é possível visualizar o valão principal da avenida Zoelo Sola, em Três Rios, citado anteriormente. Ele é responsável por receber toda a água das chuvas e despejá-la no Rio Paraíba do Sul.



Figura 4: Valão
Fonte: Arquivo Pessoal, 20 de novembro de 2020

Na figura 5 abaixo, pode-se ver, por uma visão de satélite, onde é localizado o Valão na Avenida Zoelo Sola, o mesmo que se encontra na figura 4. Nota-se que ele é muito próximo ao Rio Paraíba do Sul.

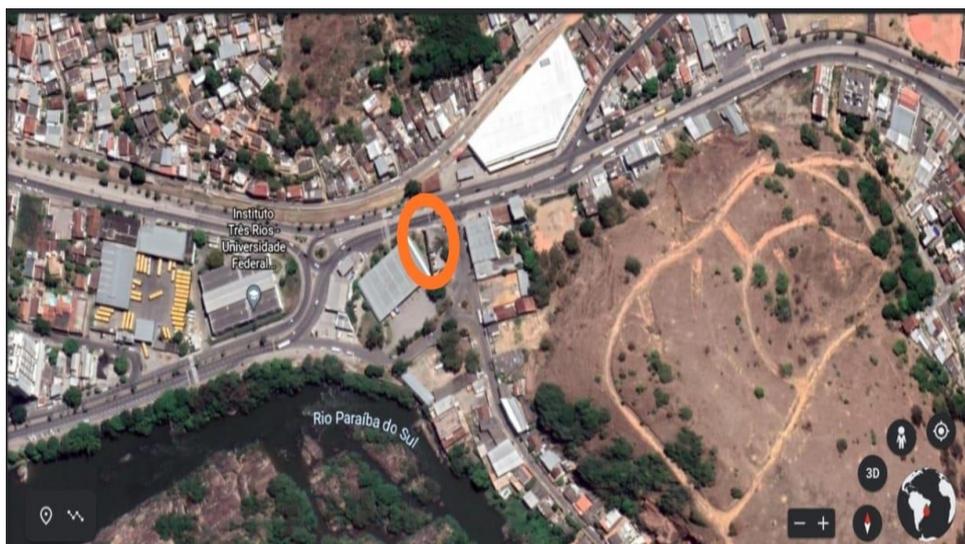


Figura 5: local onde se localiza o Valão no mapa
Fonte: Adaptada de Google Earth 2021

Após a figura 4 e 5 mostrar para onde é direcionado toda água coletada das enchentes, na figura 6 abaixo, podemos visualizar a realidade da área, após um período de chuva.



Figura 6: Situação real em dias chuvosos
Fonte: Arquivo Pessoa, 25 de novembro de 2020

Após as enchentes (figura 6), podemos observar na figura 7, a realidade do trânsito no local.



Figura 7: Situação real do trânsito em dias chuvosos
Fonte: Arquivo pessoal, 25 de novembro de 2021

2.1 ASFALTO CONVENCIONAL (CBUQ)

O Concreto Betuminoso Usinado Quente (CBUQ), é um tipo de concreto usado nos pavimentos das estradas com a finalidade de impermeabilizar, de dar um acabamento nivelado nos pavimentos e garantir maior resistência ao mesmo. No país, temos basicamente dois modelos de revestimentos nas estradas: o **concreto** e **concreto asfáltico**, sendo quase todo o Brasil, com 95% das vias pavimentadas em concreto asfáltico. Através do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte DNIT, sabemos que o CBUQ é uma mistura de agregado graúdo e cimento asfáltico, podendo também, se necessário, haver material de enchimento. Produzida com o controle tecnológico necessário em local apropriado, essa mistura é aplicada e compactada a quente (MENEGHEL, 2020).

Com o passar dos anos houve um crescimento em relação ao número de automóveis que circulam no município, acentuando como consequências negativas, o elevado desgaste da pavimentação asfáltica de baixa qualidade. A pavimentação das vias brasileiras encontra-se em uma situação precária devido à falta de manutenção, o excesso de caminhões, à má execução e a utilização de material de má qualidade, o que acaba reduzindo a vida útil do asfalto (SILVA, 2016).

Além das más decisões nas execuções e material de baixa qualidade, de acordo com Silva (2016), “temos grandes áreas construídas e pavimentadas, fazendo com que haja uma baixa área de vegetação.” Com isso, nota-se uma elevação de temperatura do ar no local. Este fenômeno é conhecido como ilhas de calor, chamado pelos altos níveis de temperaturas do ar e das superfícies do meio urbano em relação aos arredores rurais mais próximos (APOLÔNIO, 2015). “Três Rios apresentou um acelerado crescimento industrial nas últimas décadas, o que acarretou o aumento da urbanização e dos problemas associados. É possível que o clima local tenha sido influenciado pelo aumento da área ocupada por áreas urbanas” (GOMES, 2018).

Segundo Luiz (2020), alguns pavimentos como o asfalto (CBUQ) têm propriedades que contribuem para a formação das ilhas de calor, como por exemplo, a utilização de agregados finos que aumentam sua compactação e diminuem o número de vazios, além da sua composição, formada pelo impermeabilizante betuminoso que não absorve umidade.

A permeabilidade é a propriedade que o solo apresenta de permitir o escoamento da água através dele, sendo expresso o seu grau através do coeficiente de permeabilidade (LUIZ,2020).

2.2 PAVIMENTO PERMEÁVEL

Os pavimentos permeáveis são, nada a mais, que pavimentos onde se permite a passagem da água por certos espaços em sua estrutura. O objetivo desses espaços é, além do escoamento da água, o aumento do tempo de passagem dessa água até os pontos de coleta da mesma. Como resultado do aumento desse tempo, o pico da inundação em locais próximos aos rios é reduzido (SANTANA,2019).

O uso dos pavimentos permeáveis nas áreas urbanas tem o intuito de minimizar a vazão drenada superficialmente, além de garantir uma melhoria na limpeza da água com a diminuição dos resíduos sólidos, assim trazendo benefícios na reposição das águas subterrâneas de aquíferos. A utilização dos pavimentos permeáveis elimina o uso de caixas de captação de água, visto que o equipamento praticamente não deixa o escoamento (JABUR, 2015).

Nos pavimentos comuns, rapidamente ocorre, durante o período da chuva, a formação de escoamento superficial da água. Portanto, há uma intensa necessidade do sistema de drenagem urbana da cidade, ocasionando enchentes por acúmulo (SILVA, 2016).

Abaixo, para termos uma visualização melhor do que é um pavimento permeável, poderemos ver uma série de pavimentos e suas características.

Essas placas permeáveis, como mostra abaixo, são peças pré-moldadas feitas de concreto e fibras, que garantem 90% de absorção de água da superfície. Geralmente são usadas em passeios (LIMA, 2018).



Figura 8: Placas Cimentícias Permeável
Fonte: CONCRETO 2016

O piso intertravado, apresentado na próxima figura, é feito na forma de encaixe e não precisa de argamassa para sua aplicação. Tem como principal material o cimento. Se figura como um dos pavimentos impermeáveis mais usados nas áreas externas, como nas vias públicas e nas calçadas residenciais (LIMA, 2018),



Figura 9: Piso Intertravado

Fonte: DECORA 2018

Agora, buscando uma melhor compreensão do assunto do pavimento intertravado, a figura abaixo mostra um exemplo de como é feito o processo para a sua colocação, em 10 etapas, segundo Mota (2013).

- 1° - Limpeza do terreno; abertura da caixa de pavimentação;
- 2° - Terraplenagem;
- 3° - Compactação do subleito; espalhamento e compactação do solo de reforço e nivelamento (caso necessário);
- 4° - Instalações da rede de drenagem;
- 5° - Assentamento da manta geotêxtil (opcional);
- 6° - Espalhamento das camadas de brita;



Figura 10: Piso Intertravado
Fonte: MOTA, 2013

A figura abaixo mostra a finalização do pavimento intertravado, continuação da imagem anterior:

- 7° - Compactação das camadas de brita;
- 8° - Execução das guias e sarjetas;
- 9° - Assentamento dos blocos de concreto;
- 10° - Rejunte dos blocos com pedrisco.



Figura 11: Piso Intertravado
Fonte adaptada: MOTA, 2013

Outra opção, não muito popular, é o piso grama. Considerado também um pavimento permeável, essa pavimentação possibilita a proteção da grama contra o tráfego e a maximização da área permeável, sendo a forma de aplicação, a mesma que a do piso intertravado (LIMA, 2018).



Figura 12: Piso Grama

Fonte: SOLDADO 2021

O pneu reciclado, excelente para área de recreação de crianças, pavimentação de calçadas e beiras de piscinas, é uma opção de piso 100% permeável e que visa a segurança de quem passa, sendo antiderrapante. Ainda figura como uma opção ecológica e sustentável, tem capacidade acústica e suporta grandes impactos, além de poder ser feito em variados formatos e cores. Abaixo, um exemplo (LIMA, 2018).

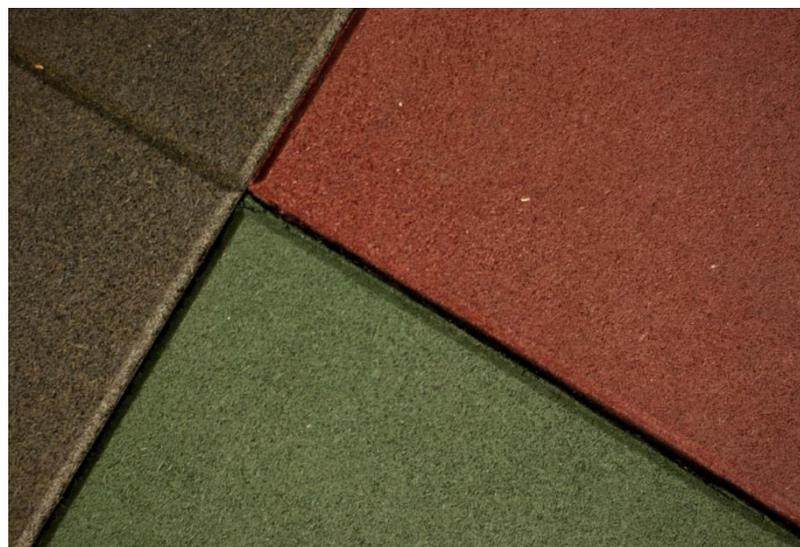


Figura 13:
Placas de
reciclado

Fonte:

pneu

LIMA 2018.

3.

METODOLOGIA

Esse trabalho é de natureza qualitativa com o objetivo exploratório. Feito através de pesquisas bibliográficas em artigos científicos, livros e outros materiais associados aos temas de drenagem e o estudo de caso do asfalto, o Concreto Betuminoso Usinado Quente (CBUQ), realizado na avenida Zoelo Sola, no município de Três Rios.

Os descritores utilizados foram: impermeabilização, permeabilização e pavimento permeável. Os critérios de inclusão basearam-se em artigos, cujo conteúdo possuísem, além da contextualização do pavimento permeável e do CBUQ, também seus consequentes problemas e benefícios.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com o Voronovcz (2016), o pavimento permeável é uma inovação tecnológica que vem ao mercado para solucionar os pontos críticos de alagamento, pois carrega consigo uma excelente drenagem. Com isso, diminuindo os transtornos vividos pelos habitantes da localidade. Desse modo, parece lógico afirmar que, segundo os conceitos do autor, o pavimento permeável é uma ótima opção para minimizar os problemas causados pela baixa permeabilidade que o pavimento atual (CBUQ) apresenta, devido à falta de planejamento diante do crescimento urbano. Na mesma linha de argumentação, citando o Faria (2017), é possível dizer que o uso dos pavimentos permeáveis, além de ajudar o sistema de drenagem urbana com a redução do escoamento superficial, quando substituindo um piso de concreto convencional por um de pavimento permeável, a taxa de permeabilidade aumenta em dez vezes, se tornando uma significativa opção de pavimento, visando o aumento da infiltração nas áreas urbanas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo fundamental deste trabalho foi mostrar como o pavimento permeável pode ser uma melhor opção em relação à CBUQ, especificamente na Avenida Zoelo Sola, no município de Três Rios, que vem sofrendo com problemas de falta de permeabilidade, ocasionando enchentes em pequenos ciclos de chuvas. Essas enchentes causam, além de perdas materiais, proliferações de doenças e congestionamento de trânsito – um empecilho no trajeto acesso rápido e emergencial até a Unidade de Pronto Atendimento (UPA) da cidade de Três Rios, que nesse momento é de extrema importância visto que o país vivencia o enfrentamento e o caos de uma pandemia.

Com a atual pesquisa, é possível perceber como o pavimento permeável pode ser uma saída viável para tentar solucionar os problemas que o concreto convencional (CBUQ) vem trazendo a este trecho. Os diversos textos comentados acima deixam

claro os benefícios dos pavimentos impermeáveis aos locais que vêm sofrendo com a falta de planejamento diante do crescimento urbano. Contudo, é necessário dizer que o uso do pavimento permeável é aconselhável só a locais específicos, pois o mesmo não se torna viável aos locais que não sofrem de falta de permeabilidade.

Em virtude das afirmações e pesquisas comentadas ao longo deste trabalho, abre-se possibilidades de estudos em relação ao uso deste pavimento. Seja economicamente ou essencialmente, o pavimento permeável pode ser a melhor opção, quando comparado ao concreto convencional (CBUQ), em áreas específicas, onde o mesmo deixa a desejar em questão de permeabilidade.

Assim, conforme as citações bibliográficas ao longo do trabalho, parece lógico afirmar que, o pavimento permeável é a melhor escolha, em relação ao concreto convencional (CBUQ), na atual situação da Avenida Zoelo Sola, mediante situações e acontecimentos já ilustrados neste trabalho (figuras 6 e 7), por falta de permeabilidade.

REFERÊNCIAS

APOLÔNIO C. I. J., CLEONICE L. D. (maio de 2015). **Pavimentação Asfáltica: Contribuição no Aquecimento de Áreas Urbanas**. Engineering and Science, 1(3), 64. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280945287_Pavimentacao_Asfaltica_Contribuicao_no_Aquecimento_de_Areas_Urbanas_Asphalt_Paving_Contribution_for_Urban_Heating_Areas>. Acesso em: 18 mar. 2021.

BRAZ, M. G. (outubro de 2015). **Desempenho hidráulico de bocas de lobo com depressão em pontos baixos de vias: pesquisa experimental**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1-1. Disponível em: <<http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento29/TrabalhosCompletoPDF/IX-079.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

DAL-PRÁ, L. L. (2016). **Drenagem Urbana**. O Paraná em Debate, 26. Disponível em: <<https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/drenagem-urbana.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2021.

FARIA, T. N., & COELHO, L. M. (2017). **Análise da permeabilidade de quatro tipos de pavimentos permeáveis**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 08. Disponível em: <<http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento36/TrabalhosCompletoPDF/IX-096.pdf>>. Acesso em: 26 abril. 2021.

FIGUEIREDO, N. M. (2009). **Método e metodologia na pesquisa científica**. (3ª ed.). São Paulo: Yendis.

Figura 1, G. E. (16 de março de 2021). Google Earth. Disponível em Google Earth: <<https://earth.google.com/web/@-22.14755912,-43.37356921,540.60645772a,589771.65441871d,30y,-0h,0t,0r>>. Acesso em: 25 jan. 2021.

Figura 2, G. E. (16 de março de 2021). Google Earth. Fonte: google earth: <<https://earth.google.com/web/search/Avenida+Zoello+Sola+-+Tri%c3%a2ngulo,+Tr%c3%aas+Rios+-+RJ/@-22.11510273,-43.19599685,272.86969875a,465.69656411d,35y,78.49130306h,60.00039781t,0r/data=CigiJgokCbJNRpvxBjbAEaklh78UEzbAGdfDndcah0XAITyuyynS4IEXA>>. Acesso em: 25 jan. 2021.

Figura 3, ATUAL. S. (20 de novembro de 2020). Fonte: Arquivo pessoal

Figura 4, VALÃO. (20 de novembro de 2020). Fonte: Arquivo pessoal

Figura 5, I. a. (15 de janeiro de 2021). GoogleEarth.com. Fonte: Google Earth: <<https://earth.google.com/web/@-22.11571807,-43.19771438,266.02440298a,1032.03471474d,30y,-0h,0t,0r>>. Acesso em: 25 jan. 2021.

Figura 6, SITUAÇÃO. R. D. C. (25 de novembro de 2020). Fonte: Arquivo pessoal

Figura 7, SITUAÇÃO. R. T. D. C. (25 de novembro de 2020). Fonte: Arquivo pessoal

Figura 8, PLACA C. P. (10 de fevereiro de 2016). clubedoconcreto.com.br. Disponível em Clube do Concreto: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2016/02/como-e-feito-o-concreto-permeavel-pca.html>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

Figura 9, PISO I. (18 de julho de 2018). vivadecora.com.br. Disponível em Viva Decora: <<https://www.vivadecora.com.br/revista/piso-intertravado/>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

Figura 10, 11, MOTA. É., BASTOS, C., & PINHEIRO, L. (2013). **Projeto técnico: pavimento permeável.** Solução para Cidades, 19. Disponível em: <https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Pav%20Permeavel_web.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2021.

Figura 12, PISO G., SOLDADO C. (2021). cassolbloquesypavers.com. Fonte: Cassol Bloques Pavers. Disponível em: <<http://www.cassolbloquesypavers.com.py/imagenes-de-piso-grama.html>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

Figura 13, PLACAS P. R., LIMA. A. (03 de Março de 2018). projetobatente.com.br. Disponível em Projeto Batente: <<https://projetobatente.com.br/quatro-tipos-de-pavimentacoes-permeaveis/#:~:text=1%20Placas%20Ciment%C3%ADcias%20Perme%C3%A1veis.%20Placas%20ciment%C3%ADcias%20perme%C3%A1veis.%20Essas,4%20Pneu%20Reciclado.%20Placas%20de%20pneu%20reciclado.%20>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

GIL, A. C. (2002). **Como Elaborar Projetos de Pesquisa** (Vol. 4). São Paulo: Atlas.

GOMES, O. V. (2018). itr.ufrjr.br. Disponível em Determinação Verde: <<https://itr.ufrjr.br/determinacaoverde/investigacao-sobre-ilha-de-calor-na-cidade-de-tres-rios-rj/>>. Acesso em: 17 mar. 2021.

IBGE, I. B. (janeiro de 2020). *IBGE*. Disponível em IBGE: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/tres-rios/panorama>>. Acesso em: 01 nov. 2020.

JABUR, A. S., OKAWA, C. M. (dezembro de 2015). **Determinação da capacidade de infiltração de pavimentos permeáveis**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 20(4), 938. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Andre-Luiz-Lopes-Da-Silveira/publication/305306606_Determinacao_da_capacidade_de_infiltracao_de_pavimentos_permeaveis_Determination_of_the_infiltration_capacity_of_permeable_pavements/links/57c8279508aefc4af34ea7d0/Det>. Acesso em: 18 abr. 2021.

KAMURA, D. T., MORI, F. H., OSHIRO, R. A., NAKAZATO, R. (05 de 10 de 2010). **Água em Ambientes Urbanos**. São Paulo, São Paulo, Brasil: ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Fonte: file:///C:/Users/David%20Soares/Downloads/Tema_5_%20Microdrenagem_texto%20(1).pdf Acesso em: 18 abr. 2021.

LIMA, A. (14 de março de 2018). projetobatente.com.br. Disponível em Projeto Batente:<<https://projetobatente.com.br/quatro-tipos-de-pavimentacoes-permeaveis/#:~:text=1%20Placas%20Ciment%C3%ADcias%20Perme%C3%A1veis.%20Placas%20ciment%C3%ADcias%20perme%C3%A1veis.%20Essas,4%20Pneu%20Reciclado.%20Placas%20de%20pneu%20reciclado.%20>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

LUIZ, G. A., SILVA, T. G., ASSIS, R. C. T., ROCHA, L. M., PERES, S. M. (2020). **Estudo da viabilidade técnica do uso do asfalto permeável como alternativa de prevenção de enchentes urbanas na cidade de Três Rios**. Revista Portos: Por um mundo mais sustentável, 5. Disponível em:<<https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/52/30>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

MENEGHEL, R. (15 de novembro de 2020). carluc.com.br. Disponível em:<<https://carluc.com.br/materiais/concreto-betuminoso-usinado-a-quente-cbuq/>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

MEC, (2006) Ministério da Educação. Disponível em:<<https://www.gov.br/mec/acao/informacao/pr-br>>. Acesso em: 05 out. 2020.

MOTA, É., BASTOS, C., & PINHEIRO, L. (2013). **Projeto técnico: pavimento permeável**. Solução para Cidades. Disponível em: <https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Pav%20Permeavel_web.pdf>. Acesso em: 05 out. 2020.

OLIVEIRA, L. F. (2018). **Dimensionamento e análise de desempenho hidráulico de estacionamento com drenagem convencional e pavimento permeável, apoiado por modelagem computacional**, p. 58.

SANTANA, L. (02 de julho de 2019). **Pavimento permeável que reduz alagamento será utilizado na Barra do Jucu**. Universidade Federal do Espírito Santo, 02. Disponível em: <<https://www.ufes.br/conteudo/pavimento-permeavel-que-reduz-alagamento-sera-utilizado-na-barra-do-jucu>>. Acesso em: 24 abr. 2021.

SILVA, C. O., MARCHIONE, M. L. (janeiro de 2016). **Conceitos e Requisitos para Pavimentos de Concreto Permeável**. Associação Brasileira de Cimento Portland,

01. Disponível em: <https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/PR3_Conceitos_Requisitos_Pav_Concreto_Permeavel.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2021.

VIRGILIIS, A. L. (2009). **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. p. 153. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/50469332/dissertacao-afonso-luis-correa-de-virgiliis?utm_medium=mobile&utm_campaign=ios>. Acesso em: 10 abr. 2021.

VORONOV CZ, E., VARGAS, J. J. (2016). **A utilização do pavimento permeável para minimizar alagamentos**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, 01. Disponível em: <<https://concepar.grupointegrado.br/resumo/a-utilizacao-do-pavimento-permeavel-para-minimizar-alagamentos/480/1153>>. Acesso em: 26 abr. 2021.

FÔRMA FIBERGLASS PARA FUNDAÇÃO TIPO SAPATA

ACADÊMICOS: Laressa Farias de Souza e Tiago Freire Peixoto.

ORIENTADOR: Prof. *Leonardo Martins Sleutjes*.

LINHA DE PESQUISA: Tecnologias de Materiais e Métodos Construtivos.

RESUMO

É bastante comum em construções residenciais de pequeno porte utilizar as fundações rasas do tipo sapata isolada. Esse tipo de fundação quando executada diretamente em contato com o solo, sem a utilização de fôrmas, a sua geometria em projeto geralmente não é respeitada o que faz com que o volume de concreto também não seja respeitado. Outro ponto importante é a contaminação da fundação de concreto armado devido ao contato direto ao solo, o que pode acarretar, em patologias futuras, a estrutura da construção levando a mesma às manutenções corretivas e em alguns casos, a sua interdição, por apresentar riscos a seus usuários; apesar de existirem hoje aditivos químicos que quando misturado ao concreto minimiza a contaminação e previne tais patologias. Porém esse recurso químico depende da mistura na proporção correta para que seu grau de eficiência seja atingido de forma satisfatória. Geralmente essa mistura se aplica quando se compra o concreto usinado em uma empresa especializada. A fôrma *Fiberglass* trata de uma solução construída em material composto de resina de poliéster e fibra de vidro que forma uma barreira mecânica envolvendo a fundação do tipo sapata impedindo com que o contato do solo seja direto ao concreto armado, assim então minimizando os problemas patológicos. A fôrma *Fiberglass* é de manuseio simples, leve e não requer uma mão de obra especializada para sua aplicação em campo.

PALAVRAS-CHAVE: Fundação; Fôrmas de Construção; Sapatas; Composto de Fibra de Vidro.

INTRODUÇÃO

As construções, sejam elas residenciais, prediais ou industriais dependem de uma fundação resistente e sólida para se sustentar, na qual não permitem comprometer sua integridade estrutural ou visual. As fundações são responsáveis por distribuir as cargas da construção para o solo e assim evitar problemas futuros (BERBERIAN, 1943).

A escolha da fundação é determinada por vários fatores que vão desde o processo de análise e elaboração do projeto até o início de sua execução, sendo as variáveis: o estudo dos solos, tempo de execução, custos financeiros, equipamentos, mão de obra, etc.

O concreto é um material poroso e se, a relação água/cimento não for adequada, trará consequências drásticas a estrutura, pois quanto mais poroso esteja o concreto, mais exposta ficará a armadura quando submetida aos agentes corrosivos. Outro fator de grande importância é garantir o cobrimento mínimo de concreto nas armaduras para prevenir a corrosão (BERBERIAN, 1943).

Quaisquer anomalias futuras podem gerar danos estruturais e financeiros de curto ou longo prazo. Possivelmente, causar a inviabilidade da obra antes mesmo da sua finalização ou interdição da construção, após um período de tempo de seu término. Problemas de corrosão de um país para uma recuperação de seus prejuízos podem chegar a 3% do PIB de uma média de custo (Medeiros, 2013).

Para isso não ocorrer, existe atualmente no mercado, algumas soluções para as fundações que hoje são limitadas e nem sempre eficazes, como a impermeabilização do concreto ou aditivos. A impermeabilização é limitada às vigas baldrame quando sua construção não permitir o acesso direto ao concreto das fundações uma vez que o mesmo está abaixo do solo; até mesmo nesse caso, o concreto já teve o contato com o solo durante a concretagem. Normalmente a impermeabilização da fundação ocorre a nível do baldrame que não garante o estrutural abaixo.

A inclusão do aditivo antes da concretagem ajuda a minimizar a propagação das anomalias. Porém os fatores que envolvem a utilização dos aditivos são o elevado custo. Além do custo, existe ainda a confiabilidade de se utilizar corretamente o produto entre as proporções de aditivo/concreto, o que é totalmente questionável pelo fator mão de obra, que na maioria dos casos, tem restrições de conhecimento técnico.

Para prevenir patologias nas estruturas o projeto precisa ser bem elaborado e na execução deve haver treinamento para mão de obra e fiscalização para garantir a técnica aplicada (Zuchetti, 2015).

As fundações também estão sujeitas a recalques devido a possíveis falhas no solo. Os recalques acontecem por deformações ocasionadas pela diminuição de volume ou pela mudança de forma do maciço com o solo junto à sapata. Assim, alguns dos fatores que implica acontecer com muita facilidade são as fissuras e trincas na estrutura, tornando mais fácil a infiltração e causando sua deterioração ao longo do tempo (Cintra, Aoki e Albiero, 2011).

A fôrma *Fiberglass* é uma peça que revestirá toda fundação, ela não permite que o concreto fique em contato com o solo, é impermeável, possui ótima resistência mecânica, à tração e flexão, além de fornecer uma geometria correta do contorno. Com essa fôrma aplicada como barreira mecânica não há passagem de água para a fundação, que é um dos problemas mais preocupantes que pode gerar patologia, assim como nenhuma outra intempérie. A fôrma *Fiberglass* também contribui para o acerto do volume de concreto normalmente desperdiçado, impede o contato do solo com a sapata, assim sem necessidade de utilizar produtos impermeabilizantes, gerando economia para a obra. Quantas construções são qualificadas de risco por não se identificar ou até mesmo descobrir a patologia existente na fundação? Isso e muitas outras contrariedades poderão ser impedidas pela utilização da fôrma *Fiberglass*?

Assim, o presente trabalho tem como objetivo, apresentar um modelo construído em impressão 3D de uma sapata isolada e da fôrma *Fiberglass* que irá revesti-la e protegê-la completamente contra qualquer tipo de danos à fundação, diminuindo a probabilidade de riscos patológicos frequentes nas estruturas.

E tem ainda como proposta, os seguintes objetivos específicos:

- Fazer uma breve reflexão bibliográfica sobre a matéria prima utilizada na construção da fôrma;
- Apresentar o modelo em 3D da fôrma *Fiberglass* criada.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 FÔRMA POLIÉSTER REFORÇADO DE FIBRA DE VIDRO (PRFV)

A fibra de vidro é um tema bem discutido ao longo dos anos, pois possui uma larga utilização e aplicação em várias áreas e até hoje são realizados estudos para gerar mais desenvolvimento de seu uso. O presente estudo vem apresentar a concepção e os benefícios de um modelo de fôrma *Fiberglass* constituído por composto de resina de poliéster reforçado com fibra de vidro para utilização em Fundações tipo Sapata.

O uso da fibra de vidro originou-se por volta do ano de 1839, quando foi apresentado em uma exposição industrial e sua comercialização começou um ano depois, em 1840, mas infelizmente, não obteve muito sucesso. Com mais estudos, a partir de 1940 começou a ser comercializada por necessidade de ser utilizada em cabos elétricos em virtude de ser um material isolante (Nasseh, 2010).

Os benefícios que a fibra de vidro traz é de muita valia, pois, seu emprego se deu por necessidades de construir materiais mais leves e com muita resistência. A descoberta da fibra de vidro e suas propriedades foram escolhidas para serem utilizadas para fins militares depois da Segunda Guerra Mundial em usos pacíficos e comerciais (Gilmar Lima, 1990).

São muitas as aplicações que a fibra de vidro possui, utilizadas nas indústrias automobilísticas, aeroespacial, naval, lazer, energia eólica, aplicações domésticas, entre outras. Suas características permitem a criação de materiais leves, resistentes e de longa duração (Sercel, 2015).

O Poliéster reforçado com Fibra de Vidro é um material composto definido para a construção da fôrma de fibra de vidro para a fundação tipo sapata. Materiais compósitos apresentam duas ou mais fases físicas diferentes por filamentos, é um elemento estrutural de um processo resultante de polímeros com fibras de reforço. Constituído com elevadas resistências mecânicas, resistente a ambientes quimicamente agressivos, leves, flexibilidade de design, elevada estabilidade dimensional em baixas e altas temperaturas (Associação Brasileira de Materiais Compósitos, 2016).

2.1.1 MANUSEIO DA FÔRMA FIBERGLASS

Para a fabricação, a fôrma de fibra de vidro é trabalhada de forma artesanal, com um sistema simples, denominadas em dois processos de laminação hand lay-up (laminação manual) e spray-up (laminação à pistola ou por aspiração). São utilizados

materiais de baixo custo e fáceis de se encontrar, não exige muita mão de obra (Gilmar Lima, 1990).

Uma de suas principais características da fibra de vidro é a leveza, mas também possui resistência à umidade, ao fogo, alta resistência mecânica e à oxidação, é isolante elétrico e térmico, de baixo custo e peso mínimo (Gilmar Lima, 1990).

Para a produção de uma peça utiliza-se um molde, onde apresenta o lado negativo do objeto que geralmente pode ser fabricado de madeira, alumínio, borracha de silicone ou ainda de fibra de vidro (Gilmar Lima, 1990).

A fibra de vidro permite a produção de peças com grandes variedades de formatos e tamanhos, tais como placas para montagem de circuitos eletrônicos, cascos e hélices de barcos, fuselagens de aviões, caixas d'águas, piscinas, pranchas de surf, recipientes de armazenamento, peças para inúmeros fins industriais em inúmeros ramos de atividade, carroçarias de automóveis, na construção civil e em milhares de outras aplicações, tal como o uso para fôrma de proteção para sapata (Gilmar Lima, 1990).

2.2 FUNDAÇÕES

Toda construção depende de um alicerce, pois é nele que são aplicados todos os tipos de cargas para serem transmitidas ao solo, que garanta à estrutura uma estabilidade e que suporte qualquer tipo de edificação. Por esse motivo, é muito importante saber qual o melhor tipo de fundação a ser feita e isso depende das análises realizadas no solo por meio da sondagem. Assim, depois de ser executado o estudo do solo, obtém-se os resultados analisados em laboratórios e por meio desses, o projetista estrutural consegue definir o melhor tipo de fundação a ser construído.

As fundações ou subestruturas são elementos estruturais, construídos abaixo do solo, onde tem a finalidade de resistir às cargas verticais provocadas pela superestrutura. São gerados pelos pilares e paredes em ações para o solo, então por não ter capacidade suficiente para suportar, são projetados tipos de fundações para que todos os esforços sejam transmitidos diretamente a ela e descarregados ao solo. (SAPATAS DE FUNDAÇÃO, 2019).

2.2.1 Fundação Tipo Sapata

Os tipos de fundações superficiais são denominados rasas e diretas, também conhecidas como sapatas. Em sua base que são descarregadas todas as forças da superestrutura. Sua forma pode variar geometricamente nos tipos quadradas, retangulares, trapezoidais, entre outras. As fundações constituídas de concreto armado, onde toda força nela aplicada, transmite uma carga diretamente descarregada para sua base, assim provocando uma força de tração. Como o concreto possui baixa resistência a tração, coloca-se uma armadura de aço na base da sapata para que essas tensões sejam resistidas. Alguns exemplos de fundações rasas e diretas são os blocos, radiers e os tipos sapatas nas nomenclaturas isolada, corrida, associada e divisa com viga de equilíbrio (Santos Bastos, 2019).

2.2.2 Sapatas Isoladas

Uma das mais comuns a serem utilizadas nas obras ultimamente por possuir métodos de fácil execução, baixo custo e pequena mão de obra. É uma fundação direta, pois toda força aplicada é suportada pela sua base. A Sapata Isolada permite muita variedade em sua configuração, mas a sua base retangular ou quadrada em forma de bloco ou piramidal é a mais usual pelo fato do pilar ter formato retangular. Confeccionada em concreto armado e dimensionada para suportar a carga de apenas um pilar, acarretado com o peso da edificação como vigas, lajes, telhados, etc. (Cintra, Aoki e Alberto, 2011)

2.2.3 Sapatas Corrida

A sapata corrida é um tipo de fundação utilizada para suportar pequenas cargas de casas de vão pequenos, muros ou paredes. Um elemento alongado proveniente contínuo de concreto armado que fica abaixo das paredes e com as cargas distribuídas linearmente para o solo. O carregamento é distribuído uniformemente ao longo de uma só direção, descarregados por ações verticais sobre esse tipo de sapata.

Seu formato é contínuo, percorrendo todo comprimento da parede. O topo da sapata corrida pode possuir uma configuração piramidal ou reta, com estrutura geralmente em radier ou gaiola. O procedimento é a abertura de uma vala de largura mínima de 20 cm e inferior a 40 cm, sem ultrapassar um metro (Moreira Felipe e Araújo júnior, 2018).

2.3 PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DA SAPATA

A execução da sapata é um processo simples, mas que exige muita atenção para sua construção, pois qualquer erro poderá trazer grandes problemas em toda a estrutura. Depois da sondagem dos estudos do solo, feito os projetos onde serão posicionados devidamente todas as fundações, podemos começar fazendo as marcações das sapatas para as perfurações, formando o gabarito da obra. Seguindo sempre ABNT NBR- 6122- Projeto e execução de fundações, diz no item 6.4.1 que “Em planta, as sapatas ou blocos não devem ter dimensão inferior a 60 cm”.

Podemos seguir os alguns processos para a construção de uma sapata, como os citados a seguir.

Junto ao projeto de fundações, escava-se o terreno de acordo com as dimensões, depois é feito um concreto magro para regularizar um fundo da escavação e nas laterais é apenas uma camada de chapisco. Essa regularização deve conter 5cm de altura para proteção da armadura da sapata contra umidade. No entanto, coloca-se a fôrma e logo os espaçadores, para garantir o cobrimento do aço. Em seguida, a armadura da sapata, conferindo o posicionamento com as dimensões do projeto. A armadura do pilar é ancorada junto à armadura da sapata e novamente confere-se a marcação correta do pilar junto a armadura verificando o nível da sapata.

De acordo com o projeto é feita a amarração, então fixa os arranques dos pilares com arames de aço e com o devido escoramento da armação do pilar para melhorar sua estabilidade. Posterior, realiza a concretagem da sapata. Após curado, é “desenformada” e assim aterrando a cava da sapata.

2.4 PROBLEMAS RELACIONADOS AO MÉTODO CONSTRUTIVO ATUAL

Quando se inicia um planejamento de uma construção é muito importante a prevenção contra patologias na edificação. Uma obra precisa ter todos os requisitos rigidamente bem executados para garantir a minimização de muitos problemas relacionados a patologias. Tudo depende do modo que é realizado em cada parte da construção, desde o concreto, o cobrimento da armação, materiais utilizados, dimensionamento entre outros. São procedimentos que podem interferir se não forem bem efetuados. A finalização de uma construção é de extrema relevância à

manutenção da edificação, periodicamente, para combater as manifestações patológicas.

Durante o processo de uma edificação pode ocorrer falhas, de modo que possa ocasionar vícios construtivos, algo que depois de ocorrido se torna difícil de se controlar. Em uma construção, erros acontecem por falta de um bom planejamento, falhas em execuções da obra, um projeto mal realizado, entre outras falhas. Então, é algo que desde o início precisa ser controlado de forma que sejam evitados para que esses vícios não venham a suceder. Com o necessário gerenciamento, buscando visar melhorias em cada processo, são procedimentos devidos a se fazer, gerando retorno de qualidade na construção.

Embora possa existir falhas no procedimento de uma obra, o método mais eficaz é a prevenção. Para evitar esses problemas, caso já venha intercorrer qualquer anomalia, é necessário estudar os sintomas da origem para que medidas corretas sejam tomadas e assim, resguardar a estrutura de forma a não comprometer toda edificação (Oliveira Bastos, Giacomini Rampinelli e Paiva Tosta, 2017).

Portanto, a fundação é onde se deve ter muita atenção ao ser construída, pois é a partir dela que pode vir a proceder distúrbios que afetam toda a estrutura, e quando isso vem da fundação, o tratamento pode ser impossível de resolver, levando até a condenação total. Contudo, adotar um procedimento de programa de controle da qualidade da obra diminui riscos e falhas durante o processo da execução da mesma (Rossi Rigoni, 2016).

2.4.1 Impactos Gerados

É notório que ao se deparar com algum problema construtivo ocasionado, o orçamento planejado e o tempo de conclusão serão maiores. Para uma obra, isso acarreta drasticamente o desenvolvimento de todo o projeto. Qualquer complicação alcança a todos e a tudo que está envolvido na construção do projeto, afetando todas as áreas.

Se ao concluir uma obra e aquela contrariedade não for devidamente solucionada, obter-se-á uma construção inadequada, tanto para o comprometimento futuro da estrutura, quanto para a visão das pessoas sobre a edificação. Entretanto, saber corrigir e prevenir qualquer falha que possa acontecer é muito importante para

obter êxito e qualidade na obra a ser construída (Oliveira Bastos, Giacomini Rampinelli e Paiva Tosta, 2017).

2.4.2 Solução no mercado e seu custo

O mercado de trabalho na área da Engenharia Civil vem se destacando cada vez mais, pois a tendência em crescimento das tecnologias está se expandindo muito ultimamente. Um dos exemplos é a introdução da Indústria 4.0 no mercado, que apresenta uma abrangente área de soluções automatizadas que está revolucionando a Construção Civil com tecnologias inseridas (Lima, 2019).

A chamada Indústria 4.0 é uma adoção de tecnologias, conectando a várias etapas produtivas, e que nos próximos anos no Brasil, tenha uma redução na defasagem competitiva e impeça que essa diminuição se amplie. Assim, com a implementação da Indústria 4.0 no Brasil, a previsão da redução do corte de custo é de 73 bilhões por ano, sendo 35 bilhões no ganho de eficiência, 31 bilhões de redução de gastos de manutenção de máquinas e 7 bilhões de economia no consumo de energia. Nessa mesma reportagem pela folha de São Paulo, segundo o gerente executivo da CNI (Confederação Nacional da Indústria), “que o uso das tecnologias digitais é decisivo para a competitividade das empresas, gerando reduzir custos e a ganhar eficiências aumentando os acessos ao mercado externo para incorporar as cadeias globais de valor ao Brasil” (Folha de São Paulo, 2019).

O uso da realidade aumentada para desenvolver projetos é uma inovação na Engenharia civil. Essa tecnologia permite visualizar itens em 3D, a colocar elementos digitais em nossa realidade, criando muitas melhorias para contribuir no setor, inclusive para o crescimento da empresa. Essa tecnologia permite a projeção de empreendimentos já construídos, visualização de organização de ambientes e também desenvolver vários tipos de projetos em diferentes formas de visualização.

A impressão em 3D é uma tecnologia que está contribuindo significativamente em todas as áreas do mercado de trabalho, principalmente na Engenharia Civil, revolucionando o sistema construtivo. O modo de imprimir em 3D é realizado por modelagem de produtos sólidos através do empilhamento de materiais, camada a camada. Ainda é estudado muito sobre a impressão em 3D mas, por meio dessa tecnologia, é possível fabricar produtos sem o uso de moldes. Chega a encurtar o tempo de processo do desenvolvimento do produto e também a reduzir os custos

comparados aos métodos tradicionais de fabricação. Em uma matéria, segundo Seleção Engenharia (2019), a empresa Vulcan, que fabrica a impressora 3D situada no México, consegue construir uma casa com 60m² em um tempo de 12 a 24 horas, com custo de venda de US\$ 4 mil cada residência, se aproximando em R\$ 13 mil, e já possui cerca de 100 casas construídas em El Salvador. Uma grande vantagem da impressão em 3D é que se pode construir peças geométricas complexas trazendo mais produtividade e desenvolvimento na construção.

Podemos citar a tecnologia Bim como uma ferramenta que possui vários softwares direcionados para a criação de projetos. Alguns desses softwares conhecidos são: Autodesk Revit, Autodesk Navisworks, Bentley Architecture e ArchiCAD, entre outros. Esse sistema é desenvolvido por meio de uma representação gráfica em 3D que ajuda a visualização do projeto, buscando uma melhor compreensão espacial da obra. O BIM otimiza as informações, fazendo o levantamento de materiais, produzindo o orçamento com exatidão. Assim também analisa problemas que podem ser solucionados antes da construção em representação tridimensional (Lima, 2019).

A Engenharia Civil está se inovando cada vez mais na criação de novas tecnologias, materiais de construção (muitos deles sustentáveis), que podem ser substituídos pelos tradicionais. E assim possibilita muitas melhorias em formas construtivas, visando a diminuição do custo e rendimento na obra e em todo o processo da construção.

METODOLOGIA

Esse estudo é de natureza quantitativa, com um objetivo de pesquisa exploratório tendo base nos livros de referências aqui mencionados e acervos digitais, utilizando artigos científicos pesquisados entre agosto/2020 a junho/2021 dentro das normas da ABNT e NBR vigentes, utilizando plataformas científicas Google Acadêmico e Scielo e demais bases referenciadas no presente estudo. Os descritores utilizados foram: fôrmas para fundações, fundação sapata, composto PRFV.

A proposta do trabalho consiste em criar uma proteção a fundação através de fôrma construída por composto de Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV), que iremos denominar “fôrma *Fiberglass*”, em uma proposição para o mercado de trabalho da Engenharia Civil.

Por meio dessas referências, foi construído um protótipo de forma impressa em 3D do tipo sapata isolada, exemplificando a fôrma e a estrutura da armadura sapata.

O objetivo é criar um método construtivo através de uma capa de PRFV para proteger o concreto da fundação sapata isolada do contato direto ao solo, antes mesmo da sua concretagem, evitando ações de contaminantes, além de padronizar a sapata geometricamente, gerando uma espessura de concreto mais uniforme na cobertura da armadura, garantindo as primícias de cálculo e volume de concreto, tornando a construção economicamente viável e mais segura.

O método do estudo para proposta da construção da fôrma *Fiberglass* é o Hand Lay Up e pode ser desenvolvido por meio teórico com auxílio de softwares (Excel, Auto-CadCAD, CATIA).

Através do modelo da peça impressa em 3D foi relevante para obter uma visão geral do método estudado por meio de artigos, livros, sites cinéticos entre outras referências do trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 FÔRMA FIBERGLASS PARA FUNDAÇÃO TIPO SAPATA

Todo início de obra de edificação depende de como sua fundação será dimensionada e principalmente os materiais utilizados para que problemas patológicos não venham ocorrer na estrutura planejada. O mercado industrial e de tecnologias estão crescendo e se desenvolvendo cada vez mais, possibilitando para a engenharia civil, novas formas eficazes de construção. Claro que muitos estudos e aperfeiçoamentos devem ser aplicados, mas não impossibilita a utilização na área. A fundação tem um papel muito importante: é a partir dela que se dá origem ao que será edificado, por isso, o planejamento e estudo de como será construído precisa ser muito bem desenvolvido.

Mas pode-se observar que a maior parte das fundações é desprovida de uma proteção ao contato direto no concreto armado ao solo. Portanto o estudo da utilização de uma fôrma em compósito possibilita que ações externas não venham afetar àquela fundação. E com as novas tendências da ciência e tecnologia é possível aplicar essa inovação para ser contínua à utilização em todos os tipos de fundações.

Para um estudo detalhado do processo construtivo da fôrma *Fiberglass* foi gerado um modelo matemático em software 3D que é um detalhamento 2D. As

dimensões do modelo para estudo parte das dimensões mínimas necessárias, conforme solicitado pela ABNT NBR 6122 - Projeto e execução de fundações.

O modelo adotado para estudo é uma sapata isolada quadrada trapezoidal com lados A e B de 60 cm, H de 40 cm e H0 de 25 cm. Armadura de arranque de 80 cm concretada, os primeiros 30 cm, a partir da parte superior da sapata.

A armadura adotada é formada por barras de aço CA-50 para os esforços de compressão e tração (radier e colunas) e barras de aço CA-60 para esforços cisalhantes (estribos).

As armaduras seguem as coberturas de proteção mínimas orientadas em normas ABNT NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto.

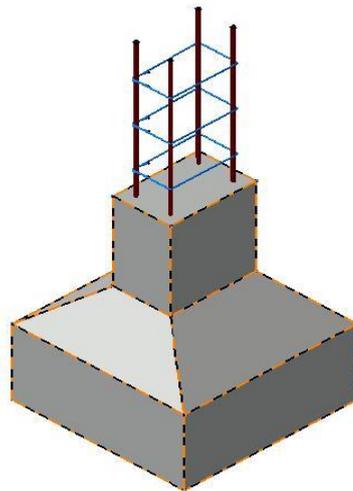


Figura 01: Vista Isométrica Sapata Concreto Armado.
Fonte: Programa: CATIA V5 R19.

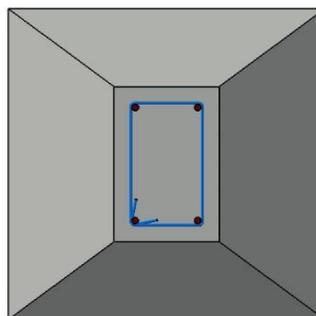


Figura 02: Vista Planta Sapata Concreto Armado
Fonte: Programa: CATIA V5 R19.

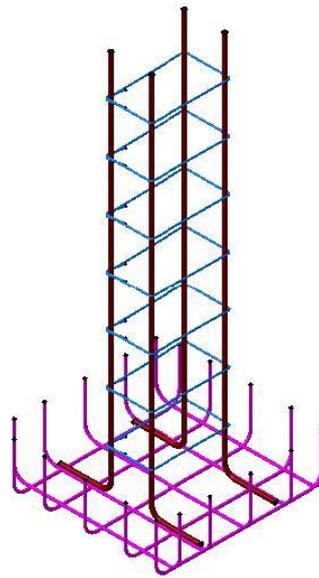


Figura 03: Vista Isométrica Armadura
Fonte: Programa: CATIA V5 R19

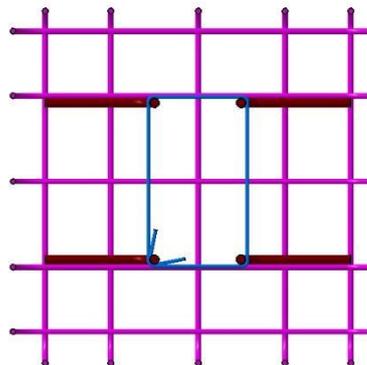


Figura 04: Vista Planta Armadura
Fonte: Programa: CATIA V5 R19

Nas figuras 1 e 2 temos uma imagem de uma sapata isolada em concreto armado totalmente exposta o que resulta em um contato direto ao solo. Nas figuras 3 e 4 temos a armadura de aço da sapata na qual poderá ser prejudicada pela possível contaminação gerada pela permeabilização do solo e a cobertura de concreto.

A fôrma Fiberglass é composta por duas partes, uma superior e outra inferior, ambas construídas em Resina de Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro com espessura entre 3mm e 5mm.

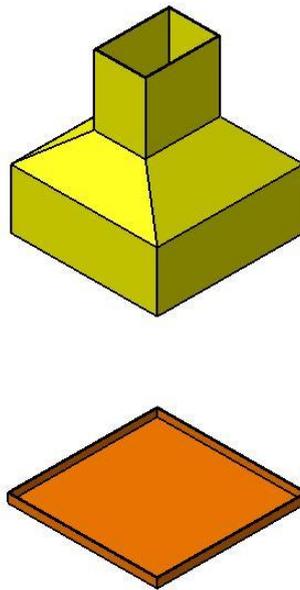


Figura 05: Vista Isométrica Explodida Fôrma Fiberglass
Fonte: Programa: CATIA V5 R19

Na figura 5 temos uma imagem da proteção em fôrma *Fiberglass* que irá revestir a sapata impermeabilizando e protegendo-a contra os intemperes.

4.1.1 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA SAPATA

O método construtivo da fôrma *Fiberglass* é o processo convencional Hand Lay Up utilizado para fabricação de peças de poliéster reforçada com fibra de vidro. Este processo consiste na utilização de molde aberto e laminação manual. O molde é o negativo da peça a ser fabricada.

A aplicação da fôrma *Fiberglass* se faz antes da concretagem da fundação seguindo as seguintes etapas:

- a. Montagem da armadura com os espaçadores de concreto e aço conforme recomendado em norma ou projeto;
- b. Montagem da armadura na base da fôrma *Fiberglass*;
- c. Envolvimento superior da armadura até o ponto de arranque definido;
- d. Vedação do perímetro da base da fôrma *Fiberglass* com isolante Sika ou similar;
- e. Acomodação da fôrma *Fiberglass* montada à armadura, dentro da fundação escavada;

- f. Com a fôrma *Fiberglass* no local e posicionada, preencher o espaço externo vazio com aterro definido em projeto, impedindo assim, a movimentação durante a concretagem;
- g. Fazer a concretagem da sapata vibrando o concreto durante o processo.

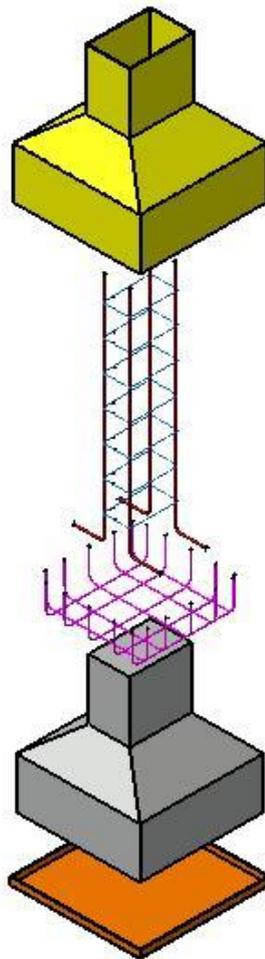


Figura 06: Vista Isométrica Explodida.
Fonte: Programa: CATIA V5 R19

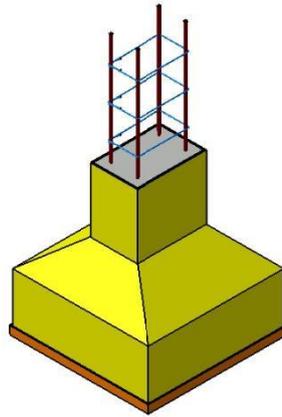


Figura 07: Vista Isométrica.
Fonte: Programa: CATIA V5 R19

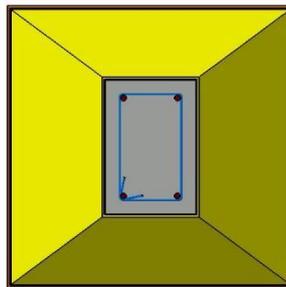


Figura 08: Vista Superior.
Fonte: Programa: CATIA V5 R19

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do estudo apresentado foi possível observar que o projeto pode trazer grandes benefícios econômicos e a nível de qualidade estrutural através de uma barreira mecânica. A fôrma *Fiberglass* determina com exatidão o volume de concreto consumido pela fundação, sem desperdícios por escavação, quando a mesma possui dimensões maiores que determinado em projeto. A fôrma *Fiberglass*, por se tratar de um composto impermeável e de vida útil de até 400 anos, minimiza os riscos à construção causados por permeabilização ou contaminação da estrutura de concreto armado. Com essas características, a fôrma *Fiberglass* aumenta a durabilidade da estrutura e diminui custos futuros de manutenção da construção.

A expectativa é que esse projeto possa contribuir na sociedade, com uma construção mais segura, com alto desempenho estrutural, excelente qualidade a nível de fundação e possivelmente, melhor custo aquisitivo.

Observa-se nas construções até mesmo as mais recentes, muitas falhas existentes na execução ou no projeto como problemas patológicos, erros construtivos, estruturas degradadas com o tempo, entre outros. Então, para uma recuperação e reparação das estruturas é feita a correção dessas anomalias com a técnica de reforço estrutural com fibra de vidro, carbono ou aramida, onde proporciona um bom desempenho, economia com a manutenção e longevidade. O composto de resina de poliéster reforçado com fibra de vidro é um material compatível com as características e resistência do concreto armado, possui alta resistência à tração, baixo peso específico e resistência a corrosão e a fadiga.

REFERÊNCIAS

AECWEB. **Corrosão do concreto é causada por umidade e gases nocivos.** Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/corrosao-do-concreto-e-causada-por-umidade-egases-nocivos/6412>>. Acesso em: 22 set. 2020.

AFORT, **As Vantagens da Fibra de Vidro para o seu Projeto**, Serra, 13 out. 2017. Disponível em: <<http://www.afort.com.br/as-vantagens-da-fibra-de-vidro-para-o-seu-projeto/>>. Acesso em: 23 mar. 2021.

Associação Brasileira de Materiais Compósitos. ABMACO. **Compósitos 2: Tecnologia de Processos**. 2. ed. SP: ALMACO, 2016. p. 1-329.

BARRETO, Tatiane Conceição Machado; PARENTE, Igor Machado da Silva. **Distintas Formas de Corrosão das Armaduras de Estruturas em Concreto Armado: uma Revisão**. São Paulo: USP, 2018.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Sapatas de Fundação**. Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Bauru/SP. Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <<https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto3/Sapatas.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2021.

BERBERIAN, Dickran, **Engenharia das Fundações**. Brasília: Infrasolo, 1943.
B. P. G. Desempenho de Concreto com Reforço de Manta de Fibra de Carbono. Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico de Joinville Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura, Joinville, SC, v. 1, n. 1, p. 1-71, jun./2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/197433?show=full>>. Acesso em: 30 out. 2020.

C. CINTRA, José Carlos; AOKI, Nelson; ALBIERO, José Henrique. **Fundações Diretas: Projeto Geotécnico**. São Paulo: São Paulo 1ª Edição, 2011.

ALENCAR VELLOSO, Dirceu; REZENDE LOPES, Francisco. **Fundações: Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas**. Volume completo. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

CARVALHO CATEB, Lucas, **Concreto com Armadura de Fibra de Vidro**. Orientador: Prof. Adriano de Paula e Silva, 2011. 31f. Monografia (Ênfase em Gestão e Tecnologia da Construção Civil- Curso de Especialização da Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

CARVALHO, Roberto Chust; FILHO, J. R. D. F. **Concreto Armado: Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: Segundo a NBR 6118:2014**. 4. ed. RJ: Edufscar, 2014. p. 1-415.

CATEB, Lucas Carvalho; SILVA, A. D. P. E. Concreto com armadura de fibra de vidro. **Especialização em Construção Civil**, Belo Horizonte, MG, v. 1, n. 1, p. 1-30, mai./2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9CAFPY>>. Acesso em: 12 out. 2020.

CINTRA, J. C. A; AOKI, Nelson; ALBIERO, José Henrique. **Fundações Diretas: Projeto Geotécnico**. 1. ed. SP: Oficina de Textos, 2011. p. 1-136.

FIBERSALS. **Danos estruturais causados pela infiltração**. Disponível em: <<https://fibersals.com.br/blog/danos-estruturais-causados-pela-infiltracao/>>. Acesso em: 30 set. 2020.

JUNIOR, Ortenzi; ALTIBANO. **A Fibra de Vidro em Matrizes Poliméricas e Cimentícias e Seu Uso Estrutural em Construção Civil: O Estado-da-rte..** Universidade Federal de São Carlos Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, São Carlos, SP, v. 1, n. 1, p. 1-205, jul./2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4618>>. Acesso em: 15 out. 2020.

MOREIRA FELIPE, José; ARAÚJO JÚNIOR, José. **Estudos dos tipos de Fundações: Sapatas**. Open Journal Systems, Goiás, 2018, V, p. 1-11, dez. 2018

JR., Callister; D., William. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 5. ed. SP: LTC, 2002. p. 1-589.

MORIKAWA, Mauro Satoshi. **Materiais Alternativos Utilizados em Fôrmas Para Concreto Armado**. Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, SP, v. 1, n. 1, p. 1-109, fev./2003. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/296833062.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2020.

NASSER, Jorge. **Tipos de Fibra de Vidro**. 2010, publicado no portal online Vidrado. Disponível em: <<https://vidrado.com/noticias/artigos/tipos-de-fibras-de-vidro/>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

CASTRO DE PAULA, Carla. **Patologias De Estruturas De Concreto: Identificação e tratamento**. São Paulo, Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/patologias-de-estruturas-de-concreto-identificacao-e-tratamento/14342>>. Acesso em: 12 set. 2020.

Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Bastos. **Fundação Sapata**. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, Campus de Bauru/SP, Departamento de Engenharia Civil, jun. 2019. Disponível em: < www.feb.unesp.br/pbastos> Acesso em: 09 jun. 2021.

SANTOS, Carolina. G. dos; BENETTI, H. Piassa; DIAS, G. Lacerda. **Diagnóstico de manifestações patológicas para recuperação de ponte de concreto armado**. Disponível em: <<http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/2526-7248.032>>. Acesso em: 11 mar. 2021.

SILVA, Fabio Junior Rodrigues. **Estudo da Impermeabilização de Patologias com a utilização de Material Betuminoso em alvenarias**. Bruna Barbosa Matuti, 2018. 26 f. Artigo, (Graduando de Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Norte - UNINORTE, Laureate International Universities. Fortaleza, 2018. Versão eletrônica.

Salgueiro Lima, José Eduardo. **SIMULAÇÃO DE IMPACTOS BALÍSTICOS APLICADA A BLINDAGENS DE MATRIZES POLIMÉRICOS REFORÇADAS POR FIBRAS**. José Eduardo Salgueiro Lima (Doutor em Ciências, Professor e Pesquisador do NUPE no Centro Universitário ENIAC), Thiago Alexandre Alves Assumpção (Doutor em Ciências, Professor e Pesquisador do NUPE no Centro Universitário ENIAC), Manoel Henrique Araújo Alves (Acadêmico do curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário ENIAC), Renan Caíque Meneghin Silva (Acadêmico do curso de Engenharia Mecatrônica, Centro Universitário ENIAC) 2018. Artigo. Versão eletrônica.

OLIVEIRA BASTOS, Lúcio; GIACOMIN RAMPINELLI, Fabian; PAIVA TOSTA; Joice. **VÍCIOS CONSTRUTIVOS: DESCONFORMIDADES ÀS NORMAS E SUA FREQUÊNCIA**. COBREAP, Foz do Iguaçu, 2017, XIX, p. 1-31, ago. 2017.

THOMAZ, Erico. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: PINI, 1989.

ZUCCHI, Fernando Luiz, **Técnicas para o Reforço de Elementos Estruturais**. Orientador: Prof. Rogério Cattelan Antochaves de Lima , 2015. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil (graduando em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, 2015. Versão eletrônica.

ZWIRTES, Samuel. **Estudo De Viabilidade Para Fôrmas De Pilares Confeccionadas Em Fibra De Vidro Reforçada Com Material De Núcleo**. Centro Universitário Univates Curso De Engenharia Civil, Lajeado, v. 1, n. 1, p. 1-85, jun./2007. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1658/1/2017SamuelZwirtes.PDF>>. Acesso em: 21 out. 2020.

ZUCHETTI, Pedro Augusto Bastiani. **Patologias da Construção Civil: Investigação Patológica em Edifício Corporativo de Administração Pública no Vale Do Taquari/Rs.** Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/939/1/2015PedroAugustoBastianiZuchetti.pdf>>. Acesso em 24 de abril de 2021.

ROSSI RIGONNI, Marillen. **Patologias em fundações profundas de Concreto.** Celso Itsuo Tarumoto, 2016. 66f. Monografia, graduanda em Engenharia Civil – Centro Universitário da Grande Dourados, faculdade de Ciências Exatas e Agrárias. Dourados, 2016. Versão eletrônica.

LIMA, Tomás. **Indústrias 4.0 na Construção Civil: O que você precisa saber.** Florianópolis, 12 mar. 2019. Sienge Plataforma. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/industria-4-0-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 24 mai. 2021.