



UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE VIDRO NO CONCRETO: LACUNAS NO CONHECIMENTO

Victor Antunes Silva Barbosa ⁽¹⁾; **Lucas Lima Costa** ⁽²⁾; **Matheus Gomes Martins**⁽³⁾;
João Luiz Calmon⁽⁴⁾

(1) Universidade Federal da Bahia – victor_antunes07@hotmail.com; (2) Universidade Federal da Bahia – lucascst@gmail.com; (3) Universidade Federal da Bahia – matheusgm@ufba.br; (4) Universidade Federal da Bahia – calmonbarcelona@gmail.com

RESUMO

Os resíduos urbanos, produtos da interação humana, têm se mostrado uma problemática devido descarte inadequado destes materiais, causando um dano ambiental através do acúmulo em aterros sanitários ou locais de deposição inadequados. Pesquisas têm demonstrado o potencial de emprego dos resíduos na construção civil. Este potencial traz menos impactos ao meio ambiente pois, utiliza-se o processo de destinação adequada a um material previamente utilizado, tornando-o apto ao reemprego associado a novas soluções. Neste contexto, enquadram-se os resíduos de vidro, material abundante nos centros urbanos, encontrado em garrafas, lâmpadas janelas, copos e pratos, e que são descartados após a quebra. No meio ambiente, o vidro demanda 4 mil anos para inteira decomposição, o que demonstra a necessidade de estudos visando o seu aproveitamento. O presente trabalho revisou as pesquisas que utilizam resíduo de vidro no concreto. Para isto, foram realizados: quantificação do resíduo no Brasil e no mundo; estudo do beneficiamento do resíduo; estudo de sua utilização no concreto; realizou-se pesquisa bibliométrica em bancos de dados científicos (*Scopus, Web of Science, Engineering Village e Science Direct*); levantou-se os ensaios realizados para identificar as propriedades e parâmetros de durabilidade do concreto que incorporam o resíduo; e foram tratados estatisticamente, quando possível, os resultados encontrados pelos autores. Os resultados obtidos apontam para as lacunas no tema proposto e fomentam a continuidade das pesquisas na área.

Palavras-chave: vidro, resíduo, concreto, lacuna.

EMPLOYMENT OF GLASS RESIDUE IN CONCRETE: KNOWLENCE GAPS

ABSTRACT

Urban waste, problems of human nature, problems caused by disposal, materials, destruction of the environment by the accumulation of waste in toilets or inadequate disposal sites. Research has shown the potential of waste in construction. This potential content is using the use for sustainable use to use in use-to-use-to-use the use of the new solutions. In this context, glass materials, abound in urban centers, are found in bottles, moisturizers, cups and dishes, and are discarded after the break. In the environment is the environment of 4 months for the wide decomposition in the environment approve the aprovechitorisation. The work was revised as: To quantify waste in Brazil and in the world; study of waste processing; study of its use in concrete; carried out a bibliographical research in scientific databases (*Scopus, Web of Science, Village of Engineering and Direct Science*); the collected data were collected to identify the properties and the durability parameters of the concrete that incorporates the residue; and were found statistically, when possible, those found by the authors. The results obtained for this procedure were selected according to the selected theme and the research of the researches in the area.

Key-words: glass, residues, concrete, gap.



1. INTRODUÇÃO

Dentre os subprodutos da interação humana, o vidro tem lugar de destaque pela profusão de aplicabilidade sendo empregado em diversos formatos, dimensões e cores, atendendo a variedades de áreas desde cosméticos, utensílios, indústria automobilística até à construção civil. Com relevante faixa de exploração dos tipos de vidro, o aumento proporcional do descarte deste material tornou-se inevitável, causando um passível ambiental irrestrito que pode demandar milhares de anos para inteira decomposição, principalmente em situações que o descarte ocorre de maneira irregular na natureza.

De forma análoga ao material supracitado em exploração, tem-se o concreto como o produto não natural mais consumido pelo homem, produzido a partir da associação de materiais variados ⁽¹⁾. O melhoramento das propriedades e consequente desempenho do concreto estão relacionados às características dos materiais empregados na mistura. Nos últimos anos, estudos têm demonstrado o potencial de emprego de resíduos diversos em busca do melhoramento das propriedades de uma determinada matriz, como é o caso dos resíduos de vidro no concreto ⁽²⁾.

Materiais silicosos como é o caso do vidro têm grande capacidade de inserção no concreto devido ao potencial pozolânico, contudo a inserção indiscriminada destes pode levar a reações indesejadas na matriz cimentícia, oriundos da própria sílica. A pozolanicidade atua em direção ao melhoramento das características do concreto, que tem sido observada com melhor desempenho em resíduos de vidro com menor diâmetro ⁽³⁾.

O processo de fabricação dos mais variados produtos da indústria vidreira em fase inicial é muito similar, o que inclui desde as matérias prima adotadas aos processos físicos e químicos do processo. A sílica representa 70% da matéria base do vidro, seguido de barrilha (15%), calcário (10%), dentre outros materiais que irão ajudar na composição final do produto ⁽⁴⁾. Segundo a Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidro Plano, as usinas brasileiras têm capacidade para produção de 6680 toneladas de vidro por dia ⁽⁵⁾.

De acordo com a agência norte-americana de proteção ambiental (*Environmental Protection Agency*), somente no ano de 2013 os USA produziram 11,5 milhões de toneladas de resíduos de vidro, grande parte deles oriundos das garrafas de refrigerantes. Embora entre os anos de 1980 e 2013 ocorreu um aumento de 400% na taxa de reciclagem dos resíduos de vidro, mais de 74% de



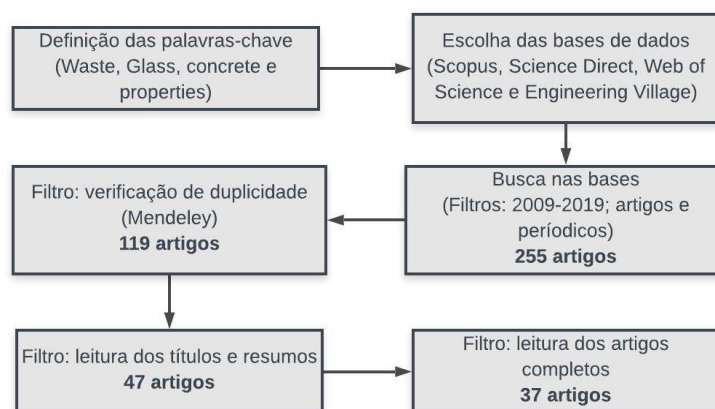
todo vidro gerado nos Estados Unidos ainda continua a ser descartado em aterros ⁽⁶⁾. No Egito, anualmente são gerados 3,45 milhões de toneladas de resíduos e 84% destes são dispostos em aterros após utilização⁽⁷⁾.

O estudo em questão realizou revisões bibliográficas a respeito do emprego dos resíduos de vidro no concreto nas bases de dados. Desta maneira foi possível estabelecer as lacunas dentro do conhecimento científico, áreas de pouca ou nenhuma exploração a respeito da inserção dos resíduos de vidro no concreto.

2. METODOLOGIA

O desenvolvimento metodológico deu-se a partir da aplicação do método para seleção de portfólio bibliográfico: o *Proknow-C*. Neste método são considerados apenas artigos publicados na língua inglesa e em revistas conceituadas, não sendo levantadas as dissertações, teses ou artigos de congressos ⁽⁸⁾. O *Proknow-C* consiste em uma série de procedimentos aplicados desde as etapas de definição dos mecanismos de busca de artigos científicos para a pesquisa, com uma série de procedimento pré-estabelecidos até chegar à filtragem e seleção do portfólio bibliográfico, no qual restarão apenas os artigos mais relevantes na área ⁽⁹⁾.

Figura 1: Procedimento metodológico aplicado ao objeto de estudo com base no *Proknow-C*.



Fonte: Os autores, 2019.

Para escolha das palavras chaves e posteriormente aplicação do método Proknow-C, definiram-se dois eixos para criação das palavras-chave, conforme método empregado. No primeiro eixo, constavam os termos relativos às propriedades mecânicas, físicas entre outras do objeto de estudo e no segundo eixo, selecionou-se termos relacionados ao material estudado, suas propriedades e



implicações. Com as palavras-chave definidas e a escolha das bases de dados foi possível aplicar o método de seleção de dados seguindo os passos discretizados na Figura 1.

Inicialmente, definidas as palavras-chave e as bases de dados, realizou-se uma seleção no mecanismo de busca avançada das plataformas. Isto possibilitou selecionar apenas artigos científicos em revistas dos últimos dez anos e aqueles no qual as palavras-chaves foram citadas pelos autores. Os 255 artigos foram selecionados e seus dados foram exportados.

Posteriormente, o tratamento dos artigos deu-se com auxílio computacional, através da ferramenta *Mendeley*. Com os dados exportados das bases foi possível verificar a duplicidade dos artigos após a interação destes no *Mendeley*, resultando em 119 artigos. Em seguida, verificou-se a pertinência das palavras-chave adotadas, a partir da leitura dos títulos e resumos dos artigos, onde obteve-se 47 artigos. Por fim, realizou-se a leitura completa dos trabalhos chegando-se ao resultado de 37 artigos.

3. RESULTADOS

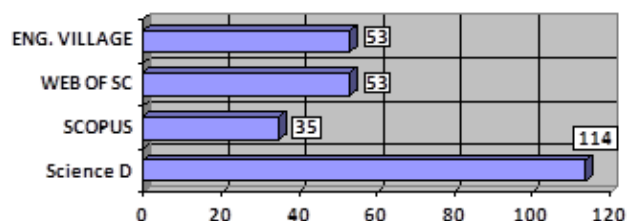
3.1 ANÁLISE DOS BANCOS DE DADOS

O método de pesquisa avançado foi imposto ao processo de busca para obter uma melhor seleção dos resultados dos artigos encontrados. As bases de dados adotadas neste estudo possibilitam a busca aprimorada a partir de termos, palavras chave, ano de publicação, autores, entre outros. Com isto, foi possível restringir os resultados obtidos com base em fatores relevantes para o estudo proposto.

O trabalho em questão buscou levantar dados do estado da arte com relação ao emprego dos resíduos de vidro na produção de concreto, isto possibilitou delimitar recortes em relação ao objeto de pesquisa. Foi adicionado então, o fator tempo/ano de publicação como limitador dos resultados, sendo considerados apenas trabalhos entre os últimos dez anos (2009 a 2019) e de livre acesso através da plataforma pesquisada. Junto a estes limitadores, também foi usado o filtro para buscar apenas artigos científicos. Nas bases de dados adotadas, os resultados obtidos estão ilustrados na Figura 2.



Figura 2: Quantidade de artigos selecionados com base nos filtros aplicados.



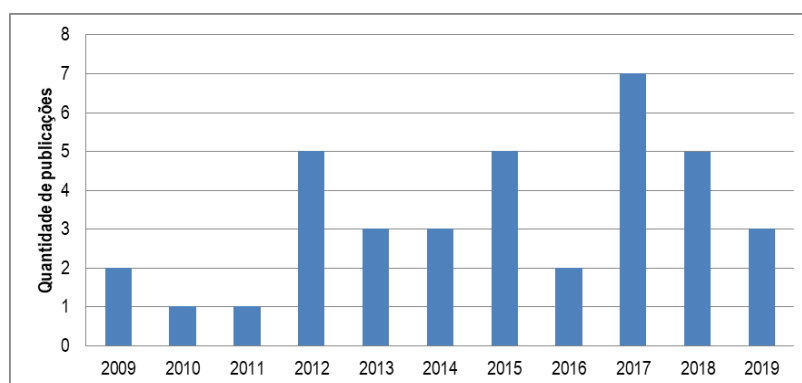
Fonte: Os autores, 2019.

Mesmo com os filtros supracitados, os dados obtidos mantiveram-se abrangente, contemplando resultados que não eram interessantes ao objetivo da pesquisa. E, por último, foi aplicado às bases de dados mais um filtro para seleção dos artigos. Desta vez, apenas artigos cujos termos iniciais adotados estavam contidos nas palavras-chave citadas pelos autores foram considerados, levando a uma redução acentuada e mais próxima dos resultados desejados para análise.

3.2 ANÁLISE POR ANO DE PUBLICAÇÃO

Para o intervalo de tempo adotado neste estudo que foi de 2009 a 2019, observa-se na Figura 3 a relação na quantidade de produção científica relacionada ao tema para cada respectivo ano. Desta forma, é possível observar que o ano de 2017 foi o que apresentou a maior quantidade de publicações em torno do tema. É louvável a observação de que o ano de 2019, ainda corrente, poderá sofrer alteração na quantidade de trabalhos e que sua análise é parcial cobrindo apenas os 5 primeiros meses do ano de 2019.

Figura 3: Produção relacionada ao período de 2009 - 2019.



Fonte: Os autores, 2019.

Neste contexto, observa-se que, embora intercalada variação de produção, os últimos anos têm apresentado um crescente aumento nas pesquisas relativas à inserção de vidro no concreto. Após o

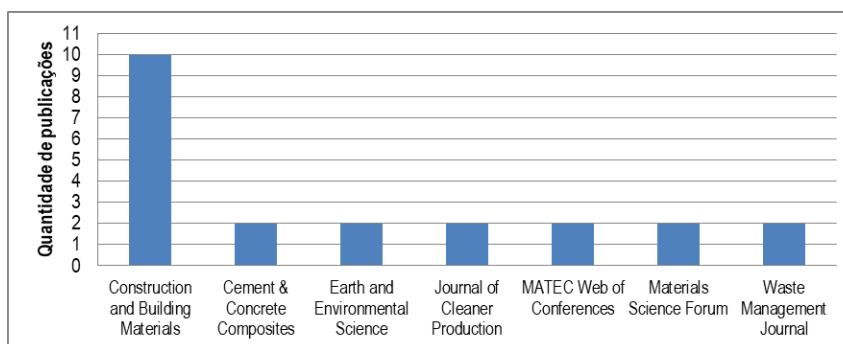


ano de 2012, há uma pequena variação na produção do ano seguinte, seguido de um crescimento no número de pesquisas e uma nova queda em 2016.

3.3 ANÁLISE POR PERIÓDICO

Na busca por compreender os números em torno dos principais periódicos internacionais que publicaram com relação à inserção de resíduos de vidro concreto, observou-se que 25 periódicos publicaram trabalhos sobre o tema, sendo que somente a revista *Construction and Building Materials* teve uma disparidade em relação as demais, com um total de 10 publicações, sendo responsável por 27% das publicações no tema estudado, as outras revistas seguiram uma linha constante de duas publicações cada. A Figura 4 demonstra a relação entre o número de publicações e os periódicos mais produtivos dentre os encontrados.

Figura 4: Produção relacionada ao periódico.



Fonte: Os autores, 2019.

Nota: Para a construção do gráfico acima, considerou-se apenas os periódicos com duas ou mais publicações sobre o tema em questão, sendo que o quantitativo total de publicações presente no gráfico é de 25. Este valor não corresponde ao total de artigos selecionados para a bibliometria que foi de 37. Além disso, o levantamento bibliométrico constatou um total de 22 periódicos que já haviam publicado pelo menos uma vez sobre o tema de inserção de resíduos de vidro no concreto, sendo eles: *Construction and Building Materials*; *ACI Materials Journal*; *Cement & Concrete Composites*; *Earth and Environmental Science*; *Earth and Environmental Science*; *Journal of Cleaner Production*; *MATEC Web of Conferences*; *Materials Science Forum*; *Waste Management Journal*; *Procedia Engineering*; *Construction Materials*; *Construction Science*; *Energy Procedia*; *European Journal of Environmental and Civil Engineering*; *International Journal of Environment and Waste Management*; *International Journal of Sustainable Built Environment*; *Journal of Advanced Concrete Technology*; *Journal of Building Engineering*; *Materials Science and Engineering*; *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*; *Structures and Buildings*; *Sustainable Cities and Society journal*; *The Open Civil Engineering Journal*.

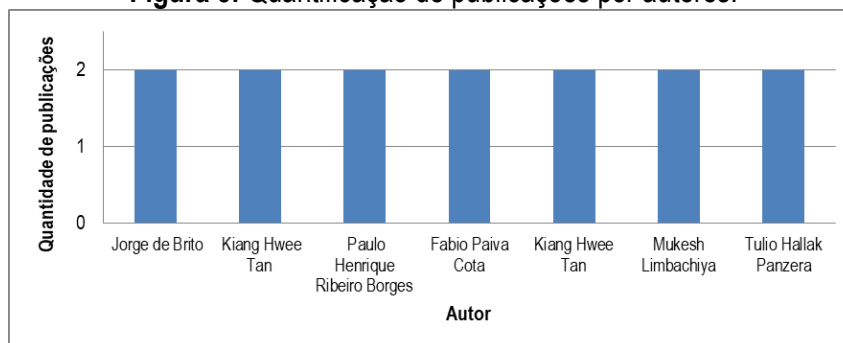
3.4 ANÁLISE POR AUTOR

Para análise dos autores que abordam o tema estudado, foram identificados 126 pesquisadores, com apenas 7 deles tendo 2 publicações, conforme a Figura 5. Assim, os demais (119 autores) apresentaram apenas uma publicação relacionada ao tema e não foram considerados pela figura a seguir. Observa-se que apenas 6,3% dos autores demonstram constância em relação à produção



de artigos relacionados à inserção de resíduos de vidro no concreto para uma análise dos últimos dez anos.

Figura 5: Quantificação de publicações por autores.



Fonte: Os autores, 2019.

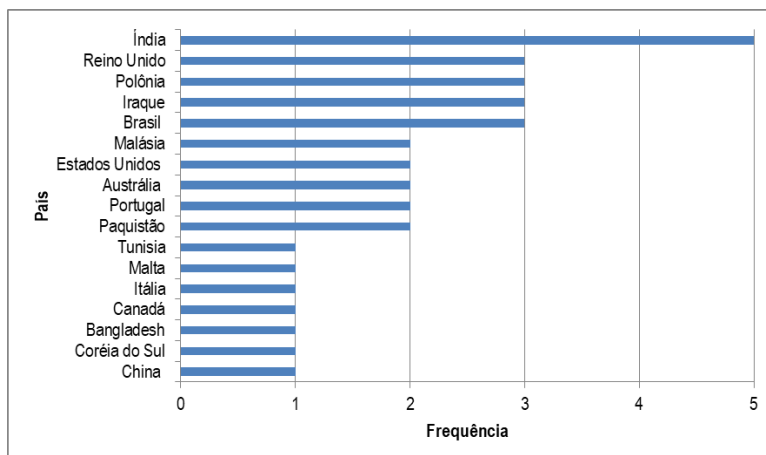
Nota: O levantamento bibliométrico apresentou somente os autores que tiveram duas publicações nos últimos 10 anos, além disto constatou que 118 autores tiveram pelo menos uma publicação nos últimos 10 anos, estes foram excluídos, pois o gráfico não seria possível ter clareza nos dados do gráfico. Os 118 autores com uma publicação são: A Pietrzak; A. Khmiri; A.E.M. Paiva; Abd Elmoaty M. Abd Elmoaty; Abdelhamid Guettala; Afia Hazzaq; Ahmad Rasidi Osman; Ahmed Y. Aboshama; Aleksandrs Korjakins; Ali A. Aliabdo; Alina Mahmood; Alireza Mohammadinia; Aloizio Geraldo Araújo; Anna Kotwa; Antonio Sabariz; Arul Arulrajah; Asad Hanif; Aseel B. AL-Zubaid; Aynoor Ibrahim Ali; B. Samet; B. Vidivelli; C. Venkatasubramanian; Caio Cesar Damas Melo; Chao-Qun Lye; D. Muthu; Diogo Serpa; E.J.P. Miranda Júnior; E.N.L. Rodrigues; Enas A. AL-Hashmi; Eun Ik Yang; Fabio Paiva Cota; Fabio Paiva Cota; Fabrizio Scarpa; Fadluhartini Muftah; G. M. Sadiqul Islam; G. Pugazhmani; Gurmel S. Ghataora; Hafiz Abrar Ahmad; Hamid Zeroub; Harshad C Patel; Hongjian Du; Hongjian Du; Hongseob Oh; Hyeonggi Lee; Il Sun Kim; J Pontes; Jongsung Sim; Jorge de Brito; Jorge de Brito; José B. Aguiar; Josette Camilleri; Josmar Cassar; K. Ramakrishnan; Kadum Muttar Shabeeb; Kaveh Afshinnia; Khuram Rashid; Kiang Hwee Tan; Kiang Hwee Tan; Kirils Kovalenko; Kunal Bisht; Luca Bertolini; M Ulewicz; M. Chaabouni; M. H. Rahman; M. Mageswari; Maddalena Carsana; Madiha Ahmad; Massimiliano Frassoni; Mian Sun; ML Benmalek; Mohammed Seddik Meddah; Mohd Syahrul Hisyam Mohd Sani; Muhammad Usman; Mukesh C. Limbachiya; Mukesh Limbachiya; N Unnikrishnan; Nayem Kazi; Nazar Al Obeidy; Norlia Mohamad Ibrahim; Nur Liza Rahim; P Bhuvaneshwari; P Rajagopalan; P.V. Ramana; Parviz Soroushian; Patricija Kara; Patrick L Maier; Paulo Henrique Ribeiro Borges; Prasada Rao Rangaraju; R. Sripragadeesh; Rabah Chaid; Raoul Jauberthie; Ravindra K. Dhir; Rizwan Hameed; Roshazita Che Amat; Roz-Ud-Din Nassar; S.E. Chidiac; S.N. Mihaljevic; Saïd Kenai; Samiha Ramdani; Sara de Castro; Sejal P Dalal; Shamshinar Salehuddin; So Yeong Choi; Soumela Fotiadou; Stephan A Durham; Suksun Horpibulsuk; T H Panzera; T JainulHaq; Tao Sun; Tulio Hallak Panzera; V Balaji; Wasan Khalil; Weiwei Han; Xinpeng Li; Yani Lu; Yat Choy Wong; Zainab Z. Ismail.

3.5 ANÁLISE DE PUBLICAÇÕES POR PAÍS

A análise bibliográfica constatou que ao todo 22 países realizaram pesquisas na última década relacionadas à inserção de resíduos de vidro no concreto. Sendo que 19 países realizaram a pesquisa sem necessidade de cooperação com outros países. A Figura 6 demonstra a quantidade de publicações realizadas pelos 19 países sobre o tema estudados nos últimos dez anos.



Figura 6: Análise da publicação por países.

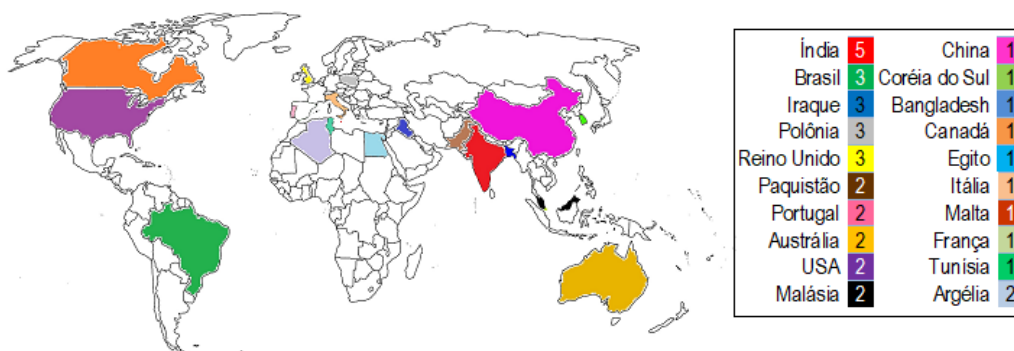


Fonte: Os autores, 2019.

Nota: É necessário ressaltar que 3 trabalhos foram realizados em cooperação internacional, sendo um deles produzidos por Coreia do Sul, China e Paquistão, o segundo produzido por Argélia em conjunto com Portugal e o terceiro estudo foi feito por Argélia e França, por isto o total acumulado presente no gráfico não corresponde aos 37 artigos selecionados para a elaboração da bibliometria deste estudo.

O mapa a seguir na Figura 7, demonstra a produção de artigos no tema estudado realizada por todos os países levantados na bibliometria no últimos dez anos.

Figura 7: Mapa da produção de artigos por país.



Fonte: Os autores, 2019.

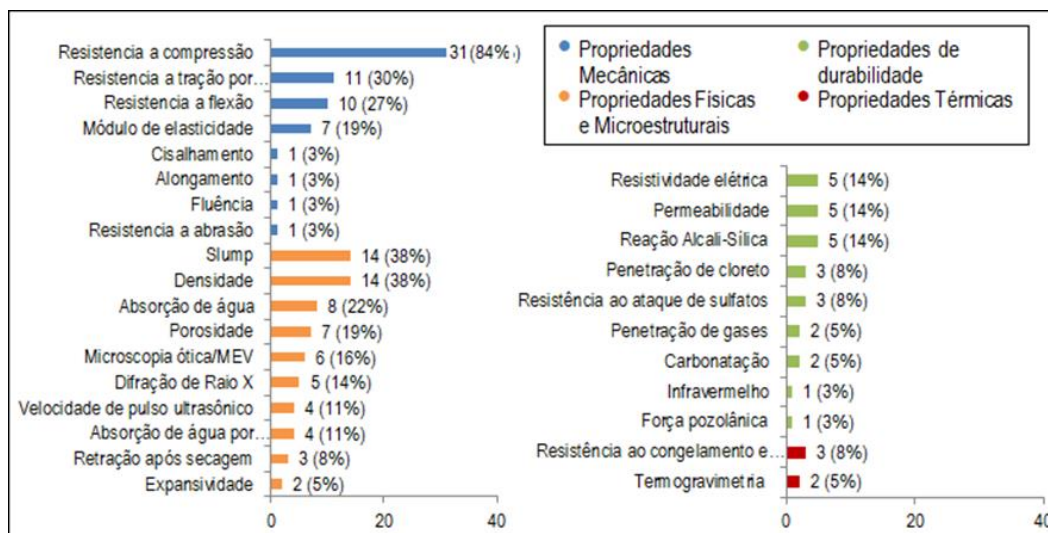
3.6 PRINCIPAIS PROPRIEDADES ANALISADAS NO ARTIGOS

Dos 37 artigos selecionados, selecionou-se 15 ensaios mais significativos agrupados em 5 tipos de propriedades. Sendo as propriedades mecânicas, térmicas, físicas, análise de microestrutura e parâmetros quanto a durabilidade devido a inserção dos resíduos de vidro no concreto. A Figura 8 demonstra o gráfico de frequência de ensaio e tipo, sendo que no eixo da abcissa encontra-se a frequência de cada ensaio no total de artigos e no eixo da ordenada encontra-se o tipo de ensaio.



Com isto pode-se observar que o ensaio de resistência a compressão axial do concreto em estudo teve o valor discrepante em relação aos demais, possuindo a maior frequência e maior representatividade.

Figura 8: Gráfico da frequência por tipo de ensaio realizado.



Fonte: Os autores, 2019.

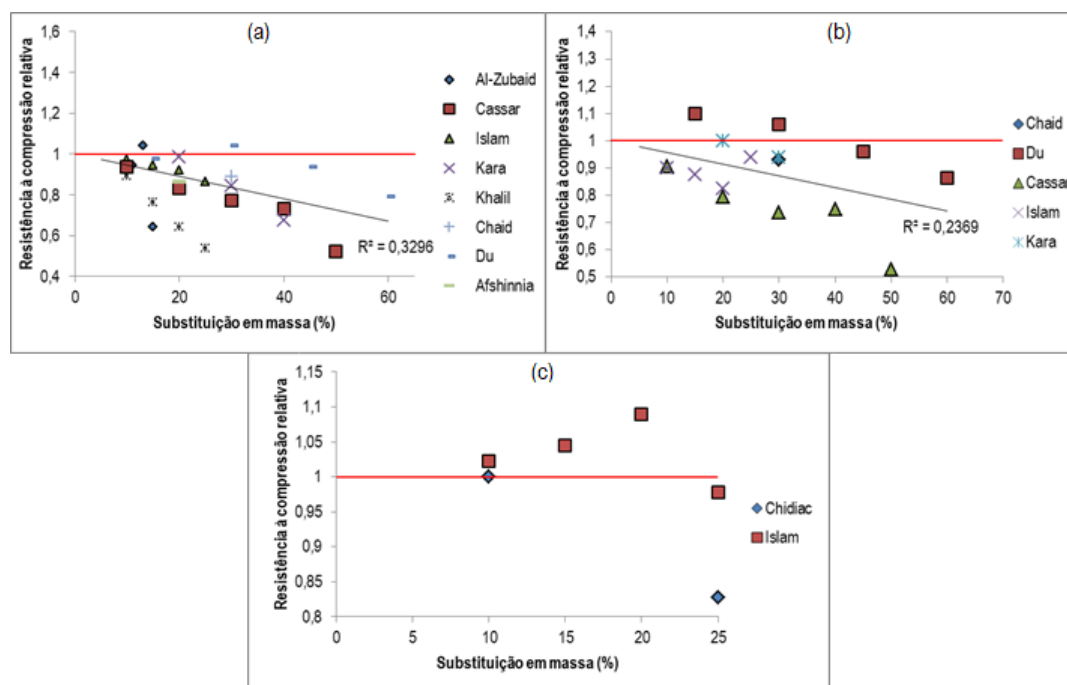
3.7 ANÁLISE COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Para cada um dos ensaios selecionados, originou-se gráficos de dispersão no software Excel, no qual cada ponto representou um valor encontrado por determinado(s) autor(es), sendo a coordenada abscissa correspondente a porcentagem de resíduo utilizado no concreto e a coordenada ordenada representa o valor relativo da propriedade estudada, isto é, os valores encontrados com a substituição, por cada autor em relação aos valores dos corpos de prova de referência ou controle de cada autor. Esses gráficos serviram como base para as discussões presentes nos resultados.

Devido ao seu potencial pozolânico, estudos que analisam a resistência à compressão do concreto com idades maiores podem demonstrar o potencial de melhoria das propriedades mecânicas do concreto com de resíduo de vidro. Neste estudo, foram avaliados os resultados dos autores para a resistência à compressão do concreto com 28, 90 e 365 dias, como mostrado nas Figura 9 e 10.



Figura 9: Resistência à compressão relativa para substituição no cimento com (a) 28 dias, (b) 90 dias e (c) 365 dias.



Fonte: Os autores, 2019.

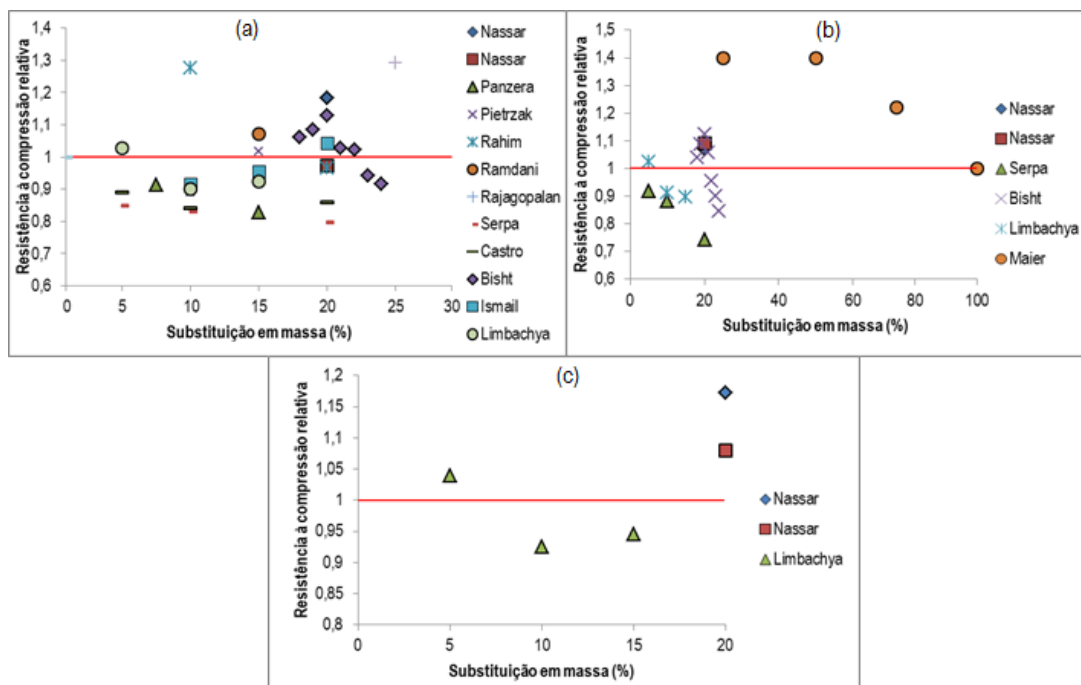
Conforme a Figura 9a, 8 autores analisaram a substituição do cimento pelo resíduo de vidro com 28 dias. Embora em estágio inicial, os resultados superaram a resistência da referência em alguns casos. De modo geral, a tendência da substituição pelo resíduo de vidro no concreto foi de diminuição da resistência à compressão, como indicado pela linha de regressão. Observa-se também que, os teores de substituição do cimento atingiram 60%. Embora esta análise tenha demonstrado levar à efeitos deletérios no concreto é importante ressaltar que realizado o estudo cria-se uma possibilidade de análise e aprofundamento em busca da verificação das causas do mau desempenho da matriz.

Em relação a resistência à compressão para o concreto com substituição parcial do cimento, apenas 5 artigos estudaram esta propriedade com a idade de 90 dias. No entanto, em relação a referência, apenas um trabalho demonstrou melhoria nas propriedades, com substituição de 18% e 30%, conforme Figura 9b.

Para a resistência à compressão para o concreto com substituição parcial do cimento com 365 dias de idade, apenas 2 artigos avaliaram esta propriedade nesta idade. O trabalho de Islam demonstrou melhorias na substituição do cimento entre 10% e 20%, enquanto Chidiac obteve uma perda nas propriedades quando efetuou a substituição na proporção de 25%, conforme Figura 9c.



Figura 10: Resistência à compressão relativa para substituição de agregado miúdo com (a) 28 dias, (b) 90 dias e (c) 365 dias.



Fonte: Os autores, 2019.

Para substituição como agregado miúdo para a idade de 28 dias, os autores em estudo apontaram porcentagens inferiores à 25%, em referência à autores anteriores que indicaram o baixo desempenho para teores maiores que o limite encontrado. No entanto, alguns estudos obtiveram resultados de melhoria para percentuais de substituição do agregado miúdo entre 15% e 25%, conforme Figura 10a.

Em relação a idade de 90 dias, foram encontrados 6 artigos. Em relação a referência, os resultados se mostraram mais eficazes do que com a substituição no cimento, com apenas um trabalho não demonstrando melhoria na propriedade mecânica. Vale destacar o trabalho de Maier, onde houve 100% da substituição do agregado miúdo e suas propriedades foram iguais à referência, demonstrando também grande melhoria para a substituição nos percentuais de 25%, 50% e 75%, conforme Figura 10b.

Quando a resistência à compressão para o concreto com substituição parcial do agregado miúdo com 365 dias de idade, foram encontrados 3 trabalhos que avaliaram esta propriedade seguindo este parâmetro de idade. Destes trabalhos, os três demonstraram melhorias na resistência à compressão, nos percentuais de 5% e 20%, conforme Figura 10c.



4. Conclusões e recomendações

Diante do levantamento bibliométricos e análise realizada neste trabalho, com relação à substituição de cimento por agregado miúdo, permite-se concluir que:

- As lacunas avaliadas foram referente aos ensaios com frequência de 1 a 3, que representam de 3% a 8%, ou seja, os ensaios menos realizados nos trabalhos encontrados nos últimos 10 anos. E com isto, as pesquisas científicas devem focar mais nestes ensaios, para se alcançar uma padronização nos resultados dos ensaios.
- Observa-se as lacunas referentes aos ensaios de cisalhamento, alongamento, fluência, resistência a abrasão, retração após secagem, expansividade, penetração de cloretos, ataque de sulfatos, profundidade de carbonatação, infravermelho, força pozolânica, resistência ao congelamento e ao descongelamento e termogravimetria.
- A análise executada neste artigo gera parâmetros mais confiáveis e eficazes para as pesquisas sobre concreto com vidro, pois o estudo demonstra com clareza o comportamento das pesquisas referente ao material que se deseja estudar.

A inserção dos resíduos de vidro no concreto como parte a substituição dos teores de cimento com 28 dias podem apresentar bons desempenhos em estágio inicial, ainda que não se atinja às resistências de referência;

- A inserção dos resíduos de vidro no concreto como substituição parcial do agregado miúdo com 28 dias apresentam melhores resultados relacionados a substituição do cimento, onde a uma boa parte dos estudos demonstram melhoria na resistência à compressão em relação a referência;
- A avaliação dos trabalhos com 90 e 365 demonstrou o potencial pozolânico do resíduo de vidro em alguns trabalhos, permitindo a melhoria da resistência a compressão do concreto em relação á referencia e aos trabalhos que avaliaram a resistência à compressão com 28 dias. No entanto, carecem mais estudos para avaliar efetivamente a capacidade deste resíduo de melhoria nas propriedades mecânicas, como a resistência à compressão e outras.
- Propõe-se realizar análises sobre o ciclo de vida do tipo de concreto em estudo.



6. REFERÊNCIAS

1. PEDROSO, F. L. Concreto: As origens e a evolução do material construtivo mais utilizado pelo homem. P. 14 – 19. In:_____ **Concreto: Material construtivo mais consumido pelo homem**. 2010. Revista IBRACON: Concreto e construções. Nº 53. ISSN: 1809-7197.
2. SAUER, A. S. **Estudo do potencial de aplicação do resíduo de vidro laminado em argamassa de recuperação estrutural**. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (Dissertação de Mestrado). Vitória - ES, 2013.
3. IDIR, R.; CYR, M.; TAGNIT-HAMOU, A. **Use of fine glass as ASR inhibitor in glass aggregate mortars**. Construction and Building Materials, v. 24, p. 1309-1312, 2010.
4. FREIRE, L. L. R. **A indústria de vidros planos**. Caderno Setorial – ETENE. Nº 3, ano 1, novembro, 2016.
5. KHMIRI, A. CHAABOUNI, M. SAMET, B. **Chemical behaviour of ground waste glass when used as partial cement replacement in mortars**. Construction and Building Materials, v. 44, p. 74-80, 2013.
6. How Do I Recycle?: Common Recyclables. **UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY**. Disponível em: <https://www.epa.gov/recycle/how-do-i-recycle-common-recyclables#gla>. Acesso em: 06 de Junho de 2019.
7. How Do I Recycle?: Common Recyclables. **UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY**. Disponível em: <https://www.epa.gov/recycle/how-do-i-recycle-common-recyclables#gla>. Acesso em: 06 de Junho de 2019.
8. VILELA, LÍLIAN DE OLIVEIRA. **Aplicação do Proknow-c para seleção de um portfólio bibliográfico e análise bibliométrica sobre avaliação de desempenho da gestão do conhecimento**. Revista Gestão Industrial, v.08, p. 76 – 92, 2012.
9. AFONSO, M. H. F. et al.,. **Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo Proknow-c na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável**. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 5, n. 02, p. 47 – 62, 2011.
10. AFSHINNIA, G.RANGARAJU, P. R. **Impact of combined use of ground glass powder and crushed glass aggregate on selected properties of portland cement concrete**. Construction and Building Materials, v, 117, p. 263 - 272, 2016.
11. ALIABDO, A. et al. **Utilization of waste glass powder in the production of cement and concrete**. Construction and Building Materials, v. 124, p. 866 – 877, 2016.
12. AL-ZUBAID, A. B. et. al. **Study the effect of recycled glass on the mechanical properties of green concret**. Procedia Energy, v. 119, p. 680 - 692, 2017.
13. BISHT, K. RAMANA, P. V. **Sustainable production of concrete containing discarded beverage glassas fine aggregate**. Construction and Building Materials, v. 177, p. 116 – 124, 2018.
14. CARSANA, M. FRASSONI, M. BERTOLINE, L. **Comparison of ground waste glass with other supplementary cementitious materials**. Cement e concrete composites, v. 45, p. 39 – 45, 2014.



15. CASSAR, J. CAMILLERE, J. **Utilization of imploded glass in structural concrete.** Construction and Building Materials, v. 29, p. 299 – 307, 2012.
16. CASTRO, S. BRITO, J. **Evaluation of the durability of concrete made with crushed glass aggregates.** Journal of Cleaner Production, v. 41, p. 7 – 14, 2013.
17. CHAID, R. et al. **Microstructure and permeability of concrete with glass powder addition conserved in the sulphatic environment.** European Journal of Environmental and Civil Engineering, v. 19, p. 219 – 237, 2015.
18. COTA, F. et al. **Mechanical properties and ASR evaluation of concrete tiles with waste glass aggregate.** Sustainable Cities and Society, v. 16, p. 49 – 56, 2015.
19. DU, H. TAN, K. H. **Concrete with recycled glass as fine aggregates.** Aci Materials Journal, v. 111, p. 47 – 57, 2014.
20. LIMBACHIYA, M. et al. **Performance of granulated foam glass concrete.** Construction and Building Materials, v. 28, p. 759 – 768, 2012.
21. DU, H. TAN, K. H. **Waste glass powder as cement replacement in concrete.** Journal of advanced concrete technology, v. 12, p. 468 – 477, 2014.
22. HAN, W. **Using of borosilicate glass waste as a cement additive.** Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, v. 381, p. 11 -15, 2016.
23. ISLAM, G. M. RAHMAN, M. H. KAZI, N. **Waste glass powder as partial replacement of cement for sustainable concrete practice.** International Journal of Sustainable Built Environment, v. 6, p. 17 – 44, 2017.
24. ISMAIL, Z. Z. AL-HASMI, E. A. **Recycling of waste glass as a partial replacement for fine aggregate in concrete.** Waste Management, v. 29, p. 655 – 659, 2009.
25. KARA, P. et al. **The usage of fluorescent waste glass powder in concrete.** Construction Science, v. 13, 2013.
26. KHALIL, W. OBEIDY, N. A. **Some properties of sustainable concrete containing two environmental wastes.** MATEC Web of Conferences, v. 162, 2018.
27. KHMIRI, A. et al. **A cross mixture design to optimise the formulation of a ground waste glass blended cement.** Construction and Building Materials, v. 28, p. 680 – 686, 2012.
28. KIM, I. S. et al. **Evaluation of durability of concrete substituted heavyweight waste glass as fine aggregate.** Construction and Building Materials, v. 184, p. 269 – 277, 2018.
29. KOTWA, A. **Parameters of concrete modified with glass meal and chalcedonite dust.** IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, v. 245, 2017.
30. LIMBACHIYA, M. C. **Bulk engineering and durability properties of washed glass sand concrete.** Construction and Building Materials, v. 23, p. 1078 – 1083, 2009.
31. LYE, C. DHIR, R. K. **Deformation of concrete made with crushed recycled glass cullet fine aggregate.** Structures and Buildings, v. 170, p. 321 – 335, 2017.
32. MAGESWARI, M. VIDIVELLI, B. **The use of sheet glass powder as fine aggregate replacement in concrete.** The Open Civil Engineering Journal, v. 4, p. 65 – 71, 2010.
33. MAIER, P. L. DURHAM, S. A. **Beneficial use of recycled materials in concrete mixtures.** Construction and Building Materials, v. 29, p. 428 – 437, 2012.



34. MIRANDA, E. J. P. PAIVA, A. E. M. RODRIGUES, E. V. L. **Influence of waste glass on the physical properties of portland cement concrete.** *Materials Science Forum*, v, 798, p. 576 – 571, 2014.
35. MOHAMMADINIA, A. et al. **Strength evaluation of utilizing recycled plastic waste and recycled crushed glass in concrete footpaths.** *Construction and Building Materials*, v. 197, p. 489 – 496, 2019.
36. NASSAR, R. SOROUSHIAN, P. **Use of milled waste glass in recycled aggregate concrete.** *Proceedings of the Institution of Civil Engineers:Construction Materials*, v. 166, p. 304 – 3015, 2013.
37. PANZERA, T. H. et al. **Recycled glass as potential aggregate for concrete tiles: a statistical analysis of the physical and engineering properties.** *Int. J. Environment and Waste Management*, v. 12, n. 8, p. 280 – 299, 2013.
38. PIETRZAK, A. ULEWICZ, M. **The influence of addition of crt glass cullet on selected parameters of concrete composites.** *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2019.
39. RAHIM, N. L. et al. **Utilization of recycled glass waste as partial replacement of fine aggregate in concrete production.** *Materials Science Forum*, v. 803, p. 16 – 20.
40. RAMAKRISHNAN, K. et al. **Experimental study on the mechanical and durability properties of concrete with waste glass powder and ground granulated blast furnace slag as supplementary cementitious materials.** *Construction and Building Materials*, v. 156, p. 739 – 749, 2017.
41. RAMDANI, S. et al. **Physical and mechanical performance of concrete made with waste rubber aggregate, glass powder and silica sand powder.** *Journal of Building Engineering*, v. 21, p. 302 – 311, 2019.
42. RASHID, K. et al. **Analytical framework for value added utilization of glass waste in concrete: mechanical and environmental performance.** *Waste Management*, v. 79, p. 312 – 323, 2018.
43. SANI, M. S. H. M. et al. **Investigation on compressive strength of special concrete made with crushed waste glass.** *MATEC*, v. 27, p. 1 - 5, 2015.
44. RAJAGOPALAN, P. et al. **Study of bond characteristics of reinforced waste glass aggregate concrete.** *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 80, p. 1 - 8, 2017.
45. SERPA, D. BRITO, J. PONTES, J. **Concrete made with recycled glass aggregates: mechanical performance.** *Aci Materials Journal*, DOI: 10.14359/51687366, 2015.