

Avaliação Física e Mecânica do Resíduo de Vidro Triturado como Agregado Graúdo em Concreto

GLAUBER DO VALE DE MEDEIROS

Estudante Bacharel em Engenharia Civil
Laureate International Universities/UNINORTE (Brasil)

JOSÉ CLAUDIO MOURA BENEVIDES

Engenheiro Eletricista e Professor
Laureate International Universities/UNINORTE (Brasil)

MURILO FERREIRA DOS SANTOS

Engenheiro Civil
Laureate International Universities/UNINORTE (Brazil)

MARIA SUEL RAMIRES DA SILVA

Técnica em meio Ambiente
Associação para o desenvolvimento coeso da Amazônia / ADCAM
(Brasil)

Abstract:

The reuse or recycling of raw materials is a process in which certain types of materials are routinely recognized as garbage or waste, collected from the streets by waste pickers or processing industries. The reduction of the acquisition of raw material, such as: sand, bark, lime scale among other materials, because for every 1 kilo of natural glass manufactured, another 1.2 kilo of recycled glass can be reused. The total decomposition in nature can occur in up to 1 million years, according to data from the National Association of Glazes-ANAVIDRO . Glass is a fragile material, but not weak. It has great resistance to rupture, and can even be used in hard and rigid floors, but not tenacious and not suitable for applications subject to impacts SHACHELFORD, 2008). This feature allows the large-scale use of glass in the industry, implying a large generation of waste. New research seeks to develop viable destinations for these wastes, making glass manufacturing more sustainable. The glass residue used in this

monograph comes from the industry of transforming rearview mirrors for the automotive industry in the city of Manaus.

Key words: Vidro, Reciclagem, resíduos e material prima.

1 INTRODUÇÃO

A reciclagem ou a reutilização de matéria prima é um processo em que determinados tipos de materiais, cotidianamente são reconhecidos como lixo ou resíduos, sejam recolhidos de ruas pelos trabalhadores catadores ou de indústrias de transformação, sendo coletado dor indústrias de reciclagem ou cooperativas, onde passam por processos de segregação (feito geralmente por cooperativas), reprocessamento, ou diretamente com matéria-prima para a fabricação de novos produtos.

É de fundamental importância este processo uma vez que nos dias de hoje, transforma aquilo que iria ou já se encontra no lixo em novos produtos, reduzindo resíduos que seriam lançados na natureza, e ao mesmo tempo, mitigar o consumo de fontes não renováveis de matérias-primas. Segundo Brasil escola (2018), no Brasil, quase toda as latinhas descartáveis de alumínio são recicladas. Entretanto, plásticos, latas de aço, vidro, dentre outros matérias, são pouco considerados neste processo, reforçando as estatísticas que apontam que somente 11% de tudo o que se joga na lata de lixo, em nosso país é, de fato, reciclado.

Os principais materiais empregados na construção civil, está o cimento, o ferro, água e agregados (areia e brita), para produção de argamassas e concretos. (SHACHELFORD, 2008).afirma ainda que “as características do vidro permite a utilização em grande escala na indústria, implicando numa grande geração de resíduos”. O vidro possui um aproveitamento em 100% para a sua reciclagem, ou seja, uma quantidade de vidro descartado e posteriormente reciclado pode produzir essa

mesma quantidade de vidro novo da mesma qualidade e características físicas e mecânicas de seu formato com materiais 100% virgens, acarretando assim uma economia de energia de 4% e redução de 5% e menor taxa na liberação de CO₂ na atmosfera. No entanto, apesar desse grande número de vantagens, segundo a ABIVIDRO em 2011, o índice de reciclagem no Brasil era de 47%.

O presente trabalho de pesquisa visa analisar físico e mecanicamente as propriedades de concretos com a adição de resíduo de vidro em diferentes concentrações e dosagens, em substituição de parte do agregado graúdo.

Em seu experimento, GALVÃO, FARIAS & SOUZA (2013) HOLOS, Ano 29, Vol. 4 61 A reutilização do pó de vidro no processo produtivo acarreta numa vantajosa diminuição da energia necessária para sua fundição uma vez que o mesmo já passou pelo processo de fabricação, pois os resíduos de vidro podem ser reciclados como agregado para cimento Portland de agregados naturais utilizados em sua fabricação. Conforme dados CEMPRE (2013), o Brasil produz em média um total de 980 mil ton/ano de embalagens de vidro usando cerca de 47 % de matéria-prima reciclada forma de refeitos. Onde parte delas foram geradas como refugo de empresas do ramo e uma segunda parte foi originada por meio da coleta seletiva.

O presente trabalho trata da aplicação do resíduo de vidro triturado, resultante do processo fabricação de espelhos automotivos em uma indústria de Manaus e de resíduos de empresas vidreira. Este resíduo de vidro foi aplicado na fabricação de concreto, com fins de diminuir a poluição ambiental causada pela sua eliminação em aterros sanitários e rio e locais públicos, visto que este mesmo não era reciclado.

Figure 1 – recipiente com descarte de vidros



Fonte: kbtudoresiduos 2018

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEITOS DE RESÍDUOS

Os Resíduos Sólidos são definidos pela a Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010, que institui a Política Nacional de resíduo sólido como: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semi-sólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p. 3). A Classificação dos Resíduos podem ser classificados de acordo com a PNRS, quanto à origem e quanto a periculosidade. Já quanto a relação de origem, os resíduos sólidos industriais são classificados como: “aqueles gerados No quesito periculosidade os resíduos sólidos são classificados como: Perigosos e não perigosos.

Resíduos perigosos são aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade,

toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental.

Resíduos não perigosos são aqueles não enquadrados na alínea “a”. Parágrafo único. Respeitado o disposto no art. 20, os resíduos referidos na alínea “d” do inciso I do caput, se caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser comparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal. processos, vem ocorrendo um aumento na produção de resíduos sólidos, principalmente nos grandes centros urbanos.

2.2 AÇÕES NEGATIVAS AO MEIO AMBIENTE

Em muitos casos de impactos ambientais negativos causados pela geração de resíduos sólidos são decorrentes de ações antrópicas e fatores naturais que causam a disposição inadequada em especial para a nossa região, nossos rios e lagos ficam poluídos.

2.3 EMPREGO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Em muitos casos, não sabemos para onde vai os resíduos que geramos diariamente em nosso trabalho ou residência, nem tão pouco conseguimos fazer o levantamento da quantidade. Se entendermos está particularidade do fim das embalagem, descartes de eletrodomésticos, consumo excessivo de produtos (supérfluos), teremos a consciência de que menos e mais , e que quem ganha é nossa sociedade atual e as gerações futuras.

2.4 RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO

A necessidade de aumentar a renda familiar associada à viabilidade econômica e a questão ambiental favorecem as atividades de reciclagem (SANTOS et al., 2004, p. 309). A reciclagem nada mais é de que o processo de minimizamos os extrativismos dos recursos naturais não renováveis e a redução

dos custos para a geração destas matérias prima para a cadeia produtivas.

É de grande a relevância a reciclagem, onde se pensamos de forma global, veremos que não necessitamos de tanta exploração de nossos recursos naturais não renováveis, uma vez que o consumo humano é sem dúvida alguma de forma desproporcional, sem a verdadeira necessidade de se produzir, aumento assim a extração em alguns casos desenfreada.

2.5 CONCEITOS GERAIS

DIAS e CRUZ (2009, p. 7), definem vidro como “uma mistura de areia, barrilha, calcário, alumina e aditivos que formam uma massa semi-líquida, é um óxido metálico, super resfriado, transparente, de elevada dureza, essencialmente inerte e biologicamente inativo”. Materias primas estas extraídas de fontes consideradas com não renováveis

2.6 HISTÓRIA DO VIDRO

Por pesquisa, alguns estudiosos afirmam que foram egípcios, fenícios, assírios, sírios, babilônios, gregos e romanos que passaram a manusear o vidro, já em outras citações de autores atribuem à descoberta acidental somente aos navegadores fenícios. Porém outros dizem que não e indicam que povos mesopotâmios e egípcios já dominavam técnicas rudimentares para a fabricação de vidro, há cerca de 5.000 anos ABIVIDRO, 2013. Deixando assim incerto a data da descoberta e início da utilização do vidro pela geração humana.

Cerca dos anos de 500 a 600 d.C. surgiu o vidro plano, desenvolvido por uma técnica utilizada até o século XIX, que consistindo em soprar uma esfera e expandi-la por rotação em forno. Em meados dos anos 1200 d.C. foi incorporado o método de sopro de cilindros, onde o processo simultâneo do sopro e da força de rotação do cano formava um cilindro, que era cortado

em um forno de recozimento e posteriormente estendido para formar vidro plano (Abividro - 2018).

(LINO, 2011, p. 217), afirma que, “após a época da revolução industrial que iniciou-se a produção em grande escala”, devido o surgimento de novas tecnologias para o empregos das técnicas.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATÉRIAS PRIMAS PARA CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

As matérias primas utilizadas na mistura da massa, para confecção dos corpos de prova cilíndricos foram o cimento, agregados graúdo (brita), resíduo de vidro triturado, areia e água.

3.1.2 Cimento

O cimento utilizado foi do tipo portland composto CP II-Z-32 RS da empresa Mizu



Figura 02 - Cimento: Own MIZU. Year: 2018

3.1.4 Agregado Graúdo

Como agregado graúdo foi utilizado brita zero, de granulometria 4,8 a 9,5 mm

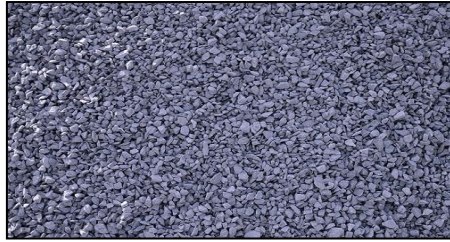


Figura 03 –Pedra brita 0: Own Author Year: 2018.

3.1.5 Resíduo de Vidro triturado

O resíduo de vidro utilizado como agregado graúdo (Figura 4) foi cedido pela empresa Reflect Industria e Comercio que atua no ramo de beneficiamento de vidro float, para a confecção de lentes reflectivas para retrovisores a serem aplicados na industria automotiva.



Figura 04 –Resíduo de vidro triturado: Own Author Year: 2018.

A geração dos resíduos de vidro ocorre na etapa de cortes das chapas de vidro inteiriças e destaques após a modelagem no tamanho exato.

São utilizados para o processamento das placas de vidro os seguintes equipamentos: Mesa de apoio das chapas com colchão de ar, maquinário de corte modelo XY, ponteiras de corte diamantadas, lixadeira estacionária, cortina de água, forno modelador, esteiras de transporte, cabine de pressão para aplicação de cromo metalizado.

Neste processo ocorre a separação das aparas do vidro, como também existem as perdas (refugo ou rejeito) por falhas de qualidade nas lentes.



Figura 04 –Aparas de vidro: Own Author Year: 2017.

O referido material é segregado é estocado em sacos (Big begs), com capacidade aproximada de 1000 kg ou em recipientes coletores e fica armazenado a céu aberto para posterior descartes.



Figura 05 –Recipiente coletor: Own Author Year: 2017.

3.1.4 Areia

Como agregado miúdo foi utilizado a areia fina, de granulometria 0,05 a 0,3 mm, sendo extraído da concreteira POLIMIX, localizada no Bairro do Coroado em Manaus Amazonas.



Figura 06 –Local de coleta da areia: Own Author Year: 2018.

4 - CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova foram confeccionados no laboratório de mecânica de solos da UNINORTE localizado no município de Manaus - Amazonas. Na primeira etapa, foram realizados corpos de prova cilíndricos 10 x 20 cm, sendo diâmetro e comprimento, respectivamente. As proporções composicionais da massa utilizada na fabricação dos CP-s ocorreram de forma proporcionais e homogênea para cada percentual e adição do resíduo de vidro . Os componentes são adicionados na proporção de quatro partes (em volume) de areia, três partes de pedrisco para uma parte de cimento e ainda 1,8 litros de água. Com essa quantia de matéria prima é possível fabricar 12 CP's .

Após esta primeira etapa iniciou-se o processo de confecção dos corpos de prova.

Para este estudo, estipularam-se as porcentagens de 0%, 5% e 15% de resíduo de vidro triturado para adição à massa concreto. Para que o artefato continuasse com sua massa original, o correspondente ao agregado graúdo resíduo de vidro à ser adicionado foi diminuído proporcionalmente da massa do agregado graúdo brita 0 . Assim, considerando a necessidade de uma referência (testemunha que chamaremos 0%), os testes foram realizados contemplando quatro tratamentos, representados por:

Amostra 1 – Concreto convencional sem adição de resíduo de vidro 0%; Testemunho.

Amostra 2 – Concreto convencional com adição de resíduo de vidro em 5% ;

Amostra 3 – Concreto convencional com adição de resíduo de vidro em 15% ;

Os corpos de prova foram devidamente separados e identificados de acordo com a porcentagem de resíduo de vidro que possuíam, onde cada grupo recebeu uma etiqueta com os percentuais estipulados.



Figura 07 –Formagem do corto de prova 15%: Own Author Year: 2018.

A norma NBR 9781:2013 recomenda a utilização de no mínimo seis amostras para o teste de inspeção visual, seis amostras para o teste de resistência à compressão e três amostras para o teste de absorção de água. Devido a indisponibilidade de recipientes para a confecção de corpo de prova, foram confeccionados 4 corpos de prova para cada ensaio. Para calcular a porcentagem correta de cada componente (matéria prima) da proporção composicional para esta quantia amostras, os mesmos foram pesados.

Traço 1	
Testemunho	
Cimento	3680 Kg
Areia	6160Kg
Brita	7840Kg
Água	1,800 l

Tabela 01 –Traço inicial testemunho: Own Author Year: 2018.

Consumo de água Aplicado 1,8 L		
Nº do traço	Litros consumidos	Redução
Traço 01	1,8	0%
Traço 02	1,69	6%
Traço 03	1,64	9%

Tabela 02 –Consumo e redução de água: Own Author Year: 2018.

O consumo de água de cada grupo se deu base ao traço testemunho, onde iniciou-se com 1,8 litros, partido do principio que seria adicionado o mesmo quantidade de litros para os demais traços

Com o aumento do percentual de adição do resíduo de vidro, o consumo de água baixou consideravelmente, onde já no primeiro traço de 5% de resíduo de vidro, tivemos uma baixa no consumo de 6%.

CIMENTO						
RN	28 DIAS	32 fck				
Massa específica	3101					
AREIA						
MODULO DE FINIRA	2,42					
Massa específica	2620,0 Kg por m3					
Massa unitária	1555 Kg por m3					
RESIDUO DE VIDRO						
MODULO DE FINURA	5,00					
Diametro máximo	4,75					
Massa unitária	1,423 g por cm3					
AGREGADO GRAUDO-BRITA						
MODULO DE FINIRA	6,65					
Ø maximo	9,5mm					
Massa unitária	1432 kg por m3					
Massa específica	2770,0 Kg por m3					

Tabela 03 –Propriedade física dos agregados: Own Author Year: 2018

Os dados físicos da tabela acima, apresenta-se de acordo com as normas legais para o uso de materiais na construção Civil.

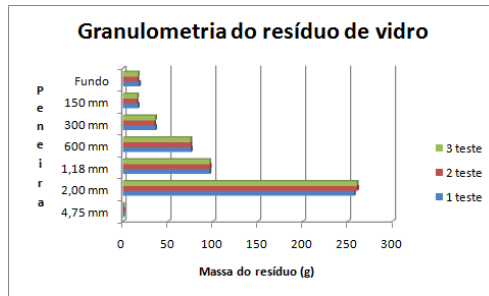


Gráfico 01 –Granulometria do resíduo de vidro: Own Author Year: 2018.

Para a análise granulométrica, percebemos que a peneira que reteve maior concentração de partículas foi a que 2,00 mm, porém com uma consistência na uniformidade dos grãos, onde definiu-se utilizar no concreto todas as granulometrias mencionadas e encontradas.

0% - Massa após desenformar dia 11-09-18		0% - Massa após emersão dia 11-09-18		0% - Ruptura com 7 dias		0% - Ruptura com 28 dias	
AM 01	3664,7	AM 01	x	AM 01	x	AM 01	27,17
AM 02	3626,7	AM 02	x	AM 02	x	AM 02	29,56
AM 03	3699	AM 03	3717	AM 03	19,98	AM 03	x
AM 04	3630	AM 04	3656,4	AM 04	19,68	AM 04	x

Tabela 04 –Propriedades físicas e mecânicas das amostra de 0% testemunho Own Author Year: 2018.

5% - Massa após desenformar dia 11-09-18		5% - Massa após emersão dia 11-09-18		5% - Ruptura com 7 dias		5% - Ruptura com 28 dias	
AM 01	3686,4	AM 01	x	AM 01	x	AM 01	31,29
AM 02	3679,6	AM 02	x	AM 02	x	AM 02	31,12
AM 03	3690,4	AM 03	3718,2	AM 03	19,45	AM 03	x
AM 04	3677,9	AM 04	3705,9	AM 04	18,43	AM 04	x

Tabela 05 –Propriedades físicas e mecânicas das amostras de 5% Own Author Year: 2018.

15% - Massa após desenformar dia 11-09-18		15% - Massa após emersão dia 18-09-18		15% - Ruptura com 7 dias		15% - Ruptura com 28 dias	
AM 01	3618,7	AM 01	x	AM 01	x	AM 01	28,23
AM 02	3693,8	AM 02	x	AM 02	x	AM 02	28,15
AM 03	3612,5	AM 03	3639,1	AM 03	17,6	AM 03	x
AM 04	3634,1	AM 04	3660,3	AM 04	17,68	AM 04	x

Tabela 6 –Propriedades físicas e mecânicas das amostras de 15% Own Author Year: 2018.

4.3.3 ABSORÇÃO DA ÁGUA

A realização do teste com os corpos de prova foram imersos em água por 168 horas (7dias) e 672 horas (28dias) à temperatura de 24°C e sendo pesados individualmente, para obtenção da massa saturada.



Figura 08 –Emersão em água: Own Author Year: 2018.

Conforme os dados de pesagem da massa seca e o de pesagem após emersão em água, não mostra nenhuma representatividade que aumento ou redução da absorção de água nos corpos de provas submetidos, onde ambos ficam na margem de 2 % de absorção do fluido.

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} * 100$$

Sendo, A = Absorção de Água,

m1 = Peso da massa seca

m2 = Peso da massa saturada.

ANÁLISE DA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Foram realizados os testes de resistência à compressão com os CP's devidamente segregados e identificados com seu determinado percentual de adição do resíduo de vidro triturado, tendo como objetivo sua avaliação se os mesmos suportavam a aplicação de determinada carga sobre sua superfície.

Segundo a NBR 9781:2013, a resistência à compressão de peças de concreto para pavimentação, deve suportar um peso maior ou igual a 35 MPa para tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha, e um peso maior ou igual a 50 MPa para tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados. Os corpos de prova foram submetidos ao teste de resistência à compressão com 7 dias e 28 dias. Vale ressaltar que segundo a norma a realização do teste deve ocorrer com 28 dias. Para testes com corpos de prova com menor período de cura, os resultados devem atingir ao menos 80% do valor recomendado pela norma, ou seja, 28 MPa. Para este teste foram utilizados 6 corpos de prova. Os resultados médios obtidos nos testes para a verificação da resistência a compressão foram apresentados nos campos exclusivo das tabelas 04,05 e 06, como também no gráfico 02, apresentado abaixo.

Os dados são satisfatórios conforme preconiza a norma NBR 9781:2013

Os dados com a adição de 5% de resíduo de vidro triturado, apresentou seus índices em um nível superior acima dos demais percentuais em comparação.

Percebeu-se que quanto mais sem aumento o agregado vidro acima de 15%, mais resistência o CP vai perdendo.

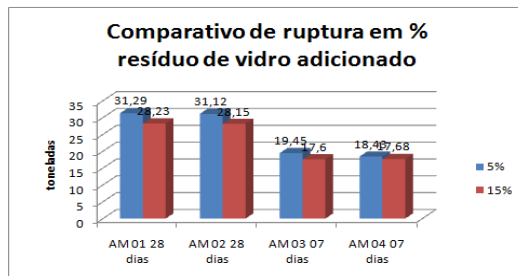


Gráfico 02 –Comparativo de ruptura: Own Author Year: 2018.

5- CONCLUSÃO

Os corpos de prova avaliados estão em conformidade com a norma NBR 9781:2013, onde não apresentam distorções em referencia ao estabelecido . Por se tratar de corpo de prova moldado não percebeu-se variações em suas dimensões .

Referenciando-se aos testes de resistência a compressão, obtivemos, resultados positivos quanto a aplicação do resíduo de vidro triturado, onde as amostras resistiram a compreensão esperada por norma. O concreto com a adição de 15% no máximo resíduo de vidro triturado e com granulometria podendo variar de 300 microns até 4,75 milímetros pode ser muito bem empregado na construção civil para a confecção de blocos de concretos, meio fio e paver.

Vale salientar que com a adição do resíduo de vidro nas proporções analisadas, teremos uma considerável redução no consumo de água, tornando assim o concreto mais resistente em comparação a adição dos agregados convencionais, como também com o ganho para o meio ambiente, reduzindo o

consumo do bem que hoje já é escasso em algumas regiões de nosso país e no mundo, a água.

Este resíduo passaria a ter um valor comercial de maior relevância no que tange a ganhos para a cadeia de recicladores, como por exemplo as latinha de alumínio que hoje é notória sua cadeia de reciclagem, onde ganham deste o catador , a industria de reciclagem e o meio ambiente.

O vidro que vemos hoje nas ruas ou descartados de forma incorreta, poder ser o belo lustre ou vidraça de nossas casas amanhã.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ÂNGULO, Sergio C.; ZORDAN, Sergio E.; JOHN, Vanderley M. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. Seminário do Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil - Materiais reciclados e suas aplicações. CT206 - IBRACON. São Paulo – SP, 2011. Disponível em: <<http://www.pedrasul.com.br/artigos/sustentabilidade.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2018, 21:40.
2. ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR NM : Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781:2013. Peças de concreto para pavimentação: especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
4. ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO. Reciclagem de Vidro. Disponível em: <[http://www.abividro.org.br/Reciclagem - abividro](http://www.abividro.org.br/Reciclagem-abividro)>. Acesso em 21 ago. 2018, 18:50.

5. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <<http://www.justicaeleitoral.jus.br/arquivos/lei-12-305-2010-pnrs/view>>. Acesso em: 22 ago. 2018 13:57.
6. CEMPRE. (Compromisso empresarial para reciclagem). Vidros - O Mercado para Reciclagem. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/ft_vidros.php>. Acesso em: 9 out 2018. 13:40.
7. DIAS, Guilherme G; CRUZ, Thiago M. de Sá. Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Vítreos, (PGIRV). Belo Horizonte, nov. 2009. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/minas_sem_lixoes/2010/vidros.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2014, 21:51. Janeiro, v.14, n.6, p. 2191-2197, Dez. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232009000600026&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 20 set. 2018. 13:50
8. v.17, n. 6, Jun. 2012. Disponível em: <http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141381232012000600014&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 18 set. 2018, 15:20.
9. LINO, Hélio F.C. A indústria de reciclagem e a questão ambiental. 2011. 291 f. Tese (Doutorado em História Econômica) - Programa de Pós Graduação em História do Departamento da Faculdade Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8137/tde27102011085538/publico/2011_lino_FranciscoCorreaLino.%20pdf>. Acesso em: 18 set. 2018, 14:16

10. SHACKELFORD, J. F. 2008. Introdução à Ciência dos Materiais Para Engenheiros. Trad. Daniel Vieira. São Paulo: Pearson. 6.ed, p 145.
11. LIMA, J. A. R. Proposição de Diretrizes para Produção e Normalização de Resíduos de Construção Reciclado e Suas Aplicações em Argamassas e Concretos. 2011. 240f. Dissertação de Mestrado em Tecnologia do Ambiente Construído. Universidade de São Paulo - USP, São Carlos.
12. CEMPRE. Vidros – O mercado para reciclagem. Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em <http://www.cempre.org.br/ft_vidros.php>. Acesso em: abr de 2018
13. SANTOS, W.J. – Caracterização de vidros planos transparentes comerciais. Scientia Plena 5, N°2, pp. 1-4, 2008.
14. Á. C. P. Galvão, A. C. M. Farias e L. G. M. Souza – viabilização de rejeito de vidro para a produção de tijolos cerâmicos HOLOS, Ano 29, Vol. 4 Acesso em: ago, 2018 22:40