



Estudo do uso de rejeitos como agregados para o concreto¹

The use of rejects as an aggregate for concrete study

Denise Christie de Oliveira Capanema²

Filipe Henrique Galvão³

Kathleen Mary Ferreira Santana⁴

Renato Augusto da Silva Alexandre⁵

Tatiana Aparecida Rodrigues Costa⁶

Resumo

Para produzir o concreto, um material amplamente utilizado no setor construtivo, é necessário o consumo de agregados naturais, além de outros insumos. Devido a grande demanda, a retirada destes agregados da natureza pode gerar muitos impactos ao meio ambiente. A quantidade de resíduos gerada no planeta é também outro grande problema atual. Esses são dois dos muitos aspectos que intensificam a crise ambiental, e é cada vez mais importante minimizar a agressividade das atividades humanas ao ecossistema. Sendo a construção civil um dos grandes responsáveis pelos problemas do meio ambiente, práticas devem ser adotadas na área para promover um desenvolvimento mais limpo. Com este intuito, neste artigo, apresentam-se materiais que podem ser reciclados e utilizados como substitutos dos agregados naturais na obtenção do concreto, visando dar uma destinação mais adequada aos resíduos e diminuir o uso crescente dos recursos da natureza. Através de uma revisão bibliográfica, foram encontrados alguns materiais que podem ser usados para tal finalidade, como os resíduos de ágata (pedra preciosa que gera muitos rejeitos em seu processo de obtenção), os resíduos de vidro, de pet e de construção e demolição (RCD), que serão abordados neste artigo. Esses materiais alteram as características físico-químicas do concreto, como a sua resistência, e podem contribuir para aumentar a sustentabilidade das construções.

Palavras-chave: Concreto. Sustentabilidade. Agregados naturais.

Abstract

Concrete is a widely used material in construction processes. Obtaining it requires a great amount of natural aggregates as well as other inputs. Due to overwhelming demand, the withdrawal of these aggregates from nature can generate many impacts on the environment. Another major problem now is the amount of waste generated by civilization. These are two of the many aspects that intensify the environmental crisis, and it is increasingly important to minimize the aggressiveness of human activities to the ecosystem. The construction industry is one of the major causes of environmental problems and practices should be adopted in the sector to promote a cleaner development. With this in mind, to minimize the increasing use of natural resources and to give a better destination to waste, this article presents materials that can be recycled and used as substitutes for natural aggregates in obtaining concrete. Through a literature review, it was found some materials that can be used for this purpose, such as waste of agate (gemstone that generates a lot of waste in your process of getting), waste of glass, waste of plastic bottle and waste of construction and demolition, which are covered in this article. These materials change the physical and chemical properties of the concrete; such as its strength thus contributing to increase the sustainability of buildings

Keywords: Concrete. Sustainability. Natural aggregates.

Artigo Recebido em: 22/08/2012

Aceito em: 20/05/2015

¹ Artigo orientado pelo Professor Dr. Eugênio Batista Leite.

² Discente do curso de Engenharia Civil PUC-Minas Barreiro. E-mail: denise_capanema@hotmail.com

³ Discente do curso de Engenharia Civil PUC-Minas Barreiro. E-mail: filipegalvaao@hotmail.com

⁴ Discente do curso de Engenharia Civil PUC-Minas Barreiro. E-mail: kathleen.santana@engenhariaadonai.com.br

⁵ Discente do curso de Engenharia Civil PUC-Minas Barreiro. E-mail: renato.alexandre11@hotmail.com

⁶ Discente do curso de Engenharia Civil PUC-Minas Barreiro. E-mail: tatiana_rodriguescosta@hotmail.com.br

Introdução

A atual situação climática do planeta aponta indícios de que a natureza não possui recursos suficientes para suprir um padrão de alto consumo. Nesse cenário, o setor da construção civil é um dos que mais contribuem para o aquecimento global, pois utiliza em grande quantidade recursos naturais e muita energia na obtenção de matéria prima, no transporte de materiais e no processo construtivo, emitindo diversos gases poluentes causadores do efeito estufa, como CO₂ (dióxido de carbono). Criar alternativas sustentáveis para substituir agregados naturais por materiais que podem ser reciclados, tem se tornado alvo de grande interesse dos ambientalistas e engenheiros, uma vez que o mercado exerce pressões para a implantação dessas novas tecnologias. Dessa forma “A indústria da construção civil é muito importante no cenário industrial brasileiro, não só pela grande quantidade de recursos financeiros que movimenta e na geração de empregos, mas pelo grande volume de energia e de recursos naturais que utiliza” (STACHERA JR; CASAGRANDE JR, 2007, p.1).

“A nível global a atividade de construção e demolição da indústria da construção civil é um dos modelos de produção e consumo mais ineficiente e gastador” (CASAGRANDE JR, 2008, p.1). São visíveis os problemas gerados pelo setor construtivo ao meio ambiente. Um dos grandes potenciais impactantes da indústria de construção civil é a geração de resíduos, mas segundo Casagrande Jr (2008), a maioria desses resíduos poderia se reaproveitada, o que representaria benefícios ao meio ambiente e ao aspecto econômico.

Existem parâmetros e ferramentas para tornar uma construção sustentável, atualmente usa-se a Avaliação do Ciclo de Vida da Edificação (ACVE) e a Produção mais Limpa (P mais L). Segundo Hiniz; Valentina; Franco (2006), a Produção mais Limpa consiste na prevenção de possíveis impactos ambientais visando a economia de recursos naturais. Já a Avaliação do Ciclo de Vida analisa todas as etapas envolvidas no processo de fabricação de um produto, desde a obtenção de recursos até o descarte do mesmo, procurando sanar possíveis potenciais impactantes, afirma Hini; Valentina; Franco (2006).

Em consequência do grande consumo, do crescimento populacional e do fluxo econômico, a quantidade de lixo produzida pela sociedade e pelos setores econômicos é enorme e o impacto também. Para John, apud Cabral *et al.*, (2009), a indústria construtiva é responsável por 40% dos resíduos gerados na economia. Em tempo, uma pesquisa divulgada pelo IBGE, em 2008, revelou que a quantidade de lixo coletada diariamente no Brasil é de 259.547 toneladas. Por isso, são necessárias ações que diminuam a quantidade de resíduos

despejados no meio ambiente.

Com a urbanização das pequenas e grandes cidades, é visível que a construção civil tem atuado de maneira ostensiva, trazendo consigo a utilização em grande escala do concreto, já que o mesmo possui características indispensáveis ao setor construtivo. Conforme Betat; Pereira; Verney (2009), relativamente grande é o uso de agregados naturais (areia, brita e cascalho), já que o cimento consome cerca de 80% destes em sua composição. “No Brasil, somente para produção de concreto e argamassas, são consumidos cerca de 220 milhões de toneladas de agregados” (VALVERDE apud BETAT; PEREIRA; VERNEY, 2009, p. 1048), “tal preocupação deve-se principalmente ao fato de que a construção civil é responsável por consumir entre 15 e 50% dos recursos naturais extraídos” (JOHN apud BETAT; PEREIRA; VERNEY, 2009, p. 1048). A extração desses sedimentos modifica o perfil dos rios, o seu equilíbrio, sua estrutura hidrológica e hidrogeológica, altera a paisagem de montanhas e rochas, e provoca problemas de estabilidade, segundo Bianchini; outros citados por Cabral et al, (2009), ou seja, gera muitos problemas ambientais, sem considerar aqui as emissões de carbono em todo o ciclo.

A preocupação ambiental e a pressão dos órgãos públicos e da população têm incentivado o desenvolvimento de tecnologias pouco agressivas ao ecossistema. Uma alternativa que poderia diminuir a quantidade de resíduos despejada, e amenizar o impacto do setor construtivo, seria reciclar resíduos utilizando-os como agregados na produção de concreto. Pode se observar ainda, que “a reciclagem de resíduos pela indústria da construção civil vem se consolidando como uma prática importante para a sustentabilidade, seja atenuando o impacto ambiental gerado pelo setor ou reduzindo os custos.” (ÂNGULO; JOHN; ZORDAN, 2000, p.1).

Desta forma, neste artigo, analisa-se a substituição de agregados naturais por diversos materiais reciclados na produção do concreto. Essa substituição diminui a quantidade de lixo depositada no planeta, graças à reciclagem, e reduz o impacto ambiental ao evitar que agregados sejam retirados da natureza com tamanha intensidade.

1 Resíduos de ágata como substitutos de agregados

Segundo Betat; Pereira; Verney (2009), apesar de o concreto ser fundamental para o desenvolvimento das construções, seus agregados geram muitos impactos negativos para o meio ambiente, por ser um recurso finito e pela intensidade com que é retirado da natureza.

Porém, tem-se a alternativa de minimizar os impactos gerados pela produção de resíduos através da adição de agregados reciclados no concreto.

De acordo com Betat; Pereira; Verney (2009), a obtenção de uma pedra preciosa, a ágata, gera um acúmulo grande de rejeitos. Um estudo foi realizado por esses autores para utilizar esses rejeitos no concreto. O experimento em questão foi feito levando-se em conta a troca do agregado natural pelo agregado reciclado, desprezando-se assim o traço do concreto. Para a verificação científica do processo foram utilizadas doze misturas de concreto, e para cada mistura foram feitos dois corpos de prova (de cada lote de concreto é necessário uma amostra representativa para se determinar a resistência do concreto em questão). Os agregados naturais utilizados foram areia (agregado miúdo) e brita (agregado graúdo). Para produzir o concreto a ser estudado realizaram-se quatro dosagens, a primeira possuía apenas agregados naturais e as outras parcelas de resíduos de ágata. Após vinte e oito dias foram realizados testes para medir a resistência à compressão de cada mistura.

Betat; Pereira; Verney (2009) concluíram que tal prática influenciou na resistência à compressão e no consumo de cimento. Os concretos com 50% de substituição de agregado natural por agregado reciclado apresentaram os melhores resultados: resistência à compressão aproximadamente 10% maior do que os concretos de referência e menor consumo de cimento (em média 10% menos). Além disso, a utilização do agregado reciclado de ágata pouco influenciou na demanda de água nos concretos produzidos.

2 Vidro como agregado

A utilização do vidro aumentou consideravelmente nos últimos anos e, por consequência, houve alta na disposição de seus resíduos. Destes, boa parte têm destinação correta, ou seja, é reciclado; porém a outra não recebe tratamento adequado, é jogada diretamente no lixo. Dados mostram que “o Brasil produz em média 800.000 toneladas de vidro por ano, sendo que desse total 220.000 t/ano são recicladas, o que corresponde a 27,6% do total gerado” (CEMPRE apud LOPEZ; AZEVEDO; NETO, 2005, p.318).

Lopez; Azevedo; Neto (2005) discutiram, por meio de experimentos, a utilização dos resíduos de vidros cominuídos como agregados finos, fato que já é realidade em países como Austrália, mas não no Brasil. Estes autores produziram concretos utilizando vidro reciclado moído. O material utilizado em seus testes (o vidro) foi recolhido do lixo e posteriormente foi triturado. Junto com o vidro foi utilizado também brita (agregado graúdo). O fator

água/cimento foi mantido constante para os experimentos. A partir de então se analisou a influência do tamanho das partículas e das diferentes quantidades destas partículas adicionadas aos concretos testados.

Através das experimentações, os autores observaram que a melhor granulometria, ou seja, o melhor tamanho de vidro moído para ser utilizada no concreto é entre 0.15- 0.30mm (também foram avaliadas 0,15mm e 0,30-0,60mm). Nesta faixa granulométrica é que os concretos testados apresentaram maior tensão de ruptura média, ou seja, a carga axial máxima aplicada no corpo de prova para levar ao seu rompimento. Esse fato pode ser explicado pelo preenchimento dos vazios existentes no concreto pelo vidro, acarretando aumento de massa específica (índice de vazios menor), o que condiz com menor abatimento dentre as amostras testadas, segundo Lopez; Azevedo; Neto (2005).

Com a melhor granulometria definida foram feitas então duas experimentações: na primeira substituiu-se areia por vidro em proporções de 5%, 10%, 15% e 20%, comparando-se ao corpo de prova de referência, sem adição de vidro. Houve um aumento progressivo da resistência à compressão do concreto, tendo o concreto produzido, com 20% do vidro moído, resistência média 57% superior a do material de referência. Segundo os autores, a granulometria final do agregado fino resultante (areia mais vidro) estaria mais próxima da curva granulométrica ideal, o que pode ser um fator para aumentar a tensão média de ruptura, assim como o aumento da superfície específica de sólidos a hidratar. O abatimento, determinado a partir de ensaio que determina a falta ou excesso de água, do concreto também diminuiu com o aumento da porcentagem de agregado reciclado.

O segundo experimento consistiu em adicionar vidro sobre a massa de areia, com as mesmas proporções utilizadas anteriormente. O concreto que apresentou melhores resultados foi o preparado com 5% de adição de vidro, com aumento de 56,6% na tensão de ruptura, o que estaria relacionado ao preenchimento de vazios. Adições superiores apresentaram gradativa diminuição na tensão de ruptura (mas sempre superiores as do corpo de referência), o que seria explicado por uma hidratação insuficiente dos sólidos, provocando aumento dos vazios, de acordo com as conclusões de Lopez; Neto (2005).

Portanto, é de extrema importância estudar a utilização de vidros como agregados para o concreto, já que são atrativas as características adicionadas a este composto pelo vidro moído.

3 Concretos com resíduos de *pet*

Sabe-se que o PET gera um grande volume de rejeitos e que demora muitos anos para se decompor na natureza, gerando um impacto negativo. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do PET, o Brasil reciclou em 2009/2010 55,6% de poli tereftalato de etileno (PET).

Através da recuperação dos rejeitos do PET pela reciclagem, pode-se inseri-lo no concreto, visando o desenvolvimento sustentável.

Pietrobelli (2010) realizou um estudo que mostra exatamente a aplicação do resíduo de pet para a substituição de agregados naturais, o material utilizado é o flake de PET (produto resultante de processos de “seleção, lavagem, moagem e secagem”), que tem por objetivo substituir a areia na produção do concreto.

O experimento realizado tem início quando Pietrobelli (2010) define dois traços, ou seja, duas proporções diferentes de materiais, dos quais são conhecidas as resistências à compressão, para depois substituir o agregado natural miúdo por resíduo de PET; tais substituições são feitas em percentuais de 15%, 30% e 45% para cada traço. Foram moldados 2 corpos de prova para as idades de 7, 14 e 28 dias para cada traço, a seguir definem-se os resultados de slump e trabalhabilidade, além da resistência à compressão, definida a partir da aplicação de uma carga axial por meio de uma prensa hidráulica.

“Observou-se que com a adição do resíduo de PET houve uma perda de trabalhabilidade, apesar de ser possível o seu manuseio, mas com bastante dificuldade” (PIETROBELLI, 2010, p.48). Portanto, para o parâmetro trabalhabilidade a adição de resíduo de PET ao concreto pode ser negativa; o autor explica que isso ocorre devido ao maior volume das partículas, possibilitando a existência de vazios dentro da argamassa. No quesito resistência à compressão, a adição do PET também trás perdas para o concreto, novamente isso é explicado pelo volume das partículas. Modro *et al.* (2009) afirmaram, ainda, que a baixa resistência é explicada pela falta de interação química entre ambos os materiais. Em suma, eles ressaltam que a elevação do consumo de água é consequência da baixa trabalhabilidade do concreto e pelo fato dessas partículas possuírem maior volume e menor peso.

À princípio, analisando os resultados obtidos no estudo acima citado, pode-se ter uma visão negativa da utilização do PET como substituto de agregados naturais do concreto, mas de acordo com Modro *et al.* (2009), a utilização do PET como agregado traz grandes

benefícios, pois esta é uma destinação nobre que o valoriza economicamente, reduz os impactos gerados e produz um concreto com excelentes propriedades para determinadas aplicações. Porém, a sua resistência mecânica não permite seu uso em estruturas, pois é fraca, mas pode ser usado com sucesso em “alvenaria interna de fechamento, capas para lajes nervuradas, capas para lajes pré-moldadas, material de enchimento (em escadas, rebaixos de nível, base de enchimento para pisos térreos de edificações)” (MODRO *et al.*, 2009, p.734).

4 Utilização de resíduos de construção e demolição (RCD)

O ritmo atual do setor construtivo contribui com grande parcela na produção de resíduos (cerca de 50% do resíduo sólido urbano advém do setor), segundo Cabral *et al.* (2009). Logo, a abordagem de soluções para diminuir a quantidade de rejeitos despejados pelo setor já é realidade para diversos autores. Esse tipo de estudo contribui significativamente com o meio ambiente, pois, além de minimizar a disposição de resíduos, também possibilita o desenvolvimento de produtos dotados de tecnologias menos agressivas ao ecossistema.

A utilização de cerâmica vermelha proveniente de restos de tijolos e telhas cerâmicas da construção civil como agregado miúdo na substituição do agregado natural do concreto é uma alternativa para uso de dejetos. Cabral apud Cabral *et al.* (2009) afirma que cerca de 30% dos RCD gerados no Brasil são de cerâmica vermelha. Cabral *et al.* (2009) realizaram um experimento sobre a utilização deste RCD. Para tal estudo, foram produzidos concretos com agregados naturais e com agregados reciclados (cerâmica vermelha). Foram utilizados 49 diferentes traços, moldando-se quatro corpos de prova cilíndricos para se determinar a resistência à compressão e o módulo de deformação, e dois corpos prismáticos para se determinar o volume de poros permeáveis. Após vinte e oito dias em repouso, os corpos de prova foram então submetidos aos testes. Os resultados mostraram que a substituição de agregado natural miúdo pelo correspondente agregado reciclado de cerâmica vermelha pode ser uma alternativa viável, pois ao substituir-se 50% e 100% do agregado natural pelo reciclado têm-se um aumento, respectivamente, de 7% e 14% na resistência do concreto. Fato que não ocorre com a substituição do agregado graúdo natural pelo graúdo de cerâmica vermelha, pois este provoca redução da resistência à compressão. Para as outras propriedades estudadas, os agregados reciclados, graúdo e miúdo, influíram negativamente, pois há uma redução do módulo de deformação e um acréscimo do volume de poros permeáveis dos concretos produzidos (CABRAL *et al.*, 2009).

Habib *et al.* (2009) estudaram a substituição de areia natural por areia proveniente de britagem de resíduos de construção e demolição. O RCD era composto por cerâmica, argamassa e outros materiais e dele retirou-se a parcela de concreto, depois o RCD foi moído e peneirado. Os melhores resultados foram obtidos substituindo-se 25% de areia por areia de RCD's, apesar de menor resistência⁷ e maior relação água cimento⁸ para obter o mesmo abatimento. Habib *et al.* (2009) afirmam a viabilidade de substituição de ¼ por agregado artificial, considerando-se a redução do impacto ambiental. Esta alternativa pode ser usada, por exemplo, em construções que não necessitem de muita resistência.

Considerações Finais

No presente trabalho analisaram-se artigos científicos que avaliam o desempenho do concreto feito com a substituição de agregados naturais por agregados reciclados. O uso de diversos rejeitos mostrou-se como uma prática ecologicamente viável, o que confirma a potencialidade do aproveitamento dos materiais reciclados na produção de concreto.

Comparando os diversos estudos, observa-se que a adição de rejeitos ao concreto alterou suas principais características. Alguns materiais apresentados aumentaram a resistência do concreto, o que pode representar um menor gasto do mesmo para sustentação de estruturas e um atrativo para grandes construções; já outros materiais, apesar de diminuir-na, podem ser usados em situações que essa não é muito necessária. Estes compostos são boas opções para que pequenas construções, que representam boa parcela dos empreendimentos, se tornem mais sustentáveis. Quanto ao uso de água e de cimento, algumas das alternativas diminuiram ou mantiveram constante o seu uso, se comparado ao concreto sem agregado reciclado, e outras obtiveram maior absorção, mas, por outro lado também trouxeram benefícios.

Levando-se em consideração a diminuição do impacto ambiental gerado, é possível considerar a implementação dos estudos aqui citados, alternativas para um desenvolvimento mais limpo. Esta prática de substituir o agregado natural por agregado reciclado diminui o extrativismo de matéria prima de reservas naturais e a quantidade de lixo despejada no planeta, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável. Prática chamada aqui de ecoeficiente, pois se utiliza de dejetos, que não têm, portanto, valor econômico significativo e

⁷Após 28 dias resistência média de 39.03 Mpa (Mega Pascal) para o concreto sem adição de areia de RCD's e 28.33 Mpa para o corpo com adição de areia de RCD's, segundo Habib *et al.* (2009).

⁸Relação água cimento de 0.59 para concreto sem areia de RCD's frente a 0.78 para concreto com areia de RCD's, segundo Habib *et al.* (2009).

outro fim no sistema de produção e consumo de bens; evita a retirada de matéria-prima da natureza, ao tornar possível substituí-la por um material que seria descartado, e que traz benefícios ao uso do concreto, pois pode melhorar suas características físico-químicas e tornar este material amplamente utilizado mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- ÂNGULO, S. C.; JOHN, V. M.; ZORDAN, S. E.; Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. **Departamento de Engenharia da Construção Civil da Escola Politécnica EPUSP**. São Paulo, 2000. Disponível em <<http://www.pedrasul.com.br/artigos/sustentabilidade.pdf>> Acesso em 26 outubro 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET. **Censo da Reciclagem no Brasil**. Brasil: ABIPET, 2009. Disponível em < <http://abipet.org.br/index.html?method=mostrarDownloads&categoria.id=3>. > Acesso em 16 setembro 2011.
- BETAT, E.F.; PEREIRA, F.M.; VERNEY, J.C. K de. Concretos produzidos com resíduos do beneficiamento de ágata: avaliação da resistência à compressão e do consumo de cimento. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v.14, n.3, p.1047-1060, out. 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762009000300016&lang=pt > Acesso em 19 agosto 2011.
- CABRAL, A. E. B.; SCHALCH, V.; MOLIN, D.C.C. Dal; RIBEIRO, J. L. D.; RAVINDRARAJAH, Rasiah Sri. Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. **Revista Cerâmica**, São Paulo, v. 55, n. 336, p. 460. out./dez. 2009. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132009000400016&lang=pt > Acesso em 16 setembro 2011.
- CASAGRANDE JR, Eloy Fassi . Princípios e Parâmetros para a Construção Sustentável. **Universidade Feevale**. Novo Hamburgo, RS. 20-- Disponível em <<http://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23234.pdf> > Acesso em 25 junho 2012.
- CASAGRANDE JR, E. F.; STACHERA JR, T., Avaliação de emissões de CO2 na construção civil: um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná. **Engema**, Paraná, n.5, p.1-13, nov. 2007. Disponível em <https://www.academia.edu/535299/Avalia%C3%A7%C3%A3o_de_emiss%C3%B5es_de_CO2_na_constru%C3%A7%C3%A3o_civil_um_estudo_de_caso_da_habita%C3%A7%C3%A3o_de_interesse_social_no_Paran%C3%A1> Acesso em 26 outubro 2011.
- HABIB Ricardo Cezar Mello Mattos; FILHO, José Marques; BIANCHINI, Mauricio; NIEBEL. Produção de concretos através da substituição da areia natural por areia proveniente de britagem de Resíduos de Construção e Demolição Vermelho. **Anais do 51º Congresso Brasileiro de Concreto**. CBC 2009. Disponível em <<http://www.markengenharia.com.br/artigos/producao-concreto-substituicao-area-normal-britagem.pdf>> Acesso em 15 setembro 2011.

HINZ, Roberta Tomasi Pires; VALENTINA, Luiz V. Dalla, FRANCO, Ana Claudia. Sustentabilidade ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela Avaliação do Ciclo de Vida. Unisinos. **Estudos tecnológicos** – v. 2, n. 2, p.91-98, jul./dez. 2006. Disponível em < <http://www.estudostecnologicos.unisinos.br/pdfs/58.pdf> > Acesso em 26 junho 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saneamento básico - Tabela 93**, Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/defaulttabzip_man_res_sol.shtm > Acesso em 28 fevereiro 2013.

LÓPEZ, D.A. R; AZEVEDO, C. A. P. de; BARBOSA NETO, E.. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino. **Revista Cerâmica**, São Paulo, v.51, n.318, p. 318-324, out./dez 2005. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132005000400003&lang=pt > Acesso em 16 setembro 2011.

MODRO, N.L.R.; MODRO, N.R.; OLIVEIRA, A.P.N. Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET. **Revista Matéria**, Santa Catarina, v.14, n.1, p.725-736, 2009. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/rmat/v14n1/a07v14n1.pdf> > Acesso em 25 agosto 2011.

PIETROBELLI, E. R. **Estudo da viabilidade do PET reciclado em concreto sob aspecto da resistência à compressão**. 2010. 71f. Monografia (Conclusão de curso) - Universidade Comunitária da região de Chapecó, Curso de Engenharia Civil, Chapecó. Disponível em < <http://www5.unochapeco.edu.br/pergamum/biblioteca/php/imagens/000061/000061C4.pdf> > Acesso em 02 março 2013.