XV SBTA Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas
Porto Alegre/RS - 11 a 13 de junho de 2025

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE VIDRO EM ARGAMASSAS AUTONIVELANTES: UMA ANÁLISE DAS PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO

Study of the use of glass waste in self-leveling mortars: an analysis of properties in the fresh state

DJALMA V. RIBEIRO NETO[1], TATIANE M. R. DA SILVA [2], ARIANE DE S. SILVA[3], FLANELSON M. MONTEIRO[4], TERCIO G. MACHADO[5] , ALINE F. DA NÓBREGA[6]
[1]Doutorando no PPGECAM/UFPB, Técnico de Laboratório no IFRN *Campus* Natal-Central, djalma.neto@ifrn.edu.br
[2] Estudante do Curso Técnico em Mineração, IFRN *Campus* Natal-Central, tatianemartinss253@gmail.com
[3] Pós-doutora PPGCEM/UFRN, ariadnesouza0201@gmail.com
[4] Professor Doutor, IFRN *Campus* Natal-Central, flanelson.monteiro@ifrn.edu.br
[5] Professor Doutor, IFRN *Campus* Natal-Central, gracianomil@hotmail.com
[6] Professora Doutora, PPGECAM/UFPB, alinefnobrega@hotmail.com

RESUMO
Este estudo investiga a incorporação de pó de vidro em argamassas autonivelantes, analisando suas propriedades no estado fresco. Adotou-se quatro traços, dois referências, e dois com adição de pó de vidro (20% e 30%, em massa). Após a caracterização dos materiais de partida, foram feitos os ensaios com e sem adição do resíduo, caracterizando-os através de suas propriedades reológicas através do mini slump, mini funil-V e retenção de fluxo. Os resultados indicaram que a incorporação do pó de vidro melhorou a fluidez da argamassa, apresentando comportamento semelhante ao aditivo modificador de viscosidade. O pó de vidro apresentou-se eficiente para as propriedades analisadas.

Palavras-chave: Reologia. Aditivos. Resíduo de vidro. Sustentabilidade. Argamassa autonivelante.

ABSTRACT
This study investigates the incorporation of glass powder in self-leveling mortars, analyzing its properties in the fresh state. Four mixtures were adopted: two reference mixes and two with the addition of glass powder (20% and 30%, by mass). After characterizing the raw materials, tests were conducted with and without the residue, assessing their rheological properties through mini slump, mini V-funnel, and flow retention tests. The results indicated that the incorporation of glass powder improved the mortar's fluidity, showing behavior similar to that of a viscosity-modifying admixture. Glass powder proved to be efficient for the analyzed properties.

Key-words: Rheology. Additives. Glass waste. Sustainability. Self-leveling mortar.

Como citar:
RIBEIRO NETO, D. V.; SILVA, T. M. R.; SILVA, A. S.; MONTEIRO, MACHADO, T. G.; NOBREGA, A. F. Estudo da utilização do resíduo de vidro em argamassas autonivelantes: uma análise das propriedades no estado fresco. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2025.

INTRODUÇÃO

A extração de recursos minerais, propiciada através da indústria de mineração, é essencial para o fornecimento de matérias-primas para a construção civil, como por exemplo calcário, agregados minerais, argilas etc. Porém, é sabido que esses recursos são finitos na natureza, o que requer da sociedade a necessidade de geração de novas tecnologias, as quais se tornem alternativas viáveis para a construção civil e, consequentemente, contribua com o desenvolvimento sustentável.

De acordo com [13], o segundo material mais consumido pelo ser humano é o cimento. Além do mineral calcário para a sua produção, a indústria cimentícia é responsável por 8% da emissão de dióxido de carbono no mundo [2], ficando atrás apenas de setores como os de energia e transportes. Este cenário exige o desenvolvimento de alternativas que contribuam para a redução do consumo de cimento, minimizando assim os impactos ambientais adversos associados. O fato é que é notório e perceptível pela sociedade que os eventos climáticos extremos estão cada vez mais presentes no cotidiano, dessa maneira o conceito de desenvolvimento sustentável surge como uma necessidade de implementação imediata na contemporaneidade.

A Organização das Nações Unidas (ONU), através do relatório "Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável" [19], apresentou um conjunto de metas e objetivos que as nações devem adotar, mas está a passos lentos para tal. A Figura 1 apresenta os 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável da Agenda 2030.

Figura 1 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030.



Fonte: United Nations [19].

Percebe-se que os 17 ODS estão vinculados aos três pilares: econômico, social e ambiental; contudo, desta vez, o aspecto econômico apresenta distinções em relação ao proposto por [9]. É fundamental que as empresas assumam responsabilidade diante dos impactos negativos ao meio ambiente, como a redução da biodiversidade, a liberação de poluentes atmosféricos e a exploração excessiva dos recursos naturais. O foco no desenvolvimento sustentável passa a ser incorporado à governança corporativa [10].

Embora consuma uma grande quantidade de recursos naturais, a construção civil tem o potencial de reutilizar resíduos sólidos, minimizando os impactos ambientais causados por seu descarte final e, ao mesmo tempo, diminuindo a extração de matérias-primas da natureza [14].

Nessa perspectiva, [17] observou que a incorporação de resíduos sólidos em matrizes cimentícias tem sido utilizado como alternativas. Diversas pesquisas [1][17], por exemplo, vêm sendo realizadas para aprimorar o desempenho, a resistência, as características físicas e químicas, o processo de hidratação e a microestrutura de composições de argamassa e concreto com a incorporação de resíduos de vidro.

Dentre os materiais cimentícios, as argamassas autoadensáveis, como o próprio nome sugere, são compostos que se espalham e se nivelam naturalmente, sem a necessidade de aplicação de força externa. Esse tipo de material é empregado na construção de contrapisos em edificações, além de ser utilizado no nivelamento de superfícies para diferentes finalidades [16]. De acordo com [18], as misturas cimentícias autoadensáveis, incluindo concretos e argamassas, com ou sem resíduos, vêm sendo amplamente estudadas há anos devido às suas vantagens sobre o concreto vibrado, como melhor fluidez e uniformidade no transporte e aplicação.

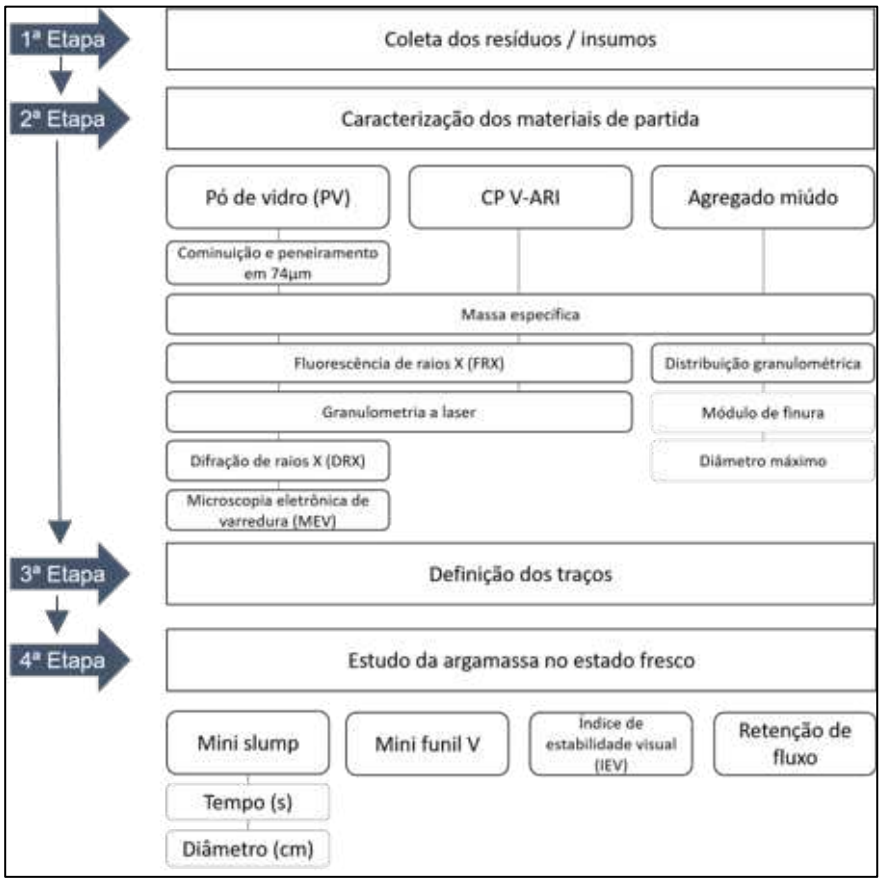
Do ponto de vista ambiental, a incorporação do resíduo de vidro em argamassas autonivelantes contribuíra para o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável propostos pela ONU através dos objetivos 9, 11, 12 e 13, respectivamente, indústria, inovação e infraestrutura, cidades e comunidades sustentáveis, consumo e produção responsáveis e ação contra a mudança global do clima.

Nessa perspectiva, o presente trabalho possui como objetivo avaliar a adição do pó de vidro de garrafas (PV) em argamassas autonivelantes no estado fresco, resultando na mitigação de impactos ambientais adversos decorrentes do descarte de vidros e, consequentemente, melhora nas propriedades reológicas e diminuição do consumo de cimento.

METODOLOGIA

A pesquisa realizada se baseou em duas etapas, revisão da literatura para embasamento científico e procedimentos experimentais, sendo classificada como um trabalho descritivo e experimental [12]. O procedimento experimental se deu em 4 etapas, a saber: coleta dos resíduos e insumos, caracterização dos materiais de partida, definição dos traços e estudo da argamassa no estado fresco, conforme apresentado no fluxograma da Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma do procedimento experimental.



Fonte: Os autores (2025)

A etapa 2 contribuiu para a escolha do traço adotado e posteriores compreensões dos resultados obtidos no estado fresco da argamassa autonivelante.

COLETA E AQUISIÇÃO DOS MATERIAIS

A coleta das garrafas se deu em uma praça de alimentação de um shopping no município de Natal-RN. Ambas possuíam cor verde e eram do tipo long neck. A aquisição do cimento Portland CP V-ARI, agregado miúdo e do aditivo superplastificante a base de policarboxilato comercialmente conhecido como Sika Viscocrete 6090HW da marca Sika se deu em loja de materiais de construção, também no município de Natal-RN. A água utilizada foi proveniente do sistema de abastecimento público do Rio Grande do Norte com uma temperatura ambiente.

CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO CP V-ARI, PÓ DE VIDRO E AGREGADO

A obtenção do pó de vidro ocorreu através da fragmentação das garrafas em um moinho de anéis. Posteriormente, realizou-se o peneiramento do PV em uma peneira com abertura da malha de 74µm, utilizando-se na pasta cimentícia apenas o passante (<74µm).

A composição química do cimento e do pó de vidro foi determinada através da análise de fluorescência de raios X (Shimadzu EDX-720) e encontram-se na Tabela 1. Bem como a

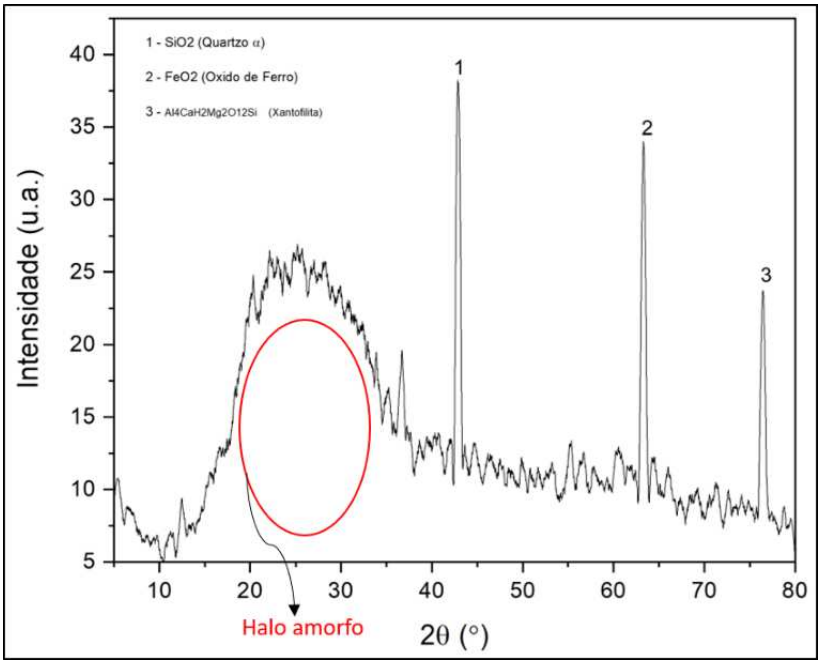
microestrutura do PV, que ocorreu através da análise de difratometria de raios X (Shimadzu DRX 7000) se encontram na Figura 3.

Tabela 1 – Composição química do cimento Portland CP V-ARI e do pó de vidro (PV).

Material	SiO_2	CaO	Na_2O	SO_3	Al_2O_3	P_2O_5	K_2O	Fe_2O_3	Outros
CP V-ARI	5,44%	80,61%	-	7,48%	-	1,12%	1,78%	3,48%	0,05%
PV	69,56%	18,48%	3,79%	2,41%	2,07%	1,22%	0,85%	0,84%	0,77%

Fonte: Os autores (2025)

Figura 3 - Difratograma do pó de vidro.



Fonte: Os autores (2025).

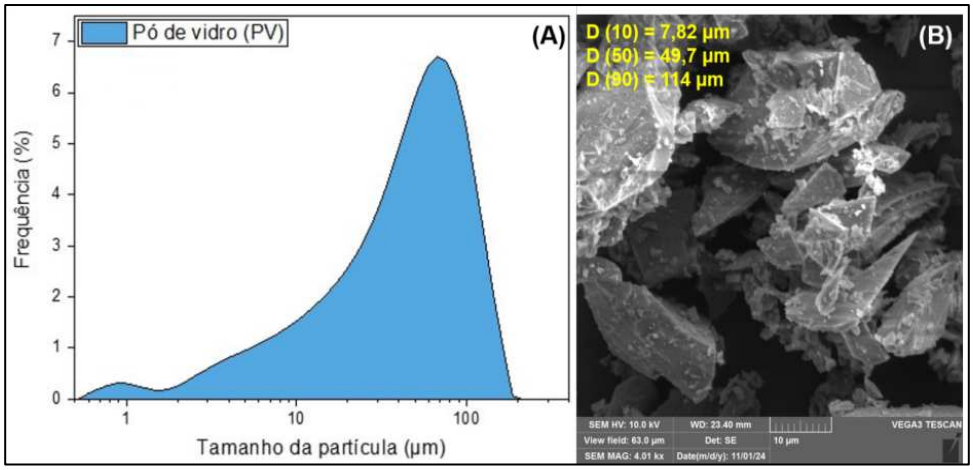
A composição química do CP V-ARI é predominantemente de óxido de cálcio, compondo 80,61% da amostra seguido, respectivamente, pelo óxido de enxofre, 7,48%, óxido de silício, 5,44%, e óxido de ferro, 3,48%. além dos óxidos de potássio e fósforo que apresentaram percentuais abaixo de 2. Elementos característicos deste tipo de cimento.

O pó de vidro (PV) apresentou elevado percentual de óxido de silício, 69,56%, seguido do óxido de cálcio, com 18,48% da amostra e óxido de sódio e enxofre com 3,79% e 2,41%, respectivamente. Outros óxidos como de alumínio, fósforo, potássio e ferro apareceram com percentuais inferiores a 2%.

De acordo com a Figura 3, o difratograma do PV apresenta picos característicos em conformidade com a fluorescência de raios X, com picos expressivos de óxido de silício e óxido de ferro. Mas, é importante destacar a presença de um halo amorfo entre 20° e 35° - 2θ, sendo comum é em pozolanas e, geralmente, indicando certo potencial reativo dos materiais pozolânicos.

A análise granulométrica do cimento Portland CP V-ARI e do pó de vidro ocorreu por meio de granulometria a laser (cilas 1090 seco e mastersizer 3000E, respectivamente). Realizou-se também a análise morfológica do PV. A micrografia foi obtida através do equipamento MEV Tescan VEGA 3. A Figura 4 apresenta a distribuição do tamanho de partícula e a morfologia do PV.

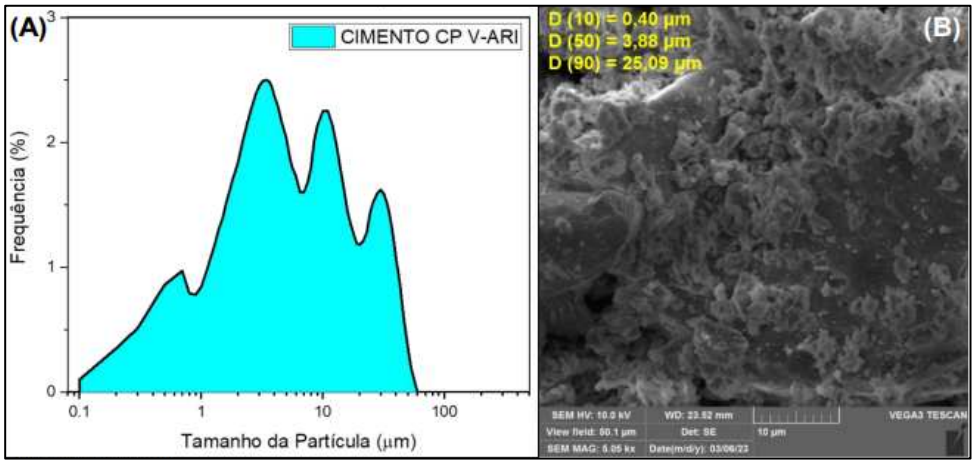
Figura 4 - Distribuição do tamanho de partícula (A) e micrografia do PV (B).



Fonte: Os autores (2025)

Através da Figura 4(A), observa-se que a curva de distribuição do tamanho de partícula do PV é unimodal. O resultado da distribuição granulométrica a laser apresentou D (10) = 7,82 µm; D (50) = 49,7 µm; D (90) = 114 µm, com um diâmetro médio de superfície ponderado de 15,8 µm. A micrografia apresentada na Figura 4(B) apresenta partículas com tamanhos diferentes e com morfologia angulosa, em conformidade com o gráfico de distribuição de tamanho de partícula.

Figura 5 - Distribuição do tamanho de partícula (A) e micrografia eletrônica do CP V-ARI (B).



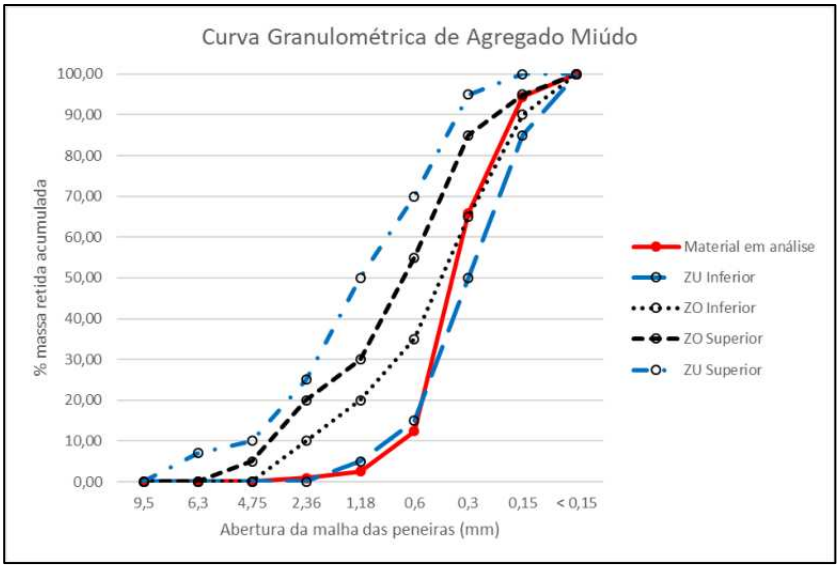
Fonte: Os autores (2025)

Através da Figura 5(A), observa-se que a curva de distribuição do tamanho de partícula do cimento Portland CP V-ARI é polimodal. O resultado da distribuição granulométrica a laser

apresentou D (10) = 0,40 µm; D (50) = 3,88 µm; D (90) = 25,09 µm, com uma partícula média de 8,40 µm. A micrografia apresentada da Figura 5(B) mostra um material fino e com formas irregulares e diferentes tamanhos de partículas, em conformidade com o gráfico de distribuição de tamanho de partícula.

Na Figura 6 tem-se a curva granulométrica do agregado miúdo utilizado.

Figura 6 – Curva granulométrica do agregado miúdo.



Fonte: Os autores (2025)

O agregado miúdo apresentou um diâmetro máximo de 1,18mm e um módulo de finura de 2,76, sendo enquadrado pela NBR NM 248 [5] como areia do tipo média. A curva granulométrica da areia se comportou entre a zona utilizável inferior e a zona ótima superior.

A Tabela 2 apresenta os valores de massa específica dos materiais utilizados.

Tabela 2 – Massa específica dos materiais.

Material	Massa específica (g/cm³)
CP V-ARI	3,0
PV	2,43
AGREGADO MIÚDO	2,61

Fonte: Os autores (2025).

DEFINIÇÃO DOS TRAÇOS

Foram desenvolvidos quatro traços de argamassas autonivelantes, a saber: padrão, sem adição mineral (0%); padrão com adição de aditivo modificador de viscosidade (0% + VMA); e com adição de pó de vidro, com 20% e com 30%, em massa, em relação ao cimento.

Tabela 3 – Traços adotados na pesquisa.

	Traço		A/C	Pó de vidro (em massa)	Aditivo químico	
	Cimento	Areia			Superplastificante	Modificador de viscosidade
0%	1	2	0,48	-	1,07%	-
0% + VMA	1	2	0,48	-	1,22%	0,6%
20% de PV	1	2	0,48	20%	1,22%	-
30% de PV	1	2	0,48	30%	1,68%	-

Fonte: Os autores (2025).

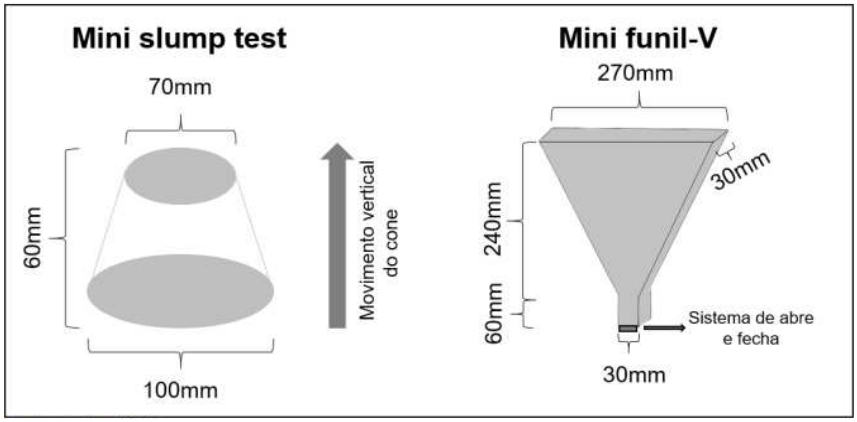
A relação água/cimento ficou estabelecida em 0,48 com o objetivo de não alterar as características a serem analisadas no trabalho. Com relação ao aditivo químico superplastificante utilizado, houve aumento no percentual aplicado quando comparado ao traço padrão, uma vez que ocorreu a adição de finos no traço.

ENSAIOS DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO

Os ensaios no estado fresco de argamassas autonivelantes são necessários e relevantes para esse tipo de argamassa, uma vez que as suas principais características estão relacionadas a sua reologia, dada a sua característica de se autoadensar, diferentemente da argamassa tradicional, por exemplo.

Desse modo, este trabalho realizou os ensaios de mini slump test, mini funil-V e retenção de fluxo a fim de se analisar a consistência, o tempo de escoamento e de fluxo e o índice de estabilidade visual. Ambos os ensaios foram realizados em material acrílico e úmidos, com objetivo de dirimir as forças de atrito no escoamento e, também, evitar a perda de umidade da pasta para as peças. A Figura 7 apresenta a representação do mini slump test e mini funil-V.

Figura 7 – Representação do mini *slump test* e mini funil V.



Fonte: Ribeiro Neto [14]

Como não há norma para os ensaios no estado fresco de argamassas autonivelantes, estabeleceu-se como diâmetro mínimo para o mini *slump test* 25mm, e o tempo de fluxo em

segundos, no ensaio de mini funil-V, entre 7 e 11 segundos em conformidade com os trabalhos [7], [15] e [3].

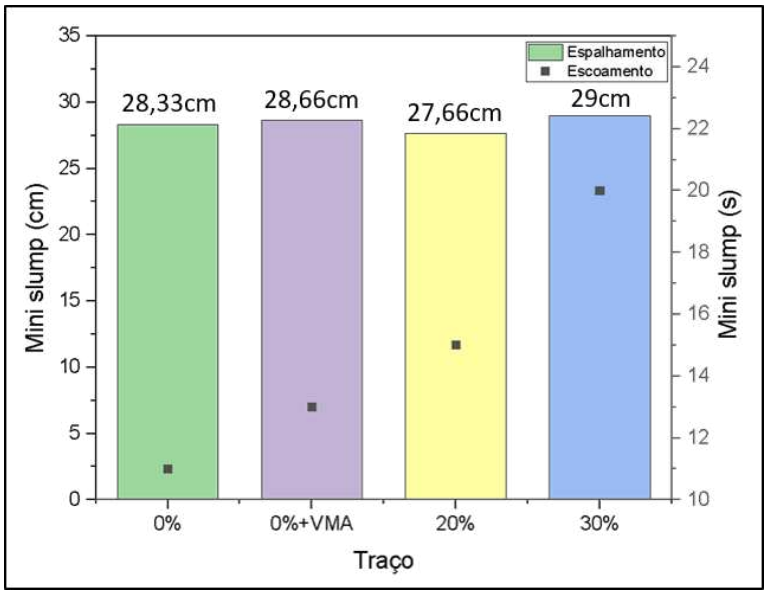
O índice de estabilidade visual (IEV) foi realizado em conformidade com a NBR 15823-1 [4]. Para esta análise, a norma refere-se a concretos autoadensáveis, porém utilizou-se como parâmetro comparativo para a argamassa autonivelante estudada.

O ensaio de retenção de fluxo para caracterização da argamassa autonivelante foi realizado utilizando um anel de fluxo com 50 mm de diâmetro interno e 30 mm de altura, confeccionado em acrílico. Para isso, o diâmetro de dispersão da pasta foi mensurado aos 20 e 30 minutos após a incorporação da água à mistura seca da argamassa, com o objetivo de analisar a retenção do fluxo com base na variação do espalhamento. Esse ensaio é fundamental, pois permite avaliar o tempo de trabalhabilidade da argamassa autonivelante, assegurando a manutenção de suas propriedades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos no teste de mini slump estão representados na Figura 8. Nota-se que os resultados foram adequados em relação à fluidez, sem indicar segregação ou exsudação nos diferentes traços com adição do pó de vidro, apresentando diâmetros entre 27,66cm e 29cm. Cabe destacar que para as quatro proporções, manteve-se a relação água/cimento de 0,48.

Figura 8 – Diâmetro e tempo de escoamento resultante do mini *slump test*.



Fonte: Os autores (2025)

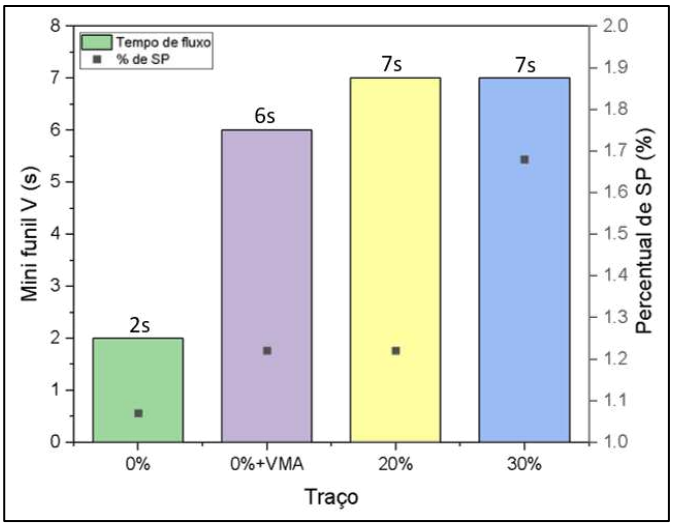
A argamassa autonivelante deve possuir um diâmetro de 250mm a 300mm [7]. Comparando-se os traços é possível observar que o traço 20% obteve o menor espalhamento, um diâmetro de 27,66 cm. Porém, encontra-se dentro dos limites estabelecidos [7]. Por outro lado, justifica-se por ter ocorrido o aumento de finos na mistura, o que requer aumento do aditivo superplastificante (SP) ou de água a fim de aumentar a sua fluidez. Salienta-se que os traços

0% + VMA e 20% utilizaram o mesmo percentual de adição de SP, 1,22%. O contrário aconteceu com 30%, o qual obteve um espalhamento de 29,00 cm. Tal fato, justifica-se com o aumento do percentual de SP utilizado quando comparado aos outros traços, utilizando-se 1,68%. A literatura [11] afirma que existe a necessidade de aumentar o percentual de aditivos à medida que ocorre o aumento de finos na mistura de modo que não se altere a relação água/cimento.

A Figura 8 também apresentou os tempos de escoamento no mini slump test. O intervalo temporal foi de 11 a 20 segundos entre todos os traços. É possível observar que o traço referência (0%) obteve o menor tempo de escoamento, de 11s, enquanto os traços com adição de VMA e adições de PV foram aumentando esse tempo à medida que foram aumentados os seus percentuais de adição. Pode-se inferir que a adição do pó de vidro apresenta uma semelhança quando comparado ao traço com aditivo modificador de viscosidade, sugerindo apresentar um comportamento semelhante entre esses dois materiais na mistura e, consequentemente, tendo o pó de vidro aumentado a viscosidade da argamassa autonivelante. A literatura [20] afirma que a adição de resíduos finos na mistura se assemelha a aditivos químicos, atuando como um modificador de viscosidade.

A Figura 9 apresenta os resultados do ensaio no mini funil V. Os valores variaram de 2 a 7 segundos.

Figura 9 – Tempo de queda cronometrada no ensaio de mini funil V e respectivos percentuais de SP.



Fonte: Os autores (2025)

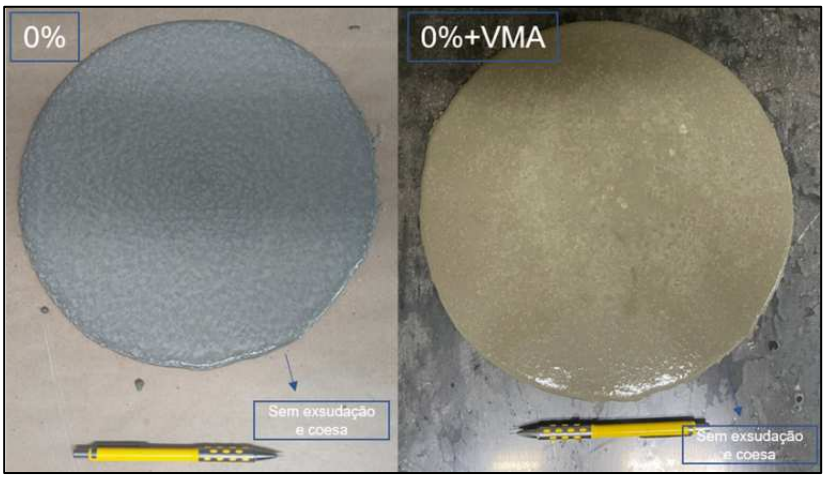
Analisando a Figura 9, é possível observar que o traço padrão 0% obteve um baixo valor de escoamento de queda, de apenas 2 segundos. De acordo com a norma [8] os valores de tempo de fluxo devem estar compreendidos entre 7 e 11 segundos. Isso significa que além do traço 0%, o traço 0% + VMA também esteve abaixo do limite inferior, mas apenas com 1 segundo a menos. O baixo valor significativo para 0% pode está alinhado a um alto percentual de aditivo superplastificante para essa mistura.

Os traços 20% e 30% atenderam a norma [8], estando no limite inferior, e se apresentaram semelhantes ao traço com aditivo modificador de viscosidade. Assim, pode-se inferir que a

adição de PV se assemelha ao aditivo modificador de viscosidade, contribuindo com o aumento da viscosidade da pasta cimentícia.

As Figuras 10 e 11 exibem os registros dos quatro traços executados nesta pesquisa após o fluxo livre resultante do ensaio de mini slump test.

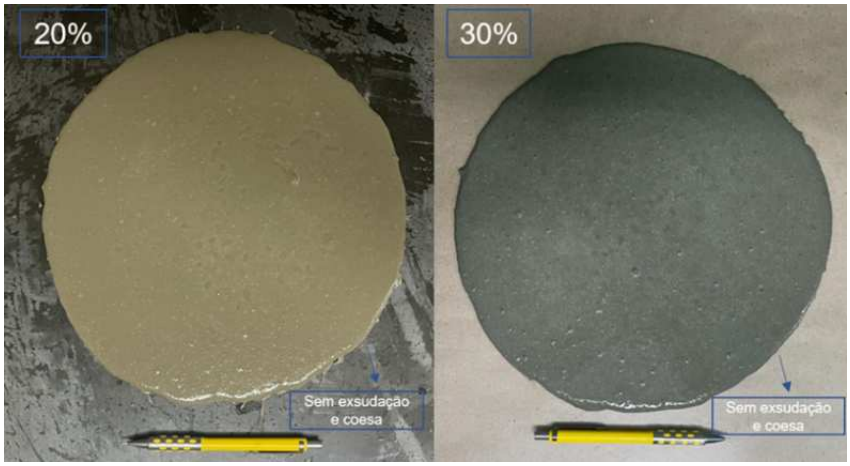
Figura 10 – Índice de estabilidade visual dos traços referência das argamassas autonivelantes produzidas.



Fonte: Os autores (2025)

A argamassas referências deste trabalho, 0% e 0% + VMA, não apresentaram exsudação e nem segregação, como pode ser observado nas imagens. De acordo com a NBR 15823-1 [4], classificam-se como IEV-0, sem presença de segregação ou exsudação.

Figura 11 – Índice de estabilidade visual dos traços com adição de PV das argamassas autonivelantes produzidas.



Fonte: Os autores (2025)

Analisando a Figura 11, observa-se que os traços propostos, 20% e 30%, também não apresentaram exsudação e segregação. Porém, observa-se que o traço 30% obteve uma maior coesão e concentração da mistura, mesmo que esse traço tenha tido uma maior adição de

aditivo superplastificante e obtido o maior diâmetro 29cm. Mas, justifica-se devido a maior quantidade de finos.

A Tabela 4 apresenta os resultados do ensaio de retenção de fluxo.

Tabela 4 – Resultado do ensaio de retenção de fluxo.

Traço avaliado	Diâmetro de espalhamento 20min (milímetros)	Diâmetro de espalhamento 30min (milímetros)	Diferença entre os diâmtros (milímetros)
0%	133	123	10
0% + VMA	153	140	13
20%	146	124	22
30%	156	125	31

Fonte: Os autores (2025).

Ao analisar os dados apresentados, nota-se que os traços contendo adição do pó de vidro e aditivo modificador de viscosidade apresentaram diâmetros superiores ao traço referência 0%. Entretanto, a redução da trabalhabilidade nesses traços foi mais acentuada em comparação ao traço sem adições e ao traço com o VMA. Assim, é possível concluir que a adição do pó de vidro à mistura reduziu a trabalhabilidade da argamassa.

Embora a norma C1708 [6] não estabeleça os limites mínimos e máximos para esse ensaio, é frisada a importância da trabalhabilidade para as argamassas autonivelantes, tendo em vista que as suas principais características se encontram no estado fresco para aplicação.

Por outro lado, embora tenha existido uma menor trabalhabilidade nos traços propostos com o passar do tempo, essas argamassas ainda apresentam uma maior trabalhabilidade com relação ao seu diâmetro de escoamento, pois ainda assim obtiveram um maior diâmetro aos 30 minutos.

A Tabela 5 apresenta os resultados compilados dos ensaios no estado fresco realizados.

Tabela 5 – Resultados dos ensaios das propriedades no estado fresco.

Ensaio	Traço							
	0%		0% + VMA		20%		30%	
Mini slump (cm)	28,33		28,66		27,66		29	
Mini slump (s)	11		13		15		20	
Mini funil V (s)	2		6		7		7	
Retenção de fluxo (mm)	20min. 133	30min. 123	20min. 153	30min. 140	20min. 146	30min. 124	20min. 156	30min. 125

Fonte: Os autores (2025).

Nessa perspectiva, é possível observar que os traços propostos possuem características que atendem aos pré-requisitos no estado fresco para argamassas autonivelantes, sem perca das características, demonstrando ser uma alternativa viável e sustentável.

CONCLUSÕES

A incorporação de pó de vidro em argamassas autonivelantes pode ser uma alternativa sustentável para a construção civil, considerando-se as propriedades analisadas neste trabalho, reduzindo o descarte inadequado de resíduos vítreos e minimizando o consumo de cimento. Os ensaios demonstraram que os traços contendo PV apresentaram diâmetros de espalhamento adequados, sem ocorrência de segregação ou exsudação. Além disso, o pó de vidro mostrou-se capaz de atuar como um aditivo modificador de viscosidade, alterando a fluidez e o tempo de escoamento da argamassa. No entanto, observou-se uma perda de trabalhabilidade ao longo do tempo, o que deve ser considerado na aplicação prática. De maneira geral, os traços estudados atenderam aos pré-requisitos de desempenho no estado fresco, evidenciando o potencial do pó de vidro como um insumo viável para argamassas autonivelantes.

AGRADECIMENTOS

Aos Grupos de Pesquisa de Processamento Mineral (IFRN/CNAT) e de Estruturas e Materiais (UFCG-UFPB). Ao Laboratório de Tecnologia Mineral e Materiais – LT2M (IFRN/CNAT) e ao Centro de Tecnologia Mineral do IFRN pelos ensaios realizados. Ainda, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM) da UFPB.

REFERÊNCIAS

[1] ABDEL-RAHMAN, H.A.; YOUNES, M.M.; KHATTAB, Magdy M.. Effect of waste glass content on the physico-chemical and mechanical properties of styrene acrylic ester blended cement mortar composites. **Polymer Composites**, [S.L.], v. 39, n. 4, p. 985-996, 29 abr. 2016. Wiley. http://dx.doi.org/10.1002/pc.24051.

[2] ANDREW, Robbie M.. Global CO2 emissions from cement production, 1928–2018. **Earth System Science Data**, [S.L.], v. 11, n. 4, p. 1675-1710, 20 nov. 2019. Copernicus GmbH. http://dx.doi.org/10.5194/essd-11-1675-2019.

[3] ARAÚJO, Tomaz Rodrigues de et al. Efeitos da Incorporação do Fíler Calcário e do Resíduo da Biomassa da Cana-De-Açúcar em Argamassas Autonivelantes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 11., 2015, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: SBTA, 2015. p. 1-15.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-1**: Concreto autoadensável Parte 1: Classifcação, controle e recebimento no estado fresco. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

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

[6] ASTM American Society for Testing and Materials. **C 1708**: Standard Test Methods for Self-leveling Mortars Containing Hydraulic Cements. 2012.

[7] BARLUENGA, G.; HERNÁNDEZ-OLIVARES, F. Self-levelling cement mortar containing grounded slate from quarrying waste. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 24, n. 9, p. 1601-1607, set. 2010. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.02.033.

[8] EFNARC EUROPEAN FEDERATION FOR SPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS. **Specification & guidelines for Polymermodified cementitious flooring as wearing surfaces for industrial and comercial use**. United Kingdom, 2002.

[9] ELKINGTON, John. **Canibais com garfo e faca**. São Paulo: M.Books, 2011.

[10] ELKINGTON, John. **Green Swans: The Coming Boom in Regenerative Capitalism**. Nova Iorque (EUA): Fast Company Press, 2020.

[11] FARIAS, Evilane Cássia de. **Avaliação da durabilidade frente ao ataque de CO2 e Cl- em concretos autoadensáveis com elevados teores de resíduo da biomassa da cana-de-açúcar e metacaulim**. 2019. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

[12] GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** São Paulo: Atlas S. A., 2002.

[13] HABERT, G.; MILLER, S. A.; JOHN, V. M.; PROVIS, J. L.; FAVIER, A.; HORVATH, A.; SCRIVENER, K. L.. Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries. **Nature Reviews Earth & Environment**, [S.L.], v. 1, n. 11, p. 559-573, 22 set. 2020. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1038/s43017-020-0093-3.

[14] LUCAS, Denis; BENATTI, Cláudia Telles. Utilização de resíduos industriais para a produção de artefatos cimentícios e argilosos empregados na construção civil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente - Rama**, Maringá, v. 1, n. 3, p. 405-418, set. 2008.

[14] RIBEIRO NETO, Djalma Valério. **Efeito da utilização de resíduos sólidos de rochas ornamentais do Seridó potiguar nas propriedades de argamassa autonivelante**. 2023. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2024.

[16] RUBIN, A. P. **Argamassas autonivelantes industrializadas para contrapiso: análise do desempenho físico-mecânico frente às argamassas dosadas em obra**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Porto Alegre - RS, 2015.

[17] SALES, Rosemary Bom Conselho; SALES, Fernando Augusto; FIGUEIREDO, Enio Pazini; SANTOS, White José dos; MOHALLEM, Nelcy della Santina; AGUILAR, Maria Teresa Paulino. Durability of Mortar Made with Fine Glass Powdered Particles. **Advances In Materials Science And Engineering**, [S.L.], v. 2017, p. 1-9, 2017. Hindawi Limited. http://dx.doi.org/10.1155/2017/3143642.

[18] Singh, A. et al. (2020). Incorporating recycled aggregates in self-compacting concrete: a review. **Journal of Sustainable Cement-Based Materials**, 9(3):1-25. https://doi.org/10.1080/21650373.2019.1706205.

[19] UNITED NATIONS. (2015). **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development**. ONU. Retrieved from https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication. Acesso em: 30 de jul. de 2022.

[20] ZHI, Z; HUANG, J; GUO, Y; LU, S; MA, B. Effect of chemical admixtures on setting time, fluidity and mechanical properties of phosphorus gypsum based self-leveling mortar. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 21, n. 5, p. 1836-1843, 2017.