



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

TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA CIVIL – 2023/02



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

MATIPÓ, 2023

TRABALHOS PRESENTES NESTE VOLUME

ANÁLISE DA MEDIDA DO COEFICIENTE MÉDIO DE TEMPO DE EXECUÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE UMA EMPRESA DO INTERIOR DE MINAS GERAIS

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO COM A ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEU

USO DE DETERGENTE NEUTRO COMO ADITIVO PLASTIFICANTE EM ARGAMASSA DE REVESTIMENTO: AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA NA TRABALHABILIDADE E RESISTÊNCIA

VIABILIDADE DO USO DE PLACAS SOLARES EM RESIDÊNCIAS NA CIDADE BDE SANTO ANTÔNIO DO GRAMA – MG

ANÁLISE DA MEDIDA DO COEFICIENTE MÉDIO DE TEMPO DE EXECUÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE UMA EMPRESA DO INTERIOR DE MINAS GERAIS

Acadêmicos: Kelen Luísa Sampaio Pires e Margarida Marielen Vieira

Orientador: Prof. Mateus Zanirate de Miranda

Linha de Pesquisa: Gestão e Economia da Construção

RESUMO

O cenário atual de intensa concorrência aliado a necessidade de cumprimento de prazos e controle de custos impõem às construtoras a obrigação de investir em melhorias de produtividade em suas construções. Nesse sentido, o presente trabalho concentra-se na avaliação da produtividade da mão de obra na execução de alvenaria, especificamente no método de alvenaria de bloco de concreto estrutural. Diante do contexto de crescimento e concorrência na construção civil, a eficiência nas etapas construtivas torna-se crucial para reduzir desperdícios, otimizar o tempo de execução e gerar lucros. O objetivo principal da pesquisa é analisar o tempo despendido na execução de serviços de alvenaria de bloco de concreto estrutural, e o custo com funcionários em cinco muros construídos por uma empresa localizada no interior de Minas Gerais. A produtividade do serviço foi avaliada utilizando a RUP como indicador e comparando com os dados da bibliografia, o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e a Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO). Identificaram-se índices de produtividade insatisfatórios quando comparados com as referências. Observou-se que a variação na produtividade entre os diferentes muros indica a necessidade de um gerenciamento mais específico para cada projeto. Portanto, este trabalho destaca a importância da produtividade na elaboração de orçamentos competitivos, apontando oportunidades de melhoria, como a ampliação da metodologia para outros canteiros de obras, monitoramento contínuo da produtividade, identificação de períodos improdutivo e aprofundamento na análise das práticas de gerenciamento.

PALAVRAS-CHAVE: Alvenaria de bloco de concreto estrutural. Produtividade. Produtividade da mão de obra.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento do mercado e da concorrência na área da construção civil as empresas notam a necessidade do aumento da produtividade visando a eficiência nas etapas construtivas, com intenção de reduzir desperdício de materiais, otimizar o tempo da execução e assim gerar lucros maiores (WALTER, 2018). Portanto, é necessário entender quais são os fatores que podem impactar de alguma forma na produtividade.

A carência de mão de obra na construção civil e a alternância de funcionários comprometem diretamente a produtividade das empresas, por este motivo elas têm

dificuldades na hora de elaborar um orçamento competitivo para licitações. O planejamento da produtividade é realizado de acordo com alguns bancos de dados que oferecem os coeficientes de rendimento para cada método construtivo, como Sistema Nacional de Pesquisa De Custos e Índices Da Construção Civil (SINAPI) e a Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO), no entanto, esses coeficientes muitas vezes não representam a realidade das empresas (CREMOM, 2014).

Dentro deste contexto é fundamental que as empresas conheçam as características de seus corpos de trabalho para poderem desempenhar um bom plano de custos e planejamento físico e financeiro. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo principal analisar o tempo despendido na execução de serviços de alvenaria de bloco de concreto estrutural, e o custo com funcionários em cinco muros construídos por uma empresa localizada no interior de Minas Gerais.

Trabalhos como este podem auxiliar na realização de um planejamento mais assertivo, a fim de auxiliar empresas a realizar um bom orçamento com base na realidade, sem desrespeitar as normas técnicas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O setor da construção civil é de extrema importância para o desenvolvimento socioeconômico de um país, sendo responsável pela infraestrutura e edificações que sustentam diversas atividades humanas (CUNHA, 2012). Nesse contexto, é fundamental compreender os aspectos que envolvem a construção civil, considerando suas características, desafios e impactos.

Dentro da construção civil temos os muros de arrimo que são estruturas fundamentais para a contenção de terrenos e o suporte de cargas, evitando deslizamento de solo e garantindo a estabilidade das áreas envolvidas (MIRANDA, 2016). Entre os tipos de muros de arrimo, destacam-se os muros de alvenaria estrutural, são compostos por uma parede de alvenaria de blocos de concreto estrutural assentados com argamassa de cimento e areia. Este modelo estrutural é comumente empregado, mas também é recomendado apenas para estruturas que tenham altura máxima de 2 metros (OLIVEIRA e FIALHO, 2019).

A gestão na construção civil desempenha um papel fundamental no planejamento, execução e controle de projetos nessa indústria. Ela envolve o gerenciamento eficiente de recursos, prazos, custos e qualidade para garantir a

conclusão bem-sucedida dos empreendimentos. Uma gestão eficaz é crucial para maximizar a eficiência, minimizar riscos e otimizar os resultados no setor da construção civil (BRAGA, 2022). A gestão eficiente na construção civil requer o conhecimento e a aplicação de princípios e ferramentas de gerenciamento, tais como o uso de tecnologias avançadas, a adoção de práticas sustentáveis e a gestão de pessoas (SOHLER *et al.*, 2019).

A definição de orçamento com embasamento nas literaturas da construção civil engloba a atividade de determinar o custo de uma obra antes de sua efetiva realização, por meio de uma elaboração cuidadosa que se apoia em documentos específicos, tais como projetos e memoriais descritivos (MARTINS, 2012). Giammusso (1991) comenta que no orçamento de uma obra, podem ser identificados dois tipos de custos: custos diretos e custos indiretos. A empresa geralmente possui meios para estimar esses custos com uma boa aproximação.

O custo direto é a parte do custo que está diretamente relacionada à quantidade de bens ou serviços produzidos, ele abrange o levantamento de materiais e serviços utilizados em unidades ou produtos, constituindo uma parte constante do custo unitário. Portanto, engloba despesas com materiais, equipamentos (inclusive durante os períodos em que não estão em produção) e mão de obra. Por outro lado, o custo indireto refere-se à parcela do custo que não depende da quantidade de bens ou serviços produzidos, sendo assim uma componente variável do custo de cada unidade. Esses custos incluem despesas relacionadas à instalação do canteiro de obras, equipamentos para administração (veículos e móveis), mão de obra indireta (gerentes, engenheiros, mestre-de-obras, técnicos), despesas do escritório da empresa (matriz), atividades comerciais, capital de giro, encargos financeiros, contingências, bonificações e despesas tributárias (LERIA, 2019).

A TCPO, é conhecida como a principal fonte de referência para a elaboração de orçamentos de obras no Brasil. Sua primeira edição foi lançada em 1955 (Departamento de Engenharia). Nessa tabela, os profissionais da construção civil têm acesso a uma ampla gama de dados e informações que os auxiliam na estimativa dos consumos de insumos e mão de obra necessários para a execução dos serviços de construção (TCPO, 2008).

A TCPO fornece uma série de informações que situam o leitor no contexto dos custos e despesas que podem ser encontrados em uma obra específica. Nessa

tabela, são observados comentários sobre orçamentos, os quais são subdivididos em duas categorias: orçamento estimativo e orçamento definitivo. O orçamento estimado é calculado com base em projetos básicos, não levando em consideração os detalhes dos processos construtivos, o que resulta em uma estimativa menos precisa. É importante ressaltar que esse tipo de orçamento certamente sofrerá alterações ao longo do tempo. Por outro lado, no orçamento definitivo são levados em consideração todos os projetos executivos, fato este que fornece um maior nível de detalhamento nos gastos (LERIA, 2019).

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), conforme esclarecido na Nota Explicativa disponível no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi estabelecido e implementado em 1969 pelo Banco Nacional da Habitação (BNH). Seu propósito central é a produção, em escala nacional, de informações referentes a custos e índices destinados ao setor da construção civil. Inicialmente, o BNH deteve a responsabilidade pela gestão técnica do Sistema, abrangendo aspectos como projetos, serviços, especificações e composições. Nesse período, o IBGE foi designado para produzir séries mensais de preços de insumos, englobando materiais de construção e salários da mão de obra. A partir de agosto de 1982, a participação do IBGE foi expandida, assumindo também a função de disponibilizar as séries de custos e índices relacionados ao setor, consolidando-se como uma peça fundamental no apoio à gestão e tomada de decisões no âmbito da construção civil (Martins,2012).

O custo de mão de obra corresponde aos trabalhadores responsáveis pela manipulação dos materiais, incluindo os encargos sociais e outras despesas relacionadas à participação desses trabalhadores na obra. Essas despesas abrangem itens como Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), custos de alimentação, transporte e ferramentas de uso pessoal (TISAKA, 2006).

A contribuição da mão de obra para o custo unitário é determinada por meio do cálculo do número de horas empregadas na execução de um serviço específico. Esse cálculo se baseia na medição da produtividade da mão de obra, sendo que, geralmente, essa medição é realizada por meio dos funcionários e habilitados para tal tarefa (GIAMMUSSO, 1991).

METODOLOGIA

Este estudo é caracterizado como descritivo com abordagem quantitativa. Segundo Gil (2002), o principal objetivo da pesquisa descritiva é caracterizar uma determinada população ou fenômeno e estabelecer relações entre variáveis. A abordagem quantitativa permite a análise de dados obtidos por meio de processos padronizados (FONSECA, 2002).

A pesquisa foi conduzida por meio da coleta de dados de obras realizadas por uma empresa da Zona da Mata Mineira, especializada na prestação de serviços na área de construção civil no setor público. Alguns desses serviços incluem a construção de muros de arrimo de blocos de concreto estrutural.

Neste estudo, foram analisadas informações relacionadas à construção de cinco muros de arrimo de blocos de concreto estrutural sob contratos de uma prefeitura. Essas obras estavam situadas em cinco terrenos distintos, cada um com características particulares:

Muro 1: O primeiro muro faz parte de uma casa construída pela prefeitura, situada no mesmo nível da rua, a qual está pavimentada com asfalto e possui meio-fio. À esquerda da casa, há um barranco com 22,00 metros de extensão e altura variável de 2,30 metros. Esta lateral e os fundos do terreno fazem divisa com outros lotes que estão em um nível mais alto, e nele foi executado um quantitativo de 78,08m² de alvenaria (FIGURA 1).



Figura 1: Muro 1.

Fonte: Dados da pesquisa.

Muro 2: O segundo muro foi erguido em um terreno com declive em direção à lateral esquerda da casa, sendo necessário realizar uma contenção para ampliar a área onde a construção foi executada. Nele foi executado um quantitativo de 31,60m² de alvenaria (FIGURA 2).



Figura 2: Muro 2.

Fonte: Dados da pesquisa.

Muro 3: O terceiro muro está associado a uma residência em construção que requer contenção em sua fachada e laterais. Nele, foi executado um quantitativo de 25,00m² de alvenaria (FIGURA 3).



Figura 3: Muro 3.

Fonte: Dados da pesquisa.

Muro 4: O quarto muro é parte de uma casa situada em um nível inferior em relação à rua. À esquerda da casa, há um pequeno barranco que se estende ao longo da rua principal e nele foi executado um quantitativo de 124,34m² de alvenaria (FIGURA 4).



Figura 4: Muro 4.

Fonte: Dados da pesquisa.

Muro 5: O quinto muro está associado a uma residência, cujos fundos estão próximos a um barranco em processo de deslizamento em direção à casa. Nele, foi executado um quantitativo de 179,94m² de alvenaria (FIGURA 5).



Figura 5: Muro 5.

Fonte: Dados da pesquisa.

O serviço escolhido para a coleta e análise dos dados foi a de assentamento de blocos, que está descrita nas tabelas de referência como: alvenaria de blocos de concreto estrutural 14x19x39 cm (espessura 14 cm), fck = 4,5 MPa, utilizando colher de pedreiro.

A coleta de dados foi realizada com base nos documentos fornecidos pela empresa. Dentre os documentos utilizados encontram-se os projetos das obras, nos quais foi verificado o quantitativo total do serviço analisado em cada muro, assim como os diários de obra, nos quais a empresa registra o acompanhamento das atividades executadas, a quantidade de funcionários e equipamentos utilizados. Para uma compreensão mais aprofundada, também foi analisado o custo diário dos funcionários, sendo os valores obtidos a partir dos salários base de cada função fornecidos pela empresa.

Após a coleta de dados, foi empregado o método de medição da produtividade da mão de obra e verificada sua variação. Para isso, foi adotado um indicador conhecido como Razão Unitária de Produção (RUP) (SOUZA, 2017), que foi calculado utilizando a fórmula da RUP a seguir:

$$Rup = \frac{Hh}{QS}, \text{ onde:}$$

Hh = homens-hora;

QS= quantidade de serviço realizado.

O quantitativo de homens-hora foi obtido através do cálculo da quantidade total de horas gastas pelos funcionários para a realização do serviço. Já a quantidade de serviço realizado corresponde ao total da produção em metros quadrados de alvenaria construída.

A partir da Razão Unitária de Produção (RUP) dos cinco muros, foram utilizados três padrões para comparação: indicadores levantados pela própria empresa e bases de dados confiáveis, como SINAPI e TCPO (SOUZA, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para uma análise correta dos resultados, é necessário verificar a quantidade de funcionários (TABELA 1) que realizaram o serviço analisado e seus respectivos cargos, a fim de diferenciar suas funções específicas durante a realização da atividade (GONZÁLES e NEVES, 2018).

Tabela 1: Quantidade de funcionários por obra.

Cargo	Muro 1	Muro 2	Muro 3	Muro 4	Muro 5
Pedreiro	2	2	2	1	2
Servente	2	4	2	2	4

Fonte: Dados da pesquisa.

Além disso, foi necessário à análise da área total de alvenaria executada, conforme evidenciado na Tabela 3, bem como avaliar o total de horas despendidas na execução do serviço, conforme registrado na Tabela 2.

Tabela 2: Quantidade total de horas gastas no assentamento de blocos por muro.

Muros	Unidade	Quantidade de horas totais trabalhadas - Pedreiro	Quantidade de horas totais trabalhadas - Servente
Muro 1	H	336	336
Muro 2	H	128	256
Muro 3	H	144	144
Muro 4	H	152	304
Muro 5	H	208	416

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 03: Quantidade de alvenaria construída.

Muros	Unidade	Quantitativa alvenaria total
Muro 1	m ²	78,08
Muro 2	m ²	31,60
Muro 3	m ²	25,00
Muro 4	m ²	124,34
Muro 5	m ²	179,94

Fonte: Dados da pesquisa.

As análises foram conduzidas de forma independente para cada obra, as quais possuem contratos distintos. A atividade em questão foi avaliada com base no desempenho dos oficiais e de seus ajudantes, excluindo os encarregados ou mestres de obras, uma vez que estes últimos não estão diretamente envolvidos na execução da atividade.

Selecionou-se cuidadosamente as composições de preço unitário que melhor atendiam às necessidades do projeto, optando por aquelas que eram simples, adequadas e abrangentes. Estas composições foram incluídas em ambos os bancos

de dados, tanto no SINAPI quanto na TCPO. Para essa seleção, foram utilizados os custos das composições de junho de 2021, mesma data base de referência da licitação, ajustados para Minas Gerais após a desoneração.

A composição de preço unitário escolhida na tabela da TCPO está apresentada no Quadro 1:

Quadro 1: Composição de preço unitário segundo a TCPO.

CPU TCPO-PINI: 04222.8.1 - Alvenaria estrutural com blocos de concreto, juntas de 10mm com argamassa mista de cimento cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:0,25:3 (dimensões 19x19x39).

Fonte: TCPO

Os itens presentes nesta composição estão descritos conforme a Tabela 4.

Tabela 4: CPU TCPO-PINI: 04222.8.1

Código	Componente	Unidade	Consumos
01270.40.1	Pedreiro	H	0,80
01270.0.45.1	Servente	H	0,982

Fonte: TCPO-PINI

Já a composição do SINAPI que mais atendia o projeto foi a seguinte:

Quadro 2: Composição de preço unitário segundo o SINAPI.

CPU SINAPI: 89470 - alvenaria de blocos de concreto estrutural 14x19x39 cm (espessura 14 cm), fbk = 4,5 mpa, utilizando colher de pedreiro.

Fonte: SINAPI.

Os itens presentes nesta composição estão descritos conforme a Tabela 5.

Tabela 5: CPU SINAPI: 89470

Código	Componente	Unidade	Consumos
88309	Pedreiro com encargos complementares	H	0,62
88316	Servente com encargos complementares	H	0,62

Fonte: SINAPI

Os dados de produtividade efetiva no processo de elevação de alvenaria de bloco de concreto estrutural foram calculados levando em consideração exclusivamente as áreas líquidas de alvenaria executadas pelas equipes diretas responsáveis por essa atividade.

As Tabelas 6 e 7 apresentam as planilhas utilizadas, contendo a RUP obtida por cargo.

Tabela 6: Comparativo da média da produtividade do pedreiro no serviço de assentamento de alvenaria dos muros.

Muros	Unidade	RUP	TCPO	SINAPI
Muro 1	Hh/m ²	4,30	0,80	0,62
Muro 2	Hh/m ²	4,05	0,80	0,62
Muro 3	Hh/m ²	5,76	0,80	0,62
Muro 4	Hh/m ²	1,22	0,80	0,62
Muro 5	Hh/m ²	1,16	0,80	0,62

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 7: Comparativo da média da produtividade do servente no serviço de assentamento de alvenaria dos muros.

Muros	Unidade	RUP	TCPO	SINAPI
Muro 1	Hh/m ²	4,30	0,982	0,62

Muro 2	Hh/m ²	8,10	0,982	0,62
Muro 3	Hh/m ²	5,76	0,982	0,62
Muro 4	Hh/m ²	2,44	0,982	0,62
Muro 5	Hh/m ²	2,31	0,982	0,62

Fonte: Dados da pesquisa.

Após a conclusão dos cálculos, conforme apresentado nas Tabelas 6 e 7, foi possível identificar variações na produtividade entre os diferentes muros. Os muros 4 e 5 exibiram a RUP com valores próximos às referências da TCPO e do SINAPI, indicando, assim, uma produtividade mais alinhada com os verificados nessas bases de dados. Por outro lado, os demais muros apresentam valores mais altos do que os indicados, o que gera uma incompatibilidade com as referências de produtividade dos bancos de dados.

Apesar da avaliação da equipe ter ocorrido em um período relativamente curto, foi possível constatar que a empresa opera de maneira pouco eficiente e improdutivo em relação, às referências, indicando a necessidade de uma gestão mais eficaz desse serviço nas obras analisadas. Os números encontrados, que refletem uma tendência ao longo da obra, apresentam variações entre os diferentes muros e obras. Essa variação pode apontar para diferenças nas condições de trabalho, habilidades dos trabalhadores ou no planejamento da empresa para cada obra específica, destacando a necessidade de um gerenciamento e monitoramento mais efetivos dos funcionários, possivelmente por meio da presença de um encarregado (MORAES, 2019). Observou-se que, em média, foram necessárias 3,298 horas de pedreiro e 4,582 horas de ajudante para concluir um metro quadrado de alvenaria, valores que se mostraram relativamente altos ao serem comparados aos parâmetros estabelecidos (TABELA 6 e 7) tanto na TCPO quanto no SINAPI.

A identificação dos períodos improdutivos e atividades auxiliares durante a execução de alvenaria estrutural é essencial. Relacionar esses elementos com os índices de produtividade oferece uma compreensão valiosa para otimizar processos e melhorar o desempenho geral. Além disso, uma análise aprofundada das práticas de gerenciamento e dimensionamento das equipes de trabalho em obras é fundamental. Compreender como as equipes são estruturadas e gerenciadas impacta diretamente na eficiência operacional, sendo crucial para aprimorar os resultados em futuros empreendimentos (MORAES, 2019).

A fim de facilitar a visualização e comparação dos resultados obtidos, foram minuciosamente examinados os custos diários associados aos colaboradores. Como exemplo comparativo, confeccionou-se duas tabelas (TABELAS 8 e 9) considerando

os preços médios praticados no município em questão. Para a análise, foram utilizados os salários base oferecidos pela empresa, a convenção coletiva de trabalho vigente em abril de 2023 (SINDUSCON) e a tabela de preços do SINAPI, a média de preços foi calculada multiplicando a RUP pelo valor ofertado. Com base nessas informações, torna-se possível avaliar com precisão os dispêndios da empresa relacionados à conclusão da etapa de alvenaria dos muros.

Tabela 8: Gasto com pedreiros por m².

Muros	Unidade	Gasto real com funcionários por m ²	Gasto com funcionários por m ² - TCPO	Gasto com funcionários por m ² - SINAPI
Muro 1	R\$	59,82	7,64	15,14
Muro 2	R\$	56,30	7,64	15,14
Muro 3	R\$	80,06	7,64	15,14
Muro 4	R\$	16,99	7,64	15,14
Muro 5	R\$	16,07	7,64	15,14

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 09: Gasto com servente por m².

Muros	Unidade	Gasto real com funcionários por m ²	Gasto com funcionários por m ² - TCPO	Gasto com funcionários por m ² - SINAPI
Muro 1	R\$	49,06	6,71	11,01
Muro 2	R\$	92,35	6,71	11,01
Muro 3	R\$	65,66	6,71	11,01
Muro 4	R\$	27,87	6,71	11,01
Muro 5	R\$	26,36	6,71	11,01

Fonte: Dados da pesquisa.

Os coeficientes de representatividade foram originados a partir da coleta de preços realizada em diversos estados (UFs - Unidades da Federação) e, em sua maioria, possuem uma validade nacional, o que significa que um mesmo coeficiente é aplicado em todo o país. No entanto, é importante destacar que os coeficientes para insumos relacionados à mão de obra são gerados com base nas UFs, refletindo variações regionais específicas (SINAPI, 2023).

Nas Tabelas 8 e 9, observa-se que os valores revelam um gasto elevado com mão de obra quando comparados aos valores de referência da TCPO e do SINAPI, indicando que os custos deste serviço excedem o esperado no caso de obras públicas, onerando desta forma a obra de maneira geral. Isso sugere a necessidade de aprimorar as práticas de gestão para otimizar a eficiência e reduzir os custos associados à mão de obra. Esse alto custo é resultado da relação entre produtividade e custos. Em outras palavras, muros com RUP mais alta, indicando ineficiência, tendem a apresentar gastos reais mais altos quando comparados aos valores de referência.

Segundo as observações de Gama (2022), a elaboração de um orçamento competitivo para licitação desempenha um papel crucial no sucesso de um projeto de construção. Isso se deve à sua capacidade de antecipar os custos, proporcionar um controle eficaz sobre o consumo de materiais e orientar o engenheiro responsável pela obra nas decisões que se apresentam ao longo da execução do projeto.

Além disso, o orçamento exerce uma função crucial na administração da equipe de trabalho, oferecendo diretrizes essenciais para um gerenciamento eficaz. Conhecer a produtividade da empresa é um dos elementos mais fundamentais para a elaboração do orçamento e para a tomada de decisões. Em conjunto com o cronograma físico-financeiro, a empresa deve antecipadamente avaliar se terá a capacidade financeira necessária para suportar os custos do projeto (IBEC, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os índices de produtividade da mão de obra, conhecidos como RUPs, na execução de alvenaria de bloco de concreto estrutural, revelaram valores insatisfatórios ao serem comparados com os padrões estabelecidos nas bases de dados analisadas.

Identificam-se oportunidades claras para melhorias. É essencial investigar as razões subjacentes às variações de produtividade entre os diferentes muros e implementar práticas eficientes em toda a empresa, visando à padronização e ao aumento consistente da produtividade em todas as obras.

É preciso salientar que no recorte analisado neste trabalho foi levado em conta apenas as informações dispostas nos diários de obras e que nem sempre condizem com a realidade do serviço, ao passo que as referências consideram exclusivamente a execução da alvenaria.

Dada a natureza variável das obras na construção civil, é crucial que a empresa mantenha um monitoramento contínuo e avaliação em tempo real da produtividade. Isso permitirá ajustes dinâmicos às condições específicas de cada projeto, além de possibilitar investimentos em treinamento para os trabalhadores.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Bloco de concreto estrutural de concreto simples para alvenaria estrutural**. Rio de

Janeiro,1994. Disponível em: <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/nbr-6136.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2023

BRAGA, D. D. **A importância da implantação de ferramentas de controle no auxílio de tomada de decisão no setor da construção civil.** 2022. 45 f. Especialização em construção civil – UFMG, Minas Gerais, 2022.

BUSI, T. P. **Análise comparativa de edifícios em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos: geometria em planta baixa mais recomendada.** Orientador: Jean Marie Désir, 2009. 83 f. Trabalho de Diplomação, Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Paraná. Porto Alegre, 2009. Versão eletrônica.

CORADI, C.; MARIA, J.; GAZZONI, L.; BUSATTA, L. L. **Avaliação de patologias e terapias em muro de contenção de uma escola situada em Xanxerê - SC.** Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Xanxerê, v. 3, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/apeux/article/view/16487>. Acesso em: 4 set. 2023.

CORRÊA, Henrique Luiz e GIANESI, I G N. **Gestão estratégica de operações de serviço.** 1995, Anais. São Paulo: Fea-Usp, 1995. Acesso em: 15 nov. 2023.

CREMOM, P. H. **Estudo de caso: comparativo de produtividade entre sinapi e empreiteira de pequeno porte, para execução de alvenaria de vedação em uma habitação residencial vertical.** Orientador: Marcelo Guelbert, 2014. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014. Versão eletrônica.

CUNHA, G. C. **A importância do setor de construção civil para o desenvolvimento da economia brasileira e as alternativas complementares para o *fundin*g do crédito imobiliário no Brasil.** Orientador: Luiz Martins de Melo, 2019. 81 f. Monografia de bacharelado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

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

GAMA, M. C. **A ANÁLISE DE USO DO SINAPI PARA LICITAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS NA CIDADE DE POMBAL - PB.** Orientador: Dr. Eduardo Morais de

GIAMMUSSO, S. E. **Orçamento e Custos na Construção Civil.** Editora Pini- 2. Ed.ver., São Paulo, 1991.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4^a. Edição. São Paulo: Atlas, 2002.

GONZÁLEZ, E. F.; NEVES, D. F. **Análise da produtividade em processos construtivos da construção civil.** Revisão Uningá, v. 1, pág. 18–28, 2018. Disponível em: <https://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/1027>. Acesso em: 18 set. 2023.

IBEC. **Você sabe o que faz um engenheiro de custos?** IBEC, 2018. Disponível em: <https://ibecensino.org.br/voce-sabe-o-que-faz-um-engenheiro-de-custos/>. Acesso em: 11 set. 2023.

IBEC. **Entenda melhor a importância do orçamento na engenharia civil.** IBEC, 2019. Disponível em: <https://ibecensino.org.br/entenda-melhor-a-importancia-do-orcamento-na-engenharia-civil/>. Acesso em: 15 nov. 2023.

LERIA, G. **Análise comparativa do orçamento de uma residência Unifamiliar entre valores sinapi, cub e reais com o uso da tpo: estudo de caso na cidade de santa rosa/rs.** Orientador: Thiana Dias Hermann, 2019. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil — Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do sul – unijui, 2019.

LOIOLA, R. S. **ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE CONCRETO: Viabilidade técnica e econômica para a construção de edifícios no estado do Amapá.** Orientador: Elizeu Corrêa dos Santos, 2017. 111 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Amapá, 2017.

MARTINS, G. C. **Verificação do índice SINAPI para orçamento de obras.** 2012. 90 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

MORAES, F. M. S. **Fatores que influenciam a produtividade da mão de obra na construção civil: uma revisão de literatura.** Orientador: Igor Miranda Campos, 2019. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Mato Grosso, Barra do Garças, 2019. Disponível em: https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/1055/1/TCC_2019_%20Fernanda%20Martins%20de%20Souza%20Moraes.pdf. Acesso em: 15 nov. 2023.

OLIVEIRA, K. R. L.; FIALHO, P. H. Q. **Proposta de um novo projeto de estrutura de contenção do tipo muro de arrimo: estudo de caso em Caratinga-MG.** Orientador: José Salvador Alves, 2019. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil — Faculdade Doctum, Caratinga, 2019.

SINAPI. **Metodologias e Conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil / Caixa Econômica Federal.** – 9ª Ed. – Brasília: CAIXA, 2023.

SOHLER, F. A. S. **Gestão e Modelagem de Projetos para Engenheiros e Arquitetos.** 1. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2019. v. 1. 537p.

SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra: manual de gestão da produtividade na construção civil.** São Paulo: PINI, 2006.

SOUZA, U. E. L. de. **Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil /Ubiraci Espinelli Lemes de Souza, Felipe Germano Morasco, Guilherme Nicacio Brito Ribeiro.** — Brasília, DF: CBIC, 2017. 92 p.: il.

TCPO. **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos.** - 13ª ed. - São Paulo: Pini, 2008.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução/** Maçahiko Tisaka. — São Paulo: Editora Pini, 2006.

WALTER, T. **Análise de produtividade da mão de obra no serviço de execução da alvenaria.** Orientador: Fernanda Fernandes Marchiori, 2018. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil — Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

AValiação DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO COM A ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEU

Acadêmica: Mileny Schuenker de Oliveira Vieira.

Orientador: Douglas Delazari Martins.

Linha de Pesquisa: Tecnologia de Materiais e Métodos Construtivos, Reaproveitamento de Resíduos.

RESUMO

A utilização de borracha no concreto tem se mostrado uma opção viável para a fabricação de calçadas, passeios e meio fio, que demandam cargas menores. À medida que a tecnologia do concreto evolui, observa-se uma notável transformação à maneira como é produzido e à sua composição. Para o presente experimento, foram produzidos três corpos, com uma adição de 15% de borracha de pneu, submetidos a um período de cura de sete dias. Outros três corpos de prova foram expostos à mesma adição de borracha, porém com um período de cura de vinte e oito dias. Foram confeccionados, ainda, três corpos de prova com uma adição de 20% de borracha de pneu, sujeitos a um tempo de cura de sete dias, juntamente a outros três submetidos a um período de cura de vinte e oito dias. Adicionalmente, foram produzidos seis corpos de prova denominados como Traço Referência (T-Ref.), sendo que três deles foram curados por sete dias e o restante foi curado por vinte e oito dias. Ao longo do período de 28 dias, a inclusão de 15% de borracha de pneu resultou em uma queda de 30,9% de resistência à compressão em relação ao traço de referência. Além disso, ao aumentar a quantidade de borracha de pneu para 20%, verificou-se uma perda ainda mais significativa, chegando a 59,9% em relação à resistência do T-Ref. Ressalta-se, portanto, que o concreto, com as características obtidas não seria adequado para utilização em elementos estruturais, para os quais outros requisitos seriam necessários.

PALAVRAS-CHAVE: Borracha de pneu, Concreto, Resistência.

INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades que mais utilizam recursos naturais. Além disso, ela também gera uma grande quantidade de resíduos, tanto durante o processo de construção quanto após a conclusão da obra. No entanto, é importante destacar que existem práticas de estruturação que visam a reduzir o consumo de matéria-prima e a minimizar impactos ambientais, por meio do uso de materiais reciclados, reutilização de materiais de construção, uso de tecnologias mais eficientes e redução do desperdício de materiais (BRAVO, 2014).

No Brasil, aproximadamente 450 mil toneladas de pneus inservíveis são eliminadas. Essa situação resulta em um impacto ambiental de extrema relevância, uma vez que o componente em questão, devido a sua composição química, requer em média 600 anos para se decompor naturalmente, prolongando, assim, seu efeito

no ambiente (BRAIAN GABRIEL, SILVA, BOTELHO, COSTA, 2020).

Ademais, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) — por meio da Resolução nº 416, aprovada em 30 de setembro de 2009 — estabelece diretrizes para mitigar a degradação ambiental resultante de pneus sem serventia e define os procedimentos apropriados a sua destinação (CONAMA, 2009).

Segundo Queiroz (2018), nos últimos anos, foi possível perceber um crescente interesse na pesquisa sobre o uso de resíduos de pneus em concretos de cimento Portland, em resposta ao desafio global do descarte de pneus. Ademais, a pesquisa busca soluções sustentáveis para reduzir a poluição e o risco de incêndios associados ao descarte inadequado de pneus.

Rodrigues e Santos (2013) concluíram que os agregados recicláveis de borracha de pneu são propícios à construção civil, pois possuem características como elasticidade, leveza, absorção de energia e propriedade térmicas e acústicas.

Segundo Lucena, Angelino, Silva e Oliveira (2020), a utilização de borracha no concreto tem se mostrado uma opção viável para a fabricação de calçadas, passeios, meio fio, que demandam cargas menores. Além disso, mantém propriedades fundamentais para as obras.

Assim, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a resistência do concreto com a adição de borracha de pneu como substituto parcial do agregado graúdo.

Trabalhos como este são importantes para o crescimento dos saberes científicos sobre o assunto. Além disso, permitem compreender e cogitar possíveis benefícios ao meio ambiente.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conforme estabelecido por França (2004), o concreto é definido como um material de construção proveniente da mistura de cimento, agregados miúdos, agregados graúdos, água e, em algumas situações, aditivos químicos e adições. Os aditivos são utilizados com o propósito de aprimorar, alterar, realçar ou limitar determinadas reações, propriedades ou características do concreto, tanto em sua fase inicial quanto após o processo de endurecimento.

Helene e Andrade (2007) enfatizaram que o concreto à base de cimento Portland representa, atualmente, um dos materiais mais preponderantes no âmbito de construção civil. Apesar de ser relativamente recente no contexto dos materiais estruturais, pode ser considerado como uma das inovações mais notáveis na trajetória

do desenvolvimento da humanidade, exercendo uma influência substancial na elevação do padrão de vida.

De acordo com Mehta (1994), a força e longevidade do concreto estão condicionados à relação entre os componentes que o compõem. A interação entre os materiais que o compõem é denominada de dosagem.

Definem-se como agregados “material sem forma ou volume definido, geralmente inerte com dimensões e propriedades adequadas para produção de argamassa e concreto”, PETRUCCI (1998).

Os agregados podem ser divididos em graúdos e miúdos, conforme as especificações da ABNT NBR NM 248:2003. A norma considera graúdos aqueles cujos grãos passam por uma peneira com abertura de malha de 75 mm, mas são retidos pela peneira de 4,75 mm. Os miúdos são aqueles cujos grãos conseguem atravessar uma peneira de 4,75 mm, mas ficam retidos na peneira de 150 µm (micrómetro).

Nesse contexto, Souza *et al.* (2019) afirmaram que a cura apropriada é um fator determinante para otimizar as propriedades do concreto, resultando em uma redução da sua permeabilidade e um aumento na sua durabilidade. A cura adequada tem o potencial de incrementar a resistência compressiva do concreto em cerca de 30%, ao mesmo tempo em que minimiza a formação de trincas e fissuras, as quais podem comprometer a integridade estrutural da edificação.

Com base nas informações fornecidas pela Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), a composição dos pneus inclui negro de fumo, um subproduto do petróleo, enxofre, catalisadores e plastificantes. Eles são fortalecidos com lonas emborrachadas que podem ser feitas de cordonéis de aço, náilon ou kevlar. O processo crítico de fabricação envolve a vulcanização, em que os pneus são expostos a altas temperaturas, pressão e tempo em uma prensa. Após essa etapa, são realizados testes para avaliar a resistência, durabilidade, resistência à fadiga e capacidade de suportar velocidades sob carga (ANIP, 2018).

O descarte inadequado de resíduos tem sérias consequências, como a emissão de substâncias tóxicas na queima, poluição do ar, solo e água, obstrução de cursos d'água levando a enchentes e a criação de ambientes propícios à proliferação de mosquitos transmissores de doenças como dengue e febre amarela, gerando impactos negativos à saúde pública e ao meio ambiente (Ministério do Meio Ambiente, 2019).

À medida que a tecnologia do concreto evolui, observa-se uma notável transformação na maneira como é produzido e em sua composição. Segundo Segantini (2014) destaca — como parte de uma abordagem voltada ao desenvolvimento social e sustentável — há uma tendência notável entre pesquisadores e cientistas de materiais em analisar a resposta do concreto diante da inclusão de minerais e resíduos ambientais, como os provenientes da construção civil, as cinzas do bagaço da cana-de-açúcar e a casca de arroz, entre outros exemplos.

Conforme apontado por Eldin e Senouci (1992), de forma geral, os lotes de concreto que incorporaram borracha como substituto dos agregados naturais mostraram um desempenho satisfatório em termos de facilidade de manuseio, colocação e acabamento. No entanto, os autores notaram que o aumento na quantidade dos agregados de borracha resultou em uma diminuição na trabalhabilidade da mistura.

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa experimental. A pesquisa experimental, segundo Keppel (2004), consiste na busca para averiguar se um determinado procedimento tem impacto em um resultado utilizando dados reais.

A análise foi realizada no município de Matipó-MG, situado na Zona da Mata Mineira que possui 19.098 habitantes segundo dados do IBGE (2021), no período de maio a outubro de 2023. Os experimentos foram realizados no laboratório de Engenharia do Centro Universitário Vértice - Univértix.

Para a produção do concreto, foi utilizado cimento CP III-32 RS. Este aglomerante está normatizado pela da norma Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 5733 (ABNT, 1991) – Cimento Portland de Alto Forno, apresentando características técnicas tais como uma elevada resistência à deterioração e redução da taxa de permeabilidade.

Como agregado graúdo, foi utilizada a brita 3, sendo peneirado, apresentando diâmetro variando entre 25 e 50 mm. É utilizado em obras de drenos, rodovias, por exemplo.

Além disso, foi empregado, na composição do concreto, areia grossa lavada, cujos grãos apresentam diâmetro entre 2 mm e 4 mm.

Já os resíduos de borracha de pneu, foram obtidos de uma Borracharia da cidade de Raul Soares-MG. Trata-se de um pneu de trator do tipo radial, que

possui uma carcaça flexível, permitindo um contato mais extenso com o solo. Para o processo de fragmentação, o pneu foi submetido à trituração em uma guilhotina manual, resultando em partículas com formato semelhante ao da brita 3.

No processo de criação do concreto, um dos componentes essenciais é a água que desempenha um papel fundamental na hidratação dos materiais cimentícios. Nesse caso, a água utilizada foi fornecida pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), proveniente do abastecimento de água da cidade local.

Para estabelecer a proporção do agregado ao concreto, foram utilizados como referência os trabalhos de Oliveira Neto (2016), Santos (2018). Nesses estudos, evidenciou-se que, ao adicionar 10% e 15% de borracha em relação aos agregados graúdos, o resultado foi satisfatório e apresentou vantagens na sua utilização. Assim, nesta pesquisa foi utilizado 15% e 20% de borracha de pneu.

Foi utilizado concreto de cimento Portland com um traço denominado Traço Referência (T-Ref.), uma abordagem empírica foi adotada para efetuar as substituições do agregado graúdo pela borracha, no qual houve redução da quantidade de brita de modo a acomodar 15% e 20% de borracha.

TRAÇO	CIMENTO (kg)	AREIA (kg)	BRITA (kg)	PNEU (kg)
T- REF	13,56	27,12	27,12	-
15% DE PNEU	13,56	27,12	23,05	4,06
20% DE PNEU	13,56	27,12	21,69	5,42

Os corpos de prova foram moldados de acordo com a norma NBR 5738 (ABNT, 2008), seguindo as dimensões de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura.

Os ensaios de resistência foram realizados em dois momentos distintos: aos 7 e 28 dias após a moldagem dos corpos de prova.

A resistência à compressão (f_c) do corpo de prova é determinada dividindo o resultado do ensaio pelo valor da área da seção transversal do corpo de prova em cm^2 . Isso fornece a resistência em kgf/cm^2 , que, quando dividida por 10,1972, é convertida para a resistência em MPa.

Sendo assim, sua área será:

$$A = \pi * r^2$$

Onde:

A: Área;

r: raio;

d: Diâmetro;

Logo tem-se:

$$A = \pi * \left(\frac{0,1}{2}\right)^2$$

$$A = 0,007853 \text{ m}^2$$

Para o presente experimento, foram produzidos três corpos, seguindo orientação da NBR 12655:2015, corrigida em 2022, com uma adição de 15% de borracha de pneu, submetidos a um período de cura de sete dias. Também foram preparados outros três corpos de prova com a mesma adição de borracha, porém com um período de cura de vinte e oito dias.

Ainda foram confeccionados três corpos de prova com uma adição de 20% de borracha de pneu, sujeitos a um tempo de cura de sete dias, juntamente com outros três submetidos a um período de cura de vinte e oito dias.

Adicionalmente, foram produzidos seis corpos de prova denominados como “T- Ref”, sendo que três deles seriam curados por sete dias e o restante seria curado por vinte e oito dias. Ao total, foram produzidos uma 18 corpos de prova.

Os dados obtidos foram organizados no *Microsoft Excel* e apresentados descritivamente.

RESULTADOS

Após o rompimento na prensa hidráulica, obtiveram-se os seguintes resultados, como mostram as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Rompimento dos corpos de prova com 7 Dias.

TRAÇO REFERÊNCIA				
CORPO	VALOR EM TONELADAS	VALOR KN	VALOR EM KN/M ²	MPa
TESTE 1	6,02	59,036	7517,636	7,517
TESTE 2	6,36	62,370	7942,187	7,942
TESTE 3	7,88	77,276	9840,315	9,840
Média Mpa = 8,433				
CORPOS COM ADIÇÃO DE 15% DE BORRACHA				
CORPO	VALOR EM TONELADAS	VALOR KN	VALOR EM KN/M ²	Mpa

TESTE 1	6,10	59,820	7617,471	7,617
TESTE 2	6,04	59,232	7542,595	7,542
TESTE 3	6,91	67,764	8629,0589	8,629
Média Mpa = 7,929				
CORPOS COM ADIÇÃO DE 20% DE BORRACHA				
CORPO	VALOR EM TONELADAS	VALOR KN	VALOR EM Kn/M²	Mpa
TESTE 1	1,70	16,671	2122,882	2,122
TESTE 2	2,74	28,870	3676,302	3,676
TESTE 3	2,78	27,262	3471,539	3,471
Média Mpa = 3,089				

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 2 – Rompimento dos corpos de prova com 28 Dias.

TRAÇO REFERÊNCIA				
CORPO	VALOR EM TONELADAS	VALOR KN	VALOR EM KN/M²	MPa
TESTE 1	12,47	122,29	15572,392	15,572
TESTE 2	12,49	122,49	15597,860	15,597
TESTE 3	15,80	154,95	19731,312	19,731
Média Mpa = 16,966				
CORPOS COM ADIÇÃO DE 15% DE BORRACHA				
CORPO	VALOR EM TONELADAS	VALOR KN	VALOR EM KN/M²	Mpa
TESTE 1	8,52	83,552	10639,500	10,639
TESTE 2	9,47	92,869	11825,926	11,825
TESTE 3	10,19	99,929	12724,945	12,724
Média Mpa = 11,729				
CORPOS COM ADIÇÃO DE 20% DE BORRACHA				
CORPO	VALOR EM TONELADAS	VALOR KN	VALOR EM Kn/M²	Mpa
TESTE 1	5,00	49,033	6243,855	6,243
TESTE 2	4,36	42,757	5444,670	5,444
TESTE 3	7,00	68,646	8741,372	8,741
Média Mpa = 6,809				

Fonte: Dados da pesquisa

Após os dados experimentais apresentados nas Tabelas 1 e 2, evidenciou-se que corpos de prova que receberam uma adição de 15% demonstraram uma resistência à compressão superior em comparação àqueles que tiveram uma adição de 20%.

Durante a cura de 7 dias, como constatado na Figura 1, a adição de 15% de pneu resultou em uma redução de 6% na resistência à compressão, enquanto 20% de adição provocou uma queda acentuada de 63% em relação ao traço de referência. Isso indica uma relação não linear entre a quantidade de pneu e a resistência do concreto, sendo que o corpo de prova com 20% teve uma resistência aproximadamente 10 vezes menor que o traço de referência.

Ao longo do período de 28 dias, a inclusão de 15% de borracha de pneu resultou em uma redução na resistência, conforme evidenciado na Figura 2. Essa

diminuição se traduziu em uma queda de 30,9% em relação ao traço de referência. Além disso, ao aumentar a quantidade de borracha de pneu para 20%, verificou-se uma perda ainda mais significativa, chegando a 59,9% em relação à resistência do T-Ref.

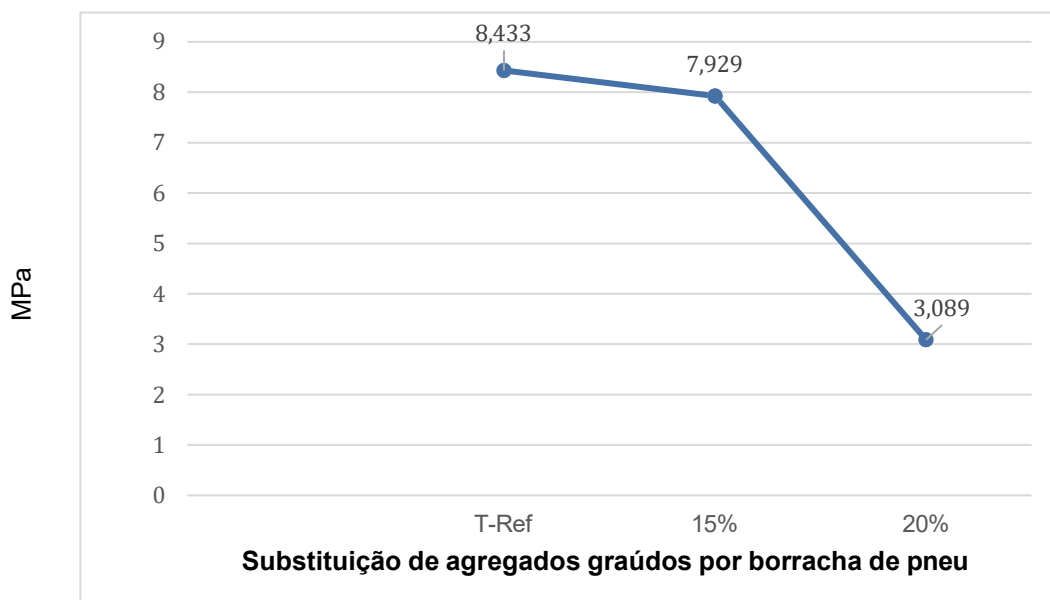


Figura 1 – Rompimento dos corpos de prova com 7 Dias.
Fonte: Dados da pesquisa

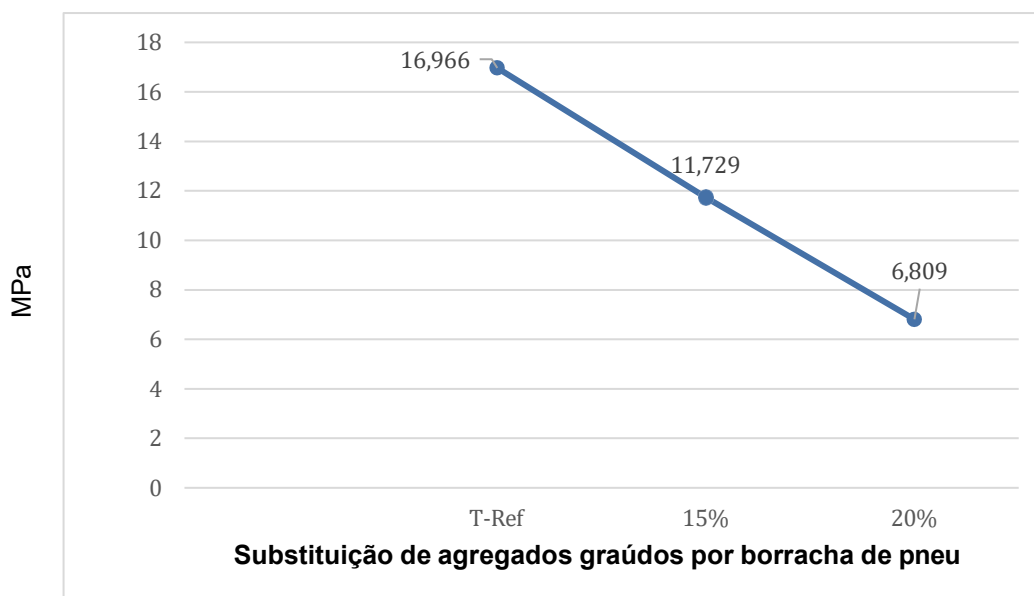


Figura 2 – Rompimento dos corpos de prova com 28 Dias.
Fonte: Dados da pesquisa

DISCUSSÃO

Conforme a versão revisada da NBR 6118 em vigor em 2023, uma resistência mínima de 20 MPa para o concreto é estabelecida como requisito

necessário para garantir a adequada funcionalidade e segurança em diversas estruturas, como fundações, lajes e vigas. Com os resultados obtidos nessa pesquisa, revelaram que tanto o T-Ref quanto com adição de 15% e 20%, não atingiram a resistência mínima perante a norma.

De acordo descrito anteriormente, segundo Oliveira e Fenilli (2019), quando o concreto não atinge a resistência mínima estipulada, o traço utilizado pode ser um dos fatores contribuintes para essa falha. Pequenas variações ou inadequações nas quantidades podem afetar, notavelmente, a capacidade do concreto de atingir os níveis desejados de resistência.

Por fim, segundo a pesquisa conduzida por Moreira *et al.* (2014), o concreto com adição de pneu atendeu às exigências durante o serviço de produção e aplicação na construção da ciclovia, analisado em seu estudo, apesar da diminuição da resistência à compressão. No entanto, eles destacaram que não é aplicável em elementos estruturais.

Contrastando com os dados convencionais, conforme detalhado na Especificação Técnica e Memorial Descritivo (2022), passeios foram construídos no município de São João da Lagoa–MG, utilizando concreto de resistência característica à compressão (f_{ck}) de 15 MPa. O processo de execução envolveu o uso de concreto moldado *in loco*, aplicado no local da obra, seguindo um método convencional de acabamento, sem o uso de armaduras na estrutura.

Considerando os dados da Tabela 2, a maior rigidez observada refere-se à adição de 15% de borracha de pneu, culminando em uma resistência de 11,729 MPa. Conforme notado por Huang *et al.* (2004), a substituição do agregado por borracha de pneus na produção de concreto tende a resultar, em geral, na diminuição da resistência do material. Outro autor que discute essa temática é Santos (2018), que observou que o concreto contendo pneus inservíveis tende a exibir uma densidade inferior em comparação às formulações tradicionais de concreto.

Como observado por Gonzales, Oliveira e Amarante (2020), a qualidade do concreto é profundamente influenciada por diversos fatores. Entre esses, destaca-se a importância da qualidade intrínseca de cada componente utilizado na mistura. Aspectos como o armazenamento adequado dos materiais e o histórico do fornecedor desempenham encargos primordiais na determinação da eficácia e durabilidade do concreto resultante. A compreensão e a aplicação adequada

dessas diretrizes não apenas asseguram a integridade estrutural do concreto, mas também contribuem para seu desempenho otimizado ao longo do tempo.

Conforme destacado anteriormente, os materiais exercem um papel fundamental na fabricação do concreto. No experimento em questão, optou-se pela utilização de brita 3. Contudo, pondera-se sobre a possibilidade de que a introdução de brita 1 na mistura poderia ter impactado positivamente na resistência final do concreto. Segundo Maso, Silva (2022), a brita 1 —caracterizada por uma granulometria menor — possivelmente teria proporcionado uma maior compactação e intertravamento entre as partículas. Isso poderia resultar em uma matriz mais densa e, por conseguinte, em uma resistência superior do material final, além de ser o agregado graúdo mais encontrado na produção de concreto e de servir como base para construção de vigas, lajes e colunas.

Ademais, a avaliação das possíveis falhas na execução é vital para o sucesso do projeto de concretagem. Aspectos como o manuseio apropriado dos materiais e a aplicação correta influenciam diretamente na integridade estrutural do concreto. Além disso, a precisão na determinação da proporção de dosagem é essencial. Erros nesse processo podem resultar em variações significativas na resistência e durabilidade do concreto, comprometendo o desempenho da estrutura. Portanto, uma abordagem cuidadosa na execução — combinada com uma dosagem precisa — é crucial para garantir a qualidade do concreto. (Claudia Luana Izá, Greco Thomaz, Silva, 2022).

Em análise conduzida por Catapreta e Loyola (2016), observa-se a desvantagem econômica inerente à aquisição da matéria prima pronta, aliada à necessidade de implementação de um controle tecnológico de maior precisão no decorrer da produção. Porém, para os autores, com a tecnologia adequada, é possível unir situações que viabilizam a economia-social, ambiental e a qualidade nos transportes. Em alinhamento com os autores, a falta de tecnologia adequada no experimento tornou-se o procedimento substancialmente mais laborioso devido à sua execução manual, resultando em custos mais elevados, como, por exemplo, o tempo gasto para cortar manualmente pneu, especialmente quando considerado o processo em larga escala de produção.

Segundo Silva *et.al.* (2021), a ampliação do impacto ambiental exige a realização de pesquisas voltadas a resultados mais eficazes no que diz respeito à resistência à compressão, explorando o aumento percentual da borracha na

mistura do concreto e investigando os diversos métodos de tratamento desse material. Essa abordagem possibilita não apenas melhorias na performance do concreto, mas também uma contribuição significativa para a redução do descarte de pneus na natureza. Por isso, investir em estudos que aprimorem a utilização sustentável de borracha em aplicações concretas é imprescindível para mitigar os impactos ambientais associados ao descarte inadequado de pneus.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se, com este estudo que, apesar de não atingindo padrões da NBR 6118, os resultados apresentam padrões promissores. Assim, no transcorrer de mais testes, pode-se, futuramente, obter resultados ainda melhores.

De acordo com Cruz, Brito Neto e Oliveira (2023), a inclusão de fibras no concreto oferece benefícios como melhoria de sua ductilidade. Portanto, é inevitável proceder à avaliação de outras propriedades do concreto que contenha fibras de borracha provenientes da reciclagem de pneus. Essas propriedades incluem a resistência à tração, a resistência à flexão, a resistência à abrasão e o comportamento do concreto sob cargas de impacto. Adicionalmente, como uma possível direção para investigações futuras, é recomendável explorar técnicas de tratamento das partículas de borracha, com o objetivo de aprimorar a aderência entre esse material e a matriz de concreto, buscando maior efetividade nesse processo.

Ademais, ressalta-se que o concreto, com as características obtidas, não seria adequado para utilização em elementos estruturais, para os quais outros requisitos seriam necessários, mas poderia ter sido usado em outras condições.

Sob a perspectiva ambiental, embora de maneira discreta, é possível garantir a viabilidade de reutilizar os pneus automotivos ao final de sua vida útil por meio de um processo de tratamento apropriado.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR NM 248, 2003**. Agregados- Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, ABNT, 2003, p.6.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5733**: Cimento Portland alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 5738** – Concreto —

Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 12 p. 2015.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9935/2011** - Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro - RJ, 2011.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 12655** – Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento. Rio de Janeiro, 6 p. 2022.

ANIP, **Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos**. Disponível <<http://www.anip.com.br/>>. Acesso em 4 de setembro de 2023.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 416, 20 de setembro de 2009. IBAMA. 2009.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

BRASIL. **Técnica e memorial descritivo execução de calçada em ruas diversas**. [s.l.]. 2022. Disponível em: <<https://saojoaodalagoa.mg.gov.br/wp-content/uploads/2022/04/ESPECIFICACAO-TECNICA-E-MEMORIAL-DESCRITIVO.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2023.

BRAVO, R. **Análise de blocos de concreto com resíduo de borracha de pneu e metacaulim**. Orientador: Jorge Luís Akasaki. 2014. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. São Paulo, 2014.

CATAPRETA, C. A. A.; ZAMBIASI, C. A.; LOYOLA, L. A. D. J. **O Uso da Borracha de Pneus na Pavimentação como uma Alternativa Ecologicamente Viável**. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 24 novembro 2016.

CRUZ, E. S.; BRITO NETO, J. A.; OLIVEIRA, T. R. **Utilização da fibra de vidro picada álcali resistente na matriz de concreto: uma revisão sistemática**. 2023.

ELDIN, N. N.; SENOUCI, A. B. Use of scrap tires in road construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 118, n. 3, p. 561-576, 1992.

FRANÇA, E. P. **Tecnologia Básica do Concreto**. In: Apostila Curso Engenharia de Produção Civil. Disciplina materiais de construção. CEFET. Belo Horizonte. 2004. p. 7-13.

Gabriel, B.; Silva, B. D. C.; Botelho, C.; Costa, J. C. Logística reversa na indústria de pneus. **Sul-Mineiro Business Management Journal**, v.2. n.2, p. 36-55, 2020.

GONZALES, F. D.; OLIVEIRA, D. L.; AMARANTE, M. S. **Patologias na**

construção civil. Revista Pesquisa e Ação. v. 6, n. 1, 2020.

HELENE, P.R.L.; ANDRADE, T. **Concreto de Cimento Portland.** In: ISAÍÁ, G.C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais.** São Paulo: IBRACON, 2007. 2v. 1712p

HUANG, B., LI, G., PANG, S., et al. **"Investigation into waste tire rubberfilled concrete"**, Journal of Material In Civil Engineering, v.16, n.3, pp.187- 194, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Matipó (MG). Cidades e Estados. IBGE.** 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/matipo.html>>. Acesso em: 3 de maio. 2023.

IZÁ, C. L., TOMAZ, R. de C. da C. G., SILVA, J. D. dos S. **DIAGNÓSTICOS E SOLUÇÕES PATOLÓGICAS EM CONCRETO ARMADO. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, [S. l.], v. 8, n. 11, p. 426–448, 2022.** Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/7561>. Acesso em: 2 nov. 2023.

KEPPEL, G.; WICKENS, T. D. (1991). **Design and Analysis: A Researcher's Handbook.** Ed. 4. New Jersey: Pearson Education, 2004.

LUCENA, R.F. de A.; ANGELINO, C.A.C.; SILVA, P.H. F.; OLIVEIRA, R. G. **Concreto Com Adição de Borracha de Pneu. Revista Mangaio Acadêmico, [s.l.], n. 1, p. 23- 57, 2020.**

MASO, G. P., SILVA, P.M. **Viabilidade econômica do uso de pó de brita na dosagem do concreto.** 2022.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: PINI, 1994, p. 01-02.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em:

<<https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21>> Acesso em 2 novembro 2023.

MOREIRA, J. F.; FIDELIS, V. R. P.; DIAS, J. F. **Concreto com borracha de pneus aplicado em ciclovia.** Holos Environment, v. 14, n. 2, p. 185, 17 out. 2014.

OLIVEIRA, É.A., FENILLI, F.G. **Estudo de dosagem para determinação de traço de concreto.** Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, SC, Brasil, 2019.

OLIVEIRA NETO, M.D. **Uso da borracha de pneus para pavimentação asfáltica no Brasil: Um panorama histórico,** IFPB, 26p, 2016.

PETRUCCI E, G. R. **Concreto de cimento**. São Paulo: Globo, (1998).

QUEIROZ, I. C. C. **Análise das propriedades do concreto com substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de borracha de pneus para aplicação em paredes de concreto**. p. 71. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

RODRIGUES, J. P. C.; SANTOS, C. C.: **Resistência à compressão a altas temperaturas do betão com agregados reciclados de borracha de pneu**. In: CONGRESSO IBERO LATINO-AMERICANO SOBRE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO, 2, 2013, Coimbra. Anais... Coimbra: CILASCI, 2013. p. 1-10.

SANTOS, M.R. **Sugestões de aplicações de concreto borracha em obras civis**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2018.

SEGANTINI, D. M., Leonel, S., Cunha, A. R., Ferraz, Rafael A., & Ripardo, A. C. S. Exigência térmica e produtividade da amoreira-preta em função das épocas de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 2014.

SOUZA, M.H.O. et al. Influência do tipo de cura no comportamento mecânico de argamassas confeccionadas com areia de Scheelita. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, América do Sul, v.14, 2019

USO DE DETERGENTE NEUTRO COMO ADITIVO PLASTIFICANTE EM ARGAMASSA DE REVESTIMENTO: AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA NA TRABALHABILIDADE E RESISTÊNCIA

Acadêmicas: Camila Oliveira Lima e Mércia Meira Guiçarde.

Orientador: Mateus Zanirate de Miranda.

Linha de Pesquisa: Construção Civil: Tecnologia de Materiais e Métodos Construtivos.

RESUMO

O detergente neutro vem ganhando um espaço significativo no meio da construção civil. Sua utilização de difunde cada vez mais, devido ao fato de que este age como aditivo plastificante na argamassa de revestimento. Todavia, esse uso não tem base científica. Sendo assim, o presente estudo tem por objetivo avaliar como o uso de detergente neutro, em substituição aos aditivos convencionais, pode influenciar a trabalhabilidade e resistência mecânica da argamassa de revestimento. Para verificar tais modificações, foram realizados ensaios no seu estado fresco e endurecido para as diferentes dosagens de argamassa. Assim, avaliou-se a trabalhabilidade por meio do ensaio de consistência e resistência mecânica por intermédio do ensaio de resistência a compressão, ambos normatizados. Foram produzidos quatro traços de argamassa, sendo o detergente neutro adicionado em três destes. As dosagens foram compostas, basicamente, por cimento, areia fina, água e detergente neutro em diferentes teores. Foram produzidos 32 corpos de prova, analisados após um período de 7 e 28 dias de cura. Após a avaliação dos resultados obtidos para os diferentes traços, foi constatado que o uso de detergente neutro como aditivo plastificante é eficaz, proporcionando aumento da trabalhabilidade. Para a resistência à compressão, foi observado que os valores de resistência alcançados pela argamassa com a adição são inferiores ao traço padrão (sem adição), no entanto os valores atendem ao especificado por norma.

PALAVRAS-CHAVE: Argamassa de revestimento; Aditivo plastificante; Detergente neutro; Trabalhabilidade; Resistência.

INTRODUÇÃO

Na construção civil, dentre os diferentes tipos de materiais e misturas utilizados, estão as argamassas. A argamassa é comumente utilizada em etapas como o revestimento de paredes, assentamento de blocos, contra piso, dentre outros. Esse material pode ser obtido por meio da mistura de agregados, aglomerantes e água (LISBOA; ALVES; MELO, 2017).

A argamassa de revestimento possui diferentes funções, diante disso, o material deve apresentar um conjunto de propriedades específicas tanto em seu estado fresco quanto em seu estado endurecido (MACIEL; BARROS; SABBATINI, 1998). Uma propriedade muito desejada nas argamassas é a trabalhabilidade em

seu estado fresco, pois essa possibilita uma aplicação mais rápida e eficiente, facilidade de manuseio e transporte (LISBOA; ALVES; MELO, 2017).

Com o intuito de melhorar as propriedades da argamassa, um quarto componente pode ser adicionado à mistura: os aditivos. Os aditivos são substâncias que, adicionadas antes ou durante a mistura da argamassa, buscam melhorar suas características e existem várias substâncias que realizam essa função (ESTEVES; COLARES; LAGES; STARICK; SALOMÃO, 2019). No entanto, o emprego de tais aditivos pode gerar custos maiores que o esperado (MEDEIROS, 2019).

Dentre os aditivos que se destacam, estão os aditivos plastificantes, que buscam atribuir à mistura melhores índices de trabalhabilidade e consistência sem afetar outras características (GALENO; GALVÃO JUNIOR; MOHANA; CAVALCANTE, 2020).

O uso de detergente neutro, como agente plastificante, vem se tornando cada dia mais comum nos canteiros de obras, pois esse material tende a melhorar as propriedades da argamassa a um custo inferior (MEDEIROS, 2019).

O detergente neutro possui como componente ativo o Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio (LAS), que facilita a mistura de diferentes substâncias. Comparando-o aos ativos presentes nos aditivos plastificantes que apresentam ação semelhante, o detergente neutro pode ser utilizado para o mesmo fim (GALENO; GALVÃO JUNIOR; MOHANA; CAVALCANTE, 2020).

Outra propriedade muito estimada na argamassa é a sua resistência mecânica à compressão, tal resistência contribui com a produtividade da obra e com a vida útil da alvenaria (LISBOA; ALVES; MELO, 2017). Essa propriedade pode ser afetada pelo modo de preparo da argamassa e seus componentes, gerando uma série de prejuízos e transtornos.

Dentro desse contexto, surgem diversos questionamentos acerca da influência da utilização do detergente neutro em características finais da argamassa, gerando controvérsias e discussões em âmbito prático. Desse modo, o presente trabalho tem por objetivo avaliar como a adição de detergente neutro em diferentes proporções na argamassa de revestimento afeta a sua trabalhabilidade e resistência a compressão.

A relevância do estudo está no fato de que o uso do detergente como aditivo plastificante tem se popularizado no campo da construção civil. No entanto essa prática tem como base apenas conhecimentos empíricos visto que os estudos

científicos sobre o assunto ainda são escassos. Portanto, torna-se imprescindível analisar os efeitos de tal substituição sua eficácia e viabilidade técnica.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A argamassa é um material amplamente utilizado na construção civil como revestimento de paredes, pisos e tetos (CARDOSO, 2009). Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005), a argamassa pode ser definida como o resultado da mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerante e água podendo ainda conter aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento.

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2002), a argamassa de revestimento pode ainda ser designada como um elemento de proteção da superfície, podendo ser aplicada em uma ou mais camadas sobrepostas. Essas camadas podem ser, facilmente, classificadas com base em suas características e funções, podemos citar como exemplos o chapisco, emboço, reboco e massa única ou massa paulista (ARAÚJO, 2019). A argamassa tem como principais funções proteger a base (alvenaria e estrutura) contra a ação das intempéries, auxiliar no isolamento termoacústico e promover a estanqueidade da superfície a água e aos gases, além de contribuir com o acabamento final proporcionando uma superfície regular e apta a receber outros tipos de revestimento.

As argamassas devem apresentar algumas propriedades específicas tanto em seu estado fresco — como em retenção de água; trabalhabilidade (consistência e plasticidade) — quanto em seu estado endurecido — como a resistência mecânica e aderência. Tais propriedades permitem que a argamassa cumpra adequadamente suas funções (ABCP, 2002). A composição da argamassa é determinante para que a mistura atinja as propriedades necessárias. Além disso, as propriedades citadas estão ligadas diretamente à durabilidade, à resistência e à praticidade de execução do revestimento (OLIVEIRA FILHO; BOTELHO, 2019).

Algumas propriedades da argamassa merecem mais destaque, sendo características mais complexas, visto que essas podem interferir em outras propriedades, como é o caso da trabalhabilidade. Tal propriedade influencia não só características específicas da argamassa, como também impactam na qualidade e produtividade da sua aplicação. A trabalhabilidade pode ser caracterizada por duas propriedades principais: a consistência, relacionada ao modo como a argamassa

resiste à deformação em seu estado fresco, e a plasticidade, responsável por garantir que a argamassa conserve seu formato após a aplicação de tensões de deformação (ARAÚJO, 2019).

Outra característica a ser citada é a resistência mecânica que a argamassa adquire em seu estado endurecido. Segundo a ABCP (2002), essa característica pode ser vista como a capacidade que o revestimento possui em suportar diferentes tipos de esforços. O resultado da atuação desses são as tensões internas (tração, compressão e cisalhamento).

Uma argamassa pode adquirir qualidade máxima de suas propriedades graças a sua formulação e/ou dosagem (composição química dos materiais utilizados, granulometria dos agregados, teor de água, presença de adições, aditivos, entre outros). Geralmente composta por aglomerantes, agregados e água, a argamassa pode ainda contar com adições de origem mineral e/ou aditivos orgânicos (CARDOSO, 2009).

A dosagem da argamassa pode ainda auxiliar na economia da obra, visto que, muitas vezes, ocorre o desperdício de insumos, como é o caso do cimento utilizado durante o preparo da argamassa dosado em altos teores para traços que não necessitam atingir elevados níveis de resistência, dada a natureza das estruturas em que serão aplicados. Com o objetivo de alcançar economia e diminuir os desperdícios, pode ser adotado o traço 1: 6 (cimento; areia fina). No entanto, esse traço requer a incorporação de aditivos (GALENO; GALVÃO JUNIOR; MOHANA; CAVALCANTE, 2020). De acordo com a ABCP (2002), é possível obter melhoras significativas nas propriedades de uma argamassa por meio do uso de aditivos em sua composição.

Os aditivos são produtos que, adicionados à argamassa e ao concreto, tendem a aprimorar seu desempenho e qualidade (GALENO; GALVÃO JUNIOR; MOHANA; CAVALCANTE, 2020). Isso ocorre devido à capacidade que o produto possui de alterar características químicas e físicas das misturas nas quais ele é empregado (DREHER; POLOSELLO, 2021). Os aditivos podem atuar alterando características da argamassa em seu estado fresco ou endurecido e, apesar de estarem divididos em muitas categorias, os aditivos carregam dois objetivos fundamentais: o de aumentar as qualidades ou minimizar os pontos fracos da mistura para melhor adequá-las as suas condições de uso, conforme dispõe a NBR 11768 (ABNT, 2011).

Outra definição indica que os aditivos são substâncias capazes de modificar certas propriedades da matriz cimentícia, adequando-as às condições as quais serão expostas as argamassas. Define, ainda, que os aditivos podem ser empregados antes ou durante a mistura da argamassa (MORO, 2017), sendo adicionados em pequena quantidade, expressa por porcentagem em relação à massa do aglomerante (ABCP, 2002).

O emprego dos aditivos, na composição das argamassas, tem vários objetivos, sendo os principais: diminuir a retração que ocorre durante o processo de secagem (evitando o fissuramento), melhorar a trabalhabilidade, sem aumentar o consumo de água, retardar o tempo de pega e manter a plasticidade, aumentar a retenção de água e melhorar a aderência da argamassa com a superfície (ABCP, 2002; MORO, 2017).

O uso dos aditivos é regulamentado por norma, segundo a NBR 11768 (ABNT, 2011), que traz tal regulamentação. Os aditivos podem ser classificados de acordo com a função que exercem, ou seja, com relação às propriedades que estes atribuem às misturas de argamassa. Desse modo, considera-se que os aditivos podem ser separados da seguinte maneira: plastificantes ou redutores de água, retentores de água, incorporador de ar, retardadores de pega, aumentadores da aderência e hidrofugantes (ABCP, 2002).

Os aditivos plastificantes ou redutores de água são utilizados para melhorar a trabalhabilidade (plasticidade e consistência) da argamassa sem aumentar seu consumo de água, visto que o aumento da relação água/cimento afeta diversas propriedades da argamassa, como por exemplo, sua resistência (ABCP, 2002).

Esse tipo de aditivo apresenta, em sua composição, substâncias tensoativas (lignosulfonatos de sódio ou de cálcio, gluconato de sódio, entre outros). Tais componentes agem reduzindo a tensão superficial da água e a repulsão eletrostática existente entre a água e o cimento, dada a natureza bipolar negativa do aditivo plastificante, o que provoca a dispersão dos grãos facilitando o processo de hidratação do cimento o que, conseqüentemente, aumenta a trabalhabilidade (GALENO; GALVÃO JUNIOR; MOHANA; CAVALCANTE, 2020).

As substâncias tensoativas ou surfactantes, encontradas nos aditivos, estão presentes em outro produto: o detergente. O detergente que é uma substância derivada do petróleo tem como função a remoção de sujidades, sendo capaz de emulsionar óleos, colocando a sujeira em suspensão sem que haja alterações no

substrato (QUEDA, 2017). Isso ocorre, pois o detergente possui em sua composição o Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio (LAS).

O LAS possui em sua estrutura molecular uma extremidade polar e outra apolar, característica de substâncias surfactantes, sendo considerado um agente tensoativo aniônico por produzir íons orgânicos negativos em meio aquoso (MORO, 2017). Desse modo, a expectativa é que os detergentes líquidos possam atribuir à argamassa as mesmas características que os aditivos plastificantes. A ideia vem sendo empregada em diversas obras, uma vez que tal substituição pode melhorar as propriedades da argamassa com um custo relativamente baixo. Além disso, o detergente é um produto de grande disponibilidade no mercado, biodegradável e atóxico (OLIVEIRA FILHO; BOTELHO, 2019).

METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa experimental. O estudo de caráter experimental busca avaliar como a manipulação de certas variáveis influencia o objeto de estudo, definindo, assim, por meio da observação e controle os efeitos gerados por tais variações (GIL, 2007). Com base na relação entre efeito e variação, é possível determinar se as diferenças identificadas são relevantes estatisticamente, eliminando explicações conflitantes (FONSECA, 2002).

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Engenharia Civil do Centro Universitário Univértix- Campus Matipó, entre os meses de agosto e setembro de 2023. Para realizar o experimento, foi adotado um traço padrão baseado na metodologia de Galeno, Galvão Junior, Mohana e Cavalcante (2020). O traço 1:6 (cimento e areia fina) serviu de base para o traço padrão utilizado como referência para realização dos ensaios (não possui aditivos), foram produzidos outros três traços que apresentam variações de 0,5%, 1,0% e 1,5% (em relação à massa de cimento), respectivamente, do teor de aditivo plastificante, nesse caso o detergente neutro. Os traços produzidos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Identificação das proporções dos traços.

Identificação do traço	Proporções dos materiais (cimento, agregado, relação a/c e teor de detergente)	Característica do traço
T01	1:6: 1,4: 0%	Padrão
T02	1:6: 1,4: 0,5%	Adição de 0,5% de detergente neutro
T03	1:6: 1,4: 1,0%	Adição de 1,0% de detergente neutro
T04	1:6: 1,4: 1,5%	Adição de 1,5% de detergente neutro

Fonte: Elaborado pelos autores

Com a definição dos traços, foi realizado o preparo manual da argamassa conforme as especificações da NBR 16541 (ABNT, 2016), nas proporções de 350g de cimento, 2100g de areia fina, 490g de água e detergente neutro, conforme a especificação de cada traço (1,75g; 3,5g e 5,25g). A relação a/c foi mantida para os quatro traços a fim de se identificar o quanto a adição de detergente neutro afetaria o índice de consistência sem alterar a quantidade de água utilizada na mistura. A realização dos ensaios em estado fresco e endurecido da argamassa seguiram as orientações da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

A confecção dos corpos de prova seguiu as recomendações da NBR 7215 (ABNT, 2019), que indica a moldagem em moldes cilíndricos de dimensões 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura. O adensamento foi realizado, manualmente, com preenchimento dos moldes em quatro camadas de alturas semelhantes, cada camada recebeu 30 golpes uniformes com soquete normal, finalizando com a rasadura da superfície. Foram produzidos 32 corpos de prova, sendo oito para cada uma das três quantidades de adições de detergente e oito sem a utilização do mesmo.

A cura foi realizada por um período de 7 e 28 dias conforme determina a NBR 13279 (ABNT, 1995). Esta também determina que os corpos de prova sejam desmoldados somente após um período de cura inicial de 48h (cura inicial ao ar). Em seguida, os corpos de prova foram identificados e imersos na água onde permaneceram armazenados até a idade de ensaio (cura final em água).

O índice de consistência que possibilita verificar a trabalhabilidade da argamassa foi obtido por meio do método da mesa de consistência, que tem a execução normatizada pela NBR 13276 (ABNT, 2016). Assim como no estudo de Araújo (2019), foi pré-fixado um espalhamento que varia entre 255 mm e 265 mm para o traço tomado como padrão (não possui adição de detergente neutro). O objetivo foi definir a relação a/c que resultaria num espalhamento compatível com o especificado com a norma. A execução desse ensaio segue o seguinte procedimento: após o preparo dos traços descritos, foi feito o preenchimento de um molde troncônico por meio de três camadas de alturas semelhantes que receberam, respectivamente, quinze, dez e cinco golpes de um soquete padrão. Em seguida, houve o arrasamento da superfície e retirada do molde (verticalmente). Após a execução de tais etapas, foi feita a aplicação de 30 golpes na amostra por um período de 30 segundos. Em seguida, foram realizadas três medições (do diâmetro

em diferentes pontos) e registrados os valores. Os resultados foram expressos por meio da média obtida nas três medições (SILVA, 2020).

Para verificar a resistência, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão normatizado pela NBR 13279 (ABNT, 1995), após um período de 7 e 28 dias de cura. O ensaio foi realizado com auxílio de uma prensa manual com objetivo de romper o corpo de prova (LOPES; RIBEIRO, 2019). Seguindo as especificações da NBR 7215 (ABNT, 2019), após a centralização do corpo de prova, foi aplicada a carga de ensaio de modo contínuo e sem choques, numa velocidade de carregamento variando entre 0,2 Mpa/s e, 3 Mpa/s. Os dados obtidos com o rompimento dos corpos de prova foram coletados para posterior análise por meio do procedimento descrito em norma.

Após a realização dos ensaios e coleta dos dados, foi realizada uma análise estatística destes por meio do *Programa Microsoft Office Excel* e apresentados os resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A argamassa de revestimento ensaiada em seus diferentes traços (padrão e com adição de detergente neutro) apresentou diferentes comportamentos em relação a sua trabalhabilidade e resistência à compressão. Os resultados obtidos no processo de investigação experimental serão relatados a seguir.

A consistência da argamassa, no seu estado fresco, está relacionada de modo direto com a trabalhabilidade que essa adquire. Tal consistência é influenciada pela relação água/cimento (a/c) da mistura (CARDOSO, 2009). Tal relação mantida para os quatro traços possibilitou identificar a influencia do detergente neutro na consistência final da mistura. O Índice de Consistência obtido para cada traço pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2: Valores encontrados a partir do ensaio de consistência.

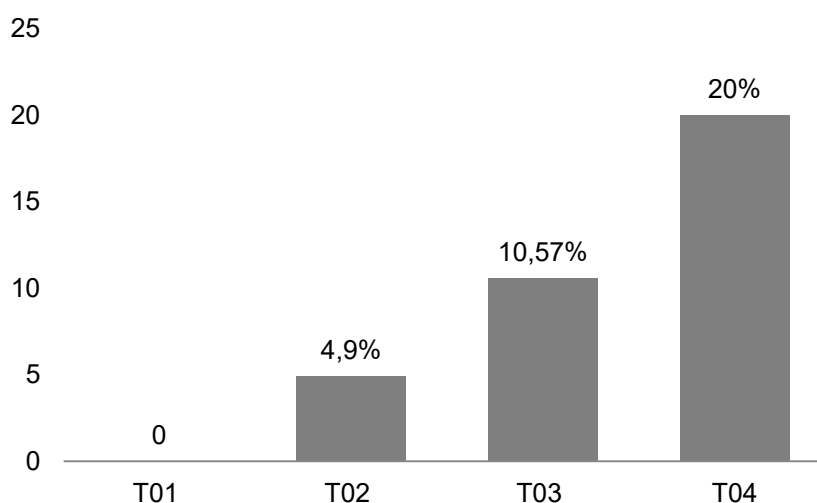
Traço	Diâmetro 1 (mm)	Diâmetro 2 (mm)	Diâmetro 3 (mm)	Média (mm)
T01	270	265	260	265
T02	280	285	270	278
T03	300	290	290	293
T04	320	325	325	318

Fonte: Elaborado pelos autores

A NBR 16541 (ABNT, 2016) estabelece um índice de consistência padrão de 260 mm podendo este variar em 5 mm para mais ou para menos. Com base nos resultados demonstrados, é possível observar que o espalhamento da argamassa

sobre a mesa de consistência é diretamente proporcional à porcentagem de detergente neutro adicionado à mistura. De modo semelhante ao observado no estudo dirigido por Galeno, Galvão Junior, Mohana e Cavalcante (2020), temos que o espalhamento final obtido para cada traço avaliado está relacionado de maneira direta com o teor de detergente presente na composição da argamassa. Tal relação pode ser observada com auxílio da Figura 1.

Figura 1: Aumento do índice de consistência dos traços obtido por meio do ensaio da mesa de consistência



Fonte: Elaborado pelos autores

Para o Traço T01 (Padrão), houve um espalhamento médio de 265 mm, valor compatível com o estabelecido por norma. No entanto, isso foi alcançado por meio de uma relação a/c de alto valor, o que resulta em perdas de resistência mecânica. Para o traço T02, foi observado um aumento de 4,9% da consistência em relação ao traço padrão. O traço T03 obteve aumento de 10,57% da consistência da mistura se comparado ao traço padrão. O último traço T04 — que possui um teor de 1,5% de detergente neutro incorporado à mistura, equivalente a 5,25g — foi responsável por um aumento de 20% da consistência final da argamassa em comparação ao traço padrão.

Ambos os traços com adição de detergente neutro foram responsáveis por aumentos significativos na consistência da argamassa, atingindo valores superiores ao padrão estabelecido pela NBR 16541 (ABNT, 2016). Tal aumento foi proporcional aos teores de detergente neutro acrescido à mistura nos traços T02 e T03, sendo o traço T04 o que apresentou um aumento mais significativo de 20%. Os resultados

encontrados ultrapassaram o valor expresso em norma devido ao teor a/c que foi mantido em todos os traços, proporcionando uma argamassa muito fluida no traço T04. Assim como em Silva (2020), constatou-se que aumentando o teor de detergente neutro da argamassa é possível aumentar também seu nível de espalhamento, o que resulta em mudança de consistência e, conseqüentemente, em trabalhabilidade.

Uma argamassa pode ter sua resistência mecânica influenciada pelos procedimentos de dosagem, mistura, relação de a/c e adição de outras substâncias (ABCP, 2002). Para tal verificação, foi realizado o ensaio de resistência à compressão para os quatro traços avaliados (T01; T02; T03; T04).

O primeiro ensaio de ruptura foi realizado após 7 dias de cura dos corpos de prova, submetendo à ruptura 4 corpos de prova correspondentes a cada traço, totalizando 16 corpos de prova rompidos. Após o cálculo da tensão de ruptura individual de cada corpo de prova, foi calculada a média aritmética para cada traço, assim como especifica a NBR 13279 (ABNT,1995). Os resultados obtidos e seu respectivo desvio relativo estão representados na Tabela 3.

Tabela 3: Valores de ruptura obtidos no ensaio de resistência a compressão aos 7 dias.

Traço	Idade (dias)	Tensão de ruptura média a compressão (Mpa)	Desvio relativo máximo (%)
T01	7	9,3	5,3
T02	7	9,5	2,6
T03	7	9,3	4,7
T04	7	9,4	1,8

Fonte: Elaborado pelos autores

Todos os corpos de prova se romperam, conforme o esperado. Com base nos valores apresentados na Tabela 3, é possível avaliar que a tensão de ruptura média à compressão se manteve com valores próximos tanto para o traço padrão quanto para os traços com adição de detergente neutro. Ou seja, não houve grandes variações, sendo que todos os resultados ficaram compreendidos entre 9,3 Mpa e 9,5 Mpa.

O segundo ensaio de ruptura foi realizado aos 28 dias de cura dos corpos de prova, com rompimento de 4 corpos de prova por traço, totalizando 16 corpos de prova. Conforme o procedimento adotado no ensaio realizado aos 7 dias de cura, foi realizado o cálculo da tensão de ruptura individual dos corpos de provas seguido do cálculo do valor médio por traço. Os valores encontrados para a tensão de ruptura média e seu desvio estão representados na Tabela 4.

Tabela 4: Valores de ruptura obtidos no ensaio de resistência a compressão aos 28 dias.

Traço	Idade (dias)	Tensão de ruptura média a compressão (Mpa)	Desvio relativo máximo (%)
T01	28	10,9	3,4
T02	28	9,3	0,8
T03	28	9,4	1,7
T04	28	9,4	5,5

Fonte: Elaborado pelos autores

Diante dos resultados encontrados, é possível observar que, aos 28 dias de cura, o traço T01 — tomado como padrão por não possuir teores de detergente neutro em sua composição — apresentou alterações em sua resistência à compressão. O valor atingido de 10,9 Mpa indica um aumento de 17,2% em relação ao mesmo traço aos 7 dias de cura. Para os traços com adição de detergente neutro (T02; T03 e T04), os valores de resistência não apresentaram grandes variações se comparados às idades de cura (7 e 28 dias). Tais traços mantiveram a resistência na faixa de 9,4 Mpa, tal ocorrência foi verificada também por Rodrigues, Rosa, Silva, Oliveira, Vargas e Almeida (2018).

Com base no que foi observado, conclui-se que a resistência mecânica à compressão dos corpos de prova com adição de detergente neutro é relativamente menor que a resistência alcançada por aqueles corpos de prova moldados com a argamassa de traço padrão aos 28 dias de cura. A diminuição da resistência final da argamassa com detergente neutro pode ser justificada pelo aumento do índice de vazios na argamassa, que ocorre devido à incorporação de ar na mistura aumentando sua porosidade (MORO, 2017; SILVA, 2020; GALENO; GALVÃO JUNIOR; MOHANA; CAVALCANTE, 2020).

Apesar da menor resistência dos traços T02, T03 e T04 em comparação com o traço padrão T01, todos os traços alcançaram bom desempenho na resistência à compressão. Segundo a classificação sugerida pela NBR 13281 (ABNT, 2005), Tabela 5, o resultado obtido pelas argamassas, que variou entre 9,3 Mpa e 10,9 Mpa, enquadra estas na classificação P6 (argamassas com resistência a compressão superior a 8,0 Mpa).

Tabela 5: Valores de resistência à compressão da argamassa

Classe	Resistência à compressão (Mpa)	Método de ensaio
--------	--------------------------------	------------------

P1	≤2,0	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	>8,0	

Fonte: ABNT (2005)

De modo semelhante à Dunzer e Souza (2021), foi verificado que o aumento do teor de detergente neutro na argamassa de revestimento resulta em maior trabalhabilidade devido ao maior teor de LAS, garantindo, assim, bons índices de espalhamento e trabalhabilidade. A adição do detergente neutro é responsável por menores índices de resistência à compressão, no entanto o valor mínimo especificado por norma é atingido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos e apresentados, é possível destacar que o uso de detergente neutro como aditivo plastificante é eficaz e permite melhorar a consistência da argamassa sem que seja necessária a modificação da relação a/c.

Destaca-se a necessidade da realização de novos estudos, a fim de se definir o traço que mais se adeque e sua respectiva relação a/c. É importante, ainda, considerar que, para fins do estudo, foi utilizada uma única relação a/c para produção dos quatro traços avaliados, resultando, assim, em uma argamassa com índice de consistência superior ao recomendado para os traços contendo detergente neutro. Também se deve ressaltar a necessidade de verificações de uma característica da argamassa não abordada no presente estudo: sua capacidade de aderência, propriedade da argamassa no estado endurecido, que pode ser influenciada pelo uso do aditivo utilizado.

Sobre a resistência mecânica, é importante destacar que, em comparação a argamassa padrão, a argamassa dosada com o aditivo proposto teve resultado relativamente inferior aos 28 dias de cura. No entanto, tal decaimento não inviabiliza seu uso, uma vez que o valor mínimo especificado por norma foi alcançado e ultrapassado.

Assim, conclui-se que a utilização do detergente neutro garante melhores índices de consistência, plasticidade e trabalhabilidade, resistência dentro dos padrões prescritos em norma, além de viabilizar o uso do traço (1:6) com menor relação a/c. O aditivo a base de LAS (detergente neutro) demonstra ainda outro fator significativo de custo-benefício, considerando a rentabilidade que o detergente

possui, uma vez que a quantidade necessária por saco de cimento é relativamente baixa.

REFERÊNCIAS

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de Revestimentos de Argamassa**. 2002.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland: requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1995.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Preparo da mistura para realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.

ARAÚJO, A. C. V. **Influência de aditivo plastificante e metacaulim nas propriedades da argamassa de revestimento com vermiculita expandida**. Orientadora: Aline Figueirêdo Nóbrega de Azerêdo. 2019. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

CARDOSO, F. A. **Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico**. Orientador: Vanderley Moacyr John. 2009. 158 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo Escola Politécnica, São Paulo, 2009.

DREHER, A. L.; POLESELLO, E. Comportamento de aditivos plastificantes de diferentes fornecedores na produção de concreto. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 03, p. 360-378, set/dez. 2021.

DUNZER, G. M. F.; SOUZA, L. M. **Viabilidade da substituição de aditivo plastificante para o detergente líquido em argamassa de reboco**. Orientadora: Michela Steluti Poleti Faria. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Sociesc-Unisociesc, Joinville, 2021.

ESTEVES, H. M.; COLARES, R. S.; LAGES, M. da S.; STARICK, H.; SALOMÃO, P. E. A. Estudo comparativo entre a resistência a compressão axial de argamassas com os seguintes aditivos: detergente líquido, cal, e cola branca. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, Araraquara, v. 22, n. 01, p. 187-192, jan/abr. 2019.

FONSECA, J. J. S da. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2002. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=oB5x2SChpSEC&oi=fnd&pg=PA6&ots=ORXY_qcji_&sig=q8nTLC6QG2L0UUDhzuteDCePadw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 10 mar. 2023.

GALENO, J. M. de O.; GALVÃO JUNIOR, A. O.; MOHANA, M. V. A.; CAVALCANTE, M. V. Viabilidade técnica do uso do detergente doméstico como aditivo plastificante em argamassa cimentícia. *In*: TULLIO, F. B. M.; MACHADO, L. M. B. (org.). **A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil 2**. Ponta Grossa: Atena, 2020. p. 114-127. *E-book*. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/post/viabilidade-tecnica-do-uso-de-detergente-domestico-como-aditivo-plastificante-em-argamassa-cimenticea>. Acesso em: 10 mar. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LISBOA, E. de S.; ALVES, E. dos S.; MELO, G. H. A. G. de. **Materiais de construção: concreto e argamassa**. 2. ed. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

LOPES, A. C. P.; RIBEIRO, O. A. C. **Concreto leve com pérolas de EPS: estudo das características mecânicas e de dosagens**. Orientador: Rafael Macedo de Oliveira. 2019. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade Vértice-Univértix, Matipó, 2019.

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**. São Paulo: Universidade de São Paulo Escola Politécnica, 1998. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5075717/mod_resource/content/1/Apostila_Restvestimento%20Argamassa.pdf. Acesso em: 23 mar. 2023.

MEDEIROS, W. E. M. **Análise mecânica da argamassa para revestimento com a incorporação do detergente**. Orientadora: Andreza Kelly Costa Nóbrega. 2019. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2019.

MORO, T. K. **Novo aditivo incorporador de ar biodegradável para matrizes cimentícias**. Orientadores: Ricardo André Fiorotti Peixoto; Julia Castro Mendes. 2017. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

OLIVEIRA FILHO, H. L. de; BOTELHO, M. V. A. **Verificação da influência ao tempo de pega e resistência mecânica do detergente neutro utilizado na argamassa para emboço como elemento não normativo**. Orientador: Thales Leandro de Moura. 2019. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdades Doctum de Caratinga, Caratinga, 2019.

QUEDA, V. R. C. **Delineamento experimental na concepção e otimização de detergentes líquidos industriais**. Orientadores: Marta Rodrigues Farinha Moreira Lucas; Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos. 2017. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química e Biológica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2017.

RODRIGUES, A. P. S.; ROSA, A. F.; SILVA, D. D. C.; OLIVEIRA, J. M.; VARGAS, R. D.; ALMEIDA, S. S. **Uso de detergente líquido no lugar da cal, eficiente ou mito?** Ceres: Universidade Evangélica de Goiás, 2018. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/1533>. Acesso em: 15 jun. 2023.

SILVA, R. L. da. **Uso de detergente líquido como aditivo incorporador de ar em argamassa de contrapiso**. Orientador: Elayne Valério Carvalho. 2020. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Christus-Unichristus, Fortaleza, 2020.

VIABILIDADE DO USO DE PLACAS SOLARES EM RESIDÊNCIAS NA CIDADE DE SANTO ANTÔNIO DO GRAMA – MG

ACADÊMICOS: Lara Célia Da Cruz e Maicon Reis Domingos

ORIENTADOR: João Antônio Sabino Júnior

LINHA DE PESQUISA: Linha 1: Construção Civil: Tecnologia de Materiais e Métodos Construtivos

RESUMO

Os estudos para aumentar a diversificação da matriz energética no Brasil vem aumentando de forma que atenda a necessidade, sendo principalmente influenciada pelo atual panorama energético, causado pela diminuição das chuvas e consequentemente reduzindo a energia gerada por hidroelétricas, aumentando assim o preço da energia elétrica. Dessa forma, este trabalho apresenta um relato de caso com o objetivo de analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e da viabilidade da diversificação energética no período de 2022 a 2023 em uma residência de Santo Antônio do Grama -MG. A energia solar fotovoltaica consiste em uma fonte de energia limpa. A pesquisa foi aprofundada na área de sistemas fotovoltaicos. Há um retorno custo/benefício muito grande nesta área. A utilização da energia solar fotovoltaica para geração da energia elétrica, tem sido cada vez mais considerada em vários países do mundo como uma ótima alternativa para redução dos impactos ambientais causados pelo homem, especialmente os associados às mudanças climáticas. Para a análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica foram analisadas o consumo mensal, energia injetada, taxa de desconto das contas mensais. Os resultados revelaram que o projeto da implantação de energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética é viável para o período analisado.

PALAVRAS-CHAVE: energia elétrica, fotovoltaica, energia solar

INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica através da conversão fotovoltaica da radiação solar é uma das alternativas mais econômicas e se tornou uma importante fonte de energia na matriz energética (BANDEIRA, 2022). O sol é uma fonte renovável e que possui grande abundância em todo o mundo, assim, o comércio mundial da energia fotovoltaica vem se destacando positivamente. O Brasil, em função da incidência solar abundante, acaba sendo um forte candidato para a geração de energia solar (CIRILO, 2021).

Atualmente o consumo de energia elétrica está diretamente ligado à qualidade de vida das pessoas, porém com o alto custo desta, a população está buscando constantemente por soluções eficazes para a redução dos gastos. Como forma de reduzir gastos, de diminuir a emissão de gases poluentes na atmosfera e

de aproveitar melhor as fontes de energia disponíveis na natureza, a energia fotovoltaica, que surgiu há poucas décadas, hoje aparece como uma possibilidade para a geração de energia elétrica (CUNHA, 2019).

Segundo Costa (2019), a sustentabilidade traz a ideia de autossuficiência, ou seja, suprir as necessidades atuais sem comprometer as gerações futuras, além disso o sistema deve ser capaz de existir sem causar danos severos ao seu entorno. A produção residencial de energia através de painéis fotovoltaicos tornou-se uma opção bem discutida quando se fala em autossuficiência e em construções mais verdes. Em suma, a energia solar é uma alternativa viável para a diversificação da matriz energética mundial à medida que reduz os impactos causados pelos meios de produção convencionais. Dessa forma, o Brasil, mais do que qualquer outro país, possui grande potencial para produção de energia solar devido sua localização e alto índice de radiação solar.

A energia solar fotovoltaica é a energia da conversão direta da luz em eletricidade, este efeito nomeia-se fotovoltaico. Esta ação é definida pelo aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura do material semicondutor, produzida pelo absorvimento da luz, e a célula fotovoltaica é a unidade principal do processo dessa conversão. Atualmente, o custo das células solares é um grande desafio para o mercado e o principal obstáculo para o desenvolvimento dos sistemas fotovoltaicos em larga escala (SANTOS, 2020).

A energia fotovoltaica é uma das fontes de energia mais promissoras e sustentáveis disponíveis atualmente. Tem ganhado cada vez mais importância devido à crescente preocupação com a mudança climática, a necessidade de reduzir as emissões de gases estufa e a busca por fontes de energia renovável e limpa. Tendo em vista o apresentado, este trabalho tem como objetivo relatar o caso da implantação de um sistema de energia solar *on-grid* através de placas fotovoltaicas em uma residência de Santo Antônio do Grama – MG.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A energia solar é uma fonte sustentável e renovável, resultante da radiação eletromagnética (calor e luz) disseminado de forma direta pelo sol, sendo capaz de ser utilizada em diversas tecnologias, como em módulos fotovoltaicos, aquecedores solares e usinas heliotérmica (termos solares). A energia proveniente do sol é fundamental para a manutenção da vida na Terra e é utilizada como catalisadora de

todos os processos térmicos, químicos e dinâmico, sejam eles naturais como os processos de fotossíntese ou o ciclo hidrológico e até mesmo os artificiais desenvolvidos pelo homem com o avanço na tecnologia. Contudo, o uso da radiação solar vem desde as primeiras civilizações, sendo utilizado a energia solar para a realização de variados tipos de trabalho, como gerar fogo por meio do calor dos raios solares concentrados por espelhos ou vidros (VIANA, 2022).

Para a produção de energia solar existem dois sistemas: o heliotérmico e o fotovoltaico. No primeiro, a irradiação solar é convertida em calor que é utilizado em usinas termelétricas para a produção de eletricidade. O processo completo compreende quatro fases: coleta da irradiação, conversão em calor, transporte e armazenamento e, finalmente, conversão em eletricidade. Para o aproveitamento da energia heliotérmica é necessário um local com alta incidência de irradiação solar direta, o que implica em pouca intensidade de nuvens e baixos índices pluviométricos, como ocorre no semiárido brasileiro (RIBEIRO, 2018).

Já no sistema fotovoltaico, a transformação da radiação solar em eletricidade é direta. Para tanto, é necessário adaptar um material semicondutor (geralmente o silício) para que, na medida em que é incentivado pela radiação, permita o fluxo eletrônico (partículas positivas e negativas). De acordo com o Plano Nacional 2030, todas as células fotovoltaicas têm, no mínimo, duas camadas de semicondutores: uma positivamente carregada e outra negativamente carregada, formando uma junção eletrônica. Quando a luz do sol atinge o semicondutor na região dessa junção, o campo elétrico presente permite o estabelecimento do fluxo eletrônico, antes bloqueado, e dá início ao fluxo de energia na forma de corrente contínua. Quanto maior a energia de luz, maior o fluxo de energia elétrica. Um sistema fotovoltaico não precisa do brilho do sol para operar. Ele também pode gerar eletricidade em dias nublados ou chuvosos devido a incidência de raios solares (RIBEIRO, 2018).

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede, também conhecidos como sistemas *on-grid*, são aqueles que estão conectados à rede elétrica convencional. Eles geram eletricidade por meio de painéis solares e direcionam o excesso de energia para a rede elétrica. Esses sistemas podem permitir a compensação de energia, onde o excesso de eletricidade gerada é vendido à rede ou creditado para uso futuro (DALMARCO, 2017).

Quando esse sistema é conectado à rede pública de distribuição, isenta o uso de baterias, tornando-o mais acessível que o isolado, mas sem autonomia. Quando a geração de energia é maior que o consumo, ele envia energia para a rede e retira dela quando o consumo é maior que a geração. Portanto, o usuário só paga quando consome mais do que gera, podendo receber créditos caso a geração seja maior que a consumida. A composição básica desse tipo de sistema é formada por painéis fotovoltaicos, inversores de corrente contínua em alternada e medidor bidirecional (COSTA, 2019).

Um sistema de energia solar é formado por células fotovoltaicas que se conectam a sistemas que produzem tensão e correntes de energia enquanto protegem as células. As células são conectadas em série, de forma que sejam acrescentadas as suas tensões, essas células são extremamente frágeis e tem a necessidade de serem protegidas por placas. As células podem variar de temperatura de acordo com a radiação que atinge sobre elas e a variação de temperatura do ambiente em que são instaladas, conforme o aumento de temperatura da célula, a tensão produzida por ela diminui, contudo, isso depende da tecnologia utilizada na célula (ARAÚJO, 2022).

Sistemas fotovoltaicos isolados, ou sistemas *off-grid*, são projetados para operar independentemente da rede elétrica convencional. Eles geram eletricidade por meio de painéis solares e armazenam essa energia em baterias para uso durante a noite ou em condições climáticas desfavoráveis. Esses sistemas são comuns em áreas remotas ou em locais onde o acesso à rede elétrica é limitado (DALMARCO, 2017).

O módulo fotovoltaico é o componente unitário do gerador de energia, responsável pela recepção da luz do sol, sendo constituído por células fotovoltaicas associadas em arranjos, e em seguidas encapsuladas, para produzir tensão e corrente suficientes para a utilização da energia. O revestimento das células fotovoltaicas é fundamental devido a sua pequena espessura e grande fragilidade, o material utilizado é o EVA, por ser resistente mecanicamente, eletricamente e termicamente (BLUESOL, 2021).

Como as células fotovoltaicas apresentam uma tensão muito baixa, elas são conectadas em série gerando uma tensão equivalente à soma das tensões individuais de cada célula. Além de que, o número de células vinculado em cada

módulo e o seu arranjo, série ou paralelo, são definidos conforme com a tensão e corrente elétrica desejadas (COSTA, 2019).

A principal função dos inversores é modificar a corrente contínua gerada nos módulos fotovoltaicos em corrente alternada, que é necessária para o funcionamento dos aparelhos elétricos, por meio da mudança da forma da onda. Nos sistemas fotovoltaicos conectados à rede, os inversores servem para ajustar as características da energia gerada pelos módulos às características da rede elétrica convencional na qual será utilizada a energia (COSTA, 2019).

No caso do uso de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, é essencial o uso de um medidor bidirecional, que registra a energia recebida da concessionária e a energia inserida na rede elétrica pelo consumidor. Por tanto, a distribuidora consegue registrar a energia colocada na rede e convertê-la em créditos de energia para serem futuramente usados pelo consumidor. A utilização de dispositivos de armazenamento de energia é indispensável em sistemas fotovoltaicos isolados da rede elétrica para receber a demanda em períodos nos quais a geração de energia é nula ou insuficiente, como à noite ou em dias nublados. Com isso, parte da energia elétrica produzida durante o dia e que não é utilizada, que seria injetada na rede em Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), é guardada em baterias para ser utilizada em outros momentos. Os controladores de carga são usados em sistemas desconectados da rede, e têm como função principal reduzir a carga e a descarga do banco de baterias, o que permite um acréscimo da vida útil das mesmas e evita explosões, incêndios e outros tipos de inconveniências no sistema. A recomendação é que a instalação dos controladores de carga seja feita o mais perto possível das baterias para evitar desvio de energia na fiação (COSTA, 2019).

Para Machado *et al.* (2021), na eficiência energética podem ser empregados métodos de conservação energética com o objetivo de reduzir o desperdício e o uso ineficiente de energia, sem, contudo, causar implicações no conforto e na realização das tarefas. Entre esses métodos de eficiência energética, podem se destacar: reduzir o consumo de energia elétrica; otimizar os custos energéticos; aumentar a confiabilidade e a disponibilidade de energia; substituir equipamentos por modelos mais eficientes, como as lâmpadas.

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa do tipo estudo de caso, vendo a viabilidade de ter um sistema fotovoltaico *on-grid* através do seu custo-benefício.

Os proprietários de uma residência, que possuem uma oficina mecânica anexa a casa, na cidade de Santo Antônio do Grama, em junho de 2022 foi implantado o sistema de geração de energia através de placas fotovoltaicas, com o objetivo de ter menos despesas com a energia elétrica e seu consumo iria aumentar muito por motivo de novos equipamentos na oficina.

Nos 6 meses que antecederam a instalação do sistema o consumo médio de energia foi de 160 kWh e o gasto médio mensal com energia elétrica foi de R\$163,20 (TABELA 1).

Tabela 1: Histórico de consumo dos seis meses anteriores à instalação do sistema de energia fotovoltaica.

Mês/Ano	Consumo (kWh)	Consumo (kWh/Dia)	Número de dias de acordo com as leituras da CEMIG	Preço final (R\$)	Gasto mensal (R\$)
JAN/22	152	5,06	30	1,12	170,48
FEV/22	154	5,31	29	1,13	174,37
MAR/22	122	3,81	32	1,12	137,06
ABR/22	120	4	30	1,09	131,89
MAI/22	198	6,82	29	0,91	182,06
JUN/22	199	6,03	33	0,92	183,43
MÉDIA MENSAL	157,5	5,17	-	1,05	163,20
DESVIO PADRÃO MENSAL	31,81	1,05	-	0,09	20,85

Fonte: Dados provenientes da companhia fornecedora de energia elétrica (CEMIG).

Assim, os proprietários contrataram uma empresa especializada na prestação de serviço em sistema de geração de energia através de placas fotovoltaicas para implantação do sistema na residência, para atender a residência e a oficina.

A partir das informações e levantamentos da região para saber qual sistema atenderia o consumo, levando em conta o tempo e a quantidade de irradiação solar do local, a empresa propôs a implantação do sistema FVRE-MO-144-550W. Para esse tipo de sistema foram utilizados 12 módulos com dimensões de 2279x1134x35mm e 1 inversor Solis 1P5K-4G. Esse modelo é adaptado para as condições de operação. Além disso, é utilizada uma estrutura de fixação dos módulos além de cabos e conectores específicos para garantir a vida útil do material.

O sistema foi implantado em julho de 2022. Os gastos foram de R\$25.500,00 com a mão de obra e serviço de instalação sendo tudo por conta da empresa contratada. O sistema foi essencial pois logo no mesmo mês de instalação já foi possível observar um leve desconto na conta de energia, considerando que o sistema operou por um dia, porque foi injetado na rede somente 10 kwh e no mês sucessor 549 kwh, então considerou-se neste estudo, de agosto de 2022 até julho de 2023, totalizando um ano do sistema produzindo, porque a produção teve variações de acordo com o clima durante o ano.

O investimento a princípio se torna um valor considerável para uma residência e oficina de pequeno porte, mas logo nos primeiros meses já foi possível observar uma diferença no valor a pagar na energia elétrica, tendo um ganho em relação ao consumo médio (TABELA 2).

Tabela 2: Histórico de consumo dos doze meses posteriores a instalação do sistema de energia fotovoltaica.

Mês/Ano	Consumo (kWh)	Consumo (kWh/Dia)	Número de Dias	Energia Injetada (kWh)	Crédito de Energia Solar Acumulada (kWh)	Desconto mensal nas contas de energia (R\$)	Gasto Mensal (R\$)
AGO/22	156	5,20	30	549	221	101,88	44,12
SET/22	351	10,96	32	499	369	229,24	37,34
OUT/22	333	11,10	30	506	552	217,49	37,16
NOV/22	326	11,24	29	552	778	180,26	37,08
DEZ/22	344	10,75	32	612	1046	192,02	37,26
JAN/23	245	8,16	30	543	1344	127,36	37,41
FEV/23	195	6,96	28	607	1756	94,70	41,68
MAR/23	294	8,90	33	718	2180	159,36	41,68
ABR/23	315	10,86	29	544	2409	173,07	41,68
MAI/23	348	10,54	33	525	2586	194,63	42,72
JUN/23	350	11,29	31	413	2649	154,22	50,30
JUL/23	332	11,06	30	570	2887	155,98	47,06
MÉDIA	299,08	9,32	-	-	-	Total: 1986,74	-

Fonte: Dados proveniente da companhia de energia elétrica

Considerando os 12 meses da pesquisa, a geração de energia pelo referido sistema apresentou em relação ao consumo as seguintes medidas: O consumo por mês teve um grande aumento passando a apresentar uma média de 299,08 KWH/mês. Mesmo com esse aumento de consumo, como o sistema já estava atuando de forma a suprir esse aumento, todos os meses o consumo era isento de pagamento, cobrando somente o custo da disponibilidade da rede elétrica, com isso o proprietário deverá pagar a tarifa que variou de R\$ 37,26 até R\$ 47,06. De acordo com as contas da concessionária fornecedora de energia, as contas tiveram uma

variação maior por motivos de multas e não pagamentos de contas anteriores. Além disso, todos os meses é gerado um crédito por cada Kwh que sobra, podendo o mesmo ser vendido para a própria empresa elétrica, ou até mesmo para outros parceiros.

A energia gerada a mais pelo sistema de energia fotovoltaica, será creditada pela distribuidora criando assim um crédito de energia com uma validade de 60 meses. O valor estimado de Minas Gerais é de R\$ 0,65 por kwh, podendo variar. O crédito acumulado é de 2887 kwh, considerando então a R\$0,65 por kwh, teríamos um total de R\$1.876,55 de lucro e um desconto total nas contas de energia de R\$1.986,74 totalizando então R\$3.863,29. Ou seja, dividindo o valor inicial de R\$ 25.500,00 pelo lucro anual de R\$ 3.863,29, terá o retorno em 6,6 anos.

A vida útil do sistema fotovoltaico é de 25 a 30 anos, com base nas pesquisas e o valor gasto para implantação do sistema o dono da residência vai conseguir quitar todos seus investimentos em aproximadamente 6 anos de sistema em produção e após esse período, já gerará lucro e sustentabilidade para a família. Os dados de consumo referentes a esse estudo, foram coletados da plataforma digital da concessionária de energia local.

É perceptível que a média de consumo variou nos períodos antes e após a implantação do sistema, principalmente pelo fato de existir um maior consumo a partir de aparelhos de altíssima potência na oficina mecânica.

A limpeza do sistema pode ser feita anualmente, para promover a eficiência do aparelho. Deve ser realizada apenas com água fria, esponja e panos macios. No mês de agosto de 2023, um ano após a implantação do sistema da pesquisa, teve uma variação de preço em média de 20% mais barato na conta elétrica, tornando o seu custo-benefício ainda melhor.

DISCUSSÃO

O uso da energia solar se constitui na utilização dos raios solares como fonte, sendo ainda sua maior parte no Brasil aplicados no aquecimento de água. Para o uso dos sistemas de geração de energia solar fotovoltaica com o propósito de produzir energia elétrica, mesmo o país sendo um grande potencial para sua produção, sua participação ainda é pequena, sendo aproximadamente 1% (SANTOS, 2020).

O sol como fonte de energia que traz benefícios a terra e a todos seres vivos por meio da sua luz e calor, o uso de sistemas fotovoltaicos se beneficiam desse sol para transformação em eletricidade. Esse sistema é constituído por painéis fotovoltaicos e de equipamentos de conversão de luz solar para energia elétrica. O início dos estudos sobre essa transformação foi por um pesquisador francês chamado Alexandre Edmond Becquerel, por volta do início do século XIX, mas seu uso na prática só foi acontecer em 1950, após a criação da primeira célula fotovoltaica (SANTOS, 2016).

Com a análise de viabilidade econômica para sistemas de microgeração, percebe-se que este depende diretamente do investimento inicial necessário, nível de irradiação solar médio, eficiência do sistema, quantidade de energia gerada e de condições externas, como a variação tarifária de energia, sendo importantes para a avaliação de qualquer sistema. (MOISES, 2016).

A otimização do uso da energia elétrica é algo totalmente praticável, introduzida a partir de decisões adequadas tanto no projeto de uma instalação fotovoltaica como na instalação dela. Uma instalação elétrica de energia fotovoltaica tem totais condições de fornecer o mesmo nível de serviço, de segurança, com redução do consumo da energia elétrica. Isso pode ser alcançado por meio da implantação de um Programa Plano de Gestão de Energia (PGE) na instalação. Especificamente, para instalações elétricas de baixa tensão, em 2020, foi publicado a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 16819 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão - Eficiência Energética, que trata dos critérios específicos para o projeto, a execução e a verificação de todos os tipos de instalações elétricas de baixa tensão, inclusive a geração local e o armazenamento de energia para a melhorar o uso eficiente de energia elétrica (ABNT, 2020).

O sistema foi essencial para a residência pois logo no mesmo mês de instalação já foi possível observar, de acordo com os dados coletados um leve desconto na tarifa da rede pública. O investimento a princípio se torna um valor considerável para uma residência de pequeno porte, mas a longo prazo é algo que todos os meses vai ser perceptível um valor mais acessível na hora de pagar a energia elétrica adquirindo um ganho excelente em relação ao consumo médio.

Tornou-se perceptível, também, que a energia solar fotovoltaica é de forma sustentável e renovável, além de ser muito viável para todo território nacional, pois a sua fácil instalação e inovações constantes tornam uma tecnologia cada vez mais

eficiente e barata, aliados aos altos índices de radiação solar do território nacional. Esse reflexo positivo trará para o cidadão um alto consumo, tornando-se uma alternativa cada vez mais rentável, principalmente por produzir mais energia durante a época de estiagem quando os níveis de reservatórios hídricos estão mais baixos aumentando as tarifas sobre eletricidade da rede (CRISÓSTOMO, 2022).

Essa fonte de energia tem sido de grande destaque no Brasil, por ser uma forma que gera pouco impacto ao meio ambiente quando comparada aos outros métodos, pela sua fácil instalação e por poderem ser utilizadas em residências. A geração de energia elétrica sendo realizada dessa forma sustentável são feitas por elementos disponíveis no Brasil e os materiais que constituem essa fonte de energia são de pequeno impacto ao meio ambiente e de fácil tratamento ou destino final. (SANTOS, 2016).

Essa tecnologia está em constante crescimento no Brasil, devido seus benefícios houve um aumento na sua demanda e utilização, com isso, a exploração de novos materiais e de novas pesquisas para seu avanço tecnológico. Diversos estudos têm sido realizados para reduzir o consumo da matéria prima e de energia em sua fabricação, tornando seu custo um pouco mais acessível, além disso, tem se reduzido a complexidade em sua fabricação o tornando mais simples e em processos automatizados, beneficiando sua produção em grande escala (SACRAMENTO, 2016).

O uso desse tipo de geração de energia complementa outras formas de geração de energia renovável, trazendo benefícios ambientais, dentre os benéficos alguns são: contribuição para redução de emissões de gases, consequentemente diminuindo a poluição. Agregando também benefícios econômicos, aumentando os investimentos na área, trazendo grande impacto na indústria, aumentando a demanda por serviços. O uso de recursos naturais renováveis é uma forma de garantir a sobrevivência das gerações futuras, levando em consideração sua alta taxa de crescimento e desenvolvimento no país, ligado diretamente a inovação e às tecnologias de conversão e aproveitamento dos recursos renováveis (ALVES, 2019).

Conforme Rodrigues *et al.* (2021), um sistema fotovoltaico possui tempo de duração estimado para 25 anos. Os valores das parcelas da instalação foram analisados considerando todo o investimento. Após identificar o valor do capital inicial investido e a quantidade da economia de energia com o sistema, valor do

investimento e valor das faturas da concessionária, foi possível analisar a viabilidade econômica e financeira do estudo.

A instalação do painel de energia solar fotovoltaica é um investimento seguro, regularizado pela própria ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Dentre os muitos benefícios, os equipamentos utilizados têm vida útil longa e sua manutenção pode ser realizada de forma simples. O Brasil é um dos países com maior índice de radiação solar, sempre que possuir sol, o sistema irá gerar energia elétrica. O sistema de painel solar fotovoltaico instalado fornece energia sustentável e limpa, evitando a perda de energia elétrica, durante a coleta de dados foi observado uma redução no valor da conta de energia do proprietário da residência, essa energia gerada pode ser aplicada no uso de lâmpadas, TVs, geladeiras e na oficina mecânica existente na residência, de forma de equilibrar o gasto do uso de energia durante a noite (OLIVEIRA, 2015).

Embora algumas tecnologias de geração de energia solar sejam consideravelmente mais caras, como a fotovoltaica, os possíveis benefícios socioambientais trazidos por essa fonte de energia, como o alcance de áreas isoladas, a geração de empregos, a não emissão de gases de efeito estufa e, de modo geral, a redução de impactos ao meio ambiente, compensam o seu custo. O Brasil é um país beneficiado pela larga radiação solar durante o ano. Entretanto a energia solar não tem ocupado espaço expressivo na matriz energética brasileira, sendo necessários maiores investimentos para ampliação do setor (VIEIRA, 2012).

Ainda que a contribuição energética do sistema solar fotovoltaico instalado na residência se mostre ainda pouco excessiva para o consumo de energia elétrica dela, o painel solar apresenta-se uma alternativa viável, uma vez que a instalação na residência dispõe de uma geração aproximada de 18,21 kWh/dia. Outro fator de análise é o sombreamento sobre as placas fotovoltaicas, isso significa sombra de árvores ou causadas por antena, podendo reduzir de forma significativa todo o seu rendimento, para que essas placas atinjam o máximo de seu desempenho é necessário que o local de instalação seja livre, para assim conseguir a maior incidência de raios solares (OLIVEIRA, 2015).

CONCLUSÃO

Com essa análise sobre o estudo de caso realizado que a média de consumo teve muita diferença entre antes e após a implantação do sistema, pelo

fato de ter um maior consumo usando vários aparelhos de altíssima potência. Em relação a limpeza do sistema pode ser feita anualmente para promover a eficiência do aparelho, removendo possíveis sujeiras e poeiras que interfiram na absorção dos raios solares, a limpeza é realizada apenas com água fria, esponja e panos macios. Contudo a utilização do sistema se apresenta uma economia para as suas finanças a longo prazo, além de ser uma forma totalmente sustentável, diminuindo assim o uso de energias que soltam gases carbono como a Hidrelétrica, durante o seu processo de transformação para energia elétrica, e ajudando o meio ambiente com seu sistema sustentável fotovoltaico.

Foi possível observar que a instalação desse sistema na residência analisada será um investimento prospero e que irá gerar benefícios ao longo do tempo. Ao se pensar em energia verde, o uso das placas solares são uma alternativa viável e se demonstrou com base nos dados analisados, um investimento com grande potencial de crescimento. Seu custo inicial para sua implantação se pagará por volta de 6,6 anos desde seu início, após esse período a mesma passará a gerar lucros a seu proprietário, afirmando assim, a viabilidade positiva no quesito financeiro. Os resultados obtidos revelaram que o sistema fotovoltaico residencial é uma opção economicamente viável nos cenários analisados, e sendo viável cada vez mais comparando a anos atrás. Com o grande crescimento nesse tipo de investimento surgiram mais fábricas e empresas especializadas para instalação, tornando-se a concorrência viável para os consumidores.

Os resultados obtidos revelaram que o sistema fotovoltaico residencial foi uma opção economicamente viável nos cenários analisados.

REFERÊNCIAS

ALVES, Marina de Oliveira Lage. **Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid**. Orientador: Prof. Dr. Savio Figueira Corrêa, 2019. 76f, Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharelado em Engenharia Elétrica – UFOP Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2019.

ARAUJO, Francisco José da Costa; SILVA, Heitor Marques Francelino da. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**. São Paulo, v.8, n.03, p.859, março, 2022

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16819:2020 – Instalações elétricas de baixa tensão: eficiência energética.

BANDEIRA, Victor Augusto Andrade. **Viabilidade econômica da instalação de painéis solares para uso residencial quando comparada a investimentos tradicionais**, Orientador: Professor Doutor Cledson Akio Sakurai, 2022. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Petróleo) - Instituto do Mar, Universidade Federal de São Paulo, Santos, 2022.

BENEDUCE, Fábio Cezar Aidar. **Energia solar fotovoltaica sem mistérios**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999.

BLUESOL, **AS 5 principais questões sobre o módulo fotovoltaico respondidas para você entender tudo**. 2021. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/modulo-fotovoltaico/>. Acesso em: 31 de agosto de 2023.

CIRILO, Micarlla Carolline da Silva *et al.* **Viabilidade econômica para instalação de painéis solares: estudo de caso**. Orientador: Rafael da Costa Ferreira, 2021. n 9f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – UFERSA Universidade Federal Rural Do Semiárido. Rio Grande do Norte, 2021.

COSTA, Andrelise Cardoso; OLIVEIRA, Débora Ferreira de; RABELO, Márcia Helena. Energia solar fotovoltaica uma alternativa viável? **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.9, p. 72637-72656, setembro, 2020.

COSTA, Fabiano Medeiros *et al.* Utilização de painéis fotovoltaicos em residências. **Revista Diálogos: Economia e Sociedade**, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, n. 1, p. 61-69, fevereiro 2019.

COSTA, Maria Letícia Medeiros de Araújo. **Estudo comparativo da viabilidade de implantação de energia solar fotovoltaica e energia eólica em condomínio residencial horizontal em área litorânea**. Orientadora: Profa. Dra. Micheline Damião Dias Moreira, 2019. 110f. Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte, 2019.

CRISÓSTOMO, Daniel C. C.; MOURA, Adriano A. F., FILHO, Renato de S. A.; OLIVEIRA, Marcos A. de. Projeto de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede residencial na zona urbana de Almino Alfonso – RN. **Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica**, Rio Grande do Norte, v.3, n.2, p 29-41, dezembro, 2022.

CUNHA, Amaury Martins. **Análise da viabilidade de geração de um sistema fotovoltaico: estudo de caso residencial**. Orientador: Professor Leimar de Oliveira, M. Sc. 2019. 60f. (Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia), Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande – Paraíba - Brasil, 2019.

DALMARCO, Arthur Rodrigues. **Regulação energética: sustentabilidade e inovação nos ambientes regulatórios brasileiro e estadunidense**. Orientador: Prof.^a Dr.^a Cristiane Derani. 2017. 244f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Jurídicas. Programa de Pós-Graduação em Direito. Florianópolis – Santa Catarina, 2017.

MACHADO, Igor Tadeu Barbosa, *et al.* **Eficiência Energética Aplicada a Instalação Elétrica de uma Residência**. Orientadora: Prof. Elza Koeler de Barros Ribeiro. 2022, 21f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário de Belo Horizonte, Campus Cristiano Machado. Belo Horizonte, 2022.

MOISES, Antônio Luís Silva; CASDAS, Helder Henri Silva e. Geração Fotovoltaica Distribuída: Estudo de Caso para Consumidores Residenciais de Salvador – BA. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Salvador, Bahia, v. 5, p. 164-180, 1º trimestre, 2016.

OLIVEIRA, Wermerson David *et al.* **A eficiência energética do sistema solar fotovoltaico: instalação de um painel solar em residência**. Orientador: Anizio de Assis Rodrigues Miranda. 2015, 10f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Rio Verde, Rio Verde, Goiás, 2015.

PASSINI, Aline Ferrão Custódio; WENDER, Alex da Silva; BORBA, Willian Fernando de; RODRIGUES, Alexandre Couto. A importância do uso consciente e eficiente da energia elétrica em residências. **Cidade, Planejamento e Sociedade**, São Paulo, v. 2, n. 2, dezembro, 2021.

RIBEIRO, Luiz Henrique Pereira. **ENERGIA SOLAR: importância, implantação, instalação, vantagens e durabilidade de um sistema de energia renovável**. Orientador: Prof. Sidnei Pereira. 2018. 122f. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2018.

SACRAMENTO, Thays Cristina Bajur *et al.* Energia Solar Fotovoltaica: Revisão Bibliográfica. **Engenharias On-line**, Belo Horizonte – MG, v.1, n.2, março, 2016.

SANTOS, Edson Pereira dos. **Mercado no Brasil para o uso de energias renováveis e ações de eficiência energética**. Orientador: Prof. Dr. Thadeu das Neves Conti, 2020. 131f. Dissertação (Mestrado em Pesquisas Energéticas e Nucleares), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

SANTOS, Fabricio Almeida; SOUZA, Carlos Alberto de; DALFIOR, Vanda Aparecida Oliveira. **ENERGIA SOLAR: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga – MG**. Simpósio de excelência em Gestão e Tecnologia XIII, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos16/862456.pdf> Acesso em: 22 de outubro de 2023.

VIANA, Luís Otávio; NETO, Antônio Pinto do Nascimento Neto; FLORIAN, Fabiana. Energia renovável: energia solar fotovoltaica residencial. **Revista Científica Multidisciplinar**, Araraquara, São Paulo, v.3, n.1, p 1-13, novembro, 2022.

VIEIRA, Rafael; CABRAL, Isabelle. Viabilidade Econômica x Viabilidade Ambiental do Uso de Energia Fotovoltaica no Caso Brasileiro: Uma Abordagem no Período Recente. **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Goiânia – Goiás, novembro, 2012.

