

02



Substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de vidro moído no concreto

*Valentina Teichmann Rodrigues
Ricardo Luis Deboni*

DOI: [10.47573/aya.5379.2.84.2](https://doi.org/10.47573/aya.5379.2.84.2)

RESUMO

A construção civil é um dos setores que mais utiliza recursos naturais. A utilização de recursos residuais acaba sendo uma solução de substituição para diminuir os impactos negativos gerados por esse consumo. O presente estudo é um estudo sobre a utilização de vidro moído (material que possui boa resistência e um material de difícil decomposição) na substituição da areia (recurso natural) na fabricação de concreto, contribuindo, assim, para preservação do meio ambiente. Foram moldados corpos de prova com diferentes porcentagens de substituições (10%, 15%, 20%, 30%) em massa para analisar a resistência à compressão, seguindo as diretrizes da ABNT NBR 5739:2018. O rompimento dos corpos de prova ocorreram aos 7 dias e aos 28 dias. Os resultados foram satisfatórios até 20% de substituição, mostrando resultados superiores ao traço de referência. Concluiu-se que é viável a substituição e que é possível obter um concreto que tenha boa resistência, desde que a porcentagem seja limitada, mostrando uma nova maneira de reutilização do vidro para que ele não seja depositado em aterros sanitários.

Palavras-chave: agregado miúdo. concreto. substituição. vidro moído.

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil, segundo a CBCS (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável), em uma pesquisa realizada em 2007, é responsável por até 75% de consumo dos recursos naturais extraídos no planeta, gerando um grande impacto ambiental. A extração da areia, por exemplo, traz inúmeros impactos negativos: incidência de processos erosivos do solo, depreciação da qualidade do solo, impacto visual entre outros (NOGUEIRA, 2016). O desenvolvimento sustentável acaba sendo uma solução para diminuir o consumo de recursos naturais.

Segundo Brasileiro (2015),

Alemanha, Coréia e Japão, por exemplo, têm leis com recomendações para estimular o uso de materiais recicláveis. Já países como França, Inglaterra, Dinamarca, República Checa e Itália possuem um elevado preço para deposição de resíduos da construção e demolição de aterros.

Já no Brasil, a reciclagem dos resíduos de construção e demolição é recente. Esse atraso em relação aos outros países se dá por diversos fatores: dificuldade para introduzir novas tecnologias na área, muita disponibilidade de produtos naturais que acabam abaixando o custo do produto e, também, uma visão errada de que o produto confeccionado com o material reciclado possua qualidade inferior a outro que não seja confeccionado com insumo reutilizável.

Procurar alternativas de introduzir algo sustentável na construção civil no Brasil acaba se tornando um desafio (DE ALMEIDA, 2017). O tema trata em substituir areia, um recurso natural que em muitas regiões tem seu custo elevado devido à distância de transporte entre o local de extração e o de uso, por resíduo de vidro moído.

Produzido em grande escala pelo mundo, o vidro é um material rígido, obtido através do aquecimento da matéria-prima, causando sua fusão e depois, de moldado conforme desejado, seu resfriamento (AKERMANN, 2000). Esse material possui, como componente básico, sílica (dióxido de silício). Esse componente está presente nas rochas, areias, quartzo e em outros materiais. Teoricamente, o vidro é um material 100% reciclável: pode ser reciclado indefinidamente

sem que haja perda de qualidade. No entanto, no Brasil, 40% do vidro produzido é reciclado (VAZ, 2021). Essa porcentagem se dá a vários fatores limitantes para executar esse processo, tais como: impurezas, mescla de sucatas de cores diferentes, baixo preço pago pelo material (na cidade de Cruz Alta, por exemplo, o preço pago é R\$0,10/kg) entre outros.

O vidro utilizado no ensaio foi o vidro temperado. Esse nome se dá devido a uma comparação ao aço temperado, ambos possuem alta resistência em razão do processo de têmpera, apesar dos mecanismos serem diferentes. O processo consiste em duas etapas: o aquecimento e o resfriamento rápido do material. Na construção civil, esse tipo de vidro já é bastante utilizado, (fachadas, portas, janelas entre outros) recomendado para locais sujeitos a impactos. Esse tipo de vidro, junto com o vidro laminado e o vidro aramado são chamados de vidros de segurança.

Para tornar a indústria do concreto sustentável, o uso de materiais residuais no lugar de recursos naturais é uma das melhores abordagens. O objetivo deste trabalho foi avaliar se é possível fabricar um concreto que tenha uma boa resistência com a substituição parcial (10%, 15%, 20% e 30%), em massa, do agregado miúdo por resíduo de vidro moído.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Função do agregado miúdo no concreto

Considera-se agregado miúdo, segundo a ABNT NBR 7211:2019, o material que passa pela peneira de 4,75mm e fica retido na peneira de 0,15mm. Esse material (areia) pode ser natural (extraídos da natureza na forma de fragmentos) ou artificial (produto derivado da rocha onde passa por um processo de britagem até a granulometria desejada) e são classificadas como fina (0,06mm a 0,2mm), média (0,2mm a 0,6mm) e grossa (0,6mm a 2mm).

A extração de areia pode ocorrer de três formas: em fossa seca, em área de várzea e em leito de cursos d'água (ZART, 2013). Ela tem um papel importante no crescimento econômico do país e é uma prática que acontece há muito tempo, fazendo que as consequências dessas retiradas sejam visíveis. Alguns exemplos sobre os danos ambientais decorrentes da extração mineral são: alterações dos cursos d'água, formação das cavas, destruição da fauna e flora, alteração dos processos geológicos entre outros (SANTOS, 2008). Entretanto a extração da areia ou a produção da mesma tem como intuito, na maioria dos casos, suprir a necessidade na construção civil. Ela pode ser utilizada na confecção de argamassas para levantamento de alvenarias, concretos estruturais, asfaltos em geral entre outros (TEODORO, 2013).

Segundo Meier (2011),

A especificação dos limites granulométricos do agregado miúdo, assim como o conhecimento da sua dimensão máxima e do seu módulo de finura são de extrema importância, pois estas características influenciam na trabalhabilidade e no custo do concreto ou argamassa (*apud* METHA e MONTEIRO, 2008). Além disso, areias muito grossas produzem misturas pouco trabalháveis e areias muito finas aumentam a demanda de água para a hidratação do cimento.

Para cumprir seu papel perfeitamente no concreto, o agregado precisa apresentar certas características: resistência mecânica e composição mineralógica adequadas, ausência de impurezas que possam vir a diminuir a durabilidade do concreto e ter uma boa distribuição granulométrica.

Vidro

Descoberto, aproximadamente, 5000 A.C, o vidro é considerado um material rígido que não flui quando sujeito a forças moderadas, sendo de utilização imprescindível. Ainda que, na maioria das suas composições, tem como matéria-prima: sílica, barrilha, calcário e alumina, existem diferentes tipos de vidros. Eles diferem em função da aplicação, processo de produção e disponibilidade de insumos. Eles são divididos em seis famílias: sílica vítrea, silicatos alcalinos, vidro sodo-cálcicos, vidros ao chumbo, vidros borossilicatos e vidros alumino-borossilicato (AKERMANN, 2000).

- Sílica vítrea: um vidro viscoso e possui um coeficiente de expansão muito baixo;
- Silicatos alcalinos: vidros solúveis em água;
- Sodo-cálcicos: possuem uma boa resistência e são 90% de todos os vidros produzidos;
- Ao chumbo: considerado vidro nobre, possui uma alta capacidade de proteção contra radiações ionizantes;
- Borossilicatos: terceiro maior grupo, apresentam alta resistência ao choque térmico;
- Alumino-borossilicato: podem ser aquecidos a altas temperaturas sem deformação;

Todos os vidros planos incluindo os vidros de borossilicato, podem ser temperados. O vidro temperado é considerado um vidro industrial, possui alta resistência (resiste ao choque térmico, flexão, flambagem, torção e peso), obtendo uma resistência cinco vezes maior que a do vidro comum. Esse vidro é feito em um forno de tempera (vertical ou horizontal) e resfriado rapidamente causando a tempera, após esse processo, o vidro não pode ser furado, cortado, marcado entre outros (DA SILVA, 2016). Quando o vidro temperado quebra, ele se rompe em fragmentos regulares, devido ao processo de fabricação.

O Brasil é o maior fabricante de vidros na América Latina (DA ROSA *et al.*, 2007), no entanto, o país reciclou, em 2001, 42% das 883 mil toneladas de vidro produzidos (ASSIS, 2006).

Estudos do vidro como material alternativo do agregado miúdo

A ideia de utilizar resíduos recicláveis começou após a segunda guerra mundial, devido à crise financeira e a escassez de matéria-prima. O objetivo da utilização era a reconstrução de cidades Europeias utilizando a moagem de entulhos como agregado (ABRECON, 2018). Então, a partir de 1946, iniciou-se o a utilização de recursos recicláveis na construção civil.

Há alguns países que adotam a ideia de usar recursos reciclados na produção de blocos de concreto. Essa alternativa reduz os impactos negativos (como, por exemplo, a poluição) e ameniza os desperdícios de matéria-prima. A Austrália, por exemplo, é o país que mais utiliza vidro moído na substituição de areia do concreto e da argamassa. Essa substituição varia dependendo do uso, podendo ser para elementos estruturais e elementos não estruturais (SANTOS, 2015). No estado de Nova Iorque já apresentaram recomendações para o uso de vidro moído no concreto (LOPEZ *et al.*, 2005). No Brasil, o vidro moído é utilizado em asfaltos, porém no concreto há apenas estudos acadêmicos (MARTINS, 2018).

Inúmeros trabalhos acadêmicos apresentaram resultados satisfatórios na utilização do

vidro moído como substituto do agregado miúdo no concreto e na argamassa. A substituição ocorre devido a composição do vidro e, também, o vidro proporciona aumento de consistência no estrado fresco e de resistência mecânica quando endurecido, diminuindo o índice de vazios e de permeabilidade no concreto. Esses estudos fizeram diferentes substituições, variando entre 5% e 50%, em diferentes idades. No concreto, Malik *et al.* (2013) apresentaram resultados positivos nas substituições 10% a 40% nas idades 7 e 28 dias, sendo a substituição de 20% a de maior destaque. Liotto (2019) também encontrou resultados satisfatórios com as substituições de 20% a 50% na resistência à compressão, onde ele explica que esse aumento ocorreu de forma gradual. Os ensaios ocorreram nas idades 7, 14, 21, 28 e 90 dias e a substituição destaque, nesse trabalho, foi a faixa de 50%. Outra substituição destaque foi 15% na dissertação apresentada por De Brito (2021). Ele fez porcentagens de 3%, 5%, 10% e 15% nas idades 7, 14, 28 e 91 dias.

Na argamassa, diferentes substituições apresentaram resultados satisfatórios também. RIBEIRO (2015) fez um estudo de substituições de 5%, 10%, 15%, 20% e 25% nas idades 7, 14, 28, 63 e 91 dias, resultando na substituição de 20% a mais vantajosa. Já, Trentin *et al.* (2020), fez as substituições de 10%, 15%, 25% e 50%, rompendo os corpos de prova nas idades 7, 28, 63 e 91 dias, resultando que a maior substituição se mostrou a mais vantajosa.

Curva granulométrica

O conhecimento sobre curva granulométrica é indispensável para diferentes aplicações. A partir dela, é possível entender sobre qual material se trabalha (se é muito fino ou muito grosso), quais as consequências de usar e o que podemos fazer com ele. Ela é expressa pela porcentagem acumulada de material que passa nas peneiras. As técnicas utilizadas no levantamento de dados granulométricos resultam em valores pontuais, definindo a proporção com que os diferentes tamanhos de partículas sólidas ocorrem em determinada amostra (DA SILVA *et al.*, 2004).

Para a granulometria de areias e pedregulhos, utiliza-se o processo de peneiramento de uma amostra, enquanto que, para siltes e argilas, utiliza-se o processo de sedimentação dos sólidos em meio líquido. O peneiramento ocorre pela separação do material em duas ou mais classes, estando essas limitadas uma superior e outro inferiormente. A denominação do material que fica retido na tela da peneira é *oversize* (material retido) e o passante, *undersize* (material passante) (MAGALHÃES, 2004). Já a sedimentação, também conhecido como classificação, a separação ocorre tornando-se como base a velocidade que os grãos atravessem o meio fluido.

A granulometria dos agregados interfere diretamente nas propriedades do concreto. Os agregados tem como alguma das finalidades: transmitir as tensões aplicadas ao concreto através de seus grãos, pois, geralmente, a resistência à compressão dos agregados é superior ao do concreto. Portanto, o tamanho e formato das partículas interferem nas características ao bom desempenho. A curva granulométrica se torna necessária para obter concreto e argamassas de boa qualidade.

METODOLOGIA

Para a realização do trabalho, os materiais utilizados foram: cimento CPV-ARI, areia média, pó de brita, pedrisco e vidro moído. O vidro moído foi obtido através de uma empresa, USI-

BRAS, localizada na cidade de Porto Alegre – RS. A empresa trabalha com cinco tipos diferentes de granulometria, obtidos através de uma máquina que faz o processo de moagem (Figura 02), de vidro. A utilizada foi a que possuía granulometria semelhante da areia média. Vale ressaltar que o vidro que a empresa utiliza é o vidro temperado, descartado das vidraçarias.

Figura 01 – Máquina utilizada pela empresa para moagem do vidro



Fonte: Autora (2022)

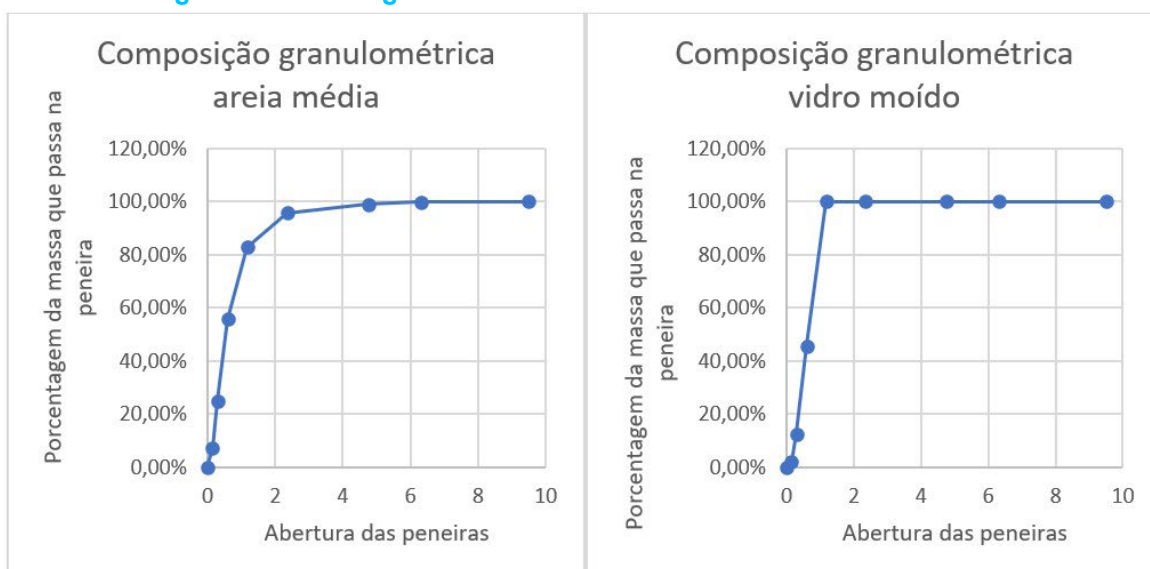
Para fazer a curva granulométrica, uma parcela do vidro adquirido foi peneirado seguindo as diretrizes da ABNT NBR NM 248:2003. O vidro considerado foi aquele que passou pela peneira de 4,75mm e que ficou retido na peneira com aberta de malha de 15 μ m, respeitando a ABNT NBR 7211:2005 que trata sobre as especificações dos agregados.

Figura 02 – Vidro utilizado após peneiramento



Fonte: Autora (2022)

Figura 03 – Curva granulométrica da areia média e do vidro moído



Fonte: Autor

Através dos dados obtidos, foi realizada a curva granulométrica do vidro (Figura 04) e a curva granulométrica da areia média (Figura 04). Ambas as curvas foram comparadas com o limite da ABN NBR 7211/2019 que trata sobre agregado miúdo.

Após analisar as curvas se estavam de acordo com a norma e adotar o traço 1:4,68:2,4:0,66:0,32, foram realizadas as seguintes substituições, em massa, da areia por resíduo de vidro moído: 10%, 15%, 20% e 30%. A porcentagem de substituição foi definida através de estudo de artigos (Apêndice E), onde a partir deles, foram escolhidas as porcentagens que obtiveram melhores resultados.

Tabela 01 - Quantidade de material empregado em cada traço

Substituição	Cimento [kg]	Areia [kg]	Pedrisco [kg]	Pó de pedra [kg]	Vidro moído [kg]	Água [L]	Relação A/C
TRAÇO	1	4,68	2,4	0,66	-	0,32	0,32
0% (referência)	4.58	21.45	11	3.03	-	1.46	0.32
10%	4.58	19.31	11	3.03	2.14	1.46	0.32
15%	4.58	18.23	11	3.03	3.22	1.46	0.32
20%	4.58	17.16	11	3.03	4.29	1.46	0.32
30%	4.58	15.02	11	3.03	6.43	1.46	0.32

Fonte: Autora (2022)

Todos os traços foram submetidos ao ensaio de compressão. Foram confeccionados seis CPs (corpos de prova) para cada traço, sendo três na idade de sete dias e os outros três na idade de vinte e oito dias, totalizando trinta corpos de prova. A confecção, a cura e o rompimento foram de acordo com as normas ABNT NBR 5738:2015, ABNT NBR 9479:2006 e a ABNT NBR 5739:2018 respectivamente. Os CPs foram confeccionados e rompidos no laboratório do Instituto Federal Sul-rio-grandense na cidade de Passo Fundo – RS e tiveram como medida 10x20cm.

Figura 04 - Corpos de prova 10x20cm confeccionados no laboratório

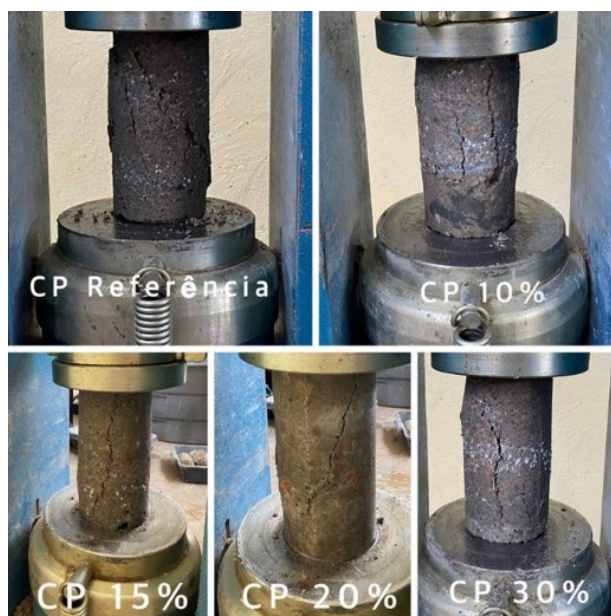


Fonte: Autora (2022)

RESULTADOS

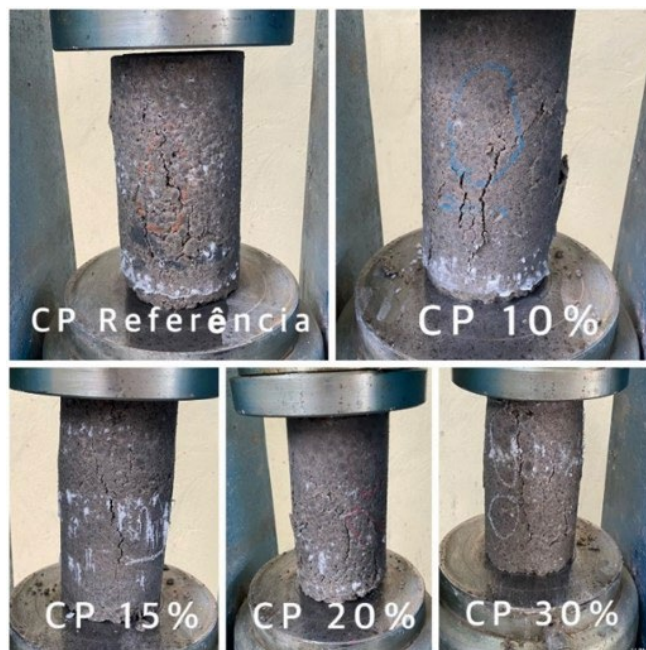
A apresentação dos resultados está de acordo com o prescrito pela ABNT NBR 5739:2018. Os corpos de prova apresentaram diferentes tipos de ruptura (cisalhada e colunar), sendo mostrados uma amostra na Figura 05 aos 7 dias e uma amostra na Figura 06 aos 28 dias.

Figura 05 - Amostra dos tipos de ruptura ocorrida aos 7 dias



Fonte: Autora

Figura 06 – Amostra dos tipos de ruptura ocorrida aos 28 dias



Fonte: Autora (2022)

Tabela 02 - Resistência obtida aos sete dias e aos 28 dias

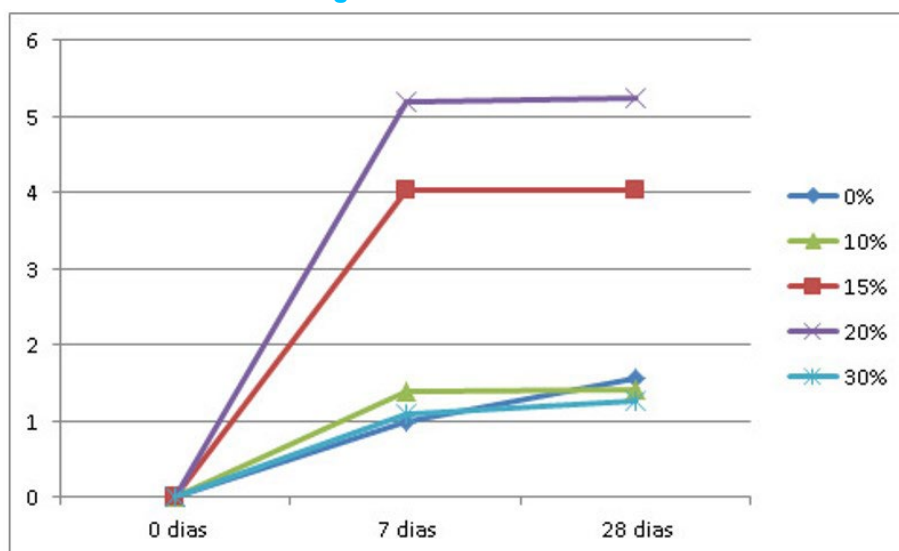
Substituição	7 dias				28 dias			
	CP1 (MPa)	CP2 (MPa)	CP3 (MPa)	Média (MPa)	CP1 (MPa)	CP2 (MPa)	CP3 (MPa)	Média (MPa)
Referênc.	0,76	0,97	1,26	0,99	2,04	1,12	1,45	1,53
10%	1,69	1,27	1,19	1,38	1,31	1,47	1,46	1,41
15%	4,35	4,32	3,4	4,02	3,18	4,87	4,08	4,04
20%	4,36	4,26	6,95	5,19	5,06	5,68	4,96	5,23
30%	0,97	1,12	1,16	1,08	1,31	0,91	1,54	1,25

Fonte: Autora (2022)

Ao analisar os resultados obtidos aos 7 dias, notou-se resultados equivalentes e resultados significativamente melhores ao de referência. A substituição de 10% ocorreu um aumento de aproximadamente 40% de resistência comparado com o de referência, tendo uma ruptura colunar. A substituição de 15% e 20% foram as mais significativas, chegando um ganho de resistência, aproximadamente, entre 400% e 500%, respectivamente, sendo que esses obtiveram uma ruptura cisalhada, idêntica ao de referência. Já a substituição de 30% apresentou uma resistência semelhante ao de referência, podendo ter sido ocasionado pela piora da trabalhabilidade e apresentou uma ruptura colunar.

Por fim, ao analisar os resultados obtidos aos 28 dias, obteve-se resultados inferiores e superiores ao de referência. A substituição de 10%, que sofreu uma ruptura cisalhada, e de 30%, que sofreu uma ruptura colunar, não houve um ganho significativo que ultrapasse a resistência do de referência. Já as substituições de 15% e 20% tiveram um aumento da resistência quando comparados entre as idades e um ganho significativo de resistência quando comparado ao de referência, na ordem de 164% e de 241%, respectivamente, sendo que ambas tiveram ruptura cisalhadas igual ao de referência. O aumento de resistência se deu devido ao preenchimento de vazios. A seguir um gráfico com a evolução das resistências de cada substituição:

Figura 07 – Resultados



Fonte: Autora (2022)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das evidências mostradas na Figura 07, conclui-se que é possível fabricar concreto com substituição do agregado miúdo por resíduo de vidro moído e que o concreto tenha uma boa resistência.

A substituição de 20% apresentou uma resistência média de 5,23 MPa aos 28 dias. Ao comparar a substituição de 20% com o traço de referência, houve um aumento de, aproximadamente, 500% aos 7 dias e um aumento de 241% aos 28 dias. Além disso, a utilização do vidro, sabendo que não é um material de fácil decomposição (até 4000 anos), como forma reciclada evita a deposição desses resíduos em aterros sanitários, reduzindo a retirada de areia (recurso natural) do meio ambiente.

Portanto, como sugestão para trabalhos futuros, avaliar como o vidro se comporta no concreto em maiores idades e, também, a melhor porcentagem de substituição entre 20% e 30%.

REFERÊNCIAS

ABRECON. História do entulho.2018. Disponível em: <https://abrecon.org.br/entulho/historia-do-entulho/#:~:text=Por%C3%A9m%2C%20a%20primeira%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20significativa,atender%20%C3%A1%20demanda%20na%20%C3%A9poca>. Acesso: 22 fev. 2022

AKERMANN, Mauro. Natureza, Estrutura e Propriedades do vidro. 2000. CETEV – Centro técnico de elaboração do vidro. Disponível em: https://www.unifal-mg.edu.br/ppgcem/wp-content/uploads/sites/116/2020/06/NaturezaEstrut_Prop_Vidro-Saint-Gobain-2000.pdf Acesso: 22 fev. 2021..

ASSIS, O. B. G. O uso do vidro reciclado na confecção de membranas para microfiltração. Embrapa Instrumentação Agropecuária. São Paulo. 2006 p. 105-113 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ce/a/BJGHZLz6n7F7NR4Yn7rLhqp/?format=pdf&lang=pt> Acesso: 22 fev. 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Agregados – Determinação da

composição granulométrica, 2003.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9479: Argamassa e concreto – Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova, 2006.

BRASILEIRO, L. L; MATOS, J. M. E. Revisão Bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. 2015. 12p. Dissertação - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2015.

CBCS. Sustentabilidade na Construção. 2007. Disponível: <http://www.cbcs.org.br/website/noticia/show.asp?npgCode=DBC0153A-072A-4A43-BB0C-2BA2E88BEBAE>. Acesso: 12 agost. 2021.

DA SILVA, Euzebio Medrado *et al.* Comparação de modelos matemáticos para o traçado de curvas granulométricas. *Pesq. agropec Brasília*, v.39, n.4, p. 363-370, Abr. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/nLXfSmkmgPtSQfd5St5dr7c/?format=pdf&lang=pt> Acesso: 22 fev. 2022

DA SILVA, Ivan Gomes. Análise do layout do processo produtivo de uma indústria de têmpera de vidro. 2016. 40p. Dissertação – Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, 2016.

DA ROSA, Sérgio Eduardo Silveira; COSENZA, José Paulo; BARROSO, Deise Vilela. Considerações sobre a indústria de vidro no Brasil. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n.26, p. 101-138,2007.

DE ALMEIDA, Jorge Daniel Marques. Identificando a percepção dos gestores do setor de construção civil sobre as principais tendências e as dificuldades enfrentadas na aplicação da logística reversa no município de Juiz de Fora. 2017. 70p. Dissertação – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017.

DE BRITO, Bruno Rodrigues. Efeito da incorporação de vidro de garrafas não retornáveis em matriz cimentícia. 2021. 172p. Dissertação – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2021.

DE OLIVEIRA, Dayane Vieira. Propriedades do concreto produzido com resíduo de vidro temperado. 2017. 53p. Dissertação – Centro Universitário de Formiga, Formiga, 2017.

DE OLIVEIRA, Moiseis Gonzaga. Reaproveitamento de vidro temperado para o desenvolvimento de um concreto fotoluminescente. 2020. 29p. Dissertação – Universidade Cesumar, Maringá, 2020.

DOS SANTOS, Adson. Extração mineral de areias e seus impactos na territorialidade socioambiental: o caso de feira de Santana – BA. 2008. 20p. Dissertação - Universidade Católica de Salvador, Salvador, 2008.

LIOTTO, Pedro Felix. Concreto com a substituição parcial do agregado miúdo por vidro reciclado. 2019. 45p. Dissertação (Mestrado em Materiais de Construção) – Universidade Federal do Amazonas,

Manaus, 2019.

LÓPEZ, D.A.R; AZEVEDO, C.A.P; NETO, E. BARBOSA. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado miúdo. 2005. Santa Cruz do Sul, 2005.

MAGALHÃES, Elienay. Tratamento de minérios. Classificação e peneiramento. 4.ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2004. cap. 5, p. 197-238.

MALIK, M. Iqbal. *et al.* Study of concrete involving use of waste glass as partial replacement of fine aggregates. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN). Chicago, v.3, July.2013. Disponível em: encurtador.com.br/iyPXY. Acesso: 22 fev. 2022.

MARTINS, Ianne Sousa. Análise da substituição parcial do agregado miúdo (areia) por vidro moído no concreto convencional. 2018. 70p. Dissertação – UniEvangélica, Anápolis, 2018.

MEIER, Denis. Análise da qualidade do agregado miúdo fornecido em Curitiba e região metropolitana. 2011. 73p. Dissertação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Ecoville, Curitiba, 2011.

MULLER, D. *et al.* Utilização de resíduos da construção civil para a confecção de blocos para pisos intertravados. 57º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Natal, Maio, 2013. Disponível em: encurtador.com.br/cgzFP Acesso: 8 de fev. 2022

NOGUEIRA, Geovane. A extração de areia em cursos d'água e seus impactos: proposição de uma matriz de interação. 2016. 74p. Dissertação – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

PIRES, Jonas Matheus Rodrigues. Estudo comparativo da utilização do vidro temperado triturado na fabricação do concreto convencional. 2018. 32p. Dissertação – Universidade Cesumar, Maringá, 2018.

RIBEIRO, Anderson Osvaldo. Estudo de resíduo da lapidação de vidro para incorporação em argamassas de cimento Portland. 2015. 87p. Dissertação – Universidade Federal de Uberlândia, 2015

SANTOS, Altair. Uso de vidro moído como agregado limita o concreto. Santa Maria, 2015. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/vidro-moido-como-agregado/> . Acesso: 22 de fev. 2022

TEODORO, Sabrina Bastos. Avaliação do uso da areia de britagem na composição do concreto estrutural. 2013. 65p. Dissertação – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.


TRENTIN, Priscila Ongaratto *et al.* Substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de vidro moído na produção de argamassa. Revista matéria, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/wyCkXD3zkSmzPjPpkqmhm3r/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 22 fev.2022

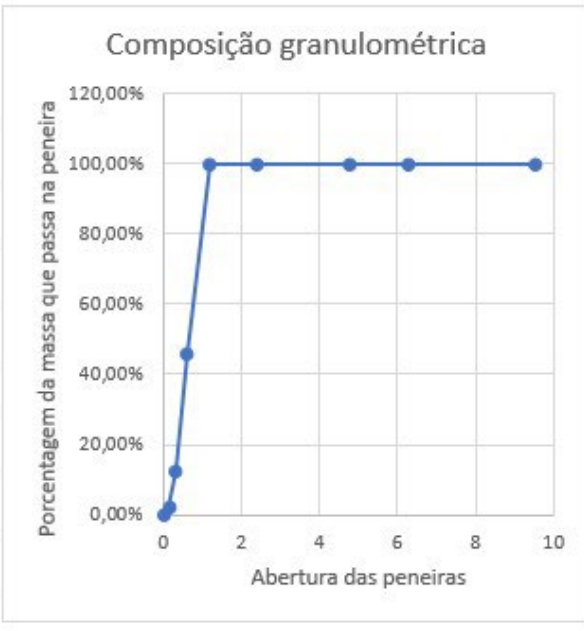
TINOCO, Vinicius Navarro Varela; JÚNIOR, Francisco Alves da Silva. Revisão literária do uso de vidro moído como substituto do agregado miúdo no concreto. 2018.8p. Dissertação – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2018.

VAZ, Juliana. Startup garante reciclagem de vidro e carteira assinada a catadores. 2021 Disponível em: Acesso: <https://www.uol.com.br/ecoa/ultimas-noticias/2021/06/10/startup-garante-reciclagem-de-vidros-e-carteira-assinada-a-catadores.htm> 22 fev. 2022

ZART, Marcel. Areia e sua extração. Porto Alegre. Disponível em: <https://www.ejminas.com/areia-e-sua->

Apêndice A – Curva granulométrica do vidro moído


 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE Campus Passo Fundo				
ANÁLISE DE AGREGADO MIÚDO				
DADOS DO CONTRATANTE				
NOME: Valentina Teichmann Rodrigues				
OBRA: Projeto final de curso				
DADOS DO MATERIAL				
AMOSTRA: Resíduo de vidro moído				
PROCEDÊNCIA: ****			FORNECEDOR: USIBRAS	
Pen. c/ abertura de malha	Abertura das peneiras (mm)	% Retida	% Retida <u>Acum.</u>	% Passa na peneira
9,5mm	9,5	0%	0%	100%
6,3mm	6,3	0%	0%	100%
4,75mm	4,75	0%	0%	100%
2,36mm	2,36	0%	0%	100%
1,18mm	1,18	0%	0%	100%
600µm	0,6	54,23%	54,23%	45,77%
300µm	0,3	33,19%	87,42%	12,58%
150µm	0,15	10,52%	97,94%	2,06%
Fundo	0	2,07%	100%	0%



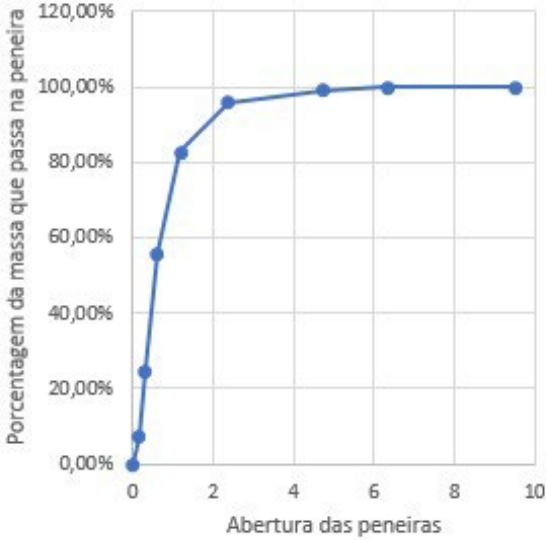
Composição granulométrica

Zona Granulométrica - NBR 7211:2009	***
Massa específica NM 52:2002	2.54
Responsável: Valentina Teichmann Rodrigues	Data: 03/02/2022

Apêndice B – Curva granulométrica da areia média

 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE Campus Passo Fundo				
ANÁLISE DE AGREGADO MIÚDO				
DADOS DO CONTRATANTE				
NOME: Valentina Teichmann Rodrigues				
OBRA: Projeto final de curso				
DADOS DO MATERIAL				
AMOSTRA: Areia média				
PROCEDÊNCIA: ****			FORNECEDOR: JR cimentos	
Pen. c/ abertura de malha	Abertur a das peneira s (mm)	% Retida	% Retida <u>Acum.</u>	% Passa na peneira
9,5mm	9,5	0%	0%	100%
6,3mm	6,3	0,19%	0,19%	99,81 %
4,75m m	4,75	0,72%	0,91%	99,09 %
2,36m m	2,36	3,21%	4,12%	95,88 %
1,18m m	1,18	12,97 %	17,09 %	82,91 %
600µm	0,6	27,07 %	44,16 %	55,84 %
300µm	0,3	31,11 %	75,27 %	24,73 %
150µm	0,15	17,63 %	92,9%	7,1%
Fundo	0	7,10%	100%	0%


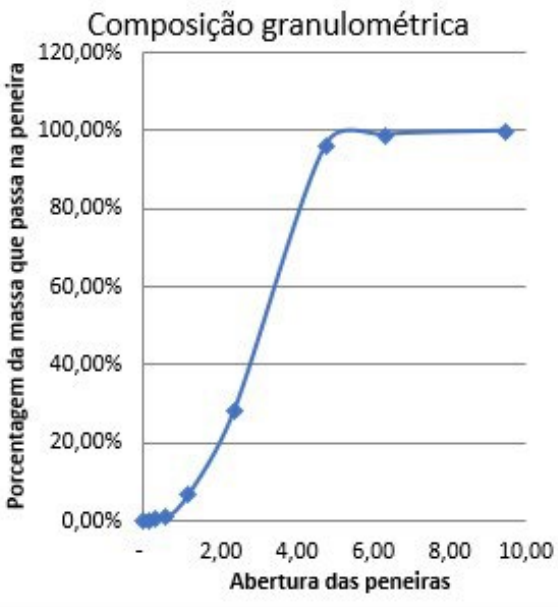
Composição granulométrica




Abertura das peneiras (mm)	Porcentagem da massa que passa na peneira (%)
0	0,00%
0,15	7,10%
0,3	24,73%
0,6	55,84%
1,18	82,91%
2,36	95,88%
4,75	99,09%
6,3	99,81%
9,5	100,00%

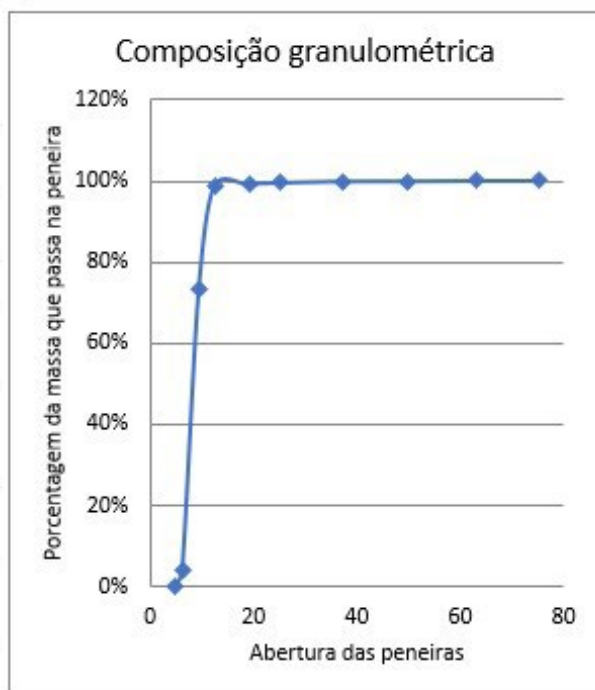
Zona Granulométrica - NBR 7211:2009	***
Massa específica NM 52:2002	2,3
Responsável: Valentina Teichmann Rodrigues	Data: 03/02/2022

Apêndice C – Curva granulométrica do pó de brita

 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE Campus Passo Fundo					
ANÁLISE DE AGREGADO MIÚDO					
DADOS DO CONTRATANTE					
NOME: Valentina Teichmann Rodrigues					
OBRA: Projeto final de curso					
DADOS DO MATERIAL					
AMOSTRA: Pó de brita					
PROCEDÊNCIA: ****			FORNECEDOR: JR cimentos		
Pen. c/ abertura de malha	Abertur a das peneira s (mm)	% Retida	% Retida Acum.	% Passa na peneira	 <p>Composição granulométrica</p>
9,5mm	9,5	0,14%	0,14%	99,86%	
6,3mm	6,3	0,96%	1,10%	98,9%	
4,75m m	4,75	2,82%	3,92%	96,08%	
2,36m m	2,36	67,95%	71,87%	28,13%	
1,18m m	1,18	21,33%	93,20%	6,8%	
600µm	0,6	6,17%	99,37%	0,63%	
300µm	0,3	0,49%	99,86%	0,14%	
150µm	0,15	0,14%	100%	0%	
Fundo	0	0%	100%	0%	
Zona Granulométrica - NBR 7211:2009			***		
Massa específica NM 52:2002			2,66		
Responsável: Valentina Teichmann Rodrigues			Data: 03/02/2022		

Anexo D – Curva granulométrica do pedrisco

 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE Campus Passo Fundo				
ANÁLISE DE AGREGADO GRAÚDO				
DADOS DO CONTRATANTE				
NOME: Valentina Teichmann Rodrigues				
OBRA: Projeto final de curso				
DADOS DO MATERIAL				
AMOSTRA: Pedrisco				
PROCEDÊNCIA: ****			FORNECEDOR: JR cimentos	
Pen. c/ abertura de malha	Abertur a das peneira s (mm)	% Retida	% Retida <i>Acum.</i>	% Passa na peneira
75mm	75	0%	0%	100%
63mm	63	0%	0%	100%
50mm	50	0,10%	0,10%	99,9%
37,5m m	37,5	0,14%	0,24%	99,86 %
25mm	25	0,24%	0,48%	99,52 %
19mm	19	0,31%	0,79%	99,21 %
12,5m m	12,5	0,48%	1,27%	98,73 %
9,5mm	9,5	25,68 %	26,95 %	73,05 %
6,3mm	6,3	69,10 %	96,05 %	3,95%
4,75m m	4,75	3,95%	100%	0%
Zona Granulométrica - NBR 7211:2009			***	
Massa específica NM 52:2002			1,2	



Apêndice E – Artigos que fizeram estudos semelhante com suas respectivas porcentagens de substituições

Título	Porcentagens de substituição	Dias de rompimento	Porcentagem ideal
Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado miúdo (1)	5%, 10%, 15%, 20%	7, 28	5%
Use of glass wastes as fine aggregate in Concrete (2)	10%, 20%, 30%, 40%, 50%	3, 7, 28	10%
Recycled glass as a partial replacement for fine aggregate in structural concrete - Effects on compressive strength (3)	15%, 20%, 25%, 30%, 40%	7, 28	30%
Experimental Studies on Replacement of Fine Aggregate with Glass and Fly Ash (4)	10%, 15%, 20%	7, 14, 28	15%
Properties of self-compacting concrete prepared with recycled glass aggregate (5)	10%, 20%, 30%	1, 3, 7, 28, 90	Redução de resistência
Recycling of waste glass as a partial replacement for fine aggregate in concrete (6)	10%, 15%, 20%	3, 7, 14, 28	20%
Utilization of Recycled Glass Waste as Partial Replacement of Fine Aggregate In Concrete Production (7)	10%, 20%, 50%	7, 14, 28	10%
Revisão literária do uso de vidro moído como substituto do agregado miúdo no concreto (8)	5%, 10%, 15%, 20%, 100%	28	20%
The Use of Sheet Glass Powder as Fine Aggregate Replacement in Concrete (9)	10%, 20%, 30%, 40%, 50%	Até 180	10%
Physico-mechanical and performance characterization of mortars incorporating fine glass waste aggregate (10)	20%, 50%, 100%	28, 90	50%
Análise do Desempenho Mecânico de Concretos e Argamassas Mediante a Substituição Parcial da Massa do Agregado Miúdo (Areia) por Vidro Moído Oriundo de Garrafas de Cerveja Long Neck. (11)	10%, 20%, 30%	3, 7, 28	20%
Efeitos da substituição de areia por vidro moído no comportamento de concretos em elevados temperaturas (12)	5%, 10%, 15%, 20%, 100%	63	20%
Study of Concrete Involving Use of Waste Glass as Partial Replacement of Fine Aggregates. (13)	10%, 20%, 30%, 40%	7, 28	20%
Avaliação da influência do resíduo de vidro utilizado como agregado miúdo nas propriedades do concreto. (14)	15%, 30%	7, 28, 148	Redução de resistência
Concreto reciclado: utilização de vidro temperado moído como substituição parcial do agregado miúdo na produção do concreto (15)	10%, 20%, 30%	7, 14, 21, 28	20%
Substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de vidro moído na produção de argamassa (16)	10%, 15%, 25%, 50%	7, 28, 63, 91	50%
Estudo da viabilidade para a produção de concretos com adição de resíduos de vidro em substituição ao agregado miúdo na cidade de Palmas – TO (17)	5%, 10%, 15%	7, 14, 28	15%
Avaliação da influência da utilização do pó de vidro como substituição parcial ao agregado miúdo nas propriedades do concreto auto adensável (18)	10%, 20%, 40%	3, 7, 14, 28	20%

Estudo de resistência do concreto com substituição parcial do agregado miúdo por vidro de igual granulometria (19)	3%, 5%, 7%, 15%	14, 28, 60	5%
Effect of Substitution of Crushed Waste Glass as Partial Replacement for Natural Fine and Coarse Aggregate in Concrete (20)	25%, 50%, 75%, 100%	3, 7, 14, 28, 42, 90	25%
Influência dos resíduos vítreos na resistência à compressão axial do concreto do cimento Portland (21)	5%, 10%, 15%	7, 14, 28	20%
Incorporação de resíduos vítreos na fabricação de blocos de concreto para pavimentação intertravada (22)	10%, 20%, 30%	10	20%
Estudo de resíduo da lapidação de vidro para incorporação em argamassas de cimento Portland (23)	5%, 10%, 15%, 20%, 25%	7, 14, 28, 63, 91	20%
Resíduo industrial de vidro moído em argamassa de cimento portland (24)	10%, 15%, 20%	3, 7, 28, 56	20%
Produção de concreto cimentício com agregado de resíduos de vidro plano temperado (25)	50%, 100%	7, 28, 91	50%
Partial replacement of Portland cement with industrial glass waste in mortars (26)	10%, 15%, 20%	7, 28	20%
Estudo de argamassas com substituição parcial de cimento por resíduos de vidro moídos (27)	10%, 20%	7, 28, 90, 180	Redução de resistência
Efeito da incorporação de vidro de garrafas não retornáveis em matriz cimentícia (28)	3%, 5%, 10%, 15%	7, 14, 28, 91	15%
Incorporação de resíduos vítreos na fabricação de blocos de concreto (29)	10%, 20%	14, 28	20%
Análise da influência de resíduos de vidro nas propriedades mecânicas do concreto (30)	5%, 10%, 15%	28	5%

1. LOPEZ, D.A.R; AZEVEDO, C.A.P; NETO, E. Barbosa. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado miúdo. 2005. Santa Cruz do Sul, 2005.
2. GAUTAM, S.P; SRIVASTAVA, Vikas; AGARWAL, V.C. Use of glass wastes as fine aggregate in Concrete. J. Acad. Indus. Res. Vol. 1(6) November 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Vikas-Srivastava-8/publication/278299013_Use_of_glass_wastes_as_fine_aggregate_in_Concrete/links/557e826c08aeea18b777c97b/Use-of-glass-wastes-as-fine-aggregate-in-Concrete.pdf Acesso: 22 fev. 2022
3. ADAWAY, M.; WANG, Y. Recycled glass as a partial replacement for fine aggregate in structural concrete – Effects on compressive strength. Special Issue: Electronic Journal of Structural Engineering. v.14. 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Downloads/2015-1-11.pdf>. Acesso: 22 fev. 2022
4. KUTTIMARKS, M.S; SHRUTHI, R. Experimental Studies on Replacement of Fine Aggretate with Glass and Fly Ash. International Journal of Emerging Engineering Research and Technology, v.2. May, 2014.
5. KOU, S.C; POON, C.S. Properties of self-compacting concrete prepared with recycled glass aggregate. Cement & Concrete Composites. 2009. p.107–113. Disponível em: <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2008.12.002> Acesso: 22 fev. 2022

6. ISMAIL, Zainab Z; AL-HASHMI, Enas A. Recycling of waste glass as a partial replacement for fine aggregate in concrete. *Waste Management*, v. 29 p. 655-659. 2009. Disponível: <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.08.012>. Acesso: 22 fev. 2022.
7. RAHIM, Nur Liza *et al.* Utilization of Recycled Glass Waste as Partial Replacement of Fine Aggregate in Concrete Production. *Material Science Forum*. West Lafayette, v.803. 2015. Disponível em: <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.803.16> Acesso: 22 fev.2022
8. TINOCO, Vinicius Navarro Varela; JÚNIOR, Francisco Alves da Silva. Revisão literária do uso de vidro moído como substituto do agregado miúdo no concreto. 2018. 9p. Dissertação – Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró, 2018.
9. MAGESWARI, M.; VIDIVELLI, Dr. B. The Use of Sheet Glass Powder as Fine Aggregate Replacement in Concrete. *The Open Civil Engineering Journal*. p. 65-71. 2010. Disponível em: <https://opencivilengineeringjournal.com/contents/volumes/V4/TOCIEJ-4-65/TOCIEJ-4-65.pdf> Acesso: 22 fev. 2022
10. PENACHO, Paulo; DE BRITO, Jorge; VEIGA, M. Rosário. Physico-mechanical and performance characterization of mortars incorporating fine glass waste aggregate. *Cement & Concrete Composites*. 2014. Disponível em: <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.02.007> Acesso: 22 fev. 2022
11. COSTA, Kevin de Matos; ALMEIDA, Raíssa Coelho; MOREIRA, Thiago A. de Sousa. Análise do Desempenho Mecânico de Concretos e Argamassas Mediante a Substituição Parcial da Massa do Agregado Miúdo (Areia) por Vidro Moído Oriundo de Garrafas de Cerveja Long Neck. *Revista de Ciência e Tecnologia, Paraná*, 2020. Disponível em: [file:///C:/Users/user/Downloads/5942-25643-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/5942-25643-1-PB%20(1).pdf). Acesso: 22 fev. 2022
12. RIGHI, Débora; KOHLER, Lucas; KIRCHHOF, Larissa; LIMA, Rogério. Efeitos da Substituição de Areia por Vidro Moído no Comportamento de Concretos em Elevadas Temperaturas. Disponível em: http://abpervista.com.br/imagens/volume11_02/cap03.pdf 22 fev. 2022
13. MALIK, M. Iqbal. *et al.* Study of concrete involving use of waste glass as partial replacement of fine aggregates. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*. Chicago, v.3, July.2013. Disponível em: encurtador.com.br/iyPXY. Acesso: 22 fev. 2022
14. ROLLIM, Isabelle Vasconcelos. Avaliação da influência do resíduo de vidro utilizado como agregado miúdo nas propriedades do concreto. 2019. 134p. Dissertação – Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2019.
15. RESOLIN, Tiago Daner; ALBARELLO, Leonardo. Concreto reciclado – Utilização de vidro temperado moído como substituição parcial do agregado miúdo na produção do concreto. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/siepe/article/view/21899/12736>. Acesso: 22 fev. 2022
16. TRENTIN, Priscila Ongaratto *et al.* Substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de vidro moído na produção de argamassa. *Revista matéria*, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/wyCkXD3zkSmzPjPpkqmhm3r/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 22 fev.2022
17. CORDEIRO, Rafael dos Santos; MONTEL, Adão Lincon Bezerra. Estudo da viabilidade para a produção de concretos com adição de resíduos de vidro em substituição ao agregado miúdo na cidade de Palmas – TO: *Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, v.2, p. 104-123. 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Downloads/1556-Texto%20do%20>

artigo-10061-4-10-20160310%20(1).pdf. Acesso: 22 fev. 2022

18. BARBOSA, João Pedro Noletto; RIBEIRO, Fábio Henrique de Melo; COUTINHO, Roque Santos. Avaliação da influência da utilização do pó de vidro como substituto parcial ao agregado miúdo nas propriedades do concreto auto adensável. 2021. Disponível em: <http://ulbra-to.br/singular/index.php/SingularETG/article/view/112/72>. Acesso: 22 fev.2022
19. CARVALHO, Adriano *et al.* Estudo de resistência do concreto com substituição parcial do agregado miúdo por vidro igual granulometria. 2018. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jjice/9jjice/paper/viewFile/9250/4127>. Acesso: 22 fev. 2022
20. OLOFINNADE, O.M; NDAMBUKI, J.M; EDE, A.N; OLUKANNI, D.O. Effect of Substitution of Crushed Waste Glass as Partial Replacement for Natural Fine and Coarse Aggregate in Concrete. *Materials Science Forum*, v.866. p. 58-62. Canadá. 2016. Disponível em: <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.866.58>. Acesso: 22 fev. 2022.
21. MIRANDA, Jr; PAIVA, E.J.P; A.E.M. Influência dos resíduos vítreos na resistência à compressão axial do concreto de cimento Portland. 56º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Paraná. 2012. Disponível em: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/081/46081531.pdf. Acesso: 22 fev. 2022.
22. LODI, André Luiz Giareta; GAMBIN, Graciele; WEIT, Marcelo Luiz. Incorporação de resíduos vítreos na fabricação de blocos de concreto para pavimentação intertravada. 2014. 54p. Dissertação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.
23. RIBEIRO, Anderson Osvaldo. Estudo de resíduo de lapidação de vidro para incorporação em argamassas de cimento Portland. 2015. 87p. Dissertação – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2015.
24. PAIVA, Otávio Augusto. Resíduo Industrial de vidro moído em argamassas de cimento Portland. 2009. 208p. Dissertação – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2009.
25. SILVA, José Glêdson de Sousa. Produção de concreto cimentício com agregado de resíduos de vidro plano temperado. 2015. 158p. Dissertação – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2015.
26. LOPES, Raduan Krause; PIOVESAN, Jayne Carlos; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; GRONDONA, Atilio Efrain Bica. Partial replacement of Portland cement with industrial glass waste in mortars. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/bbMWMpSyNMDsSVbwGwvpGBR/?format=pdf&lang=en> Acesso: 22 fev. 2022
27. MATOS, Ana Mafalda. Estudo de Argamassas com substituição parcial de cimento por resíduos de vidro moídos. 2010. 157p. Dissertação – Universidade do Porto. Portugal, 2010.
28. BRITO, Bruno Rodrigues. Efeito da incorporação de vidro de garrafas não retornáveis em matriz cimentícia. 2021. Dissertação – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Presidente Prudente, 2021.
29. LODI, André Luiz Giareta; GAMBIN, Gracieli Regina; WEIT, Marcelo Luiz. Incorporação de resíduos vítreos na fabricação de blocos de concreto para pavimentação intertravada. 2014. 54p. Dissertação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

30. DIAS, James Monteiro. Análise da influência de resíduos de vidro nas propriedades mecânicas do concreto. 2019. 79p.Dissertação – Universidade Federal do Alagoas. Delmiro Gouveia, 2019.