

CALDA DE ALTO DESEMPENHO PARA DOPAGEM DE AGREGADOS DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.037-180>

Hillary Cristine Pereira Silva

Graduanda do Curso Superior em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do estado de São Paulo, Câmpus Votuporanga
ORCID: 0009-0003-8330-0948
Email: hillary.pereira@aluno.ifsp.edu.br

Ana Paula Moreno Trigo Gregui

Doutora em Engenharia de Estruturas pela Universidade de São Paulo. Professora no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do estado de São Paulo, Câmpus Votuporanga
ORCID: 0000-0002-1374-7467
Email: apmtrigo@ifsp.edu.br

RESUMO

A indústria da construção é apontada como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais, gerando consideráveis impactos ambientais, entre eles a geração de resíduos de construção. Uma alternativa para essa problemática é empregar estes resíduos de construção civil (RCC) em concretos. Estudos mostram resultados favoráveis a esta aplicação, porém, atentando-se a limitações do material, como heterogeneidade na composição, menor resistência mecânica e maior absorção de água. Para corrigir essas deficiências pode-se aplicar a técnica de dopagem, que consiste em impregnar o agregado com calda de alto desempenho de forma a alterar sua estrutura. Assim, este trabalho aborda o estudo da calda de alto desempenho usada na dopagem de agregados de RCC com a finalidade de produzir concretos estruturais. Para isso, foi feita a caracterização do agregado reciclado e realizado o estudo da calda de alto desempenho, variando proporção de aditivo superplastificante e sílica ativa. Após os resultados, pode-se concluir que o procedimento de dopagem com calda de alto desempenho mostrou-se eficiente quanto à diminuição da porosidade do agregado de RCC, permitindo o uso de material hoje sem valor comercial como agregado alternativo na elaboração de concretos estruturais.

Palavras-chave: Resíduos. Calda de alto desempenho. Técnica de dopagem. Concreto estrutural. Meio ambiente.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil cada vez mais consome recursos naturais, os quais, em sua maioria, têm vida útil limitada; e a geração dos resíduos de construção civil acompanha esse crescimento, gerando, por sua vez, impactos diretos ao meio ambiente. Projetos que minimizem ou solucionem tais problemas devem ser elaborados de maneira a reduzir esses resíduos e consequentemente diminuir os impactos ambientais dessa atividade (FERREIRA, 2022).

Abritta (2019) afirma que a escassez de jazidas de pedra britada e a grande demanda de agregados naturais pela indústria da construção civil, com o consequente aumento da geração de resíduos, conduzem ao processo de reformulação da cadeia produtiva dessa atividade industrial, principalmente em relação aos resíduos gerados. Surgem, então, medidas que estabelecem diretrizes para gestão de resíduos da construção civil (RCC), considerando sua diminuição através do aproveitamento do material gerado.

A utilização de materiais reciclados na composição de um novo concreto tem sido investigada com o intuito de avaliar a redução de impactos ambientais, e a geração de produtos com qualidade e que sejam economicamente viáveis para a construção civil, surgindo análises de resistência do concreto com o uso de agregados alternativos, a exemplo o RCC em substituição ao agregado natural, sendo avaliados comportamento e aplicabilidade (SOUZA, 2020).

Rabello (2015) avaliou a resistência à compressão axial de corpos de prova de concreto, variando a porcentagem de substituição em massa de RCC pelo agregado convencional nos teores de 0, 25, 50, 75 e 100%. A amostra referência (0% de RCC) alcançou resistência de 21,49 MPa aos 28 dias de idade. Com 25% de substituição a resistência caiu para 8,26 MPa e com 75% de RCC para 8,21 MPa, representando queda em torno de 60%, que pode ser atribuída à excessiva porosidade dos corpos de prova confeccionados com agregado reciclado.

Assim, no cenário de reutilização do RCC e na necessidade de suprir suas deficiências, surge a técnica de dopagem de agregados (Figura 1).

Figura 1 – Modificação da zona de transição (ZT) na interface pasta/agregado, alteração da conformação superficial e reforço, através da dopagem de agregado.



Fonte: Trigo (2012).

Conforme Trigo (2012) a técnica consiste em estabelecer a impregnação inicial do agregado deficitário com materiais que venham reagir com outros aglomerantes, modificando a textura do material, ou estabelecendo uma ponte de ligação entre ele e os aglomerantes que venham a ser utilizados, ou proporcionando o reforço do próprio agregado através de sua dopagem interna pelo preenchimento dos poros existentes.

Providenciando a dopagem de um agregado, através de sua “armação” com uma matriz de alta qualidade, torna-se possível a utilização de agregados outrora considerados desconhecidos aos concretos (Trigo, 2012).

Pesquisas realizadas desde 2002 no Laboratório de Materiais Avançados à Base de Cimento da Escola de Engenharia de São Carlos (Universidade de São Paulo) indicam que existe um grande potencial da aplicação da técnica de dopagem de materiais no aumento do desempenho das propriedades do concreto (Liborio e Fagury (2002); Silva e Liborio (2002); Liborio et al (2003); Silva e Liborio (2005); Trigo, Rebmann e Liborio (2010); Trigo, Conceição e Libório (2010); Trigo (2012)).

Trigo (2012) afirma que, no concreto confeccionado com a técnica de dopagem, é possível observar melhorias nas características da ZTI matriz-agregado, tais como redução tanto da quantidade de hidróxido de cálcio (CH) quanto da porosidade, sendo o CH um composto frágil formado durante a hidratação do cimento, além da formação de uma grande quantidade de silicato de cálcio hidratado (C-S-H) adicional, produto hidratado mais resistente.

Em sua pesquisa, Trigo (2012) avaliou a técnica de dopagem mediante aplicação de calda de alto desempenho em agregados lateríticos. A aplicação da técnica reduziu em mais de 35% a porosidade do grão de laterita, demonstrando a eficiência da dopagem no tamponamento dos poros superficiais do agregado. Em termos de resistência mecânica, a técnica de dopagem resultou em ganho médio de 28% na resistência à compressão para os concretos feitos com laterita. O autor afirma que os aumentos de resistência são reflexos de melhoria na zona de transição pasta/agregado, confirmada em ensaios microscópicos, representando possibilidade de uso para muitos agregados alternativos até então pouco ou nada explorados.

Destacam-se outros materiais potencialmente utilizáveis para substituição ao agregado graúdo comumente usados no concreto estrutural além do RCC, a saber: resíduos de mármore, resíduos oriundos da perfuração de poços de petróleo, escória de forno elétrico, seixo rolado e granito.

Araújo (2018) estudou as propriedades físicas e mecânicas de concreto feito com resíduo de mármore em substituição ao agregado graúdo de brita granítica, nos percentuais de 5% e 10%, sendo realizados ensaios de resistência à compressão simples e absorção de água. Os resultados mostraram que a adição de 5% do resíduo de mármore promoveu ganho de 4,53% no ensaio de resistência à compressão aos 28 dias de idade, sendo alcançada resistência superior à resistência característica (f_{ck}) de 20MPa usada na dosagem. Ao substituir 10% de resíduo de mármore pelo agregado granítico, houve

aumento de 7,14% na resistência, fato que pode ser atribuído ao empacotamento das partículas dos agregados no concreto (Araújo, 2018).

Santos (2018) avaliou o desempenho de grautes fabricados com resíduos oriundos da perfuração de poços de petróleo em substituição parcial aos agregados naturais, em termos de propriedades nos estados fresco e endurecido. Os teores de resíduo avaliados foram de 10% e 20%, com substituição em massa ao agregado graúdo convencional (brita 0). Os resultados mostraram que a adição de 10% de resíduo não modificou a resistência, já o traço com 20% de substituição apresentou uma resistência maior (12,8%) quando comparado ao traço referência na idade de 28 dias, passando de 41,49 MPa para 46,80 MPa. Assim, para Santos (2018), é viável a utilização dos 20% de resíduo em substituição parcial ao agregado graúdo, pois além de atender a trabalhabilidade, mostrou ter resistência superior ao traço referência.

Evangelista (2016) estudou a viabilidade técnica e ambiental do uso da escória de forno elétrico (EFE), um resíduo produzido em usinas siderúrgicas semi-integradas, como substituto do agregado graúdo na produção de peças de concreto para pavimentação (pavers). Com base nos resultados, Evangelista (2016) afirma que o uso da EFE, nas proporções de 25% e 50% atenderam as exigências normativas. Para maiores proporções, deve-se testar traços que satisfaçam os requisitos exigidos.

Silva (2022) avaliou concretos elaborados com seixo rolado e brita granítica nos estados fresco e endurecido. O autor observou que, aos 28 dias de idade, o concreto contendo seixo rolado exibiu valores de resistência à compressão superiores em 28,72% quando comparados ao com brita granítica. O autor explica que, para manter a mesma trabalhabilidade dos concretos, é necessário o uso de mais água quando se usa o granito, justificando a queda na resistência à compressão. Neste aspecto, a técnica de dopagem do agregado pode ser uma alternativa para o problema apresentado, já que proporciona a alteração na conformação do agregado.

Martins e Oliveira (2020) estudaram concretos com resíduos de corte de granitos (RCG) oriundos da construção civil. Os autores concluíram que a adição de RCG traz ganhos de resistência com o período de cura completo do concreto, uma vez que aos 14 dias de idade o traço referência apresentou valores de resistência superiores aos dos traços com adição. Os autores explicam que a coesão entre cimento e agregado graúdo granítico não se encontra completa no início da cura, devido as superfícies lisas do RCG; o que pode ser corrigido com a aplicação da técnica de dopagem.

Diante do exposto, observa-se a importância do estudo da dopagem em agregados alternativos, a exemplo do RCC, que, apesar de ter alto potencial de uso devido à disponibilidade, apresenta características deficitárias, como alta porosidade; fator que muitas vezes restringe seu uso em concretos estruturais.

Desta forma, este trabalho busca estudar uma calda de alto desempenho capaz de reforçar e melhorar a matriz de agregados alternativos, tornando-os aptos a serem utilizados em concretos estruturais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, foram realizados os ensaios de caracterização dos agregados. A granulometria foi feita por peneiramento conforme NBR 17054:2022. Do resultado desta análise, dois fatores importantes para o estudo de dosagem foram tirados, o módulo de finura e o diâmetro máximo do agregado graúdo de RCC. Para determinação da massa específica, absorção de água e massa unitária, foram seguidas as normas NBR 16917:2021 e NBR 16972:2021. O ensaio de material pulverulento seguiu o preconizado pela NBR 16973:2021.

Na sequência, foi realizado o estudo de dosagem da calda de dopagem dos agregados graúdos. Para obter uma calda de alto desempenho foi utilizado o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CPV-ARI) e a sílica ativa como aglomerantes. A sílica ativa foi usada no teor de 10%, conforme sugere Trigo (2012). A fim de obter baixas relações de água para a calda foi utilizado um aditivo superplastificante, sendo estudados os teores de 0,4% a 1,6% da massa de cimento, de modo a obter consistência adequada a impregnação dos agregados.

O estudo da calda partiu do ensaio de mini abatimento do tronco de cone (Monte, 2003), o qual avalia o teor de aditivo e a área de espalhamento da calda, possibilitando criar uma curva e determinar a porcentagem ótima de aditivo superplastificante. A homogeneização da mistura e a ordem de colocação dos materiais seguiram o estudo de Trigo (2012).

Uma vez determinada a calda de alto desempenho em consistência adequada à impregnação dos agregados graúdos, foi realizado o ensaio de determinação dos tempos de pega da mistura mediante NBR 16607/2018. Este ensaio é valioso, pois teores inadequados podem causar retardamento da pega, dificultando a impregnação do material com a calda.

Em seguida, foram selecionados alguns grãos de agregado de RCC para proceder a impregnação/reforço dos mesmos com a calda de alto desempenho, ou seja, aplicação da técnica de dopagem. Após aplicada a técnica, foram realizadas imagens dos agregados nas condições natural (sem dopagem) e dopado (com calda de alto desempenho), a fim de verificar a eficiência da impregnação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

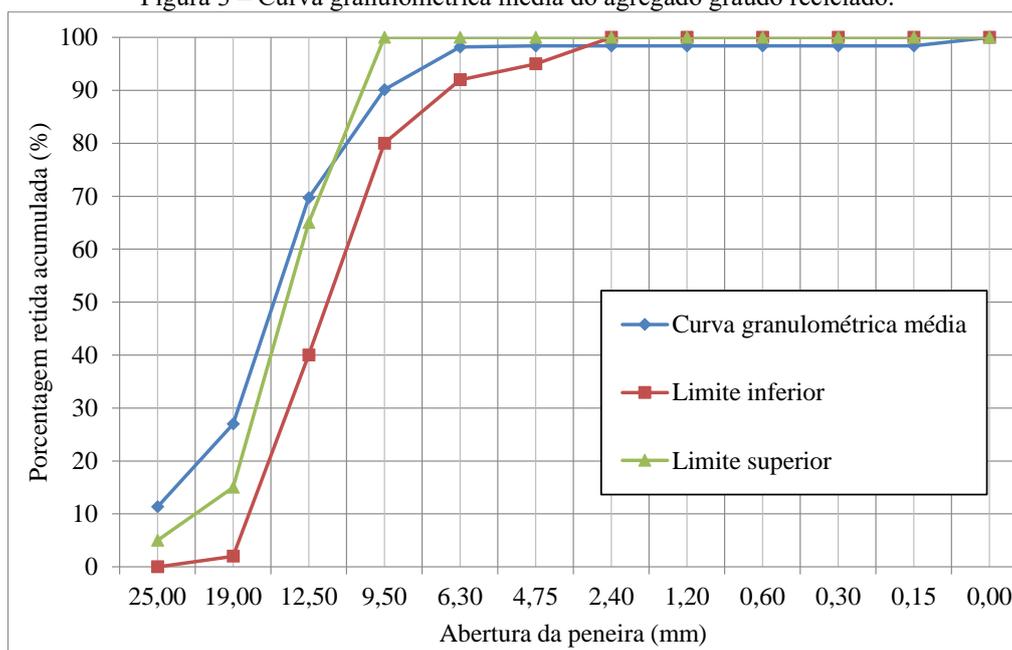
O ensaio de granulometria do agregado graúdo reciclado foi realizado em três amostras distintas a fim de se obter a média entre os resultados e a aceitabilidade do ensaio. A Figura 2 mostra a amostra do RCC usado no trabalho e a Figura 3 refere-se a curva granulométrica média do agregado, sendo de 25mm o diâmetro máximo do RCC e módulo de finura igual a 7,07.

Figura 2 – Agregado graúdo de RCC estudado no trabalho.



Fonte: Autores, 2025

Figura 3 – Curva granulométrica média do agregado graúdo reciclado.



Fonte: Autores, 2025

O resultado de massa específica absoluta média do agregado graúdo de RCC foi de $2,44 \text{ g/cm}^3$, aproximadamente 13% menor que a massa específica de uma pedra natural, que está em torno de $2,80 \text{ g/cm}^3$. Essa diferença se dá principalmente pela presença de argamassa aderida ao agregado, o que aumenta a porosidade do agregado.

Os resultados de massa específica absoluta dos aglomerantes foram fornecidos pelos respectivos fabricantes. O cimento usado foi o CPV ARI, da marca CSN Cimentos, sendo a massa específica absoluta igual a $3,02 \text{ g/cm}^3$. Em relação a sílica ativa, usou-se uma da marca Methatec, com massa específica absoluta de $2,20 \text{ g/cm}^3$.

Optou-se por utilizar um aditivo superplastificante de 3ª geração, da marca BASF, à base de policarboxilato, cuja densidade é de $1,07 \text{ g/cm}^3$. Os aglomerantes e aditivo estão na Figura 4.

Figura 4 – Materiais usados na pesquisa, cimento (à esquerda), sílica ativa (centro) e aditivo (à direita).



Fonte: Autores, 2025

Com relação as massas unitárias solta e compactada do agregado graúdo reciclado foram encontrados, respectivamente, para os valores médios de $976,41 \text{ kg/m}^3$ e $999,37 \text{ kg/m}^3$.

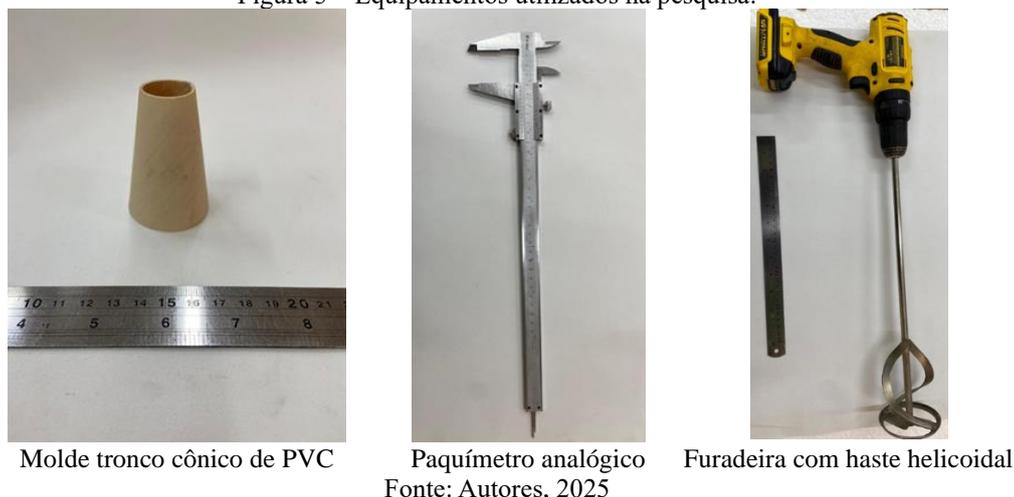
Após determinada a composição do agregado reciclado graúdo, de acordo com a NBR 15116:2021, e obtida a classificação deste como ARCO (Agregado Reciclado de Concreto), foi realizado o ensaio de absorção, preconizado pela NBR 16917:2021, em que se chegou ao valor médio de 18,5%. O resultado não atende ao limite de 7% estabelecido pela NBR 15116:2021, fator que pode ser alterado após a dopagem. O aumento da absorção pode ser atribuído à maior porosidade do material quando comparada à do agregado graúdo natural.

Uma vez definidos o uso do cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CPV-ARI) e da sílica ativa no teor de 10% como aglomerantes, foram avaliados diferentes teores de aditivo superplastificante, a fim de obter baixas relações de água para a calda e consistência adequada a impregnação dos agregados. Desta forma, teores de aditivo de 0,4%, 0,8%, 1,2% e 1,6% da massa de cimento foram estudados mediante ensaio de Kantro, ou mini abatimento do tronco de cone.

O método de mini abatimento foi desenvolvido por Kantro (1980) e adotado em algumas pesquisas nacionais e internacionais para a determinação da consistência de pastas de cimento com aditivos superplastificantes. Esse método é composto por um molde tronco-cônico e uma placa de vidro. Após a remoção do molde, dois diâmetros ortogonais da pasta são medidos com paquímetro. Calcula-se a média dos dois diâmetros medidos, e após obtêm-se a área de espalhamento da pasta (MONTE, 2003, p. 23-95).

Os equipamentos utilizados neste trabalho estão mostrados na Figura 5. A hélice helicoidal acoplada à furadeira foi utilizada no processo de mistura dos materiais da calda.

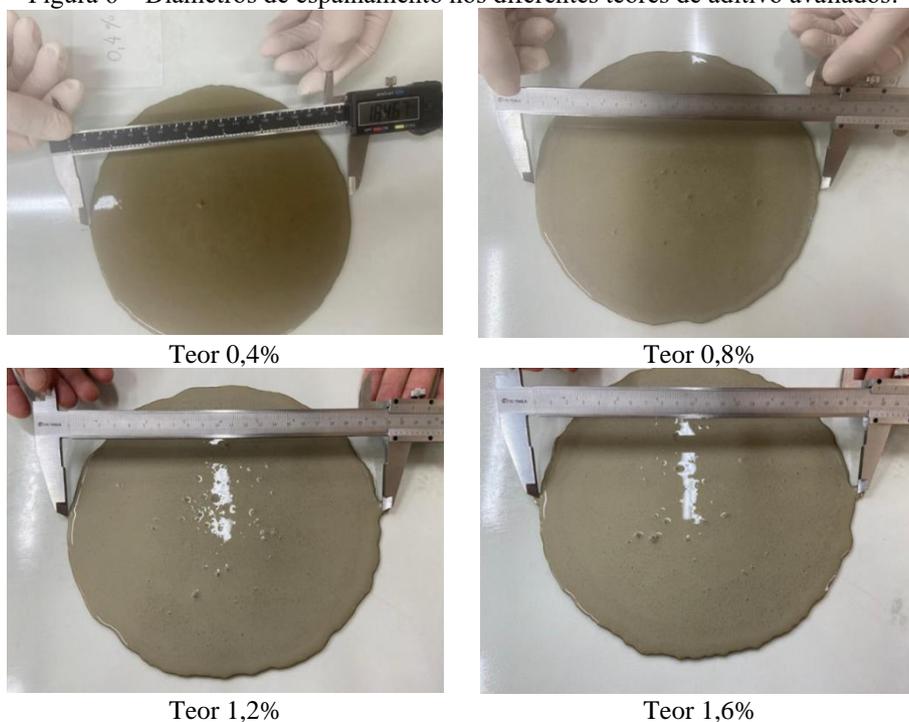
Figura 5 – Equipamentos utilizados na pesquisa.



Antes de iniciar o ensaio de Kantro, foram determinados os consumos dos materiais para a calda de alto desempenho, considerando o teor de sílica ativa de 10% conforme Trigo (2012), bem como a relação água/aglomerante (a/agl) fixada em 0,35, o que resultou em 0,9:0,073:0,35.

Para definir o teor de aditivo, procedeu-se ao ensaio de mini abatimento do tronco de cone, realizado em bancada plana e nivelada, à temperatura de 24 graus, em uma placa de vidro untada com óleo desmoldante. A ordem de mistura dos materiais seguiu o estudo de Trigo (2012). A Figura 6 mostra os diferentes diâmetros obtidos de acordo com o teor de aditivo avaliado.

Figura 6 – Diâmetros de espalhamento nos diferentes teores de aditivo avaliados.

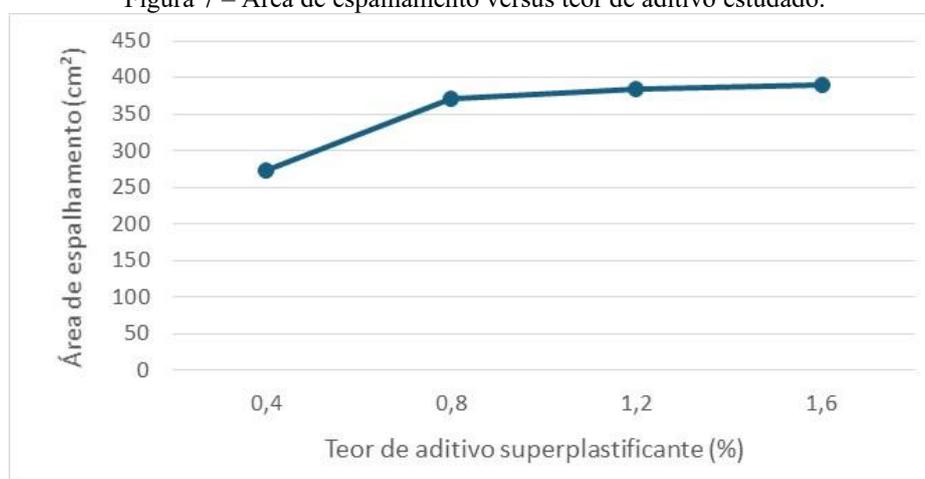


Desta forma, com os valores de diâmetros médios obtidos foi possível determinar as áreas de espalhamento aproximadas de cada pasta, conforme a porcentagem de aditivo na mistura. Na Figura 7

estão os resultados da curva “área de espalhamento versus teor de superplastificante”. Analisando os resultados, observa-se que houve um aumento significativo na área de espalhamento ao aumentar o teor de aditivo de 0,4% para 0,8%. Em contrapartida, teores maiores que 0,8% praticamente não contribuíram para ganho no espalhamento, indicando um teor ótimo de no máximo 0,8%.

Assim, para escolher o teor de aditivo a ser utilizado na calda de dopagem, deve-se basear não somente no máximo espalhamento conseguido, mas também na menor perda de espalhamento com o tempo e na menor interferência na pega. Por isso, o prosseguimento da pesquisa com a realização do ensaio de tempo de pega, que seguiu o prescrito na NBR 16607/2018. Foram utilizados aparelho de Vicat e molde tronco cônico, conforme visto na Figura 8.

Figura 7 – Área de espalhamento versus teor de aditivo estudado.



Fonte: Autores, 2025

Figura 8 – Ensaio de determinação dos tempos de pega da calda de dopagem.



Fonte: Autores, 2025

Na Tabela 1 são apresentados os tempos de início e fim de pega da calda de dopagem, considerando os diferentes teores de aditivo superplastificante avaliados. Pode-se notar que teores superiores à 1,2% ocasionaram valores de fim de pega superiores à 8 horas, tornando-se inadequados ao processo de dopagem dos agregados graúdos.

O teor de 0,4% foi o que resultou em menor tempo de pega (condição almejada nesta pesquisa), entretanto não garantiu perfeita dispersão das partículas e dopagem adequada do agregado graúdo; reflexo visto no ensaio de Kantro.

A explicação para a escolha por um menor tempo de pega está relacionada com o processo de dopagem dos agregados, mais precisamente com a preocupação quanto à permanência da calda de dopagem no agregado após este ser misturado com os demais constituintes do concreto. Considera-se que quanto mais próximo do início de pega da calda for realizada esta mistura, menor a chance de a impregnação ser removida com o atrito dos grãos.

Tabela 1 – Resultados dos tempos de pega das caldas de alto desempenho confeccionadas com CP V-ARI e diferentes teores de aditivo superplastificantes.

Tempo de pega (minutos)	Teor de aditivo (%)			
	0,4	0,8	1,2	1,6
Início	197	366	394	432
Fim	375	434	536	544

Fonte: Autores, 2025

Assim, a partir dos ensaios de miniabatimento do tronco de cone e tempo de pega, conclui-se que o aditivo em um teor de 0,8% relativo à massa de aglomerante foi o mais adequado tanto para dispersar as partículas, sem ocasionar exsudação da mistura, quanto para não provocar retardamento excessivo da pega do cimento. Além disso, este teor não compromete a viabilidade quanto ao tempo de produção do concreto dopado, já que a mistura do concreto (agregado previamente dopado e demais materiais constituintes) ocorrerá aos 366 minutos (6 horas e 6 minutos).

Após terminado o estudo de dosagem da calda de alto desempenho, e, a fim de avaliar as condições e eficiência da calda de dopagem, foram selecionados alguns grãos de agregado de RCC e feita a impregnação/reforço dos mesmos com a calda de alto desempenho.

A Figura 9 mostra as imagens dos agregados nas condições natural (sem dopagem) e dopado (com calda de alto desempenho). Pode-se observar que a alteração mais significativa está na conformação superficial do grão, que tende para uma forma mais esférica, e na diminuição dos poros superficiais. O formato esférico e menor quantidade de vazios superficiais podem representar aumento na fluidez de concretos elaborados com agregados dopados.

Foi feita também a dopagem de quantidade maior de agregado, a fim de avaliar a eficiência da mistura em betoneira e a quantidade de calda a ser usada na impregnação. Foi preparada inicialmente a calda de alto desempenho, cujos materiais foram inseridos na betoneira seguindo a ordem de colocação prescrita por Trigo (2012). Em seguida, foram adicionados os agregados graúdos de RCC, os quais passaram por mistura a fim de dopá-los. Após isso, o material foi passado na peneira com a

finalidade de tirar o excesso de calda, finalizando, assim, o processo de impregnação do agregado. A Figura 10 mostra as etapas de dopagem do RCC em betoneira.

Figura 9 - Grãos de RCC antes (linha superior) e após impregnação com calda (linha inferior).



Fonte: Autores (2025)

Figura 10 –Preparo da calda de alto desempenho (linha superior) e dopagem do agregado de RCC (linha inferior).



Fonte: Autores (2025)

4 CONCLUSÕES

Conforme delineado no texto introdutório, o setor mineral enfrenta desafios relacionados à disponibilidade de recursos naturais, especialmente os localizados dentro ou nas proximidades de áreas urbanas. A redução das possibilidades de exploração desses bens minerais gera preocupações quanto à garantia de fornecimento no futuro. Paralelamente, a indústria da construção civil é responsável pela geração significativa de resíduos, a maioria dos quais não é reciclada. Nesse contexto, torna-se



essencial e urgente desenvolver uma técnica que aprimore o desempenho de agregados de baixa qualidade ou anteriormente tidos como inadequados para a produção de concretos.

Desta maneira, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento da calda de alto desempenho através dos ensaios de kantro e ensaio de mini abatimento do tronco de cone, além do ensaio de tempo de pega precedido dos ensaios de caracterização do agregado através da determinação da granulometria, módulo de finura, teor de finos e massa específica absoluta e unitária, onde foi determinado o teor ideal de aditivo de 0,8% para a calda. Destarte, comprovou-se a eficiência da técnica da dopagem de agregados com calda de alto desempenho quanto à diminuição da porosidade do agregado de RCC através da dopagem com grandes quantidades apresentada no decorrer do trabalho, fazendo com que seja possível a utilização de um material descartado como material alternativo na elaboração de concretos estruturais.

Para pesquisas futuras, recomenda-se a moldagem de corpos de prova utilizando RCC já tratado com a técnica de dopagem com diferentes substituições ao agregado graúdo convencional a fim de se estabelecer a viabilidade da técnica pela possibilidade de reduzir o uso de agregado graúdo natural em concretos estruturais e sua possível substituição completa.



REFERÊNCIAS

ABRITTA, PINHEIRO. Jornada de Iniciação Científica e Mostra de Iniciação Tecnológica - ISSN 2526-4699. GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: possibilidades de sua inserção no mercado da construção - XV Jornada de Iniciação Científica e IX Mostra de Iniciação Tecnológica, 2019.

ARAUJO, M.L.R. PROPRIEDADES DO CONCRETO PRODUZIDO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO GRAÚDO POR RESÍDUO DE MÁRMORE. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Campina Grande Centro de Tecnologia e Recursos Naturais Departamento de Engenharia Civil, Campina Grande, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116- Agregados reciclados para usos em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16607- Cimento Portland — Determinação dos tempos de pega. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16917- Agregado Graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16972- Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16973- Agregados - Determinação do material fino que passa pela peneira de 75 µm por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

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

EVANGELISTA, PETEADO. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMPARATIVA ENTRE PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO CONVENCIONAIS E COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO PELA ESCÓRIA DE FORNO ELÉTRICO. VIII Workshop da Pós-Graduação da FT. Universidade Estadual De Campinas Faculdade de Tecnologia VIII Workshop da Pós-Graduação da FT, Campinas-SP. 2016.

FERREIRA, E. T. ESTUDO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA CONCRETO ESTRUTURAL APLICADO EM LAJES PRÉ-MOLDADAS. 1. ed. Cap.1 p. 15-27 – Curitiba: Appris, 2022.

LIBORIO JBL et al. DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DOS CONCRETOS NOS ÚLTIMOS 50 ANOS. In: Concreto Colloquia, São Carlos/SP, 2003.

LIBORIO JBL, FAGURY SC. A UTILIZAÇÃO DE CONCRETOS E PASTAS, COM ADIÇÃO DE SÍLICA ATIVA E ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, COMO MATERIAL DE REPARO PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO. In: XV CBECIMAT - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, Natal/RN, 2002. Anais...Natal: [s.n.]. 1 CD.

MARTINS, G. S.; OLIVEIRA, F. A. D. ESTUDO DO REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DE ROCHA GRANÍTICA ORNAMENTAL COMO AGREGADO GRAÚDO NO CONCRETO. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA, 2020.



MONTE, R. AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS DE ENSAIO DESTINADAS À VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES EM PASTAS DE CIMENTO PORTLAND. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

RABELLO, A.C.L. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM CONCRETO ESTRUTURAL, REINPEC Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico. Itaperuna-RJ, 2015.

SANTOS, E.M. ESTUDO DA POTENCIALIDADE NA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO GRAÚDO POR RESÍDUOS ORIUNDOS DA PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO EM GRAUTE ESTRUTURAL. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural do Semi-Árido Pró-Reitoria de Graduação Centro de Engenharias Engenharia Civil. Mossoró-RN, 2018.

SILVA, P.P.A. ANÁLISE COMPARATIVA DO CONCRETO CONVENCIONAL DOSADO COM DIFERENTES TIPOS DE AGREGADOS GRAÚDOS. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Açailândia-MA, 2022.

SILVA VS, LIBORIO JBL. ANÁLISE MICROESTRUTURAL DA INTERFACE CHAPISCO/ARGAMASSA. In: VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Florianópolis/SC, 2005.

SILVA VS, LIBORIO JBL. ESTUDO DA MICROESTRUTURA DA INTERFACE ARGAMASSA/SUBSTRATO DE CONCRETO ATRAVÉS DA MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Natal/RN, 2002. Anais...Natal: [s.n.]. 1 CD.

SOUZA, G. H. M. REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) COMO AGREGADO EM CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND. CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG. Varginha, 2020.

TRIGO APM, CONCEIÇÃO RV, LIBORIO JBL. A TÉCNICA DE DOPAGEM NO TRATAMENTO DA ZONA DE INTERFACE: LIGAÇÕES ENTRE CONCRETO NOVO E VELHO. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre. v.10, n.1, p.167-176. 2010.

TRIGO, A. P. M. ESTUDO DA DOPAGEM DE AGREGADOS PARA FINALIDADE DE USO EM CONCRETOS ESTRUTURAIS. Universidade De São Paulo Escola De Engenharia De São Carlos Departamento De Engenharia De Estruturas Laboratório De Materiais Avançados À Base De Cimento USP – EESC – SET – LMABC. São Carlos, 2012.

TRIGO APM, REBMANN MS, LIBORIO JBL. USO DA TÉCNICA DE DOPAGEM NO TRATAMENTO DA ZONA DE TRANSIÇÃO DE CONCRETOS COM SEIXO ROLADO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 52., 2010, Fortaleza. Anais eletrônicos... São Paulo: IBRACON, 2010, p. 15.