



**UNIVÉRTIX – CENTRO UNIVERSITÁRIO
SOCIEDADE EDUCACIONAL GARDINGO LTDA. – SOEGAR**

TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA CIVIL – 2022/02



**COORDENAÇÃO DE CURSO: PROF. ESP. MATEUS ZANIRATE DE MIRANDA
PROFESSORA RESPONSÁVEL: PROF^A. M. SC. RENATA APARECIDA FONTES**

MATIPÓ, 2022

TRABALHOS PRESENTES NESTE VOLUME

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PATOLOGIAS DE PISOS DE CONCRETO EXECUTADOS EM DIFERENTES METODOLOGIAS

ANÁLISE DE CUSTO E VIABILIDADE ENTRE O SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL E DRYWALL: ESTUDO COMPARATIVO

ANÁLISE DE RESISTÊNCIA DOS BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL COMERCIALIZADOS NA REGIÃO DO MUNICÍPIO DE MATIPÓ-MG

ANÁLISE DO CONCRETO COM DETERGENTE EM COMPARAÇÃO COM O CONCRETO COM ADITIVO INCORPORADOR DE AR

EFEITOS DO USO DE POLIETILENO EM MISTURAS ASFALTICAS

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PATOLOGIAS DE PISOS DE CONCRETO EXECUTADOS EM DIFERENTES METODOLOGIAS

ACADÊMICAS: Bárbara Lorraine de Melo Oliveira e Mikaelle de Oliveira Viana

ORIENTADOR: Mateus Zanirate de Miranda

LINHAS DE PESQUISA: Patologias na Construção.

RESUMO

A construção civil se desenvolve constantemente em busca de novas tecnologias que se destacam pela qualidade e pelo desempenho no mercado. Em contrapartida, ainda apresenta e trabalha com técnicas tradicionais no preparo e na execução de suas atividades. Exemplo disso é o concreto que, desde 1756, segue sendo o principal material presente na engenharia. Baseado nesse contexto, o presente trabalho visa a analisar quantitativamente as patologias nos pisos de concreto industriais, sendo estes executados em diferentes metodologias, por meio de registros fotográficos e de avaliações meditivas, e por fim concluir qual técnica apresentou o menor número de patologias no piso. Sendo de suma importância estudos que analisam criticamente as patologias identificadas, possibilitando escolher qual o melhor método de execução para a construção. A metodologia deste trabalho consiste em uma visita ao Centro de Distribuição da Zona da Mata Mineira, onde foi feito o levantamento de dados que auxiliaram na identificação, classificação e quantificação das patologias encontradas no piso da edificação. Sendo elas: fissuras, trincas, rachaduras e brechas. Como resultado, obteve-se no concreto armado o maior número de manifestações patológicas quanto ao concreto protendido. Posto isso, ressalta-se que estudar, projetar e executar de forma correta e por profissionais especializados influencia diretamente no desempenho, na qualidade e na vida útil de uma obra, como no caso do piso do galpão industrial.

PALAVRAS-CHAVE: concreto; concreto armado; concreto protendido; patologias; pisos de concreto industriais.

INTRODUÇÃO

O concreto teve seu primeiro registro em 1756, quando John Smeaton misturou agregado graúdo e cimento, mas apenas no século XX, surgiram indícios de sua chegada ao Brasil. E, desde então, ainda se destaca como um dos principais materiais presentes em construções ao redor do mundo (BATTAGIN, 2009).

Inês Battagin, superintendente do Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregado da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/CB-018), define “concreto como uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e

graúdos, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos e adições), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento” (BATTAGIN, 2009).

O concreto armado une a resistência à compressão que é a propriedade fundamental do concreto, com a propriedade do aço, resistência à tração. Esse fato possibilita que as peças sejam feitas em diferentes formas e volumes e possam ser usadas em distintos tipos de obra. Além disso, nessa junção o aço tem o concreto como anteparo, ficando livre de corrosão (BASTOS, 2019).

Por outro lado, o concreto protendido emprega aço e concreto com características que transcendem as do concreto armado. Pode-se dizer que o protendido é o aperfeiçoamento do armado, visto que suas peças são mais leves e harmônicas e apontam resultados superiores (BASTOS, 2021).

A Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho (ANAPRE) conceitua piso industrial como elemento estrutural em que uma empresa desenvolve suas atividades. Sendo ele estrutural, faz-se necessário que o elemento resista aos esforços da movimentação de carga, deslocamento e vibrações dos maquinários no piso (ANAPRE, 2009).

É notório que a modernização da construção civil acompanha os riscos das inovações, fazendo com que imperfeições ocorram durante os processos de execução e de uso. Sendo de suma importância pesquisas que analisam criticamente as patologias identificadas, possibilitando escolher qual a melhor metodologia para a construção (ZUCHETTI, 2015).

Posto isso, o presente trabalho visa a analisar quantitativamente as patologias encontradas nos pisos de concreto de um Galpão Industrial, sendo estes executados em diferentes metodologias e logo após as análises visuais e as avaliações meditativas, juntamente a registros fotográficos, concluir qual técnica apresentou o menor número de patologias.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Pisos

O meio industrial está associado ao uso dos pisos de concreto, correlacionado à capacidade de resistir aos carregamentos nas áreas produtivas e de estocagem. Contudo, para o seu desempenho, faz-se necessário especificar, projetar e executar o piso de forma que seja resistente às solicitações presentes, a

impactos e à abrasão, que proceda de forma a não afetar o sistema estrutural e funcional do piso (WEIMER; THOMAS; DRESCH, 2018).

O avanço dos setores industriais na Engenharia Civil coincide com a necessidade do desenvolvimento de pisos industriais com qualidade e propriedades desejadas para o uso e demanda da empresa (BELO, 2020).

Esse avanço torna a utilização dos pisos de concreto mais frequentes na construção civil. Neves (2021) apresenta os tipos de piso de concreto mais utilizados no Brasil que são: simples, armado, protendido, com fibras metálicas e com fibras sintéticas.

De acordo com Balieiro (2015), a partir do ano de 2000 a 2012, houve um crescente desenvolvimento no mercado brasileiro de pisos industriais, concomitantemente associados ao avanço da economia brasileira, do setor industrial e da construção civil. Entretanto, a qualidade destes pisos industriais não correspondia aos níveis de exigências técnicas necessárias para garantir seu desempenho previsto.

Para Balieiro (2015), os pisos de antigamente se caracterizavam por não conterem projetos com especificidades e com detalhamentos, usavam de vergalhões ou concretos simples, além de não curarem corretamente o concreto. Como resultado, obtinham-se altos índices de fissuração, quebra das bordas e também a alta necessidade de manutenções corretivas.

Já atualmente, podem-se perceber as preocupações em realizar estudos específicos do solo e do concreto, assim como seu devido dimensionamento, e em executar o piso utilizando os materiais e as ferramentas adequadas. Conseqüentemente, visando a um menor número de patologias no piso e prologando sua vida útil (BALIEIRO, 2015).

Assim sendo, ao seguir as normas de execução e de desempenho, evitam-se as inúmeras manifestações patológicas, que resultam em perda de funcionalidade e implicam as operações de cargas, aparência e resistência estrutural prevista nos pisos industriais (WEIMER; THOMAS; DRESCH, 2018).

Concreto

Segundo a NBR 12655 (2006, p. 12) uma estrutura de concreto precisa ser projetada e executada de modo que, independente das condições climáticas e

ambientais, o concreto apresente estabilidade e segurança na sua utilização. Também ressalta a necessidade de seguir os parâmetros de execução propostos para que isso aconteça.

Visto que o piso é a representação da carga suportada (DELL'AGNESE, 2017), a execução das suas camadas: subleito, sub-base, base, placa de concreto e revestimento; precisa ser desempenhada com excelência.

Esse trabalho apresenta duas metodologias de execução para a pavimentação industrial: concreto armado e concreto protendido, pois foram utilizadas na elaboração do galpão analisado. A escolha da tipologia da execução leva em consideração alguns parâmetros a fim de optar pela melhor opção para o projeto.

No concreto armado há a junção das características do concreto, como a boa resistência à compressão, ao fogo e à água, com as do aço, principalmente a resistência à tração. O pavimento industrial de concreto armado, quando submetido às tensões de tração, faz com que o aço tenha a funcionalidade de resistir a esse tipo de esforço e com isso a espessura de concreto é menor (BELO, 2020).

Já no concreto protendido, a tração é resistida pela protensão que comprime o concreto, ou seja, as tensões de tração diminuídas pelas tensões de compressão pré-aplicadas na peça. Com isso, o pavimento industrial de concreto protendido proporciona seções transversais menores, mais leves, eliminação de fissuras, e vãos significativamente maiores, com flechas menores. (SCHIMD, 1996).

A NBR 6118 (2003, p. 8) define que no concreto armado, o comportamento da estrutura depende da adesão entre concreto e armadura. Neste caso, não há distensão inicial das armaduras sem que tenha a efetivação da adesão.

Todavia, no concreto protendido as armaduras são previamente alongadas a fim de que na sua utilização ocorra o melhor aproveitamento dos aços e evite a fissuração ou limite os movimentos estruturais (ABNT, 2003).

Manifestações Patológicas

De acordo com Weimer; Thomas; Dresch (2018) definem-se como patologias das estruturas a parte que analisa as formas de manifestação e de decorrências, também os mecanismos causadores dos defeitos na construção civil.

Nas edificações são utilizados os termos:

Profilaxia: é o conjunto de precauções que devem ser tomadas para evitar uma manifestação patológica e a sua propagação.

Diagnóstico: é a classificação do problema, ou seja, a identificação da causa, da origem e do mecanismo responsável pela manifestação patológica.

Prognóstico: é a previsão de evolução do problema, com base no diagnóstico e na terapia, com relação ao progresso da manifestação patológica.

Terapia: é o tratamento e a correção de uma manifestação patológica.

Anamnese: é a informação sobre o princípio e a evolução de uma manifestação patológica, de modo a relembrar todos os fatos que podem estar relacionados ao problema (WEIMER; THOMAS; DRESCH, 2018, p. 14 e 15).

De acordo com Muller (2014), a estrutura deve seguir três conceitos para obter êxito: vida útil, desempenho e durabilidade. No entanto, independente da metodologia escolhida no projeto, a execução e a finalização não estão isentas de apresentar manifestações patológicas.

Na engenharia, patologia é o ramo que estuda os sinais, as razões e as origens desses defeitos nos projetos. A análise dessas manifestações ocorre, em seus grandes casos, por conta da aparência externa na estrutura. Os tipos de defeitos comumente na Engenharia Civil são as trincas, fissuras, as flechas excessivas, as manchas, rachaduras, corrosão das armaduras, desgaste por abrasão (MULLER, 2014).

Segundo Camargo (2010), as fissuras e as trincas são as patologias mais recorrentes nos pisos de concreto. Elas podem ser provocadas por falta de água na preparação do piso, movimentações estruturais e vibrações excessivas no local. Visto que os galpões recebem cargas todos os dias de variados pesos, entende-se o desgaste acentuado na superfície dos pisos.

O aparecimento dessas patologias, em variadas formas nos pisos, pode estar ligado à concepção do projeto, sua elaboração e na utilização final do piso. Por conta disso, com os resultados negativos em diferentes momentos do projeto, torna-se difícil o controle e gera aumento nos custos para manutenção, em alguns casos os custos se equiparam ao de um novo piso. Entretanto, a negligência na manutenção dos pisos de concreto industrial afeta diretamente a linha de produção da empresa e impede a sua finalidade de uso (VIANA, 2020).

Para Weimer; Thomas; Dresch (2018), a manutenção é uma ação predefinida para evitar problemas posteriores, e não uma ação corretiva dos defeitos já

observados. Assim sendo necessário um programa de manutenção periódica para evitar a corretiva.

Para NBR 9575 (2003), a definição de fissura com aberturas de até 0,5mm, e trincas como aberturas de até 1 mm:

3.46 fissura: Abertura ocasionada por ruptura de um material ou componente, inferior ou igual a 0,5 mm.

3.75 trinca: Abertura ocasionada por ruptura de um material ou componente superior a 0,5 mm e inferior a 1 mm.
(ABNT,2003, p. 3 e 4).

Ademais, o IBAPE mineiro (2014), Instituto Brasileiro De Avaliações e Perícias De Engenharia De Minas Gerais, define cinco nomenclaturas de patologias: fissura até 0,5 mm; trinca entre 0,5 mm e 1,0 mm; rachadura entre 1,0 mm e 5,0 mm; fenda entre 5,0 mm e 10 mm; e brecha acima 10,0 mm.

METODOLOGIA

O trabalho apresentado contempla um estudo descritivo com abordagem quantitativa. Trata-se de um método realizado no qual reúnem-se informações a partir de um levantamento processado em campo, a fim de analisar quantitativamente as patologias encontradas no estudo indicado.

Enquanto a pesquisa descritiva expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno, a abordagem quantitativa possibilita ao pesquisador mensurar opiniões, hábitos, atitudes e reações por meio de uma amostra estatística que representa o universo pesquisado (OLIVEIRA, 2011).

A pesquisa foi realizada em um Centro de Distribuição da Zona da Mata Mineira em agosto de 2022. Como exposto no Anexo A, a empresa teve seu galpão principal construído em 2004 e o piso executado foi de concreto armado. Já no ano de 2010, o referido galpão passou por ampliação e foi utilizado o concreto protendido para o piso neste momento.

Assim, durante a visita às instalações da empresa, foi avaliado tanto o piso de concreto armado quanto o piso de concreto protendido. Nesta avaliação foram realizados os seguintes procedimentos: verificação, classificação e quantificação de patologias e aferição da espessura das patologias encontradas.

Os dados obtidos foram organizados utilizando a Microsoft Office Excel e realizada estatística descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da visita ao Centro de Distribuição, foi possível analisar e estudar o piso do galpão industrial, no qual são realizadas, principalmente, operações de armazenagem e transporte de produtos. Vale ressaltar que o manuseio desses é auxiliado por inúmeras máquinas, como transpaleteiras, empilhadeiras, paleteiras, assim como também bicicletas elétricas e motorizadas, que percorrem a edificação em toda a sua dimensão.

Diante dessas atividades apresentadas no galpão, observa-se a ocorrência de manifestações patológicas nas duas metodologias executadas. As verificações dessas patologias quanto à classificação e à aferição da espessura são mostradas nas Figuras 1, 2 e 3.

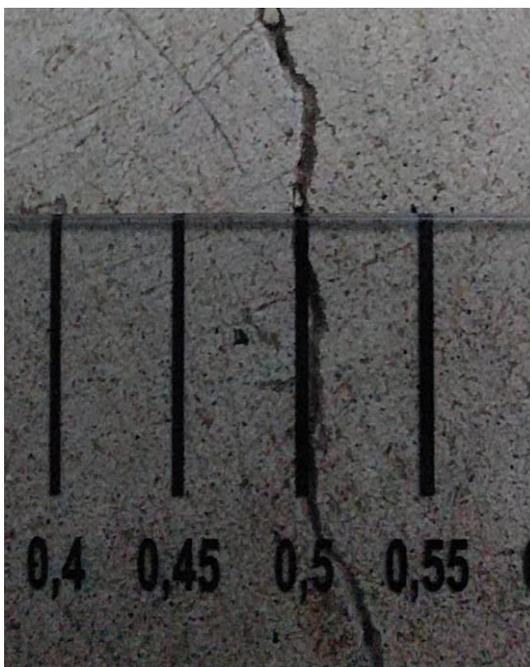


Figura 1: Patologia: Fissura - 0,5 mm

Fonte: Arquivo Pessoal (2022)



Figura 2: Patologia: Trinca – 0,7 mm

Fonte: Arquivo Pessoal (2022)

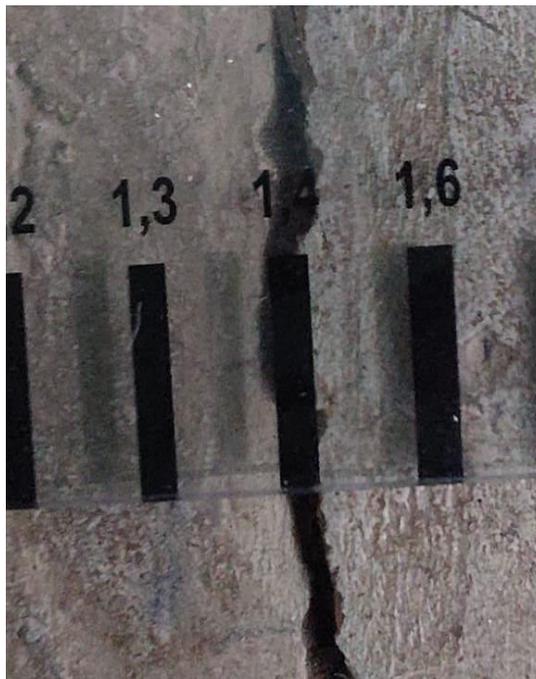


Figura 3: Patologia: Rachadura – 1,4 mm

Fonte: Arquivo Pessoal (2022)

Durante a inspeção dos pisos do galpão, especificamente, nas áreas livres, ou seja, locais que não apresentavam estruturas de armazenagem ou maquinários, foram identificadas diversas manifestações patológicas como: fissuras, trincas,

rachaduras e brechas. Isso acontece devido à utilização do piso, uma vez que é solicitado por intensas cargas que se movimentam constantemente.

Em geral, a presença de fissuras foi dominante em relação às outras anomalias nas duas metodologias, conforme Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Patologias encontradas no piso

Patologias	Ocorrência no Concreto Armado	Percentual no Concreto Armado (%)	Ocorrência no Concreto Protendido	Percentual no Concreto Protendido (%)
Fissuras	203	65,48	424	61,45
Trinca	76	24,52	188	27,25
Rachadura	25	8,06	67	9,71
Brecha	6	1,94	11	1,59
Total	310	100	690	100

Fonte: Os autores (2022)

Com base nos números apresentados na Tabela 1, nota-se uma maior quantidade de manifestações patológicas no piso executado em concreto armado, 310, quanto ao concreto protendido, 690.

Para Magalhães; Camargo; Gabriel; Bonelli (2021), a fissuração é um dos tipos de manifestações patológicas mais comuns na edificação e de fácil identificação por conta do seu aspecto visual. Os fatores causadores de fissuras podem ser enumerados como variação de temperatura e a ação do meio ambiente, também indica o tipo de sobrecarga da estrutura.

No piso em questão, observou-se que as fissuras são mais recorrentes quando comparadas as outras patologias. Justifica-se essa ocorrência por motivos como sobrecarga no piso e intensa movimentação de máquinas trabalhando diariamente.

As dimensões do piso e tempo de utilização do galpão influenciam diretamente no aparecimento de manifestações patológicas (ARAÚJO, ALENCAR, 2020).

Levando-se em consideração as idades dos pisos, 18 e 12 anos, o primeiro piso, executado em concreto armado, comparado ao de 2010, desenvolvido em concreto protendido, apresenta menos patologias. Sendo assim, é um equívoco analisar somente seu tempo útil de vida, visto que não há regra para o surgimento das manifestações patológicas.

Guimarães (2011) salienta que no dimensionamento de um piso industrial é necessário investigar quais cargas serão impostas e de qual modo serão aplicadas. As cargas no piso são o principal motivo de patologias, podendo ser concentradas ou dinâmicas, causadas pelo movimento de equipamentos.

A manutenção prévia dos pisos de concreto evita o aparecimento dessas patologias. Entretanto, a manutenção corretiva apresenta complexidades e pode até exigir a substituição parcial ou integral das peças (NEVES, 2021).

Com relação aos pisos do galpão, constatam-se tentativas de manutenções corretivas, como o uso de adesivo Epóxi, placa de aço e reparos no revestimento, conforme figuras 4, 5 e 6, respectivamente.



Figura 4: Manutenção corretiva – Adesivo Epóxi
Fonte: Arquivo Pessoal (2022)



Figura 5: Manutenção corretiva – Placa de Aço
Fonte: Arquivo Pessoal (2022)



Figura 6: Reparos no revestimento
Fonte: Arquivo Pessoal (2022)

Os galpões industriais geralmente são robustos e, devido a fatores como as cargas excessivas e as movimentações intensas e constantes, houve-se a necessidade de realizar manutenções corretivas, ou seja, reparos no piso, a fim de amenizar as patologias oriundas desses desgastes, além de recuperar a qualidade e melhorar seu desempenho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a Engenharia Civil, o estudo das patologias nas estruturas é importante, uma vez que as edificações não são eternas. Independente da área, seja construção de casas, edifícios, pontes, pisos, todas essas edificações se danificam com o passar do tempo. Por isso a necessidade de estudos para reforçar a relevância dos projetos serem bem executados por profissionais qualificados com a intenção de evitar o máximo de manutenções futuras.

A partir da realização do presente estudo, obtiveram-se abordagens e estudos sobre a execução de pisos industriais. É evidente a necessidade de pesquisas que analisam e examinam as patologias no piso e os motivos de sua ocorrência, de forma que essas manifestações sejam previstas e tratadas de forma correta.

Dito isso, considera-se que a visita às instalações da citada empresa possibilitou a este estudo maiores e relevantes informações, que contribuíram significativamente para isso, como também para o conhecimento científico prático das graduandas.

Conclui-se que, no galpão analisado, apresentaram-se mais patologias no piso de concreto protendido. Logo, para este caso, a metodologia executiva que apresentou menos patologias no piso do galpão é a em concreto armado.

Portanto, o estudo alcançou os objetivos propostos, mas, em relação ao tema, que é vasto e importante para o setor da Engenharia Civil, recomendam-se outros estudos e análises, para que mais resultados sejam alcançados sobre as possíveis patologias a fim de se obter um panorama geral para tratamento e prevenção dos pisos futuros.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655:** Concreto – Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575:** Impermeabilização e Projeto. Rio de Janeiro, 2003.

ANAPRE – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PISOS E REVESTIMENTOS DE ALTO DESEMPENHO. **Mídia Institucional.** São Paulo, 2009. Disponível em: http://www.anapre.org.br/cd2009/anape_final.html. Acesso em: 20 out. 2022.

ARAUJO, D. N.; ALENCAR, G. R. **Análise de manifestações patológicas em pisos industriais.** Orientador: Prof. Me. Ferreira Jr, E. L. 2020. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020.

BALIEIRO, L. D. O. **Soluções para pisos industriais em concreto armado.** Orientador: Prof. Aldo Giuntini de Magalhães. 2015. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

BASTOS, P. S. **Fundamentos do concreto armado.** Bauru (SP), 2019.

BASTOS, P. S. **Fundamentos do concreto protendido.** Bauru (SP), 2021.

BATTAGIN, A. F. **Uma breve história do cimento Portland.** 2009. Disponível em: <https://abcp.org.br/uma-breve-historia-do-cimento-portland/>. Acesso em: 04 abr. 2022.

BELO, A. O. **Processos Construtivos:** Execução de piso de concreto de alta resistência com utilização de fibras de aço. Orientador: Prof. Esp. Felipe Pereira Melo, 2020. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas, 2020.

CAMARGO, M. F. S. **Pisos à base de cimento: caracterização, execução e patologias.** Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Jr. 2010. 124 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

DELL'AGNESE, A. **Galpões logísticos pedem projetos eficientes e de baixo custo.** 2017. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/galpoes-logisticos-pedem-projetos-eficientes-e-de-baixo-custo/15844>>. Acesso em 14 ago. de 2022.

GUIMARAES, D. **Pisos industriais em concreto armado: determinação de teores ótimos de fibras de aço e polipropileno em ensaios mecânicos.** Orientadores: Prof. Phd Luiz Carlos Pinto da Silva Filho e Prof. Phd Alexandre Rodrigues Pacheco. 2011. Mestrado em estruturas, Laboratório de Ensaio e Modelos Estruturais, UFRGS, Porto Alegre, 2011.

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de Minas Gerais. **Norma de Vistoria Cautelar.** Belo Horizonte, 2014.

MAGALHÃES, T. S.; CAMARGO, B. S.; GABRIEL, A. G. P.; BONELLI, T. S. Patologias da construção civil: Investigação patológica nas escolas da rede municipal em Alta Floresta/MT. **Revista REFAF: Revista Eletrônica Multidisciplinar da Faculdade de Alta Floresta, Alta Floresta, v. 10, n. 2, p. 102-121, jul./dez. 2021.**

MULLER, L. B. **Manifestações patológicas em pisos de concreto: avaliação em garagens de edifícios residenciais da grande Florianópolis.** Orientador: Dr. Wellington Longuini Repette. 2014. 109 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

NEVES, A. **Sabia como usar e manter esses 5 tipos de piso de concreto.** 2021. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/tipos-de-piso-de-concreto>. Acesso em: 20 out. 2022.

OLIVEIRA, M. F. **Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em administração.** Catalão, 2011.

SCHMID, M. T. **Pavimentos rígidos em concreto protendido.** 2º edição. Ribeirão Preto: Rudloff Industrial Ltda, 1996.

VIANA, J. C. A. **Patologia delaminação em piso industrial.** Orientador: Prof. Me. Laisa Cristina Carvalho. 18 f. 2020. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, 2020.

ZUCHETTI, P. A. B. **Patologias da construção civil: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no vale do Taquari.** Orientador: João Batista Gravina. 2015. 22 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC), Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015.

WEIMER, F. B.; THOMAS, M.; DRESCH, F. **Patologia das estruturas**. Grupo A, Porto Alegre, 2018.

ANEXO – PLANTA BAIXA DO GALPÃO INDUSTRIAL

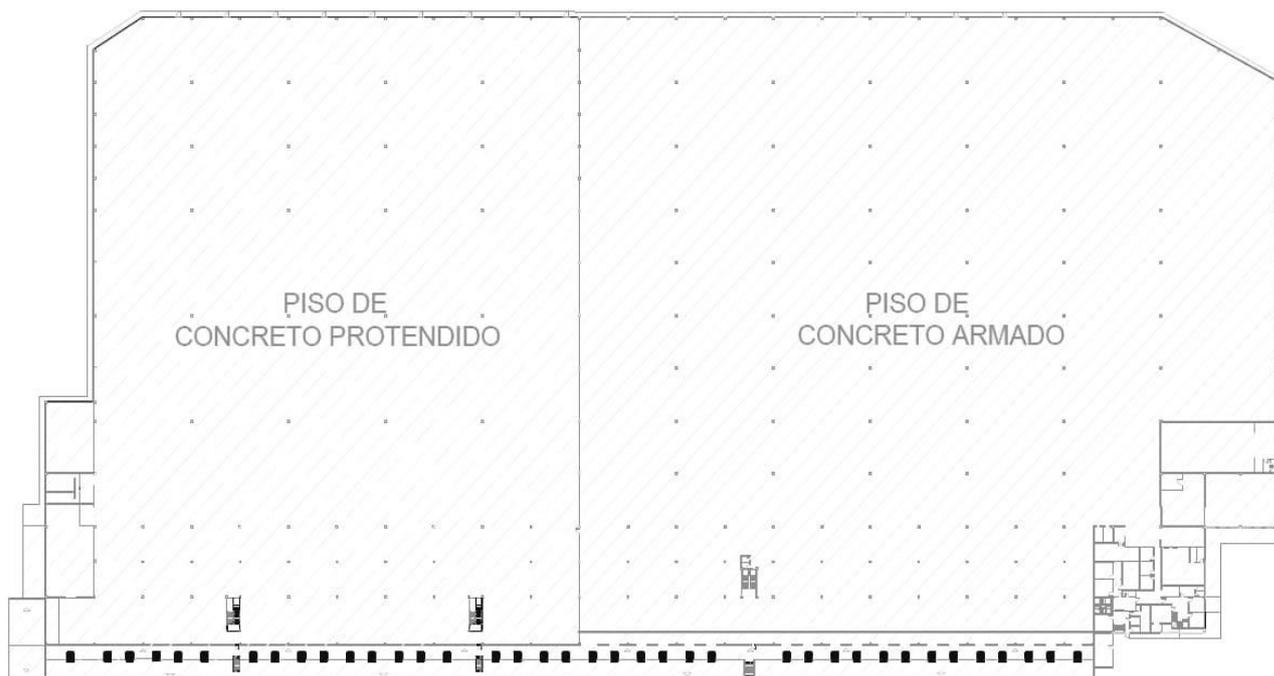


Figura 7: Planta Baixa do Galpão

Fonte: Arquivo pessoal da empresa (2022)

ANÁLISE DE CUSTO E VIABILIDADE ENTRE O SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL E *DRYWALL*: ESTUDO COMPARATIVO

ACADÊMICAS: Leandra Helena Barucka Dionísio e Michaella Júlia Fernandes dos Santos

ORIENTADOR: Pedro Genuíno De Santana Junior

LINHAS DE PESQUISA: Construção Civil - Tecnologia de Materiais e Métodos Construtivos

RESUMO

O setor da construção civil se encontra em constante evolução, sempre em busca de novas tecnologias a fim de substituir os métodos tradicionais para o desenvolvimento ágil e econômico das atividades. As vedações, apesar de ainda muito tradicionalistas, abrem espaço para novos métodos de execução, como as construções a seco, constituídas por placas de gesso. O *drywall* é um sistema de vedação que vem se destacando no mercado por suas características vantajosas como a leveza, a flexibilidade do *layout* e fácil manutenção. Nesse contexto, o objetivo do trabalho é efetuar uma análise comparativa entre o método de vedação tradicional de alvenaria de tijolos cerâmicos e o inovador *drywall*, comparando os custos e a viabilidade de ambos. Os dados foram obtidos com auxílio de planilhas do SINAPI, utilizando uma planta baixa fictícia para ilustrar as dimensões internas a serem utilizadas para fins de cálculo. Os resultados obtidos demonstram que, em produtividade e mão de obra, o *drywall* se sobressai, pois gera um retorno ágil, além de ser atrativo no mercado da construção civil. Todavia, em termos de custos, o método de alvenaria convencional é o mais conveniente. De modo geral, o *drywall* se torna mais vantajoso por seus benefícios e menor impacto ambiental comparado à vedação tradicional.

PALAVRAS-CHAVE: Vedação; Alvenaria; *Drywall*.

INTRODUÇÃO

O campo da construção civil é diretamente relacionado ao crescimento e ao desenvolvimento econômico de um país, pois desempenha grande influência na infraestrutura e possui vinculação com as demais áreas, de tal modo, que as transmutações nessa categoria incidem em diversos setores no país, em especial, o social e econômico (VIEIRA e NOGUEIRA, 2018).

No cenário atual, a engenharia se apresenta em constante evolução, no entanto, a indústria adotou natureza tradicionalista durante anos, ficando atrás da renovação tecnológica e atrasada em diferentes outras áreas. É necessário o aprofundamento da questão para assimilar o uso de tecnologias recém desenvolvidas, que favorecem o cumprimento das práticas utilizadas e buscar novos níveis de conhecimento (ALVES, ALCÂNTARA, FALCÃO E CHIKUSHI, 2021).

Segundo Silva e Moreira (2017), o consumidor contemporâneo exige cada vez mais das construtoras mudanças que atendam às novas demandas, o que torna o mercado mais competitivo. Em contrapartida, essas empresas buscam alternativas que permitam o aumento da produtividade e da qualidade, além da redução de custos da produção e atender às necessidades dos clientes, compatibilizando, assim, a substituição da construção convencional pelo emprego de novos insumos (HOLANDA, 2003).

A vedação vertical no Brasil ainda é, em grande parte, tradicional. No entanto, Guimarães, Gonçalves, Norte e Martins (2021) destacam que a execução está sendo sucedida pela utilização do gesso acartonado, também conhecido como *drywall*. Essa técnica de vedação é constituída por placas de fechamento, que podem ser feitas de diversos materiais e um conjunto de perfis metálicos, como afirmam Santos e Silva (2021). De acordo com Oliveira (2019), o *drywall* oferece vantagens significativas ao mercado da construção civil, em relação à alvenaria tradicional de tijolos cerâmicos. Conseqüentemente, é visto como uma das técnicas com potencialidade para complementar as demandas que ficaram obsoletas.

Assim, objetivou-se, com a pesquisa, comparar o custo, as vantagens e os métodos de duas amostras de vedações: a convencional de blocos cerâmicos e a de *drywall*.

A relevância do estudo está em registrar por meio de documentação e verificar a viabilidade da transferência da construção tradicionalista para a implantação de uma das tecnologias que se destaca como facilitadora do processo de engenharia civil.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Thomaz, Filho, Cleto e Cardoso (2009) estabelecem as atribuições da alvenaria convencional como aquela remetida a separar ambientes e a integrar vãos de estruturas de diferentes materiais. Por não sustentar esforços na vertical, a alvenaria de tijolos cerâmicos é elaborada para resistir às cargas próprias e as do ambiente executado.

Como resultado do avanço tecnológico e do aprimoramento da mão-de-obra e dos insumos necessários para sua utilização, é explícito o avanço do método construtivo. Ainda assim, a alvenaria de tijolos tem mantido a mesma apresentação e os mesmos procedimentos de sua aplicação (PEREIRA, 2018).

Realçando a colocação, Garcia (2009) salienta que, apesar de ser um método bem definido, ele é um sistema ultrapassado. Várias tecnologias surgiram ao longo da última década, mas, na maioria dos casos, apenas melhorias em ferramentas e equipamentos foram aplicados. Sabe-se que, segundo o método clássico, durante as etapas da construção de uma casa unifamiliar, pode-se observar a quantidade de materiais desperdiçados na construção, como madeira, tijolos e argamassa.

Estabelecido como uma tecnologia construtiva sem necessidade de água, o *drywall* é particularizado por ser um método de vedações internas pré-fabricados, necessitando apenas de montagem em “forros, revestimentos e paredes não estruturais”, apresentando um método construtivo a seco mais limpo, econômico e sustentável (MORATO JÚNIOR, 2008).

A instalação de paredes de gesso distribuídas em chapas metálicas favorece a resistência das placas além de vantagens em relação à construção tradicional, como conforto acústico e menor produção de lixo na construção, manutenção e demolição (CARDOSO e BARROS, 2016).

Tendo em vista a importância de planejamento e o controle de custos entre projetos, De Paula (2012) ressalta a necessidade de realizar orçamentos antes mesmo de a obra ser iniciada. Assim, é possível a verificar sua viabilidade econômica e gerar estimativas de tempo, propiciando competitividade no mercado, o que gera obras com tempo e custo de execução cada vez menores.

Para levantamento dos resultados analíticos sobre valores e tempo gerados por cada construção, são utilizados coeficientes providos do SINAPI, fornecidos para realização de orçamentos de construtoras por meio de estudos por profissionais capacitados.

O Sinapi compreende um conjunto de funções, definidas pelo IBGE, que determinam os conceitos, procedimentos de coleta, análise e apuração da pesquisa. Essas atividades são interligadas entre as Equipes de Campo, formadas por técnicos treinados para o levantamento de preços; as Equipes de Escritório, constituídas por especialistas em análise de preços e em construção de índices de preços; e, ainda, os técnicos em processamento de dados (IBGE (ed.), 2017, p.9)

Conforme Spaniol (2018), a engenharia é apontada pelo emprego de procedimentos padronizados, no entanto, com a disposição de encontrar novas exigências de seu domínio, foram produzidas e empregadas novas ferramentas tecnológicas e diferentes processos para controle do setor. A utilização dessas tecnologias, além de aprimorar os processos, tem relação objetiva com o meio

ambiente devido a sua ligação direta com o desenvolvimento do sistema construtivo que engloba desde a necessidade da construção civil até o público a ser atendido.

Segundo Souza (2005), a Construção Civil é tida como uma das principais fontes de resíduos, sendo a construção tradicionalista a responsável por combater a geração deles, embora existam as construções informais que geram quantidades significativas. Mass (2017) afirma que, no Brasil, a alvenaria convencional em tijolos cerâmicos se mostra grande consumidora de matérias-primas e grande geradora de resíduos de construção. Reitera, ainda, que para redução do impacto da construção civil no meio ambiente, uma das medidas a ser tomada é a substituição de processos, técnicas e materiais tradicionais por outros mais eficientes.

Singer (2013) menciona que os resíduos da construção em *drywall* são provenientes dos cortes feitos ao abrir um vão de janela ou da porta, já que as placas não são fabricadas sob medida e o descarte inadequado pode trazer prejuízos ao meio ambiente.

De acordo com Pinheiro (2011), no Brasil, o volume de resíduos de gesso em relação aos demais constituintes dos resíduos da construção varia entre 1% e 15% em função da região e dos métodos adotados. “As características e as propriedades peculiares do gesso proporcionam ao material um amplo campo de aplicação na construção civil, com grande potencial de reciclagem.” (PINHEIRO, 2011, p. 59).

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo descritivo com abordagem quantitativa que possibilita a análise de informações por meio de procedimentos estatísticos (FONSECA, 2002).

Foram desenvolvidos dois esboços gráficos utilizando o *software Revit*[®] da Autodesk versão educacional 2020 entre os meses de julho e agosto de 2022. Os esboços realizados são referentes a um projeto arquitetônico residencial de médio padrão (61,10 metros quadrados e pé direito estimado em 2,90 metros) que contou com sala de estar, dois dormitórios, um banheiro, cozinha e lavanderia.

Foram analisadas somente as vedações internas nos modelos arquitetônicos, utilizados como base para levantamento das considerações, preço final, agilidade no processo de produção, impactos ambientais e as técnicas utilizadas.

Para avaliação das vedações internas idealizadas, um dos modelos levou em consideração a utilização de tijolos cerâmicos de 09 (nove) centímetros e outro com o sistema de placas em *drywall*.

Nas questões relativas à viabilidade econômica e agilidade de cada método utilizado, foi realizado um memorial de cálculo empregado em conformidade com a planilha analítica desonerada do mês de agosto, da Caixa Econômica Federal, como referência por meio de coeficientes fornecidos pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI.

A verificação dos impactos ambientais gerados pelos métodos utilizados foi analisada por meio de revisão da literatura relativa aos dois processos construtivos durante a fase de execução.

Os resultados obtidos foram organizados utilizando o *software Microsoft Office Excel* versão 2020 e apresentados descritivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados memoriais de cálculo referentes a orçamentos de dois processos construtivos: alvenaria convencional de tijolo cerâmico e *drywall*. Os dados obtidos a seguir foram extraídos levando em consideração as dimensões internas, destacadas no projeto arquitetônico apresentado na Figura 1:

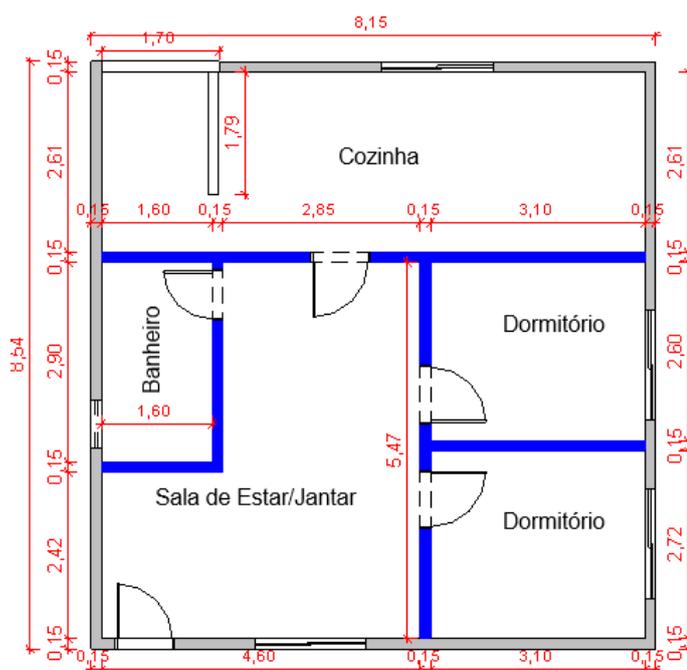


Figura 1 – Projeto arquitetônico para levantamento das dimensões
Fonte: Arquivo Pessoal

Os métodos utilizados usam padrões da NBR 15270-1/2017. Para a alvenaria em tijolo cerâmico convencional, será considerado o tijolo com dimensões 9x19x29 cm, o mais utilizado para vedações internas.

Conforme Pereira (2017), para cálculo da quantidade de tijolos, calcula-se o perímetro somando todas as dimensões em metro linear e multiplica-se seu resultado pelo pé direito, encontrando-se, assim, a área de alvenaria. O pé direito será tido como 2,90 metros e a área encontrada não leva em consideração os vãos de portas e esquadrias, sendo a área total.

$$P = 7,85 + 3,10 + 1,60 + 5,47 + 3,05 \quad \text{Eq. 01}$$

$$P = 21,07 \text{ m}$$

$$A = 21,07 \times 2,90 \quad \text{Eq. 02}$$

$$A = 61,103 \text{ m}^2$$

Para o cálculo da quantidade de tijolos, primeiramente, é necessário encontrar a área do tijolo, multiplicando o comprimento pela altura:

$$A_{\text{tijolo}} = 0,19 \times 0,29$$

Eq.03

$$A_{\text{tijolo}} = 0,0551 \text{ m}^2$$

Após o cálculo da equação 03, obtém-se a quantidade necessária de tijolos por metro quadrado dividindo 1 pela área do tijolo:

$$n = \frac{1}{A_{\text{tijolo}}} \quad \text{Eq. 04}$$

$$n = \frac{1}{0,0551}$$

$$n \cong 18,15 \text{ tijolos por m}^2$$

Com o resultado preciso do número de tijolos por metro quadrado, é solicitada a adição de 10% desse quociente medido como uma margem de sobra para eventuais desperdícios e danos do insumo:

$$n^* = n + 10\%n \quad \text{Eq. 05}$$

05

$$n^* = 18,15 \times 1,1$$

$$n^* = 19,965 \text{ unid.}$$

Foram quantificados 20 tijolos por metro quadrado, totalizando 1223 tijolos.

$$n_{\text{total}} = n^* \times A_{\text{total}} \quad \text{Eq. 06}$$

$$n_{\text{total}} = 20 \times 61,103$$

$$n_{\text{total}} \cong 1223 \text{ unid.}$$

Para o cálculo do chapisco e massa única, foram utilizados o dobro da área encontrada, pois considera-se as duas faces da parede. A massa única é um revestimento aplicado em uma única camada sobre o chapisco e que cumpre, simultaneamente, a função do emboço e do acabamento final (LODI, *et al.*, 2018).

$$Ch = Mu = 61,103 \times 2 \quad \text{Eq. 07}$$

$$Ch = Mu = 122,206 \text{ m}^2$$

Onde:

Ch= chapisco

Mu= massa única.

A argamassa considerada é a industrializada, a qual o saco de 20kg rende 17 kg/m².

$$C = \text{rend} \times \text{área} \quad \text{Eq. 08}$$

$$C = 17 \times 61,103$$

$$C = 1038,751 \text{ kg}$$

O consumo encontrado equivale a aproximadamente 51 sacos de 20 kg da argamassa industrializada em pó.

Levando em consideração os coeficientes extraídos da planilha SINAPI, foi possível obter o tempo necessário para execução do projeto proposto e, assim, o valor total do orçamento para alvenaria em tijolo cerâmico.

A mão de obra conta com os serviços de pedreiro e servente. Utilizando uma planilha para organizar os custos referenciais SINAPI, foi calculado o tempo total necessário para execução do serviço, obtido pela multiplicação dos valores de cada elemento do componente de serviço. O produto de seu fator é considerado por metro quadrado, observando o maior tempo, tendo em vista que o componente auxiliar não fique ocioso nesse tempo de execução e a mão de obra trabalhe simultaneamente. A tabela 1 dispõe do resultado obtido.

Tabela 1: Tempo de Execução

	PEDREIRO (Coef. SINAPI)	SERVENTE (Coef. SINAPI)	QUANTIDADE (m ²)	TEMPO TOTAL (h)
ALVENARIA	0,77	0,385	61,103	47,04931
TOTAL				47,04931

Fonte: Elaborado pelas autoras

A resultante em questão foi considerada 47,05 horas:

$$\text{Tempo Total Alvenaria} = 47,05 \text{ horas}$$

Eq. 09

$$\text{Tempo Total Alvenaria} = 47 \text{ horas e } 5\% \text{ de uma hora}$$

$$\text{Tempo Total Alvenaria} = 47 + 0,05 \cdot 60$$

$$\text{Tempo Total Alvenaria} = 47 \text{ horas e } 3 \text{ minutos}$$

O valor extraído da mão de obra foi considerado por hora, sendo a referente ao pedreiro R\$ 22,37, levando em conta os encargos complementares; a do servente de pedreiro foi registrada com R\$ 16,22 também com os encargos complementares (CAIXA, 2020).

$$\text{Custo Mão de Obra Alvenaria} = R\$ 22,37 + R\$ 16,22$$

Eq. 10

$$\text{Mão de obra Alvenaria} = R\$38,59/\text{hora}$$

Com esses valores, chega-se à tabela 2, que se refere aos custos totais da alvenaria convencional, baseados em dados extraídos da planilha SINAPI:

Tabela 2: Orçamento final para alvenaria em tijolo cerâmico

INSUMOS	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR DE REFERÊNCIA (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Tijolos	und	1.223	1,09	1.333,07
Chapisco	m ²	122,206	6,59	805,34
Massa única	m ²	122,206	12,52	1.530,02
Argamassa	kg	1038,751	0,71	737,51
Mão de obra	h	47,05	38,59	1.815,66
Total				6221,60

Fonte: Elaborado pelas autoras

Como pode ser visto na Figura 2, a maior parte do desembolso das vedações internas executadas em alvenaria convencional se deve aos insumos utilizados, compondo 71% dos custos totalizados em R\$ 4405,94, estes distribuídos entre tijolos, chapisco, massa única e argamassa de assentamento.

A mão de obra, não obstante, tem um custo significativo, sendo responsável por 29% do orçamento total. O valor expressivo se dá em correspondência ao prolongado tempo de realização pelo método tradicionalista. Na condição de 8 horas diárias de trabalho, a construção em análise levaria 5 dias, 7 horas e 3 minutos, ocupando próximo de 6 dias inteiros para execução das vedações internas.

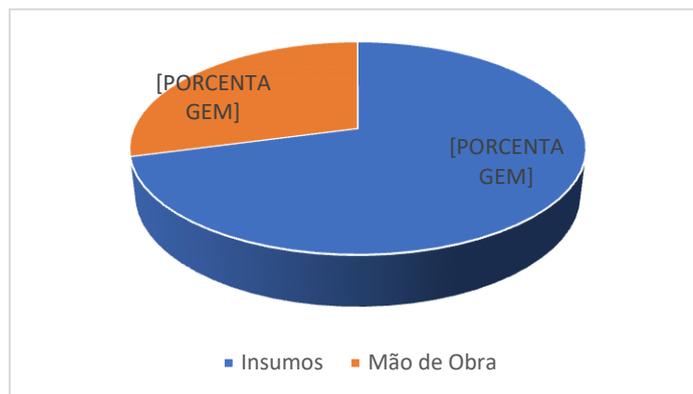


Figura 2: Comparativo entre Custos da Alvenaria Convencional
Fonte: Elaborado pelas autoras

Além do baixo rendimento e do alto preço dos insumos necessários para atender o projeto em questão, o método tradicionalista é considerado danoso ao meio ambiente, podendo gerar diversos impactos negativos. Segundo Souza (2005), embasado em diversas outras pesquisas, de fato, há um grande número de resíduos sólidos gerados provenientes desse método construtivo.

O volume elevado de resíduos resultante desse tipo de construção é uma das desvantagens mais consideráveis a serem levadas em conta, uma vez que, além do prejuízo ao ambiente, o resíduo gerado pode acarretar em um consumo relevante do tempo do profissional para transporte desse material e limpeza da obra, ausentando-se da tarefa primária ocasionando no baixo rendimento (MASS, 2017).

Por outro lado, por ser um método tradicional, é possível capacitar a mão de obra em pouco tempo sem custos adicionais e encontrar profissionais dessa área com mais facilidade (GARCIA, 2009).

Em relação à análise do processo construtivo da vedação composta por *drywall* no projeto em estudo, os insumos necessários para execução foram compostos por chapas de gesso ST aparafusadas em perfis guia e montante de aço galvanizado com adição de isolantes termoacústicos, além da massa para juntas, fitas e acessórios (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL, 2006).

Para o cálculo da quantidade de placas de gesso acartonado, utilizou-se o método de Saint-Gobain (2022) que considera a área do *drywall* equivalente a duas vezes a área da vedação, visto que o *drywall* necessita das mesmas em ambos os lados da parede:

$$\square_{drywall} = A_{vedação} \times 2$$

Eq. 11

$$\square_{drywall} = (21,07 \times 2,90) \square 2$$

$$\square drywall = 122,206 m^2$$

As chapas de gesso, a serem consideradas no presente estudo, são as de 1,20x2,40, usualmente utilizadas no setor da construção civil. Isso resulta em uma área por chapa de 2,88m². Com o produto da área necessária para placas de *drywall*, soma-se uma taxa de 5% pelo desperdício do material, resultando na área total:

$$\square total = Adrywall + 5\%Adrywall$$

Eq. 12

$$\square total = 122,206 \times 1,05$$

$$\square total = 128,316 m^2 \cong 45 \text{ placas de gesso}$$

O próximo cálculo é o número de guias utilizados na estruturação horizontal. O dado também foi extraído da planilha exonerada da Caixa Econômica Federal (2020) notado no tamanho de 3 metros. Com isso, para chegar à quantidade de perfis necessários, divide-se a área das paredes pela altura das guias.

$$N_{guias} = \frac{\text{Área Total}}{\text{Tamanho da Guia}}$$

Eq.

13

$$N_{guias} = \frac{128,316}{3}$$

$$N_{guias} \cong 42,772 \text{ metros} = 15 \text{ guias}$$

No caso dos montantes, que são utilizados na estruturação vertical, o cálculo é feito considerando 40 a 60 centímetros de distância entre eles juntamente com os montantes da extremidade. No estudo em questão, a estruturação se dá em ambientes secos, logo foi considerado um montante a cada 60 centímetros, dividido pelo comprimento linear da parede, multiplicando mais um em cada extremidade:

$$N_{montantes} = \frac{\text{Comprimento Linear da Parede}}{\text{Distância dos Montantes}} \times \text{Montantes das extremidades}$$

Eq.

14

$$N_{montantes} = \frac{21,07}{0,6} \times 4$$

$$N_{montantes} = 140,50 \text{ metros} \cong 40 \text{ unid.}$$

Para fixação dos perfis, considerando a área total, utilizam-se parafusos com consumo médio de 15 und/m²:

$$N_{parafusos} = Adrywall \times \text{Consumo Médio de Parafusos}$$

Eq.15

$$N_{parafusos} = 122,206 \times 15$$

$$N_{parafusos} = 1.834 \text{ unid.}$$

A massa a ser considerada é de uso médio de 0,327 kg/m², resultando em

$$Massatotal = \text{Área Total} \times \text{Consumo Médio de Massa}$$



Eq.16

$$Massatotal = 128,316 \times 0,327$$

$$Massatotal \cong 42kg$$

As fitas de papel utilizadas são reforçadas com lâmina de metal para juntas e extremidades, seu produto é obtido duas vezes o consumo médio de 0,7407 pela área total.

$$Fitatotal = 0,7407 \times (\text{Área Total} \times \text{Consumo Médio de Fita})$$



Eq.17

$$Fitatotal = 128,316 \times 0,7407$$

$$Fitatotal \cong 182 \text{ metros}$$

Para o tempo de execução e custo da mão de obra, foi utilizado a mesma metodologia de cálculo da alvenaria convencional, por meio de dados extraídos da planilha analítica desonerada do SINAPI do mês de agosto de 2022. Os cálculos foram feitos com auxílio do manual de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil da Caixa Econômica Federal (2020) em que se multiplica o coeficiente de tempo cedido pela planilha SINAPI pela quantidade a ser executada e é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Tempo de Execução

	MONTADOR (Coef. SINAPI)	SERVENTE (Coef. SINAPI)	QUANTIDADE (m ²)	TEMPO TOTAL (h)
DRYWALL	0,5449	0,1362	61,103	33,2950247
TOTAL				33,2950247

Fonte: Elaborado pelas autoras

O tempo a ser considerado é o mais elevado, levando em conta que os profissionais também trabalham simultaneamente. O preço final de cada elemento do componente de serviço é produto do custo do componente auxiliar por horas trabalhadas.

$$\text{Tempo Total Drywall} = 33,30 \text{ horas}$$

Eq. 18

$$\text{Tempo Total Drywall} = 33 \text{ horas e } 30\% \text{ de uma hora}$$

$$\text{Tempo Total Drywall} = 33 + 0,30 \times 60$$

Tempo Total Drywall = 33 horas e 18 minutos

O pagamento foi dado por hora de um montador de estruturas metálicas com seus encargos complementares em R\$ 19,80 e um ajudante também remunerado com os encargos complementares a R\$ 16,21.

Custo Mão de Obra Drywall = R\$ 19,80 + R\$ 16,21

Eq. 19

Mão de obra Drywall = R\$36,01/hora

Os resultados estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4: Orçamento para *drywall*

Insumos	Unidade	Quantidade	Valor de referência (R\$)	Valor total (R\$)
Perfil guia	m	42,772	8,21	351,16
Perfil montante	m	140,5	9,32	1.309,46
Chapa <i>Drywall</i> ST	m ²	128,316	19,85	2.547,07
Parafusos	und	1834	0,51	935,34
Massa	kg	42	3,44	144,48
Fita	m	182	2,75	500,50
Mão de obra	h	33,3	36,01	1.199,13
Total				6.987,14

Fonte: Elaborado pelas autoras

Em análise à figura 3, assim como a alvenaria convencional, os insumos se sobressaem no orçamento levantado. Nesse caso, eles são responsáveis por 83% do custo final do método pesquisado, resultando em R\$ 5.788,01.

Em relação à mão de obra trabalhada, o custo final do orçamento para *drywall* representa 17% do orçamento total. Apesar de o custo por hora ser bem próximo ao primeiro método analisado, o preço se torna inferior por ser um processo construtivo mais rápido do que o convencional.

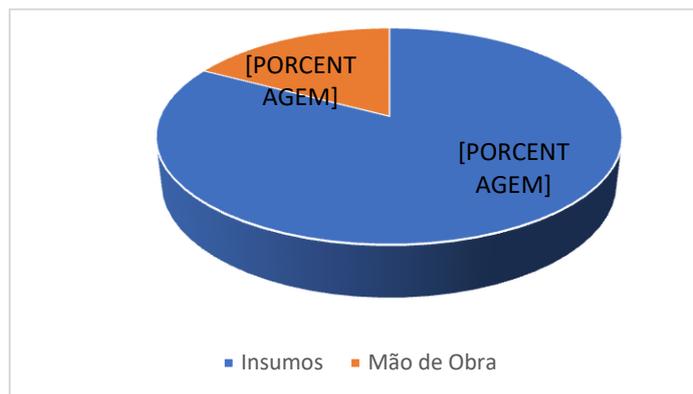


Figura 3: Comparativo entre Custos do *Drywall*

Fonte: Elaborado pelas autoras

Assumindo uma jornada de trabalho de oito horas, a estrutura considerada consumiria 4 dias, 1 hora e 18 minutos. Levando-se em conta, para tal cálculo, o coeficiente de auxílio da mão de obra primária e o fato de o intervalo de tempo ser distante das oito horas diárias. Assim, considera-se o tempo máximo de execução da obra em 4 dias inteiros, visto que o servente não ficaria ocioso.

Dispondo sobre os panoramas evidenciados, o *drywall* se diferencia por ser um método mais ágil, porém, em contrapartida, os insumos necessários tornam o orçamento mais custoso entre os processos analisados.

Em questões ambientais, Singer (2013) não descarta que o método pode acarretar em impactos ambientais. A diferença é a possibilidade de reciclar os resíduos provenientes desse tipo de obra. Além de uma obra mais limpa, existem outras vantagens como o proveito maior da área útil e a maleabilidade, visto que é um processo que permite o deslocamento das estruturas (PINHEIRO, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em consideração toda a fundamentação e resultados levantados, é possível confirmar uma facilidade na busca pela construção no método tradicionalista, o que não descarta uma necessidade de mudança no processo construtivo. Apesar de ser economicamente mais acessível, esse mecanismo se constitui de modo vagaroso e gera grandes impactos ambientais. Logo, o *drywall* passaria a ser uma opção a ser levada em consideração, pelas vantagens mencionadas e pela agilidade do sistema.

A preferência pelo método a ser utilizado resulta das necessidades de cada construtor, entre o tempo de execução e o montante que se propõe a gastar. O

drywall economiza tempo e mão de obra, porém, em termos de custos, o sistema construtivo de alvenaria convencional obtém um proveito melhor.

Entende-se, após análise dos resultados, que o sistema mais contemporâneo se beneficia em relação ao cronograma e à velocidade da conclusão, gerando um retorno mais rápido. Aliado a suas vantagens estruturais, é um material atrativo para o mercado da construção civil.

Deduz-se que mais pesquisas precisam ser feitas nesta área, analisando seus aspectos gerais e particulares, verificando, assim, qual seria o melhor método, bem como a melhor alternativa para tornar o *drywall* mais atrativo e mais confiante para o mercado brasileiro.

REFERÊNCIAS

ALVES, P. L. O; ALCÂNTARA, M. T. E. DE; FALCÃO, V. A. F. L; CHIKUSHI, A. M. Análise comparativa entre custos de execução de alvenaria em bloco cerâmico vazado, bloco estrutural de concreto e em *drywall*. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 9, p. 89008-89017, set. 2021.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15270-1:2005**: componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. **Manual de Projeto de Sistemas Drywall**: paredes, forros e revestimentos. São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2006.

CARDOSO, S. S; BARROS, M. M. B. **Especificação de perfis para drywall e light steel framing**. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA, São Paulo - SP, 2016.

DE PAULA, D. P. **Orçamento de obras civis para incorporações**. 2012. 74 p. Monografia para obtenção de título Especialista em Gestão e Tecnologia na Construção Civil. — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

ECONÔMICA FEDERAL, Caixa. **SINAPI**: metodologias e conceitos: sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil. 8. ed. Brasília: CAIXA, 2020. *versão online* (79 p.). Disponível em: https://www.caixa.gov.br/sinapi-manual-de-metodologias-e-conceitos/Livro1_SINAPI_Metodologias_e_Conceitos_8_Edicao. Acesso em: 24 out. 2022.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

GARCIA, R. S. **Método Construtivo Monolite**: Um Estudo de Caso Comparativo de Custos como Método Convencional Específico em uma Casa em Camaçari/BA).

Orientadora: Prof. Mônica Mendes de Carvalho Gantois. 2009. 55 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Salvador, Salvador, 2009.

GUIMARÃES, M.M; GONÇALVES, J. R. M. R; NORTE, L. C; MARTINS, F. B. S. Comparação das características físicas e financeiras entre os sistemas de vedação drywall e alvenaria convencional - estudo de caso. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 48760-48775, mai. 2021.

HOLANDA, E. P. T. **Novas tecnologias construtivas para produção de vedações verticais**: diretrizes para o treinamento da mão-de-obra. Orientadora: Mércia Maria S. B. de Barros. 2003. 174 f. Dissertação, (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade São Paulo. São Paulo, 2003.

IBGE (ed.). **Sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil** : métodos de cálculo. Rio de Janeiro, 2017.

LODI, E. *et al.* **Estudo comparativo entre alvenaria estrutural em bloco de concreto e concreto armado para a construção de edificação multifamiliar**. 2018. 12 f. Encontro Mineiro de Engenharia de Produção. Juiz de Fora, 2018.

MASS, B. H. **Resíduos de Construção Civil na obra de uma edificação e seus impactos**: estudo de caso de uma residência em Light Steel Framing e simulação de uma em alvenaria. Orientador: Prof. Dr. Sergio Fernando Tavares. 2017. 141 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil,) – Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

MORATO JUNIOR, J. A. **Divisórias de Gesso Acartonado**: Sua utilização na construção civil. Orientador: Prof. Antônio Calafiori Neto. 2008. 74 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, R. B. X. de. **Comparativo de custos entre alvenaria convencional e drywall, na vedação interna de residência popular unifamiliar**. Orientador: Cícero de Souza Nogueira Neto. 2019. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2019.

PEREIRA, C. **Escola Engenharia**: Alvenaria de Vedação – Vantagens e Desvantagens. 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/alvenaria-de-vedacao/>. Acesso em: 08 jul. 2022.

PEREIRA, C. Cálculo da quantidade de tijolos. **Escola Engenharia**, 2017. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/calculo-da-quantidade-de-tijolos/>. Acesso em: 24 de outubro de 2022.

PINHEIRO, S. M. M. **Gesso reciclado**: avaliação de propriedades para uso em componentes. Orientadora: Profa. Dra. Gladis Camarin. 2011. 330 f. Tese, (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2011.

SAINT-GOBAIN. Placo. **Como calcular a quantidade necessária de drywall para montar uma parede?** 2022. Disponível em: <https://placo.com.br/blog/como-calcular-quantidade-necessaria-de-drywall-para-montar-uma-parede#:~:text=comprimento%20x%20altura%20%3D%20%C3%A1rea&text=Esse%20valor%20deve%20ser%20multiplicado,%C3%A9%20de%2027%20metros%20quadrados>. Acesso em: 25 out. 2022.

SANTOS, L. M; SILVA, R. F. M. **Análise comparativa entre os Sistemas Construtivos: Drywall e Alvenaria Convencional**. Orientador: Renato Antônio Tavares Pereira. 2021. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Una. Bom Despacho, 2021.

SILVA, P. E. V; MOREIRA, R. R. **Projeto de alvenaria de vedação** – diretrizes para a elaboração, histórico, dificuldades e vantagens da implementação e relação com a NBR 15575. Orientadora: Helena Carasek. 2017. 79 f. Monografia, (Graduação) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2017.

SINGER, J. D. **Reflexões sobre a geração de resíduos de gesso em construções secas**. Orientador: Prof. Dr. André Nagalli. 2013. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso, (Graduação) – Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2013.

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros**: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: PINI, 2005.

SPANIOL, N. C. **Análise comparativa dos sistemas construtivos alvenaria convencional e wood frame para habitação de interesse social**. Orientador: Normelio Vitor Fracaro. 2018. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

THOMAZ, E., MITIDIERI FILHO, C. V., CLETO, F. D. R., CARDOSO, F. F. **Código de práticas nº 01**: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. São Paulo: IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo).

VIEIRA, B. A; NOGUEIRA, L. Construção civil: crescimento versus custos de produção civil. **Sistemas & Gestão**, Pau dos Ferros, v. 13, n. 3, p. 366-377, abr. 2018.

ANÁLISE DE RESISTÊNCIA DOS BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL COMERCIALIZADOS NA REGIÃO DO MUNICÍPIO DE MATIPÓ-MG

ACADÊMICOS: Rafael Domiciano da Silva e Tiago Pierre da Cunha

ORIENTADOR: João Antônio Sabino Junior

LINHA DE PESQUISA: Tecnologia de Materiais e Métodos Construtivos

RESUMO

A construção civil busca novas técnicas para melhorar o desempenho de suas obras. Desenvolvimento de novas tecnologias e novos meios se tornam essenciais para que as necessidades de moradia sejam atendidas, tendo em vista o crescimento populacional constante. A utilização de blocos de concreto com função estrutural tem se tornado grande aliado na tentativa de suprir a crescente demanda do mercado imobiliário, trazendo ganhos econômicos e mais agilidade no tempo de execução. Assim como qualquer produto, os blocos devem atender a requisitos de qualidade para que não haja problemas com o resultado final da obra. Trata-se da realização de testes que possibilitem analisar características físicas dos mesmos, no intuito de atestar propriedades como textura das faces, dimensões e resistência a compressão, importantes para um bom desempenho. Avaliar as condições do material utilizado na construção é fundamental para um resultado final satisfatório. Portanto, baseado nessas informações e tomando como base as normas técnicas brasileiras ABNT NBR 12118:2013 e ABNT NBR 6136:2016, foram realizados testes com blocos de concreto para alvenaria estrutural da família M15 adquiridos de fabricantes na região de Matipó-MG, afim de constatar se as mesmas estão produzindo o material em conformidade com as exigências estabelecidas pelas normas acima citadas.

PALAVRAS-CHAVE: Blocos de concreto; alvenaria estrutural; características físicas; resistência.

INTRODUÇÃO

O ramo da construção civil no Brasil se alavancou com o passar dos anos devido ao crescimento da economia e também por ações governamentais de incentivos e investimentos, principalmente pelo projeto de habitação popular. Esse crescimento desencadeou melhoras significativas no mercado imobiliário. Ainda devido a esse aumento, tem-se buscado a racionalização e redução dos gastos, o que abriu portas para tipos de construções alternativas e tecnológicas, que ganharam espaços devido a praticidade, foi o caso da alvenaria estrutural com blocos de concreto. (MARTINS, DALTO, FIORITI, OKIMOTO, 2013).

Segundo Salvador Filho (2007), a alvenaria estrutural com blocos na construção civil, busca melhorar o desempenho das obras. A possibilidade de novas

tecnologias e novos meios são essenciais para que as necessidades de moradia sejam atendidas, tendo em vista o crescimento da população que promove uma pressão para a busca de alternativas para construções mais fáceis e resistentes. Além disso, é necessário produzir elementos de maior qualidade, em especial para alvenaria com função estrutural ou de vedação.

Desde a primeira aplicação dos blocos de concreto em alvenarias estruturais até os dias atuais, muito se modificou quanto as exigências de qualidade e desempenho, uma vez que a utilização em maior escala despertou a necessidade de se obter um produto com confiabilidade e segurança, e que, sobretudo, atenda de forma eficiente os requisitos necessários para uma construção de boa qualidade (BONILHA 1991, *apud* BUSI, 2009).

Os materiais utilizados nesse contexto devem ser viáveis e esse é um ponto positivo da utilização dos blocos de concreto, que além de oferecerem maior resistência também proporcionam uma redução de custos. (SALVADOR FILHO, 2007).

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a resistência média dos blocos de concreto oferecidos pelo comércio da região do município de Matipó-MG, verificando se os valores encontrados estão dentro dos limites recomendados pela NBR 6136/16, constatando assim a qualidade do material ofertado a construção civil.

A relevância desta pesquisa manifesta-se na importância de compreender como são realizados testes de resistência dos blocos de concreto para alvenaria estrutural e identificar a resistência dos mesmos, verificando se eles estão de acordo com a qualidade padrão exigido por norma.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

BLOCOS DE CONCRETO

A norma NBR 6136 (2016), nos diz que os blocos vazados produzidos a partir de concreto simples, sendo componente estrutural ou não, são elementos de alvenaria cuja sua área líquida (área da seção paralela ao eixo de maior dimensão com desconto dos vazios) não ultrapasse 75% da área bruta (área da seção paralela ao eixo de maior dimensão sem desconto dos vazios), podendo conter 2 ou 3 furos para blocos inteiros.

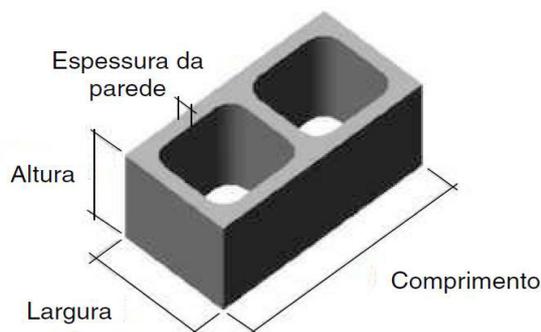


Figura 1: Bloco vazado

Fonte: NBR 6136:2016 (ABNT, 2016, p. 2).

Os blocos de concreto são constituídos basicamente de cimento Portland, agregados graúdos, agregados miúdos e água, porém, podem haver variações com adição de corantes, minerais e aditivos, desde que os materiais utilizados tenham propriedades especificadas para que o produto final atenda aos requisitos para qual foi projetado (SALVADOR FILHO, 2007).

Os blocos são modelados através de vibro compactação e podem ter seu tempo de cura reduzido com a utilização de câmaras úmidas. Os blocos que sofrem processo de cura ao ar livre levam cerca de 30 dias para adquirir a resistência adequada para fins estruturais, já os que são curados a vapor precisam de apenas 3 dias para estarem prontos. No entanto, devido a problemas relacionados a retração, os mesmos só podem ser usados estruturalmente 14 dias após a fabricação (SANTOS, MAROTTA, LOPES. 2021).

De acordo com Rebouças (2019), os blocos podem ser utilizados com o intuito de fechar vãos como os blocos de vedação, ou servir de forma estrutural em construções autoportantes como blocos estruturais. Tanto os blocos de vedação, quanto os blocos estruturais, são produzidos a partir de concreto e possuem características físicas e forma de fabricação semelhantes. Porém, as paredes dos blocos com função estrutural possuem maior espessura e conseqüentemente resistem melhor a compressão.

Os blocos são classificados segundo a NBR 6136:2016 nas seguintes classes:

- Classe A ($f_{bk} \geq 8$ MPa): com uso estrutural para elementos abaixo ou acima do nível do solo;
- Classe B (4 MPa $\leq f_{bk} < 8$ MPa): com uso estrutural para elementos acima do nível do solo;

- Classe C ($f_{bk} \geq 3$ MPa): com ou sem uso estrutural para elementos acima do nível do solo;

Martins, Dalto, Fioriti e Okimoto (2013), dizem que, com o intuito de alinhar a demanda com a produção, houve um aumento no número de fábricas de bloco de concreto, principalmente por pequenos empresários. No entanto, o surgimento dessas novas fábricas nem sempre vem acompanhado dos devidos cuidados na formulação do traço, os requisitos necessários e a conformidade com as normas técnicas, gerando muitas vezes uma perda na qualidade do produto ofertado.

ALVENARIA ESTRUTURAL

Parsekian e Soares (2010) definem alvenaria estrutural como um conjunto de blocos ligados por uma junta argamassada formando um único elemento com rigidez e coesão. A alvenaria estrutural além de ter as mesmas funções da alvenaria de vedação possui ainda a função de dar sustentação a estrutura absorvendo os esforços aplicados a construção e os direcionando aos elementos de fundação.

Nesse modelo construtivo não são utilizados elementos de transmissão de esforços como vigas e pilares. As próprias paredes são responsáveis por receber as cargas da estrutura e transmiti-las de forma uniforme ao longo da fundação (TAUIL, NESE, 2010).

Segundo Rodrigues, Fonseca e Ruas (2020), a alvenaria estrutural pode ser dividida em dois tipos, alvenaria estrutural armada e a não armada. A alvenaria estrutural armada se caracteriza pela inserção de armaduras verticais nos orifícios dos blocos com posterior grauteamento, já a alvenaria não armada não possui os elementos citados.

O uso de alguns itens pode ser racionalizado ou até mesmo eliminado com a utilização deste método, uma vez que não se faz necessário o uso de formas e caixarias em madeira para modelagem das vigas e pilares, o consumo de concreto, aço e mão de obra de armadores e carpinteiros são reduzidos. Porém, a execução a partir de peças pré-fabricadas e blocos vazados trazem a necessidade de emprego de mão de obra qualificada. (GARCIA RODRIGUES, SANTOS, QUEIJA, 2019).

Tauil e Nese (2010), tratam esse método construtivo como um modelo simplificado, pois reúne etapas da construção convencional em uma única etapa,

sendo as paredes da edificação responsáveis pela parte de vedação e sustentação, garantindo o conforto e satisfazendo as necessidades estruturais da construção.

O conjunto da alvenaria tem sua resistência a compressão elevada quando comparada com sua resistência a tração. Tal resistência está diretamente ligada as resistências individuais dos componentes e principalmente aos blocos utilizados (CARVALHO,2019).

Os blocos usados para fins estruturais podem ser classificados como modulares ou não modulares de acordo com suas dimensões. No mercado são encontrados normalmente nas dimensões (largura x comprimento) 15 cm x 30 cm e 15 cm x 40 cm, sendo o segundo não modular, uma vez que seu comprimento não é o dobro da sua largura sendo necessário o uso de bloco compensador (MOHAMAD *et al.*, 2015).

Garcia, Rodrigues, Santos e Queija (2019) salientam que as dimensões da edificação devem ser projetadas de forma modular a partir do tamanho dos blocos a serem utilizados, evitando assim a necessidade de fracionamento do bloco.

A alvenaria estrutural com blocos de concreto teve como marco inicial no Brasil a construção do conjunto habitacional Central Park Lapa no ano de 1966 em São Paulo, na qual se utilizava a estrutura do tipo armada, já o uso da alvenaria não armada se deu no ano de 1977 com a construção do edifício Jardim Prudência, também localizada na cidade de São Paulo (MOHAMAD *et al.*, 2015).

Com o decorrer dos anos, esse sistema construtivo passou por uma evolução, chegando a estruturas com maior segurança e menores dimensões, garantindo economia e aliando a diminuição do tempo de execução, com a organização do canteiro de obra (MENDES, MELO, VASCONCELOS, CAVALCANTE, 2021).

METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa de caráter descritivo com abordagem quantitativa. Esta metodologia tem como objetivo gerar informações, através de lógica dedutiva, aliada a cálculos matemáticos a fim de situar conclusões de análise geral. Com este estudo é possível quantificar e analisar estatisticamente o objeto de estudo, seguindo um plano previamente definido, com hipóteses e variáveis que visam obter resultados de forma precisa e objetiva (PROETTI, 2017).

A pesquisa foi realizada na cidade de Matipó-MG, localizada na Zona da Mata Mineira que possui 18.208 habitantes segundo dados do IBGE, no período de maio a outubro de 2022, e os testes de resistência à compressão realizados no laboratório de solos e fundações do Centro Universitário Univértix no período de julho a agosto do mesmo ano.

Foram utilizados 6 blocos de cada fábrica, adquiridos em 3 fábricas da região de Matipó, totalizando 18 blocos. A quantidade de blocos adquiridos corresponde ao mínimo necessário para avaliação de um lote de 5.000 (cinco mil) peças conforme estabelecido na NBR 6136 (ABNT, 2016). As fábricas fornecedoras dos blocos foram identificadas apenas por letras, a fim de garantir sigilo e confidencialidade.

Os blocos utilizados na avaliação estavam isentos de falhas como deformação, trincas, furos ou quaisquer defeitos que possam interferir nos resultados, portanto, utilizou-se apenas blocos íntegros. A compra dos blocos foi realizada no dia 16 de julho de 2022 e cada peça recebeu uma etiqueta com identificação da fábrica por letra (A, B e C) e um número indicando o exemplar. Devido à incerteza do tempo da data fabricação dos blocos, aguardou-se 28 dias após a aquisição, para garantir que o tempo de cura tenha sido concluído, garantindo, assim, que os blocos estão com sua máxima resistência.

Para avaliar a resistência foram realizados testes tendo como base a NBR 12118 (ABNT, 2013), com as seguintes especificações:

Os blocos passaram por inspeção visual a fim de constatar características físicas como texturas das faces ou patologias (trincas, fissuras, etc.) que pudessem impedir a realização dos testes.

Os blocos passaram por análise dimensional para se obter medidas para fins de cálculo a partir de sua área bruta.

Como os blocos podem possuir falhas de acabamento, se fez necessário a correção com retificação ou aplicando uma camada de argamassa, para corrigir possíveis imperfeições que prejudiquem a precisão dos resultados de resistência. No presente trabalho optou-se pelo segundo método para regularização da superfície.

A correção com argamassa de assentamento consiste na aplicação de uma camada de aproximadamente 10 mm sobre uma superfície plana, protegida com um

filme plástico, sendo os blocos dispostos sobre essa camada e devidamente nivelados com auxílio de um nível de bolha.

Para os testes utilizou-se uma prensa hidráulica com o intuito determinar a carga de ruptura de cada corpo de prova.

A prensa deve conter 2 (dois) pratos de apoio paralelos para que os corpos de provas sejam apoiados, fazendo com que assim a carga seja uniformemente distribuída sobre a superfície do bloco na mesma direção de uso com a parede de maior espessura na parte superior.

O bloco deve ser posicionado na prensa de modo que seu centro de gravidade coincida com o eixo de carga dos pratos.

Durante o teste os dispositivos de comandos de cargas devem ser controlados para que as cargas aplicadas, em relação ao cálculo da área bruta aumentem progressivamente sem que haja choques.

O teste é finalizado quando há o rompimento do bloco e o valor da carga aplicada é anotada para o cálculo da resistência individual.

Os dados obtidos foram organizados utilizando o *Microsoft Office Excel* e calculada a resistência característica, resistência média e o desvio padrão do lote de cada fábrica e os resultados apresentados descritivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

INSPEÇÃO VISUAL

Durante a aquisição dos blocos, nas fábricas, foram identificadas diferentes texturas em suas faces. Verificou-se que as peças adquiridas na fábrica B possuíam grande número de vazios tornando a superfície mais ásperas do que as adquiridas nas fábricas A e C. Tais falhas podem ser provenientes da falta de vibração e compactação no momento da modelagem ou pela falta de homogeneidade no traço utilizado. (SOUZA, 2017).

A compactação e vibração é importante para o correto adensamento do concreto no interior da forma. Esse adensamento consiste na movimentação do material afim de diminuir o excesso de água, bolhas de ar e vazios tornando o concreto mais denso e compacto (PENA, SOARES, 2019).



Figura 2: Bloco com textura porosa.

Fonte: Autores (2022).

A partir da inspeção visual foram coletadas as informações apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 1: Resultados da análise por inspeção visual

Bloco	Possuía arestas vivas	Ocorrência de patologias	Tipo de face
A1	Sim	Não	Lisa
A2	Sim	Não	Lisa
A3	Sim	Não	Lisa
A4	Sim	Não	Lisa
A5	Sim	Não	Lisa
A6	Sim	Não	Lisa
B1	Sim	Não	Áspera
B2	Sim	Não	Áspera
B3	Sim	Não	Áspera
B4	Sim	Não	Áspera
B5	Sim	Não	Áspera
B6	Sim	Não	Áspera
C1	Sim	Não	Lisa
C2	Sim	Não	Lisa
C3	Sim	Não	Lisa
C4	Sim	Não	Lisa
C5	Sim	Não	Lisa
C6	Sim	Não	Lisa

Fonte: Arquivo pessoal

Conforme a tabela 1, vemos que apesar das superfícies porosas dos blocos as amostras de todas as fábricas possuíam arestas vivas e estavam livres de trincas e irregularidades, que são requisitos necessários para realização dos testes de resistência de acordo com a norma NBR 6136 (ABNT, 2016).

As texturas dos blocos foram avaliadas através de uma inspeção visual, onde constatou-se que haviam blocos com faces lisas e outros com faces ásperas, o que segundo Salvador Filho (2007) pode ser consequência da variação dos materiais utilizados e das condições em que os mesmos foram fabricados.

Os blocos com texturas menos rugosas como os adquiridos nas fábricas A e C são ideais para locais cujo projeto não prevê a execução de acabamentos sobre a superfície da alvenaria, sendo os blocos responsáveis por essa função. Já os blocos coletados na fábrica B são mais indicados para locais onde haverá a execução de acabamento, haja visto que a superfície terá melhor aderência devido ao maior índice de porosidade. (OLIVEIRA *et al.*,2016).

ANÁLISE DIMENSIONAL

Os blocos utilizados para a pesquisa são classificados na NBR 6136/2016 como integrantes da família M15 cujas dimensões padrões para largura, altura e comprimento são 140 mm, 190 mm e 390 mm respectivamente.

Como o objetivo da pesquisa é focado em obter a resistência dos blocos, a análise dimensional foi realizada somente nas dimensões de largura, altura e comprimento, afim de se obter a área bruta do corpo de prova utilizada no cálculo de resistência a compressão.

A norma NBR 6136/2016, estabelece limites de tolerância para as dimensões dos blocos de concreto vazados, onde o comprimento e a altura podem variar em ± 3 mm e a largura pode variar em ± 2 mm.

Os dados obtidos através da análise dimensional foram inseridos em uma planilha do onde foram calculadas as dimensões médias e a variação das mesmas quando comparadas com as medidas padrões da norma.

A tabela a seguir apresenta os resultados obtidos através da análise dimensional:

Tabela 2: Resultados da análise dimensional (Média)

Fábrica	Largura (mm)	Varição da Largura (mm)	Comprimento (mm)	Varição do comprimento (mm)	Altura (mm)	Varição da altura (mm)
A	143	3	394.33	4.33	201	11
B	142.33	2.33	393.16	3.16	200	10
C	140.83	0.83	390.5	0.5	188.33	- 1.66

Fonte: Arquivo pessoal

A análise dimensional feita com os blocos mostrou que apenas a fábrica C obedeceu aos padrões de tolerância estabelecidos pela norma, com variações médias que não ultrapassaram os máximos de 3 mm para altura e comprimento e de 2 mm para a largura. Em contrapartida as fábricas A e B ultrapassaram todos os

limites de tolerância. Para a fábrica A os percentuais excedentes encontrados em relação as máximas permitidas foram: Largura:50%; comprimento:44.33% e altura:266.66%. Já nas dimensões dos blocos da fábrica B os percentuais encontrados para largura, comprimento e altura foram 16.5%, 5.33% e 233.33% respectivamente.

O fato de os limites terem sido ultrapassados podem ter origem na má higienização do maquinário, o que pode vir a provocar uma maior carga de prensagem devido ao excesso de concreto na face de prensagem ou pela falta de manutenção como lubrificação, gerando desgastes na forma da vibro-prensa. (LOTTI, LANGOSKI 2021).

Martins, Dalto, Fioriti e Okimoto (2013), ressalta que blocos que possuem dimensões fora dos limites padrões podem provocar erros na construção e desperdício de material, devido a divergência de tamanhos das peças estruturais. Tais divergências podem ser provenientes de falhas no controle de produção ou no controle de aprovação do lote.

As medidas de largura e comprimento foram anotadas para que posteriormente seja obtida a área bruta de cada corpo de prova, o que permitirá o cálculo da força mínima que os blocos deveram resistir para estarem de acordo com a norma NBR 6136/16.

ANÁLISE RESISTÊNCIA

Segundo Pereira, Marques, Neves e Melo (2021), é a resistência a compressão que indica a capacidade de carga na qual o bloco resiste quando empregado na alvenaria estrutural, tornando essa a característica mais importante dos blocos de concreto.

Os ensaios de resistência foram realizados para a obtenção dos valores de carga máximos suportados por cada bloco. A tabela a seguir traz as informações obtidas a partir dos cálculos de resistência média e resistência característica de cada lote:

Tabela 3: Resultados da análise de resistência

Fábrica	Resistência média F _{bm} (Mpa)	Desvio padrão	Resistência característica F _{bk} (Mpa)
A	3,46	0,37	2,65
B	3,74	0,92	2,6
C	4,58	0,32	3,93

Fonte: Arquivo pessoal.

Conforme os dados da tabela 2, podemos constatar que quando levado em conta a resistência média dos lotes todos poderiam ser usados como blocos estruturais sendo os das fabricas A e B classificados como classe C ($f_{bk} \geq 3$ MPa) e os blocos da fábrica C sendo classificados como classe B ($4 \text{ MPa} \leq f_{bk} < 8 \text{ MPa}$). Entretanto, a resistência dos lotes é determinada pela resistência característica à compressão (f_{bk}), conforme a NBR 6136/2016.

Os valores de desvio padrão são relacionados as variações das resistências em relação à média. Quanto maior o valor do desvio padrão maior a dispersão dos dados e quanto menor, maior ocorrência de valores próximos a média. Sendo assim podemos constatar que as fabricas A e C possuem maior homogeneidade nas amostras quando comparadas com a fábrica B.

Os valores de resistência característica encontrados para as fábricas A, B e C foram 2,65 Mpa, 2,6 Mpa e 3,93 Mpa respectivamente. Sendo assim somente a fábrica C atendeu aos critérios de resistência para blocos estruturais, se enquadrando na classe C para uso com ou sem uso estrutural para elementos acima do nível do solo.

Os demais blocos poderão ser utilizados apenas como componentes em alvenaria de vedação haja visto que não atingiram o mínimo de 3 Mpa estabelecidos na norma.

Segundo Amaral (2020), a má escolha do aglomerante hidráulico ou do método de cura dos blocos pode ter sido a causadora da baixa resistência, uma vez que esta propriedade está diretamente ligada ao tipo de cimento utilizado e ao seu processo de cura.

A resistência não estando em conformidade com a norma pode acarretar problemas futuros como trincas, fissuras e até rupturas vindo a comprometer a estabilidade e trazendo riscos à construção. (PEREIRA, MARQUES, NEVES, MELO, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme a análise de resultados, verificou-se que as condições visuais das peças trazem a falsa impressão de que os mesmos iriam satisfazer as condições exigidas. Porém, após a realização dos testes de análise dimensional e de

resistência a compressão, constatou-se que nem todas as fábricas de blocos da região atendem as medidas de tamanho e resistência mínima prevista, haja visto que apenas uma das três fábricas apresentou compatibilidade com os valores padrões estabelecido pela norma NBR 6136/16.

Com base nesses resultados, podemos destacar a importância de se conhecer também as características mecânicas dos blocos adquiridos. Tais características determinaram se eles possuem ou não funcionalidade estrutural para a qual estão sendo comercializados.

Contudo, a falta de resistência e uniformidade nas medidas dos blocos de concreto podem ocasionar diversos problemas em obras, principalmente se o bloco for utilizado de maneira estrutural. Sendo assim, é necessário que as empresas fabricantes de blocos confeccionem de maneira correta para atingirem uma boa resistência, evitando assim transtornos aos clientes e dando garantia de qualidade do produto ofertado.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 6136: **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria** — Requisitos. Rio de Janeiro. ABNT, 2016.

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 12118: **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria** — Métodos de ensaio. Rio de Janeiro. ABNT, 2013.

AMARAL, G. B. S. **Análise das propriedades dos blocos de concreto para alvenaria estrutural e vedação em fábricas de Palmas – TO**. Fábio Henrique de Melo Ribeiro, 2020. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas – TO, 2020.

BUSI, T. P. **Análise comparativa de edifícios em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**: Geometria em planta baixa mais recomendada. Aline Ribeiro da Silva, 2009. 83 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

CARVALHO, P. R. O. de. **Análise numérica de pequenas paredes de alvenaria ‘estrutural de blocos de concreto em situação de incêndio**: Ênfase no comportamento térmico e termo estrutural. Jorge Munaiar Neto, 2019. 317 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2019.

GARCIA, B. R. G.; RODRIGUES, E. A. R.; SANTOS, J. M. A.; QUEIJA, R. C. Alvenaria estrutural, sistemas construtivos e suas diferenças para a alvenaria

convencional. **Revista Engenharia em Ação Uni Toledo**, Araçatuba, SP, v. 4, n. 1, pág.32-46, jan/jun, 2019.

LOTTI M. A. B.; LANGOSKI, M. Análise dos efeitos da substituição do agregado miúdo por resíduo de vidro moído de tipo Long Neck marrom em blocos de concreto. *In: XVII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação das Construções–CINPAR 2021.* Disponível em: <https://doi.org/10.4322/CINPAR.2021.028>. Acesso em: 25 set. 2022.

MARTINS, J. F. A.; DALTO, C. da; FIORITI, C. F.; OKIMOTO, F. S. Reconhecendo um bom bloco de concreto para alvenaria: análise da qualidade do material adquirido. **Revista Tópos**, [s./l.], v. 7, n. 2, pág. 41-65, dezembro, 2013.

MENDES, H. F.; MELO, J. J. L.; VASCONCELOS, L. H. D.; CAVALCANTE, J. R. D. Fissuras em alvenaria estrutural: causas e soluções. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas**, Aracaju, v. 6, n. 3, pág. 91-100, março, 2021.

MOHAMAD, G.; BAVASTRI; E. Y. N.; KIRCHHOF, L. D.; RIZZATTI, E.; JANTSCH, A. C. A. Desenvolvimento de uma nova concepção geométrica para os blocos de concretos não modulares para alvenaria estrutural. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, pág. 127-152, abr./jun, 2015.

OLIVEIRA, D. J. T. M.; PAULA, I. C.; LIMA, L. R. S.; VASCONCELOS, L. T.; NASCIMENTO, F. B. C. Uso de blocos de concreto na construção civil. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Maceió, v. 3, n. 2, pág. 103-118, abril, 2016.

PARSEKIAN, G. A.; SOARES, M. M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. 1º ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

PENA, L. S; SOARES, A. F. G. **Análise dos blocos de concreto comercializados na região de Caratinga/MG em conformidade com a norma NBR 6136/2016** Thales Leandro de Moura, 2019. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Ensinar Brasil, Faculdades Doctum Caratinga. Caratinga 2019.

PEREIRA, D. P.; MARQUES, C. R. M.; NEVES, J. R. S.; MELO, A. R. Desenvolvimento de uma metodologia para o processo de produção de bloco de concreto. **Revista de engenharia e tecnologia**, [s./l.] v. 13, n. 2, pág. 147-157, junho, 2021.

PROETTI, S. As pesquisas qualitativa e quantitativa como métodos de investigação científica: Um estudo comparativo e objetivo. **Revista Lumen**, [s./l.] v. 2, n. 4, pág. 24-44, jul/dez, 2017.

REBOUÇAS, L. E. **Avaliação da qualidade de blocos de concreto para vedação**. Marília Pereira de Oliveira, 2019. 12 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural Do Semiárido – UFRSA, Mossoró, 2019

RODRIGUES, L. A.; FONSECA, A. P.; RUAS, A. X. A. Comparativo entre alvenaria estrutural e concreto armado para a construção civil na cidade de montes claros-mg. **Revista Construindo**, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, pág. 01-08, Jul/Dez, 2020.

SALVADOR FILHO, J. A. A. **Blocos de concreto para alvenaria em construções industrializadas**. Jefferson B. L. Liborio, 2007. 246 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.

SANTOS, G. S.; MAROTTA, L. I. M.; LOPES, D. P. Avaliações de presenças patológicas em projetos de alvenaria estrutural: modulações e efeitos. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [s. l.], pág. 12–89, março, 2022.

SOUZA, W. S. **Análise da qualidade de blocos de concreto segundo a NBR 6136 e NBR 12118 na região de Caratinga–MG**. Bárbara Dutra da Silva Luz, 2017. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Tecnológico de Caratinga, Faculdades Doctum Caratinga. Caratinga 2017.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2010.

ANEXO A

ENSAIO DE RUPTURA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO						
NBR 12118/2013 e NBR 6136/2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria						
Análise Dimensional e Determinação de resistência a compressão.						
Bloco de concreto m15 (14,19,39 cm) – Fábrica A						
Corpo de prova	Comp. (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Área (mm ²)	Carga Ruptura (N)	Resistência (Mpa)
1	395	142	199	56090	195100	3,48
2	395	143	201	56485	229500	4,06
3	395	143	203	56485	168000	2,97
4	394	143	203	56342	197600	3,5
5	393	145	200	56985	179800	3,16
6	393	142	200	55806	200100	3,59
Média	394,33	143	201	-	-	3,46
Data de fabricação: NÃO ESPECIFICADA				Data do ensaio: 28/09/2022		
Data de Coleta: 16/07/2022				Idade na data do ensaio: > 28 dias		

Cálculo da resistência características à compressão estimada

$$F_{bk, est} = 2 \left[\frac{fb_1 + fb_2 \dots + fb_{(i-1)}}{i-1} \right] - fb_i$$

$$F_{bk, est} = 2 \left[\frac{2,97 + 3,16}{2} \right] - 3,48$$

$$F_{bk, est} = 2,65 \text{ Mpa}$$

Cálculo da resistência características à compressão mínima

Valor para \emptyset segundo a tabela 5 da NBR 6136/2016 para uma amostra de 6 blocos, $\emptyset = 0,89$.

$$F_{bk, min} = \emptyset * fb_1$$

$$F_{bk, min} = 0,89 * 2,97$$

$$F_{bk, min} = 2,64 \text{ Mpa}$$

Cálculo da resistência à compressão média

$$F_{bm} = \frac{3,48 + 4,06 + 2,97 + 3,5 + 3,16 + 3,59}{6} = 3,46 \text{ Mpa}$$

Condições para escolha da resistência característica à compressão

Se $F_{bk, est} > F_{bm}$, então $F_{bk} = F_{bm}$;

Se $F_{bk, est} < F_{bk, min}$, então $F_{bk} = F_{bk, min}$

Se $F_{bk, min} < F_{bk, est} < F_{bm}$ então $F_{bk} = F_{bk, est}$

Sendo $F_{bk, min} < F_{bk, est} < F_{bm}$ adotou-se $F_{bk} = F_{bk, est} = 2,65 \text{ Mpa}$

ENSAIO DE RUPTURA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO						
NBR 12118/2013 e NBR 6136/2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria						
Análise Dimensional e Determinação de resistência a compressão.						
Bloco de concreto m15 (14,19,39 cm) – Fábrica B						
Corpo de prova	Comp. (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Área (mm ²)	Carga Ruptura (N)	Resistência (Mpa)
1	393	143	202	56199	206200	3,67
2	393	141	200	55413	200300	3,61
3	393	142	200	55806	307400	5,51
4	394	143	199	56342	165000	2,93
5	394	143	199	56342	172500	3,06
6	392	142	200	55664	205000	3,68
Média	393.16	142.33	200	-	-	3,74
Data de fabricação: NÃO ESPECIFICADA				Data do ensaio: 28/09/2022		
Data de Coleta: 16/07/2022				Idade na data do ensaio: > 28 dias		

Cálculo da resistência características à compressão estimada (NBR 6136/16)

$$F_{bk, est} = 2 \left[\frac{fb_1 + fb_2 \dots + fb_{(i-1)}}{i-1} \right] - fb_i$$

$$F_{bk, est} = 2 \left[\frac{2,93 + 3,06}{2} \right] - 3,61$$

$$F_{bk, est} = 2,38 \text{ Mpa}$$

Cálculo da resistência características à compressão mínima

Valor para \emptyset segundo a tabela 5 da NBR 6136/2016 para uma amostra de 6 blocos, $\emptyset = 0,89$.

$$F_{bk, min} = \emptyset * fb_1$$

$$F_{bk, min} = 0,89 * 2,93$$

$$F_{bk, min} = 2,6 \text{ Mpa}$$

Cálculo da resistência à compressão média

$$F_{bm} = \frac{3,67 + 3,61 + 5,51 + 2,93 + 3,06 + 3,68}{6} = 3,74 \text{ Mpa}$$

Condições para escolha da resistência característica à compressão

Se $F_{bk, est} > F_{bm}$, então $F_{bk} = F_{bm}$;

Se $F_{bk, est} < F_{bk, min}$, então $F_{bk} = F_{bk, min}$

Se $F_{bk, min} < F_{bk, est} < F_{bm}$ então $F_{bk} = F_{bk, est}$

Sendo $F_{bk, est} < F_{bk, min}$ adotou-se $F_{bk} = F_{bk, min} = 2,6 \text{ Mpa}$

ENSAIO DE RUPTURA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO						
NBR 12118/2013 e NBR 6136/2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria						
Análise Dimensional e Determinação de resistência a compressão.						
Bloco de concreto m15 (14,19,39 cm) – Fábrica C						
Corpo de prova	Comp. (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Área (mm ²)	Carga Ruptura (N)	Resistência (Mpa)
1	390	141	190	54990	253500	4,61
2	390	141	190	54990	255400	4,64
3	392	141	189	55272	270000	4,88
4	390	141	185	54990	260000	4,73
5	390	140	188	54600	216000	3,96
6	391	141	188	55131	255100	4,63
Média	390,5	140,83	188,33	-	-	4,58
Data de fabricação: NÃO ESPECIFICADA				Data do ensaio: 28/09/2022		
Data de Coleta: 16/07/2022				Idade na data do ensaio: > 28 dias		

Cálculo da resistência características à compressão estimada (NBR 6136/16)

$$F_{bk, est} = 2 \left[\frac{fb_1 + fb_2 \dots + fb_{(i-1)}}{i-1} \right] - fb_i$$

$$F_{bk, est} = 2 \left[\frac{3,96 + 4,61}{2} \right] - 4,64$$

$$F_{bk, est} = 3,93 \text{ Mpa}$$

Cálculo da resistência características à compressão mínima

Valor para \emptyset segundo a tabela 5 da NBR 6136/2016 para uma amostra de 6 blocos, $\emptyset = 0,89$.

$$F_{bk, min} = \emptyset * fb_1$$

$$F_{bk, min} = 0,89 * 3,96$$

$$F_{bk, min} = 3,52 \text{ Mpa}$$

Cálculo da resistência à compressão média

$$F_{bm} = \frac{4,61 + 4,64 + 4,88 + 4,73 + 3,96 + 4,63}{6} = 4,58 \text{ Mpa}$$

Condições para escolha da resistência característica à compressão

Se $F_{bk, est} > F_{bm}$, então $F_{bk} = F_{bm}$;

Se $F_{bk, est} < F_{bk, min}$, então $F_{bk} = F_{bk, min}$

Se $F_{bk, min} < F_{bk, est} < F_{bm}$ então $F_{bk} = F_{bk, est}$

Sendo $F_{bk, min} < F_{bk, est} < F_{bm}$ adotou-se $F_{bk} = F_{bk, est} = 3,93 \text{ Mpa}$

ANÁLISE DO CONCRETO COM DETERGENTE EM COMPARAÇÃO COM O CONCRETO COM ADITIVO INCORPORADOR DE AR

ACADÊMICOS: Anna Luiza Da Silva Rocha e Luiz Fernando Evangelista Guimarães

ORIENTADOR: Fabrício Santos De Souza

LINHA DE PESQUISA: Tecnologia de Materiais e Métodos Construtivos

RESUMO

Aditivo é qualquer substância usada para alterar algumas propriedades da massa cimentícia. Há mais de 20 aditivos e, dentre eles, o aditivo incorporador de ar (AIA). Os AIA estimulam a formação de microbolhas de ar, dificultando a penetração de água na massa, deixando-a mais trabalhável e melhorando a coesão. O princípio ativo destes aditivos são as substâncias surfactantes, assim como as dos detergentes. Observou-se a utilização do detergente como aditivo incorporador de ar, devido ao seu baixo custo e disponibilidade. Assim, no presente trabalho, objetiva-se analisar a substituição do aditivo incorporador de ar pelo detergente nas matrizes cimentícias, verificando seu desempenho no concreto. Utilizou-se Cimento CP V-ARI, agregado graúdo e agregado miúdo, com traço 1:2:3 com a/c de 0,56, para a produção de misturas com aditivo comercial com detergente e um de referência. Para a avaliação das propriedades no estado fresco do concreto, efetuou-se o ensaio de abatimento do tronco de cone e, no estado endurecido, foi realizado o ensaio de resistência à compressão, com 14 e 28 dias, produzindo três corpos de prova para cada traço, totalizando em quarenta e dois corpos de prova. Os resultados revelaram que o detergente se assemelha ao aditivo incorporador de ar em relação à trabalhabilidade, entretanto, no que se refere à resistência mecânica, o detergente obteve um desempenho inferior em comparação ao aditivo comercial.

PALAVRAS-CHAVE: concreto com aditivo; detergente; aditivo incorporador de ar; Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio.

INTRODUÇÃO

O concreto é um material composto, desuniforme e isotrópico, formado pela junção de partículas e agregados. Na construção civil, ele é um dos elementos mais utilizados devido as suas características, tanto no seu estado fresco em referência à acomodação às diversas formas, quanto no estado endurecido com relação a sua resistência (GOTO; CAIXETA; CENTOFANTE, 2018).

Porém, em certas ocasiões, como no transporte vertical e no preenchimento dos elementos estruturais, o manuseio do concreto se torna complexo. Com isso, foi observada a necessidade da criação de materiais que beneficiassem a produção da matriz cimentícia (NARDY NETO *et al.*, 2018).

Dentre esses materiais, os aditivos entram como componentes fundamentais na produção do concreto. Aditivo é qualquer substância (exceto água, agregados,

cimentos hidráulicos ou fibras) usada para alterar algumas propriedades da massa cimentícia, podendo ser adicionado antes ou durante a mistura, onde possibilita melhora de determinadas condições, trazendo finalidades importantes, como: aumentar a plasticidade do concreto sem aumentar o consumo de água; retardar ou acelerar o tempo de pega; aumentar a durabilidade do concreto em condições específicas de exposição, entre outras (METHA; MONTEIRO, 2008).

O uso dos aditivos está cada vez mais irradiado e importante, por razão das significativas vantagens físicas e econômicas ao concreto, como a utilização em circunstâncias difíceis e por proporcionar maior variedade de componentes na mistura (NEVILLE, 2016).

Há mais de 20 tipos de aditivos, cada um com sua finalidade, entre eles, os aditivos incorporadores de ar (AIA). Esses, estimulam a formação de microbolhas de ar, dificultando a penetração de água na massa e deixando o concreto mais trabalhável e com melhor coesão. O princípio ativo desses aditivos são as substâncias surfactantes, assim como as dos detergentes (MENDES, 2016).

Apesar de haver inúmeros aditivos usados na construção civil, alguns estudos mostram a substituição deles por Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio (LAS), um componente ativo do detergente doméstico de lavar louças, no concreto. Um exemplo dessa substituição ocorre em obras na cidade de Maringá- PR, na qual os trabalhadores fazem essa alteração e a considera viável por ter baixo custo e executar a mesma função (MANHÃES; SOUZA; VIOLIN, 2016).

Contudo, objetivou-se com esse trabalho comparar a adição de aditivo comercial e a adição de detergente em concreto. É importante analisar a substituição do aditivo incorporador de ar pelo LAS nas matrizes cimentícias, verificando seu desempenho e seu processo químico durante e após o uso no concreto, visto que, o aditivo proposto é consideravelmente mais acessível, possui baixo custo e, ainda é biodegradável, causando menos impacto ambiental que os aditivos comerciais (GOMES; DAMACENA; OLIVEIRA, 2018).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Concreto de cimento Portland

O concreto é um material feito através de uma mistura homogênea à base de cimento, água, agregados graúdos e miúdos podendo ter a adição de substâncias minoritárias, como os aditivos (ABNT, 2022).

Dentre os materiais utilizados para o preparo do concreto, o cimento Portland é um dos principais componentes da mistura, que juntamente com a água, irá contribuir para que essa mistura seja bem estruturada, formando uma pasta menos fluida, onde é composta por partículas e agregados com diversas dimensões, para produzir um material que poderá ser moldado em diferentes formas (HELENE; ANDRADE, 2017).

Segundo a NBR (Norma Técnica) 11172 (1990, p.1), o cimento é um “aglomerante hidráulico constituído em sua maior parte de silicatos e/ou aluminatos de cálcio”. Já o cimento Portland, ainda segundo a NBR 11172, é definido como: “aglomerante hidráulico artificial, obtido pela moagem de clínquer Portland, sendo geralmente feita a adição de uma ou mais formas de sulfato de cálcio”.

Para Neville (2013), além do cimento, os agregados graúdos e miúdos também são importantes para adquirir um bom concreto, por influenciar no volume da pasta de cimento além de serem menos propícios de sofrerem ataques químicos. Contudo, a qualidade dos agregados irá interferir no desempenho estrutural da massa podendo influenciar na sua preparação, causando resultados desvantajosos.

Os agregados para o concreto são classificados conforme a sua distribuição granulométrica. Conceitua que agregados graúdos são aqueles que a maior parte dos grãos fica retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm e os agregados miúdos são aqueles que atravessam a peneira de malha de 4,75 mm e ficam cessados na peneira 75 µm (GOTO; CAIXETA; CENTOFANTE, 2018).

O formato e a textura dos agregados são atributos importantes para a fabricação de concreto com bom desempenho. Eles interferem na resistência do concreto, tanto a resistência à compressão quanto a resistência à flexão, sendo esta a mais afetada, e com efeitos mais notáveis em concretos de alta resistência (NEVILLE, 2016).

Uma boa qualidade do concreto é alcançada através da análise de suas propriedades no estado fresco e endurecido. No estado fresco é observado o escoamento e a coesão, enquanto no estado endurecido, é considerado as características físicas e mecânicas do material, entre elas a resistência à compressão (MONTELONGO; PACHECO; CHRIST; TUTIKIAN, 2020).

Em algumas circunstâncias, precisa-se potencializar essas características do concreto convencional para alcançar resultados no comportamento e na qualidade, e é por meio do uso dos aditivos que se conseguem essas melhorias. O mercado atual

fornece uma variedade de opções, cada um com o objetivo de atingir a característica necessária atendendo a situação que se aplica. Para garantir a funcionalidade descrita pelo fabricante do produto, é recomendável que o concreto aditivado passe por ensaios que verifiquem seu desempenho e a capacidade dos benefícios. Logo, os engenheiros da construção civil devem sempre estar informados sobre novos aditivos e adições que o mercado disponibiliza, fazendo o uso de maneira cautelosa (LISBOA; ALVES; MELO, 2017).

Aditivos

Aditivo é determinado como um produto químico, o qual é acrescentado ao concreto com dosagens máximas de 5% em relação à massa cimentícia, durante a confecção da mistura ou em misturas adicionais antes do lançamento da massa, tendo como finalidade adquirir uma modificação característica ou alterações nas propriedades do concreto (NEVILLE, 2016).

O uso deles é essencial e vem crescendo por serem capazes de conceder vantagens ao concreto, adquirindo melhorias em suas propriedades, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. Com isso, possibilita que o produto seja empregado em várias ocasiões, já que possui benefícios técnico-econômicos e ambientais, e ainda por diminuir a consumação de água e de cimento e por melhor a trabalhabilidade. Logo, oferece benefícios que não seriam atingidos no tratamento normal (NEVILLE, 2016; PINHEIRO; CRIVELARO, 2020).

Atualmente no mercado, existem diferentes tipos de aditivos denominados pelo seu comportamento sobre o concreto, como alguns listados na ABNT NBR 11768-1/2019:

- Aditivo acelerador de pega (AP): diminui o tempo de pega do concreto;
- Aditivo redutor de permeabilidade (RP): reduz a permeabilidade capilar, por efeito de cristalização, bloqueando os poros e impedindo a passagem de água;
- Aditivo redutor de corrosão (RC): impede a entrada de íons cloretos no interior da armadura do concreto e assim, intensifica a diminuição de corrosão em seu interior;
- Aditivo modificador de viscosidade retentor de água (MV-RT): mantém a água dentro do concreto e assim diminuindo a migração da água para fora;

- Aditivo acelerador de resistência (AR): intensifica o índice de desenvolvimento das resistências iniciais do concreto, podendo ou não alterar o início de pega;
- Aditivo incorporador de ar: incorpora uma quantidade controlada de microbolhas de ar afastadas entre si e estáveis, permanecendo estes atributos no estado endurecido.

Segundo Martins (2005), no Brasil, ainda se nota uma resistência ao uso dos aditivos na fabricação do concreto, devido aos diversos tipos de cimento disponíveis, que alteram seu desempenho quando combinados; ao elevado custo de alguns tipos; a necessidade de realização de testes precedentes, e ainda, a relutância em adotar novos conhecimentos que podem influenciar na resistência mecânica do concreto.

Aditivo de incorporador de ar

Segundo a norma NBR 11768 (2019, p. 3), os aditivos incorporadores de ar são “aditivos que permitem incorporar, durante o amassamento do concreto, uma quantidade controlada de pequenas bolhas de ar, uniformemente distribuídas, que permanecem no estado endurecido”.

O ar absorvido é formado por bolhas quase esféricas, as quais não criam canais para escoamento dos líquidos, não aumentando assim a permeabilidade do material (SANTOS, 2009 apud ANTONIAZZI, 2019). Porém, para Romano (2013) os incorporadores de ar são classificados segundo a estrutura de suas moléculas. Os requisitos essenciais de um aditivo incorporador de ar são: que ele forme rapidamente um sistema estável de espuma finalmente separada e que as bolhas individuais resistam à aglomeração. A espuma não deve ter um efeito nocivo sobre o cimento (NEVILLE, 2016).

Conforme (ROMANO; TORRES; PILEGGI, 2015), a aplicação de aditivos incorporadores de ar na formulação das argamassas, melhora as propriedades no estado fresco, aumenta a trabalhabilidade e diminui a massa específica, além de reduzir o módulo de deformação. No estado endurecido, diminui a resistência mecânica e aumenta a permeabilidade (ROMANO, 2013).

Detergente

O detergente neutro biodegradável é um tensoativo aniônico constituído por uma mistura de homólogos e isômeros posicionais da cadeia linear, facilitando a eliminação de resíduos de uma determinada área (CASTRO, 2017).

Em concordância com Bombril (2018), o detergente é um produto químico utilizado para limpeza, é uma substância líquida, feita com tensoativo aniônico biodegradável, com composições ativas, conservantes, coadjuvantes, glicerina, espessantes, sequestrante, controlador de pH e água.

De acordo com Mendes (2016), os detergentes são compostos por tensoativos ou surfactantes. Acima de uma certa concentração crítica em água, as moléculas de surfactante em solução começam a se agregar na forma de micelas, formando um sistema dinâmico, no qual as micelas são continuamente formadas e destruídas.

O detergente relaciona-se ao grupo dos hidrófilos, radical com carga negativa (GAUTO, ROSA, 2013).

As moléculas dispõem de duas regiões de polaridades opostas em sua formação, sendo uma cabeça polar chamada de hidrofílica e a calda apolar sendo hidrofóbica (ROSSI; DANTAS; NETO; MACIEL, 2006).

Na porção hidrofílica dos tensoativos aniônicos contém carga negativa quando estando presente na sua fórmula aquosa e apresentam bom poder de detergência e espumação (AMIRALIAN; FERNANDES, 2018).

METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de um estudo descritivo com abordagem quantitativa. Trata-se de um método que estabelece a coleta de informações para analisar hipóteses e dados, com a finalidade de explicar e prever os fatos pesquisados, examinando padrões e relações casuais entre os componentes (MARCONI; LAKATOS, 2022).

A investigação científica propõe abranger relações de causa e efeito entre variáveis. Logo, o investigador possui uma tese sobre o efeito gerado pela variação, mas é somente por meio de experimentação que define com precisão científica se as teorias principiantes se confirmam (CAUCHICK; *et al*, 2019).

Para atender ao objetivo desse trabalho, o traço do concreto utilizado foi adaptado do trabalho de Castro (2017): 1:2:3 em volume e com relação a/c fixa de

0,56. Na Tabela 1 apresenta a massa de cada material utilizado na preparação dos traços.

Tabela 1: Materiais usados para a mistura de concreto

Características	Massa (g)
Cimento Portland CP V-ARI	33712
Areia	93296
Brita	132300
Água	19047
Aditivo	27-30

Fonte: Os autores (2022)

Foi utilizado Cimento Portland de alta resistência inicial (CP V-ARI), o qual assegura elevadas resistências com maior rapidez, sílica ativa que atesta maior coesão às misturas e elaborado principalmente para procedimentos que utilizam aditivção (ANGELI; LINTZ; BARBOSA, 2018).

O aditivo utilizado foi o incorporador de ar – AIA, com as informações mostradas na Tabela 2, que possui as especificações sobre o produto de acordo com o fabricante.

Tabela 2: Propriedades e características do aditivo

Características	Resultados
Base de formulação	Surfactantes
Massa específica	1,002 a 1,004 kg/m ³
Cor	Marrom claro
pH	4,5 a 7,5
Teor de sólidos	3,0 a 4,0%
Compatível do cimento tipo	CPI, CPII, CPIII, CPV, CPV
Teor de adição sobre a massa de cimento	0,2 a 0,5%

Fonte: Weber (2019)

O detergente neutro empregado contém as características expostas na Tabela 3.

Tabela 3: Propriedades físicas e químicas do detergente

Características	Resultados
Estado físico	Líquido viscoso
Cor	Amarelo
pH	5,5 a 8,0
Surfactante – Linear Alquil Benzeno Sulfonato	<10

Fonte: Bombril (2021)

Utilizou-se água potável fornecida pela COPASA. O agregado miúdo utilizado foi a areia lavada do Rio Doce e o agregado graúdo foi a brita fornecida pela empresa Pedreira São Pedro de Raul Soares - MG.

Com a finalidade de determinação das características do agregado miúdo e graúdo, realizou-se o ensaio de granulometria, no Laboratório de Solos e Fundações da Univértix, seguindo a orientação da ABNT NBR 17054/2022 – Agregados –

Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio, onde foi determinada a distribuição granulométrica dos agregados, o módulo de finura e dimensão máxima característica de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2022).

Foram reservadas duas amostras de 500g de agregado miúdo seco e 2000g de agregado graúdo, e peneiradas por 5 minutos no agitador mecânico automático, com série de peneiras disponibilizada pelo laboratório de Engenharia Civil da Univértix.

Seguidamente, o material retido em cada peneira foi removido com o auxílio de um pincel e pesado, e assim fez-se a determinação do módulo de finura e dimensão máxima característica.

Os agregados miúdos também foram ensaiados em duplicata conforme a NBR 16916 (ABNT, 2021), para definir sua densidade. Em um frasco *Chapman*, disponibilizado pelo Centro Universitário Univértix, adicionou-se 500 g de agregado miúdo, determinou-se a massa, acrescentou-se água potável até próximo da marca de 450 ml, e o movimentou para que as bolhas de ar fossem eliminadas. Após 1 hora, completou-se com água até a marca de 450 ml e definiu-se a massa total, que equivale à massa da amostra seca, mais a massa do frasco, mais a massa da água. Seguidamente, foi calculada a densidade das duas amostras do agregado miúdo, e o resultado foi de $2,89\text{g/cm}^3$, sendo essa a média das duas determinações.

Para a análise do comportamento das misturas de concreto contendo aditivo incorporador de ar e o detergente, primeiramente desenvolveu-se um traço de referência (sem aditivo) e posteriormente, três traços de concreto com aditivo comercial e três traços com o aditivo proposto.

Mendes (2016), sugere que as dosagens do detergente, como incorporador de ar, sejam entre 0,05% a 0,15%, já que dosagens acima de 0,2% ocasionam em resultados desfavoráveis. Porém, para assemelhar com as dosagens recomendadas pelo fabricante do aditivo comercial, foram escolhidas duas dosagens acima das indicadas e uma relacionada aos limites propostos, sendo elas: 1g, 2g e 5g, tanto para o aditivo sugerido quanto ao aditivo comercial, para equiparar.

O preparo do concreto foi feito em uma betoneira disponibilizada pelo Centro Universitário Univértix. Com a betoneira em funcionamento, foram colocados o agregado graúdo e a metade da água, em seguida, adicionou-se o agregado miúdo e o restante da água, por fim foi acrescentado o Cimento Portland. Por cerca de 2 minutos foi feito o amassamento dos materiais na betoneira.

Para analisar a trabalhabilidade do concreto, que é uma propriedade do concreto fresco, foi medida a consistência do concreto antes de endurecer. Trabalhabilidade é uma medida da dificuldade ou facilidade de formar, consolidar e terminar o concreto (FIGUEIRÊDO FILHO, 2011). Portanto, de acordo a norma NBR 16886 (ABNT, 2020), foi realizada a coleta de amostra para o ensaio de abatimento do tronco de cone (*Slump Test*). A NBR 16889 (ABNT, 2020), além de especificar a aparelhagem, indica também os procedimentos para o ensaio. Foi colocada a placa de base em uma superfície plana, horizontal e sem vibração. Logo após, foi inserido o molde na placa de base e umedeceu-se o conjunto de peças. Em seguida, o tronco de cone foi preenchido com concreto. Nessa fase, o operador de teste manteve os pés nas alças da forma para permanecê-la estável. Foram aplicados 25 golpes uniformemente espaçados a cada camada, com a haste de metal, com a finalidade de adensar. Após a última camada, o excesso de concreto foi removido, a fim de alisar a superfície. Posteriormente, o molde foi retirado cuidadosamente na direção vertical, e com o auxílio de uma trena, realizou-se a medição do abatimento do concreto, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura da amostra.

Para avaliar o concreto no estado endurecido, foram moldados 42 corpos de prova com 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura. Foram empregados 6 corpos de prova de cada dosagem, sendo 3 para fazer o teste com 14 dias, e posteriormente 3 para o teste com 28 dias na prensa hidráulica. O adensamento foi realizado de forma manual, possuindo duas camadas, aplicando 12 golpes por camada, de acordo com a norma NBR 5738 (ABNT, 2015).

A cura inicial dos corpos de provas foi realizada conforme a norma NBR 5738 (ABNT, 2015), em temperatura ambiente, em um local protegido dos efeitos da luz solar e de outros tipos de adversidades. Depois de 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados, identificados conforme cada traço e colocados em um recipiente com água e cal.

Após 14 e 28 dias, respectivamente, foi realizado o ensaio de compressão sobre o concreto endurecido de acordo com os métodos da norma NBR 5739 (2018). Logo depois da remoção do local de cura, cada corpo de prova foi retificado com o auxílio de uma esmerilhadeira, com a finalidade de ajustar suas extremidades para que a força aplicada seja distribuída igualmente em sua superfície, certificando assim uma melhor precisão ao testar a resistência no ensaio. Os corpos de prova foram limpos e posicionados corretamente para ser iniciado o teste. Para ser

verificada a resistência alcançada por cada um dos traços, a prensa aplicou uma carga sem interrupção até os corpos de prova romperem. O teste à compressão foi definido pela prensa hidráulica fornecida pelo Centro Universitário Univértix.

Os dados obtidos serão organizados utilizando o *Microsoft Office Excel* e será realizada análise estatística descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para se obter um concreto resistente, durável e de boa qualidade, é preciso conhecer os seus materiais constituintes (cimento, água, agregados) e suas influências em relação às propriedades físicas e químicas, pois essas são capazes de intervir no desempenho do concreto no seu estado fresco e endurecido (RIBEIRO JÚNIOR, 2015).

Ensaio de Granulometria dos agregados

Os agregados foram submetidos ao ensaio de granulometria para determinar a composição granulométrica, e posteriormente as suas características, como o módulo de finura e dimensão máxima característica, já que para Ribeiro Júnior (2015), obter o conhecimento desses aspectos é um requisito para a dosagem dos concretos.

A Tabela 4 expressa os resultados adquiridos no ensaio realizado no agregado miúdo.

Tabela 4: Distribuição granulométrica do agregado miúdo utilizado

Peneira (mm)	Massa Retida (g)		% Retida		% Acumulada		Média	
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2	% Retida	% Acumulada
9,50	0	0	0	0	0	0	0	0
4,75	12	8	2,44	1,62	2,44	1,62	2,03	2,03
2,38	14	18	2,85	3,64	5,29	5,26	3,24	5,27
1,18	34	38	6,93	7,69	12,22	12,95	7,31	12,58
0,6	174	190	35,51	38,46	47,73	51,41	36,98	49,57
0,3	162	160	33,06	32,38	80,79	83,79	32,72	82,26
0,15	74	66	15,10	13,36	95,89	97,15	14,23	96,52
Fundo	20	14	4,08	2,83	99,97	99,98	3,45	99,97
Total	490	494	99,97	99,98	-	-	99,96	-

Fonte: Os autores (2022)

A composição granulométrica dos agregados miúdos está ligada a coesão, segregação e exsudação do concreto. Portanto, areias grossas tornam a mistura mais áspera, pouco trabalhável e com possibilidade de segregação. No entanto, areias muito finas ocasionam em misturas muito coesas e aumentam a demanda de água, podendo também causar a separação dos grãos (WEIDMANN, 2008). Com os resultados da Tabela 4, conclui-se que o módulo de finura foi 2,48 e a dimensão máxima característica foi 4,75. Conforme a norma NBR 7211 (2022), o diâmetro médio da areia tem que estar entre 0,2 e 0,6 mm. Após o ensaio de granulometria verificou-se que aproximadamente 69,70% dos agregados miúdos estavam dentro dos padrões da norma, atingindo-se o diâmetro necessário exigido.

O mesmo ensaio foi realizado no agregado graúdo, e a Tabela 5 mostra o relatório obtido:

Tabela 5: Distribuição granulométrica do agregado graúdo utilizado

Peneira (mm)	Massa Retida (g)		% Retida		% Acumulada		Média	
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2	% Retida	% Acumulada
50	0	0	0	0	0	0	0	0
37,50	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0
19	134	58	6,70	2,90	6,70	2,90	4,8	4,8
9,50	1796	1902	89,89	95,19	96,59	98,09	92,54	97,34
Fundo	68	38	3,40	1,90	99,99	99,99	2,65	99,99
Total	1998	1998	99,99	99,99	-	-	99,99	-

Fonte: Os autores (2022)

Com os resultados da Tabela 5, conclui-se que o módulo de finura foi 1,02 e a dimensão máxima característica foi 19. Seguindo os padrões especificados pela NBR 7211 (2022), o agregado graúdo analisado corresponde como brita 1, encontrando-se sua maioria na faixa de 19 mm e 9,5 mm. Para os agregados graúdos, a dimensão máxima tem uma interferência expressiva com a trabalhabilidade e com a resistência à compressão, já que, quanto maior a partícula, menor será a área específica a ser molhada e com isso menor será o consumo de água para uma mesma trabalhabilidade. Apesar disso, os agregados maiores

tendem a diminuir a área de aderência à pasta, e assim formar zonas de transição mais microfissuradas, e pode se opor a vantagem obtida pela menor demanda de água, a resistência. Então, a dimensão máxima para os agregados graúdos é restrita por quesitos construtivos (tamanho da peça, cobrimento e distância entre armaduras) ou de transporte e execução (diâmetro da tubulação de bombeamento) (WEIDMANN, 2008).

Análise das propriedades do concreto no estado fresco

No estado fresco do concreto, foi realizado o ensaio de abatimento do cone, para avaliar a trabalhabilidade da mistura. Esse ensaio é uma parte indispensável no controle tecnológico, pois além de determinar a trabalhabilidade, também é analisado se há presença de falha de concretagem, segregação, exsudação e vazios no concreto. A partir disso, pode-se realizar correções no que é observado no ensaio, de acordo com o que se pede na norma vigente (AMARAL, 2022).

Com o resultado do ensaio, foi observado que o concreto convencional, sem adição, teve um abatimento de 2,5 cm, um valor abaixo em comparação aos outros traços, e isso ocorreu por não obter um bom adensamento. O adensamento do concreto é o método de redução dos vazios pelo meio da expulsão do ar no interior da massa, e com isso, intensifica a compacidade entre os agregados, a regularidade, trabalhabilidade, entre outros. O adensamento errôneo pode acarretar em patologias, como ninhos de concretagem, separação dos agregados e cobrimento insuficiente (CAVALLINI NETO; COELHO, 2016). Essas patologias são mostradas na Figura 1.



Figura 1: Slump test do concreto convencional
Fonte: Arquivo Pessoal (2022)

O concreto acompanhado com 5g do aditivo proposto (detergente) apresentou abatimento do cone de 7,5 cm. Já o concreto com adição de 5g de aditivo incorporador de ar comercial apresentou o teor de maior abatimento, que foi de 8,5 cm. Como apresentado no Figura 2.

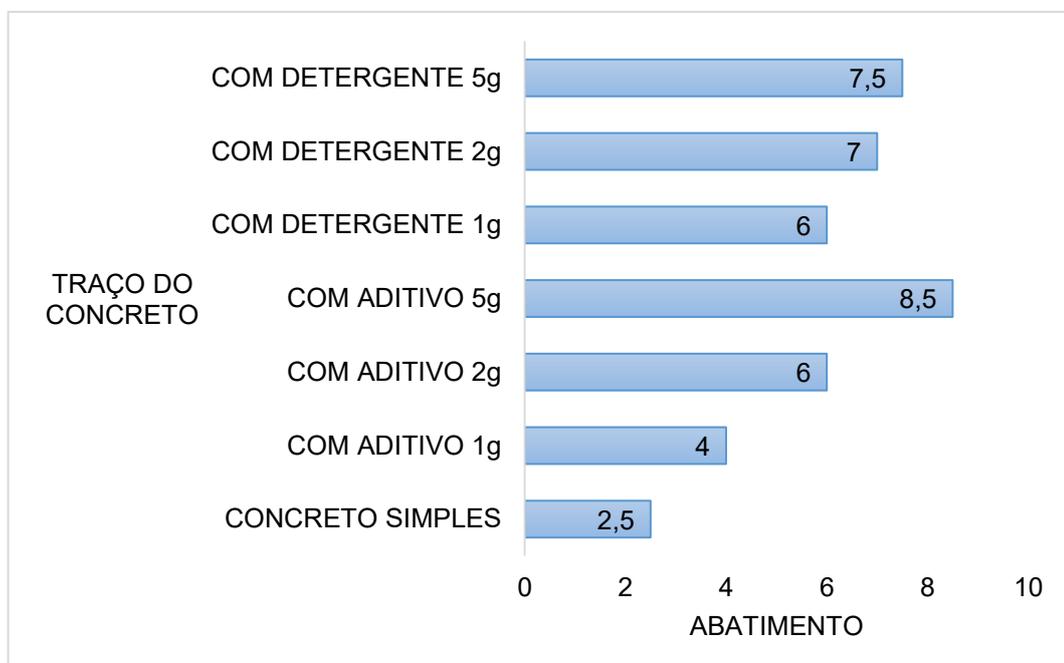


Figura 2: Abatimento do concreto
Fonte: Arquivo Pessoal (2022)

Durante a confecção da mistura, observou-se que ao adicionar o aditivo incorporador de ar e o aditivo proposto, ocorre um maior abatimento. Conforme aumenta a quantidade de ambos, aumenta também o abatimento do cone. Isso ocorre por causa da alteração do volume gerado pelas bolhas de ar e pela melhora na coesão da mistura. Isso se dá porque o aditivo modifica os aspectos superficiais do meio líquido, reduz o atrito entre os grãos quando estão ligados e afasta os agregados (ROMANO, 2013).

Cura dos corpos de prova

Após o ensaio de abatimento do cone, efetuou-se o processo de moldagem dos corpos de prova e a identificação de cada um em relação ao seu respectivo traço (FIGURA 3) e depois de 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados, novamente identificados e colocados em um recipiente com uma solução saturada de hidróxido de cálcio, como mostra a Figura 4.



Figura 3: Moldagem e identificação dos corpos de prova
Fonte: Arquivo Pessoal (2022)



Figura 4: Cura dos corpos de prova
Fonte: Arquivo Pessoal (2022)

Resistência à compressão do concreto

A Figura 5 exibe os resultados para a resistência a compressão das matrizes cimentícias.

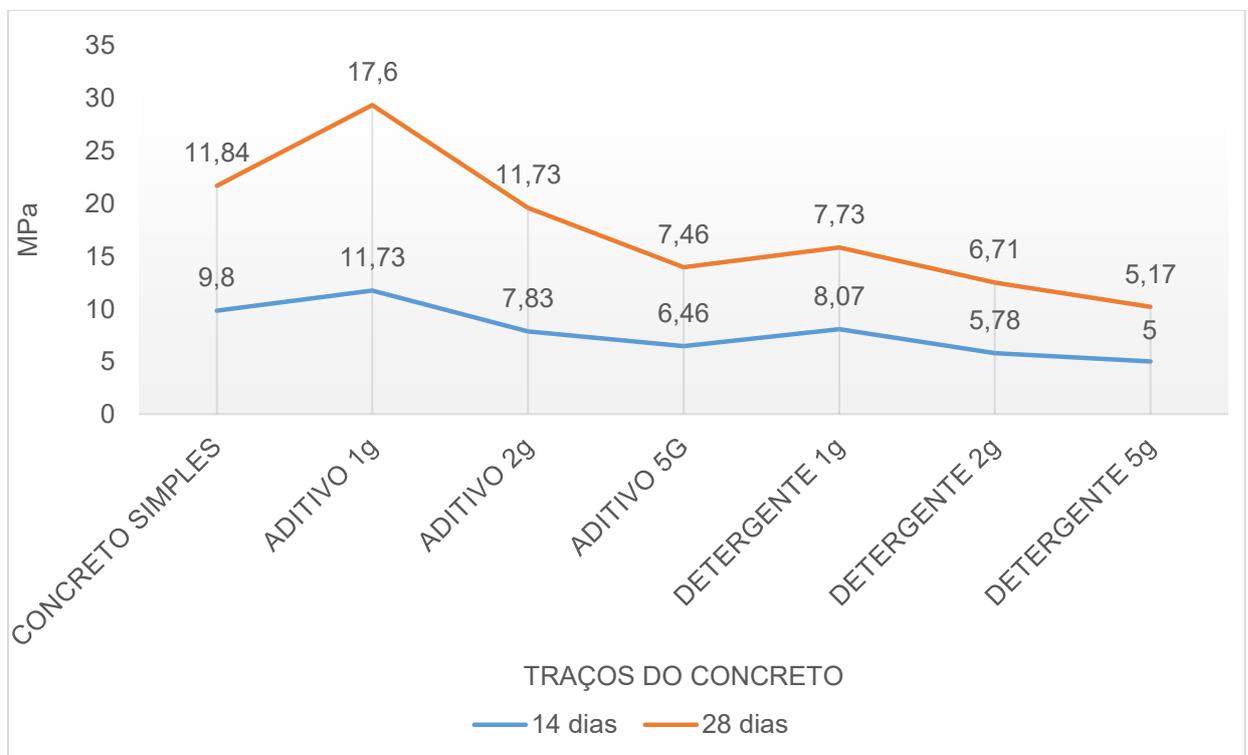


Figura 5: Resistência do concreto (Mpa)
Fonte: Arquivo Pessoal (2022)

O aditivo incorporador de ar comercial influenciou de forma positiva na resistência do concreto na dosagem 1g e foi reduzindo à medida que a dosagem aumentava. Segundo Castro (2017), isso se dá por causa do teor de ar incorporado na massa, e quanto maior a quantidade de ar maior será o volume de vazios incluso no concreto e assim será menor a sua resistência. Esse fator mostra a relevância do cuidado com a dosagem desse aditivo, visto que, sua quantidade é prejudicial para essa propriedade.

Verificou-se que os traços compostos com detergente revelaram uma resistência menor do que os traços com AIA comercial. Na análise de 14 dias, os traços com aditivo demonstraram uma resistência média de 8,67 MPa e os traços com LAS apresentaram uma média de 5,96 MPa. Já na verificação de 28 dias, a média com aditivo foi de 12,26 MPa e com o detergente foi de 6,85 MPa. Nota-se então, que as misturas com aditivo apresentaram uma resistência 38,76% maior que as misturas com detergente e 11,74% maior que a mistura simples.

De acordo com Castro (2017), para resolver esse declínio de resistência, é preciso reparar a quantidade de água adicionada a massa à medida que aumentasse a dosagem do aditivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, foi possível observar que o comportamento do detergente foi semelhante ao aditivo incorporador de ar no teste de consistência, obtendo um bom desempenho.

No estado endurecido, notou-se que em ambos os aditivos reduziram a resistência mecânica do concreto à medida que a dosagem aumentava. No entanto, verificou-se que os traços produzidos com detergente foram os que apresentaram menor resistência e os traços com aditivo incorporador de ar comercial apresentaram maior resistência.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11172:** Aglomerantes de origem mineral. Rio de Janeiro, 1990.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768-1:** Aditivos químicos para concreto de cimento Portland - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2022.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16886**: Concreto – Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16916**: Agregado miúdo – Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054**: Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2022.

AMARAL, F. H. N. **Teoria e prática no curso de Edificações: Análise do ensaio de abatimento de tronco de cone (*slump test*) em uma visita técnica**. Orientador: Prof. Me. Caio César da Silva Garcia, 2022. 20 f. Dissertação (Especialização em Docência para Educação Profissional e Tecnológica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, São Bento, 2022.

AMIRALIAN, L.; FERNANDES, C. R. Fundamentos da cosmetologia: Shampoo. **Cosmetics & Toiletries**, Osasco, v. 30, p. 30-33, jan./fev. 2018.

ANGELIN, A. F; LINTZ R. C. C; BARBOSA L. A. G. Fresh and hardened properties of self-compacting concrete modified with lightweight and recycled aggregates. **IBRACON Structures and Materials Journal**, São Paulo, v. 11, n. 7, p. 76-94, fev. 2018.

ANTONIAZZI, J. P. **O efeito dos aditivos incorporador de ar e estabilizador de hidratação nas propriedades das argamassas estabilizadas**. Orientador: Prof. Dr. Gihad Mohamad, 2019. 258 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

BOMBRIL. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ:** Detergente Limpol, 2021.

BOMBRIL. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ:** Detergente Limpol Baby, 2018.

CASTRO, S. M. **Análise de desempenho do aditivo linear alquil benzeno sulfonato de sódio como incorporador de ar em concreto.** Orientador: Fabiana Goia Rosa de Oliveira, 2017. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

CAUCHICK, P, *et al.* **Metodologia Científica para Engenharia.** 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

CAVALLINI NETO, G.; COELHO F. M. A importância do correto adensamento do concreto e seu impacto na resistência final da peça. **Revista Projectus**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, p. 17-39, out./dez. 2016.

FIGUEIRÊDO FILHO, J. G. L. **Avaliação da trabalhabilidade de concretos contendo agregado reciclado de argamassa.** Orientador: Monica Batista Filho, 2011. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil e Ambiental) – Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2011.

GAUTO, M.; ROSA, G. **Química industrial.** 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

GOMES, J. B; DAMACENA, S. de S; OLIVEIRA, J. D. de. **Análise do linear alquilbenzeno sulfonato de sódio como incorporador de ar em argamassas.** 2018. Disponível em: <<https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2018/06/analise-do-linear-alkuilbenzeno-sulfonato-de-sodio-como-incorporador-de-ar-em-argamassas.pdf>> Acesso em: 13, jun. 2022.

GOTO, H; CAIXETA, J. P. R.; CENTOFANTE, R. **Materiais da construção.** 1 ed. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

HELENE, P; ANDRADE, T. Concreto de Cimento Portland. *In:* ISAIA, G. C. (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** 3 ed. São Paulo: IBRACON, 2017. p. 905-944.

LISBOA, E. S; ALVES E. S; MELO, G. H. A. G. de. **Materiais de Construção: Concreto e Argamassa.** 2 ed. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

MANHÃES, G; SOUZA, L. V. da S; VIOLIN, R. Y. T. **Análise de viabilidade da incorporação de detergente sintético em concreto de cimento portland.** 2016. Disponível em: <<https://www.unicesumar.edu.br/mostra-2016>>. Acesso em: 14, mai. 2022.

MARCONI, M. de A; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica.** 8 ed. Barueri (SP): Atlas, 2022.

MARTINS, V. C. **Otimização dos processos de dosagem e proporcionamento do concreto dosado em central com a utilização de aditivos**: Estudo de caso. Orientador: Prof. Dr. Luiz Roberto Prudêncio Jr. 2005. 186 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: Microestrutura, propriedades e materiais. 3 ed. São Paulo: IBRACON, 2008. p. 289

MENDES, J. C. **Viabilidade técnica do uso de Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio como aditivo incorporador de ar para matrizes cimentícias**. Orientador: Prof. Dr. Ricardo André Fiorotti Peixoto, 2016. 84 f. Dissertação (Pós-Graduação em Construções Metálicas) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2016.

MONTELONGO, A; PACHECO, F; CHRIST, R; TUTIKIAN, B. F. Study on concrete through its hardened state properties. **IBRACON Structures and Materials Journal**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 87-94, fev. 2020.

NARDY NETO, A. M; CARDOSO, G. M; CHALEGRE, J. M. V. B. L; *et al.* **Estudo da influência de aditivos em concreto**. Orientador: Henrique Raymundo. 2018. 52 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário FAAT, FAAT FACULDADES, Atibaia, 2018.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

NEVILLE, A. M. **Tecnologia do Concreto**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PINHEIRO, A. C. F. B; CRIVELARO M. **Materiais de construção**. 3 ed. São Paulo: Érica, 2020.

RIBEIRO JÚNIOR, E. Propriedades dos materiais constituintes do concreto. **Revista On-line IPOG: Especialize**, Goiânia, v. 01, n. 10, p. 1-2, dez. 2015.

ROSSI, C. G; DANTAS, T. N.; NETO, A. A.; MACIEL, M. A. Tensoativos: uma abordagem básica e perspectivas para aplicabilidade industrial. **Revista Universal Rural: Série Ciências Exatas e da Terra**, Seropédica, v. 25, n.1-2, p. 73-85, jan./dez. 2006.

ROMANO, R. C O. **Incorporação de ar em materiais cimentícios aplicados em construção civil**. Orientador: Rafael Giuliano Pileggi, 2013. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

ROMANO, R. C. O; TORRES, D. R; PILEGGI, R. G. Impact of aggregate grading and air-entrainment on the properties of fresh and hardened mortars. **Construction and Building Materials**. v. 82. p. 219-226, mai, 2015.

WEBER Saint-Gobain. **Boletim Técnico**: Aditivo Plastificante Quartzolit, 2019.

WEIDMANN, D. F. Contribuição ao estudo da influência da forma e da composição granulométrica de agregados miúdos de britagem nas propriedades do Concreto de Cimento Portland. Orientador: Prof. Dr. Luiz Roberto Prudêncio Júnior, 2008. 273 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

EFEITOS DO USO DE POLIETILENO EM MISTURAS ASFÁLTICAS

ACADÊMICAS: Karlla Maria Vieira da Silva, Sabrina Maria Sipriano

ORIENTADOR: Mateus Zanirate de Miranda

LINHA DE PESQUISA: Construção civil – Tecnologia de materiais e métodos construtivos.

RESUMO

As rodovias brasileiras, caracterizadas pelo transporte de grande parte dos insumos consumidos pelas sociedades, estão em situações precárias, seja pela falta de investimento em manutenção, seja pelo mau uso ou matéria prima de má qualidade. Além disso, a maior parte dessas rodovias não são pavimentadas, o que causa grande transtorno na locomoção de pessoas e mercadorias. O trabalho, portanto, busca estudar uma nova mistura asfáltica com adição de polietileno, um polímero altamente utilizado em diversos materiais na sociedade, que tem características que podem ou não ser viáveis para melhor qualidade e aumento da vida útil dos pavimentos. A ideia de melhorar a pavimentação dos solos engloba, além de todos os benefícios relacionados ao transporte, uma redução de acidentes e melhora da qualidade de vida da sociedade em geral, o que torna o tema relevante ao estudo.

PALAVRAS CHAVE: Polietileno, Pavimentação, Asfalto, Transporte.

INTRODUÇÃO

A urbanização no Brasil aconteceu de forma desordenada e acelerada, fatos que resultaram em cidades que não consideram as questões ambientais e a impermeabilização do solo ocupado (TUCCI; BERTONI, 2003).

Um estudo realizado pelo Departamento Nacional de Transportes Terrestres (DNIT) em 2017, demonstrou que o país possuía em média 221.820 quilômetros de estradas pavimentadas, sendo que 99% dessa malha rodoviária pavimentada são de pavimentos flexíveis – asfalto (CNT, 2017).

Segundo a NBR-7207/82 da ABNT (Página 2) tem-se a seguinte definição para pavimento:

- O pavimento é uma estrutura construída após terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, a:
- a) resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
 - b) melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;
 - c) resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

Acontece que o país vem sofrendo por uma má qualidade estrutural de sua pavimentação de forma geral. Uma pesquisa feita pela Confederação Nacional do Transporte (CNT), em dezembro de 2021, aponta que mais de 60% das rodovias brasileiras pavimentadas têm condições insatisfatórias para circulação, fato que levanta o interesse em estudos e pesquisas que analisam possíveis causas e alcance futuras melhorias a esses transtornos nas estradas brasileiras (CNT, 2021).

A Engenharia Civil tem grande importância na busca por desenvolvimento e melhorias estruturais nas cidades, porém ao mesmo tempo gera grandes problemas ambientais. Sabendo disso, a área da construção civil está em constante busca para amenizar os efeitos colaterais ao meio ambiente, sendo assim buscar alternativas sustentáveis de aproveitamento dos resíduos produzidos dentro e fora do ambiente de obras se tornou essencial (SPADOTTO *et al.*, 2011).

O plástico - polímero é um dos resíduos mais prejudiciais ao meio ambiente, podendo levar milhares de anos para se decompor. Este material pode ser encontrado de diversos tipos no mercado, sendo que os mais comuns são os termoplásticos, por permitirem inúmeras fundições devido à sua estrutura molecular (Kaza *et al.*, 2018).

Faz parte desse grupo de polímeros o polietileno de alta densidade (PEAD), (utilizado em embalagens de detergentes, tambores para tintas, etc.), que segundo o CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem) em 2019 divulgou um levantamento, onde ele corresponde cerca de 18% do total de resíduos plásticos reciclados (CEMPRE, 2019).

No Brasil, os métodos e técnicas adotados para realização de pavimentação são os mesmos desde a década de 1960, sendo que seu dimensionamento apresenta uma defasagem de 40 anos, em média, em relação a outros países (BRIEFING, 2017).

Na pavimentação asfáltica, os ligantes modificados por polímeros são considerados uma alternativa sustentável que proporciona melhorias significativas nas características do material, auxiliando na impermeabilização, na redução do desgaste por abrasão e a suscetibilidade a variação de temperatura (BOTARO *et al.*, 2006). Em seus estudos, Attaelmanan *et al.* (2011) denota que a incorporação de PEAD no ligante asfáltico garante maior resistência à deformação permanente, devido sua alta estabilidade.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho comparar as propriedades do asfalto comum com as do asfalto com adição de PEAD, reafirmando a contribuição desse estudo com a busca de materiais alternativos que podem ser utilizados na pavimentação com asfalto, a fim de melhorar seu desempenho e durabilidade, garantindo sempre um bom estado estrutural durante sua vida útil.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A modificação de asfaltos com materiais plásticos já apresentava viabilidade econômica desde o ano de 1970 quando os estudos desses modificadores passaram a ser efetuados. (FONTOURA, 2019).

De acordo com Bernucci *et al.* (2008), para que o polímero atenda às condições técnicas e seja viável economicamente, o material deve ser resistente à degradação nas temperaturas usuais de utilização do asfalto, sua mistura a asfalto ser adequada, melhore as características fluidez do asfalto, sem que o ligante fique muito viscoso, nem tão, nem tão quebradiço a baixas temperaturas.

O polietileno, escolhido como material base deste trabalho, é um polímero de alta produção industrial e um dos motivos é sua viabilidade econômica, além de ter em suas características uma resistência a altas temperaturas, resistência ao envelhecimento e módulo elevado, o que é vantajoso para ser explorado junto ao asfalto. Por outro lado, é um material que tem dificuldade de dispersão no ligante, problemas de estabilidade, necessidade de porcentagens elevadas e baixa recuperação elástica, desvantagens estas que serão analisadas e compensadas (FONTOURA, 2019).

O Polietileno de Alta Densidade (PEAD) é um dos tipos do polímero, e por ter melhor resultado no quesito estabilidade segundo os estudos de Awwad e Shbeeb (2007), seguindo a metodologia de dosagem Marshall, é mais interessante utilizá-lo nos estudos asfálticos por trazer benefícios no quesito de deformação permanente (FONTOURA, 2019).

A importância desse tipo de estudo vai além da temática de pavimentação, uma vez que o preço do principal insumo asfáltico encareceu e por consequência elevou o preço das obras de manutenção das vias, danificando cada vez mais veículos, elevando o preço dos combustíveis e os tempos gastos em viagens, além de interferir no preço de todos os produtos comercializados, uma vez que o transporte destes fica mais caro (CNT, 2019). Segundo o DNIT (Departamento

nacional de transportes terrestres), 70% da carga que abastece todo o território brasileiro são transportadas por rodovias, porém apenas 13% das estradas são pavimentadas, o que encarece em 50% o valor dos transportes e coloca em risco toda população que percorre esses meios diariamente (SANTOS, 2018).

Tudo isso potencializado pelo baixo investimento nas vias tornam esse tema de extrema importância, uma vez que é algo essencial de uso de toda sociedade. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2019).

Visto que o orçamento em 2021, previsto pelo DNIT para manutenção das rodovias federais, não condiz com a realidade total dos custos que serão gerados para atender à demanda das rodovias que se encontram em péssimos estados de conservação, segundo a Agência INFRA o valor referente é de R\$ 3,9 bilhões e o órgão admite que será insuficiente (Agência INFRA, 2021).

O custo nacional com acidentes rodoviários chegou a 12,19 bilhões de reais – valor que sobrepõe o investimento feito em 2021 em manutenção das vias, o que aponta que o País gasta mais com acidentes provocados pelas condições precárias das vias do que com manutenção e recuperação da infraestrutura (GAMA, 2022).

METODOLOGIA

O trabalho apresentado trata-se de uma pesquisa experimental onde define-se um objeto de estudo bem como as variáveis capazes de influenciá-lo e por fim organizar formas de observar e controlar os efeitos dessas variações para melhor desempenho do estudo (SCRIPTA, 2014).

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Materiais Asfálticos e Misturas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no mês de agosto de 2022, com intuito de avaliar as amostras de asfalto com adição de partículas de polietileno quanto à estabilidade adquirida.

Os corpos de prova foram moldados de acordo com o DNIT, que estabelece que o recipiente deve ter 100mm de diâmetro, 100mm de altura e para melhor preservação os recipientes também serão de polietileno puro (DNIT, 2022).

Os materiais foram misturados de forma manual em 9 corpos de prova distintos, sendo o ligante (CAP-50) e os agregados (Brita 1 e pó de pedra) fornecidos pela empresa Workpav Pavimentação Ltda do município de Viçosa/MG e o polietileno triturado fornecido pela empresa Nanoplastic. Os corpos de prova

moldados serão transportados ao laboratório onde serão testados e os resultados analisados através da média aritmética dos 9 resultados (DNIT, 2018).

As partículas de polietileno foram misturadas ao ligante numa proporção de 15% em relação a ele, misturando de forma manual por 30 minutos e controlando a temperatura a 100°C. O próximo passo é transferir o material ao molde de compactação onde serão aplicados 75 golpes e em 12h será feita a desforma dos corpos de prova. Os corpos de prova são deixados em banho-maria a 60°C por 30 minutos para enfim serem levados à prensa Marshall. Esse procedimento possibilitará conhecer a estabilidade, fluência e resistência à tração (NASCIMENTO *et al.*, 2021).

As proporções e métodos utilizados tiveram como referência as normas do DNIT 178/2018 – PRO, NBR 5738/2015, DNIT 031/2006 e processo de dosagem Marshall.

Os resultados foram apresentados descritivamente, comparando estabilidade e deformação e as resultantes das resistências das amostras do asfalto com adição de polietileno puro (PEAD).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em primeiro lugar, após o processo de moldagem em campo (Figura 1), realizou-se a identificação dos corpos de prova enviados para o laboratório, conforme a Figura 2. Nesse viés, nota-se a padronização de medidas 10x10 (cm), além da enumeração do CP1 ao CP9.



Figura 1: Execução da moldagem dos Corpos de Prova
Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.



Figura 2: Identificação dos Corpos de Prova
Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.

Após a etapa de identificação, os corpos de prova foram submetidos ao Ensaio de Marshall, cujo processo se caracteriza, primeiramente, pelo arranjo do material dentro do molde, seguido do posicionamento do CP na prensa mecânica (Figura 3). Posteriormente, ocorrerá a aplicação de uma força de compressão, resultando em uma deformação do material em estudo.



Figura 3: Deformação do CP após Ensaio Marshall
Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.



Figura 4: Corpos de Prova após o Ensaio Marshall
 Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.

O Ensaio Marshall tem sua importância primordial ligada ao fator de segurança que agrega ao revestimento, visto que está presente já na escolha da qualidade e do percentual dos agregados e ligantes, o que garante que a massa asfáltica atinja um teor ótimo que garantirá estabilidade e duração para as rodovias (CONTENCO, 2022).

Sendo assim, após o processo de identificação e realização dos ensaios laboratoriais, nota-se que de acordo com o DNIT 031/2006, a camada de rolamento deverá apresentar uma Estabilidade Mínima Marshall equivalente a 500 Kgf. Nesse estudo, após a correção da estabilidade, todos os corpos de prova produzidos apresentaram valores acima do mínimo exigido, embora tenha ocorrido uma grande variação entre os resultados, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Estabilidade Marshall dos Corpos de Prova ensaiados.

Nº do Corpo de Prova	Deformação (mm)	Estabilidade Marshall (Kgf)	Espessura do Corpo de Prova ($H_{Média}$) (mm)	Fator de correção (em função da espessura do Corpo de Prova) NORMA DNER – ME043/95	Estabilidade Marshall Corrigida (Kgf)
CP1	15,25	1045	74,6	0,78	815
CP2	15,00	1054	74,6	0,78	822
CP3	14,52	1023	75,4	0,78	798
CP4	13,91	684	75,4	0,77	527
CP5	11,72	679	75,4	0,77	523
CP6	12,89	697	73,5	0,80	558
CP7	13,00	827	73,0	0,81	670
CP8	15,78	891	73,5	0,80	713
CP9	16,58	957	75,4	0,77	737

Obs.:

1. A Estabilidade Marshall Corrigida é obtida pela multiplicação da Estabilidade Marshall pelo fator correspondente à espessura do corpo de prova ensaiado;

2. Os corpos de prova foram cortados em uma Máquina Poli Cortes, uma vez que não cabiam no nosso molde, e para que atendessem à exigência da norma DNER ME043/95;
 3. Espessura ou altura.
-

Fonte: Elaborado pelos autores.

A variação de resultados, de acordo com o Laboratório de Materiais Asfálticos e Misturas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), podem ser justificadas segundo o método de produção manual em canteiro, visto que a compactação manual pode ter causado divergência nos valores, principalmente pela hipótese de variação da energia de compactação (BALMACEDA, 1991). Entretanto, o fato corrobora que uma execução sistematizada dos Corpos de Prova (CP's) seria capaz de possibilitar resultados ainda mais favoráveis ao estudo, ratificando a garantia do experimento (DNIT, 2018).

Para comprovação de dados, realizou-se uma média aritmética simples entre os resultados obtidos, a fim de representar todos os valores da distribuição. Sendo assim, tem-se:

$$M_A = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{n}$$

Onde:

M_A = Média aritmética simples;

X_1, X_2, \dots, X_N = Soma de termos numéricos;

n = Número de termos.

$$M_A = \frac{(815 + 822 + 798 + 527 + 523 + 558 + 670 + 713 + 737)}{9}$$

$$M_A = 684,78$$

Percebe-se que o valor encontrado para a estabilidade média, equivalente a 684,78 Kgf, também se encontra acima do valor mínimo exigido pelo DNIT 031/2006.

Além disso, também estabeleceu-se um gráfico denotando os parâmetros de deformação e estabilidade corrigida, conforme a execução do ensaio em nove corpos de prova (Figura 5).

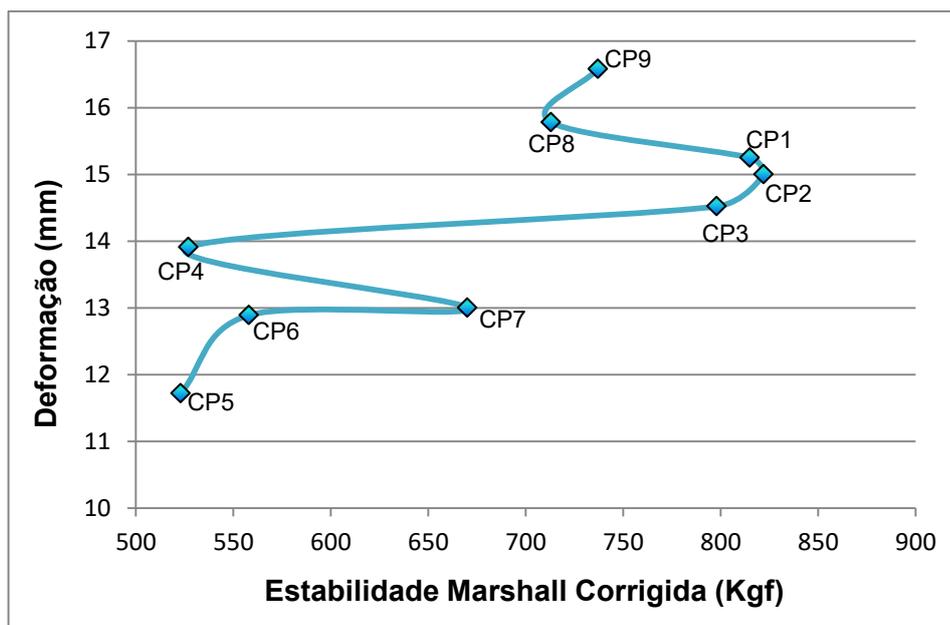


Figura 5: Gráfico comparativo entre Estabilidade e Deformação.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base na figura acima, torna-se perceptível que os corpos de prova com o maior teor de estabilidade Marshall (acima de 700 Kgf) foram os que apresentaram as maiores deformações. Além disso, nota-se que os primeiros corpos de prova ensaiados (CP1, CP2 e CP3) apresentaram resultados aproximados para os dois parâmetros confrontados no gráfico, indicando, talvez, que o início do experimento foi realizado com maior destreza, atingindo padronização de resultados (além de uma estabilidade maior para os corpos de prova). Ademais, percebe-se que o CP4 e o CP5 apresentaram a maior espessura e o menor fator de correção, sendo possível indicar que esses fatores podem influenciar na estabilidade Marshall, uma vez que os corpos de prova ficaram abaixo de 550 Kgf (menores estabilidades, no geral).

Sendo assim, Resende (2016) ratifica a importância da verificação da estabilidade, visto que será possível obter uma relação entre os resultados do laboratório e a vida útil que o pavimento poderá apresentar após a aplicação da mistura asfáltica que foi ensaiada.

Entretanto, por outro lado, Kalantar *et al.* (2012) indica que embora o polietileno seja um material resistente a altas temperaturas e apresente maior resistência ao envelhecimento, ele também pode acarretar grandes dificuldades na dispersão do ligante e problemas de instabilidade, dificultando a obtenção de bons resultados da mistura ensaiada.

No trabalho de Thaís Regina Kolling para a Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul – UNIJU em 2019 foi feita a análise laboratorial dos efeitos da incorporação de teores de resíduos PET, Politereftalato de Etileno, nas propriedades mecânicas e de desempenho do concreto asfálticos. Em seus resultados foi obtido que o asfalto modificado com PET apresenta maiores valores de estabilidades. Na resistência à tração por compressão diametral, as amostras atingiram todos os resultados satisfatórios perante a norma do DNIT, porém as misturas com adição tiveram resultados menores em relação às misturas do asfalto comum utilizado. Assim pode-se verificar que as misturas com adição são mais flexíveis, o que pode evidenciar uma resistência a fadiga e baixa resistência a ruptura.

Moghaddam e Karim (2012) realizaram um estudo onde notaram que a vida de fadiga do asfalto com adição de PET aumentou, embora a rigidez tenha diminuído.

Ana Letícia Nóbrega Rabello Tavares (2018) em seu trabalho obteve-se que com o aumento do teor de PET na composição do ligante asfáltico, aumenta-se o ponto de amolecimento, a viscosidade e diminui-se a penetração. Tais propriedades são desejáveis, porém para se trabalhar com um ligante assim, o gasto energético também é aumentado.

Outro material utilizado em estudos com a mesma ideia de reutilizar resíduos que poluem o meio ambiente, é a borracha proveniente de pneus. A borracha de pneus quando misturadas ao asfalto, resulta em um produto com maior durabilidade e é capaz de aperfeiçoar as características já existentes no asfalto convencional (ZATARIN *et al.*, 2017).

Ramon Abreu Souza e Augusto Oliveira Berbert (2020) em seu trabalho, obteve que o asfalto com adição de borracha tem um comportamento similar ao dos pneus dos carros, sendo bastante flexíveis e elásticos, permitindo assim que se movimentem ao serem solicitados por uma carga, isso faz que não sejam geradas trincas e fissuras no pavimento tendo com isso maior durabilidade e resistência. O asfalto-borracha apresenta bons resultados para sua aplicação e utilização, em contrapartida possui alto custo da matéria prima pronta e do controle tecnológico mais apurado para a produção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como se pode constatar com base nos resultados obtidos, nota-se que a moldagem do corpo de prova apresenta grande relevância em todo o processo, visto que a compactação da camada asfáltica apresentará variações caso o número de golpes não seja executado com uma intensidade padronizada.

Além disso, observa-se que a adição do polietileno gerou um gasto energético maior na dispersão do aditivo no ligante, uma vez que aumentando o seu teor na composição, aumenta-se também o ponto de amolecimento e a viscosidade e diminui-se a penetração, o que exige maior tempo da mistura ao aquecimento. Nesse sentido, pelo fato da mistura atingir um aspecto mais ligante, nota-se que foi necessário o uso de maiores porcentagens de pó de pedra em alguns corpos de prova, para que o revestimento chegasse a sua devida rigidez.

Desta forma, com os teores de polietileno adotados, pode-se dizer que a adição do resíduo plástico apresentou uma condição satisfatória para as propriedades do revestimento asfáltico, embora isso não tenha acontecido de forma uniforme em todos os moldes testados. Por ser um material alternativo e um resíduo abundante, entende-se que é viável sua utilização em obras de pavimentação para baixo volume de tráfego, de forma a inovar e atender a uma preocupação global e ambiental, que é a disposição de materiais plásticos pós-consumo, dando a ele uma destinação e reduzindo o consumo de recursos naturais.

Logo, indica-se então que é necessária a realização de mais estudos sobre a incorporação deste resíduo na composição asfáltica, a fim de avaliar mais parâmetros que são requeridos pelo pavimento flexível e para que ele possa ser utilizado em larga escala no campo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR5738**: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR7207**: Terminologia e classificação da pavimentação. Rio de Janeiro, 1982.

ATTAELMANAN, M., FENG, C. P., & Ai, A. H. (2011). *Laboratory evaluation of HMA with high density polyethylene as a modifier*. Construction and Building Materials, 25(5), p. 2764–2770.

AWWAD, M.; SHBEEB, L. (2007). ***The use of polyethylene in hot asphalt mixtures***. *American Journal of Applied Sciences*, 4(6), p. 390–396.

BALMACEDA, Alfredo R.. “**Suelos compactados - un estudio teórico y experimental**”. Universitat Politècnica de Catalunya. Tesis Doctoral. Barcelona. 1991.

BERNUCCI, L.; MOTTA, L.; CERATTI, J.; SOARES, J. **Pavimentação asfáltica – formação básica para engenheiros**. 1ª ed. (3ª reimpr.) Rio de Janeiro: Petrobrás, Associação Brasileira das empresas distribuidoras de asfalto, 2008 (reimpr. 2010).

BOTARO, V.; CASTRO, S.; JUNIOR, F.; CERANTOLA, A.; **Obtenção e caracterização de blendas de asfalto CAP 20, modificado com poliestireno reciclado, resíduos de pneu e lignina organossolve**. Ouro Preto. Metalurgia & Mat. Escola de Minas (UFOP). p. 1-6. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rem/a/5FDJWvVvNpDx8qM7YHQ6w5P/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

BRIEFING. **Transporte Rodoviário: Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?**. 2017. Disponível em: <http://anut.org/wp-content/uploads/2017/10/Pavimentos.pdf>. Acesso em: 07 novembro 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Falta de investimento: Piora de qualidade das rodovias públicas brasileiras**. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://cnt.org.br/agencia-cnt/sem-investimentos-rodovias-publicas-brasileiras-apresentam-piora-de-qualidade>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Métodos para dimensionar o pavimento**. Brasília, 2017. Disponível em: <<https://cnt.org.br/agencia-cnt/brasil-tem-metodo-antigo-para-dimensionar-o-pavimento>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte Rodoviário - Impactos da Qualidade do Asfalto sobre o Transporte Rodoviário**. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://cnt.org.br/impactos-qualidade-asfalto-transporte-rodoviario>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

CONTENCO (São José da Lapa). **Ensaio Marshall: Entenda O Que É E Como É Realizado: Qual A Importância Do Ensaio Marshall?**. São José da Lapa, 2022. Disponível em: <<https://contenco.com.br/ensaio-marshall/>>. Acesso em: 5 nov. 2022.

DNIT. **DNIT 031/2006 – ES: Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2006. 14p.

DNIT. **DNIT 178/2018 – PRO: Pavimentação asfáltica - Preparação de corpos de prova para ensaios mecânicos usando o compactador giratório Superpave ou o Marshall – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2018. 19p.

FONTOURA, E. **Incorporação de flocos reciclados de polietileno em ligante asfáltico**. 2019. 32 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2019. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/205826/001111531.pdf?sequenc e=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

GAMA, P. **Mortes nas estrada: péssimas condições da via também causam acidentes.** [S. l.], 2022. Disponível em: <<https://www.uol.com.br/carros/colunas/paula-gama/2022/02/11/mortes-nas-estradas-pessimas-condicoes-da-via-tambem-causam-acidentes.htm>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

KALANTAR, Z.; KARIM, M; MAHREZ, A. (2012). **A review of using waste and virgin polymer in pavement.** Construction and Building Materials, 33, p. 55–62.

KAZA, S.; YAO, L.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.** Washington: World Bank; 2018. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

KOLLING, Thaís Regina. **Desempenho Mecânico de Concretos Asfálticos com Incorporação de Resíduo de Politereftalato de Etileno.** Santa Rosa, 2019. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/6180/Tha%20c3%ads%20Regina%20Kolling.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 novembro de 2022.

NASCIMENTO, J.; SAMPAIO, A.; PAIVA, R.; MENEZES, N. **Estudo de teste da resistência do revestimento asfáltico empregando ligante tipo asfalto-borracha pelo processo úmido.** Tese (Pós-graduação em Pavimentação de Estradas e Rodovias) – Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, [S. l.], 2021. Disponível em: <<https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/Contecc2021/Civil/ESTUDO%20DE%20TESTE%20DA%20RESIST%3%8ANCIA%20DO%20REVESTIMENTO%20ASF%3%81LTICO%20EMPREGANDO%20LIGANTE%20TIPO%20ASFALTO-BORRACHA%20PELO%20PROCESSO%20%3%9AMIDO.pdf>> Acesso em: 5 jul. 2022.

OLIVEIRA, K; PINTO, F. **Estudo das propriedades do termoplástico PEAD como alternativa para substituição do asfalto convencional.** In: FIGUEIREDO, S.; RODRIGUEZ, F.; RIBAS, L. **Saberes da engenharia: Uma contribuição para a sociedade.** 1. ed. Belo Horizonte: Poisson, 2022. v. 1, cap. 4, p. 53-61.

RESENDE, M. **Ensaio Marshall.** Brasil, 2016. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/MarlonRamosResende/ensaio-marshall>>. Acesso em: 01 nov. 2022.

SANTOS, Gilmaria Silva dos. **Brasil tem apenas 13% das estradas pavimentadas.** [S. l.], 2018. Disponível em: <<https://bityli.com/WvKlHagy>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

SCRIPTA, E. **CLASSIFICAÇÃO DA METODOLOGIA DA PESQUISA.** [S. l.], 8 jan. 2014. Disponível em: <<https://eccscripta.wordpress.com/2014/01/08/classificacao-da-metodologia-da-pesquisa/>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

SPADOTTO, A.; NORA, D.; TURELLA, E.; WERGENES, T. **Impactos ambientais causados pela construção civil.** 2011. Dissertação (Graduação) - Universidade do

Oeste de Santa Catarina campus de Xanxerê, [S. l.], 2011. Disponível em: <<https://files.core.ac.uk/pdf/12703/235124968.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2022.

TAVARES, Ana Letícia Nóbrega Rabello.
Estudo das Propriedades físicas e químicas do ligante asfáltico CAP 50/70 modificado por adição de PET triturado.
Campina Grande, 13 de dezembro de 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/23475/ANA%20LET%20CIA%20N%20BREGA%20RABELLO%20TAVARES%20-%20TCC%20ENG.%20CIVIL%20CTRN%202018.pdf?sequence=1&isAllowed=yereç> Acesso em: 01 novembro 2022.

TUCCI, C; BERTONI, J. **Inundações urbanas na América do Sul.** 1ª ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 156p.

ZATARIN, A. P. M., SILVA, A. L. F., ANEMAM, L. S., BARROS, M. R., CHRISOSTOMO, W. Viabilidade da pavimentação com asfalto-borracha. **Gest. Sust. Ambient.**, v. 5, n. 2, p. 649-674, 2017.

