

VI-172 - INFLUÊNCIA DO PH E CO₂ NO TESTE DE SOLUBILIZAÇÃO EM AGREGADOS NATURAIS E RECICLADOS

Viviane Rangel Gomes Silva⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Elisângela M^a Rodrigues Rocha⁽²⁾

Professora Doutora do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba (PPGECAM/UFPB)

Ricardo Almeida de Melo⁽³⁾

Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba (PPGECAM/UFPB)

Endereço⁽¹⁾: Rua Dr. Antônio Palitot, 151 - Bancários – João Pessoa - PB - CEP: 58051-780 - Brasil - Tel: (83) 99642-2700 - e-mail: viviane_rangel@hotmail.com

RESUMO

A geração dos Resíduos da Construção Civil (RCC) traz grande impacto ambiental, desde a extração dos recursos naturais até o descarte inadequado, sendo de grande importância econômica e ambiental a reciclagem dos agregados. Este trabalho teve como objetivo investigar o comportamento do pH, em presença ou ausência de (CO₂), durante o teste de solubilização de 2 amostras de agregados natural (AN): areia e brita 12 e, 2 amostras de areia e brita 12 como agregados reciclados (AR), gerados na Usina de Beneficiamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (USIBEN) em João Pessoa/PB. Nas quatro amostras estudadas verificou-se um decréscimo na variação do pH, tendendo a estabilizar-se em torno de pH 7,0, o que diminui o risco de liberação de contaminantes para o meio ambiente. Apesar de resultados positivos, os agregados reciclados necessitam de mais estudos para que sejam utilizados sem riscos ao meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Agregados reciclados, agregados naturais, pH, gás carbônico, solubilização,

INTRODUÇÃO

No desenvolvimento econômico e social do Brasil, a indústria da construção civil é muito importante, porém como é um grande gerador de Resíduos da Construção Civil (RCC), causa impactos ambientais, desde a extração dos recursos naturais até o descarte inadequado dos resíduos em áreas de mananciais e de preservação ambiental. A Construção Civil se depara com o grande desafio de conciliar sua atividade produtiva e lucrativa com o desenvolvimento sustentável consciente.

Segundo a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas, definido no Relatório de *Brundtland*, desenvolvimento sustentável é aquele capaz de suprir as necessidades dos seres humanos da atualidade, sem comprometer a capacidade do planeta para atender as futuras gerações. Portanto, é o desenvolvimento que não esgota os recursos, tornando-os perenemente disponíveis, se possível (ONUBR, 2017).

Os RCC por serem heterogêneos podem ser constituídos por elementos perigosos como metais pesados, por isso deve-se levar em conta o tipo de resíduo, a tecnologia empregada e a utilização proposta para o material reciclado. Antes de qualquer reutilização é importante avaliar os riscos da sua aplicabilidade para que não comprometa o meio ambiente e a saúde pública, sejam nos aspectos físicos, químicos e ambientais.

Grande parte dos estudos de reciclagem/reutilização dos RCC são direcionados para os aspectos qualitativos – textura, forma, granulometria, cor, resistência mecânica e aglutinação, como exemplos os estudos de (LIMA, 1999); (NICOLAU, 2008); (QUEIROZ E MELO, 2012); (SAMPAIO, 2013), (DELONGUI, 2016), entre outros. Sendo assim, faz-se necessário complementar os aspectos qualitativos a partir das características físicas e químicas dos RCCs, a fim de evitar danos ao meio ambiente e riscos à vida humana.

A partir do teste de solubilização, é possível investigar a possível liberação de compostos químicos presentes nos agregados reciclados, que possuem potencial de contaminação de solo subjacente e de águas superficiais e/ou subterrâneas. Como exemplo, a influência do pH (Potencial Hidrogeniônico) na liberação de compostos contaminantes ao longo do tempo (ENGELSEN *et al.*, 2012).

Na cidade de João Pessoa/PB, foi promulgada em 10/10/2007 a Lei N° 11.176 (João Pessoa, 2007), que dá diretrizes para o gerenciamento dos RCC e institui o Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil, onde os geradores são responsáveis pelos resíduos gerados por suas atividades, bem como o destino final que deve ser o encaminhamento para a Usina de Beneficiamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (USIBEN) ou pontos de coleta definidos pela prefeitura. A USIBEN transforma os entulhos em agregados reciclados, que podem ser usados em pavimentação de vias urbanas e construção de casas populares.

Este trabalho teve como objetivo analisar a variação do pH na presença e ausência de CO₂ no teste de solubilização, das frações de areia e brita 12, no estado natural e como agregado reciclado, oriundos da USIBEN situada na cidade de João Pessoa/PB.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse estudo, as amostras dos agregados selecionados foram frações de areia e brita 12, sendo que os reciclados foram coletados na USIBEN e os naturais, obtidos em usina de asfalto existente no estado da Paraíba. Segundo estudo de Queiroz e Melo (2012), o material proveniente da USIBEN foi classificado como Agregado Reciclado de Concreto (ARC), por apresentar mais de 90% de cimento e rochas (brita), conforme NBR 15116 (ABNT, 2004).

O teste de solubilização foi realizado no laboratório de Saneamento (LABSAN) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). As amostras dos agregados foram pesadas em uma balança analítica de marca BEL ELETRÔNICA de precisão centigramétrica (Figura 1), utilizou-se um pHmetro de modelo mPA-210 (Figura 2), béquers de vidro de 250 mL para colocar as amostras durante as medições, água destilada com pH aproximadamente 6,5 para o teste de solubilização e limpeza dos materiais.



Figura 1: Pesagem para o teste de solubilização.



Figura 2: pHmetro e a medição.

Para verificar a variação do pH, durante o teste de solubilização na presença e ausência de gás carbônico, o referido teste foi feito com e sem troca de CO₂ (atmosférica), ou seja, a garrafa tampada, estava sem contato com o ar atmosférico, e denominou-se sem troca atmosférica (ST-ATM) e a garrafa destampada, estava com troca atmosférica (CT-ATM), conforme Figuras 3 e 4.



Figura 3: Amostras sem troca atmosférica.



Figura 4: Amostras com troca atmosférica.

Iniciou-se o monitoramento no 1º dia em intervalos de tempos menores, sendo realizadas 7 medições sequenciais (8:00 e 18:00 h), onde foi verificado pequena variação do pH. Sendo assim, optou-se por dar continuidade ao monitoramento com intervalo de 24 horas, sempre no início da manhã (8hs) durante 6 dias consecutivos restantes para o teste de solubilização, totalizando 13 medições do pH das 4 amostras investigadas. O tempo de repouso das amostras em água destilada para o teste da solubilização foi de 7 dias, de acordo com a NBR 10006/2004.

RESULTADOS OBTIDOS

Durante o teste de solubilização e monitoramento do pH, verificou-se que as quatro amostras analisadas tiveram pH alcalino, além de decréscimo de pH. Observou-se que o pH inicial das amostras dos agregados reciclados, foram maiores (acima de 9,5), em relação aos agregados naturais, isso é explicado devido à presença de argamassa aderida nesses materiais, onde o pH inicial é de aproximadamente 12,5 e após a fase de carbonatação, que ocorre durante a vida útil do concreto, através do contato da argamassa com CO₂, pode chegar em torno de 9,0. Schaefer (2007), explica que inúmeros componentes dos finos provenientes dos RCC podem contribuir para a alcalinidade das amostras, onde os mais notáveis são o cimento não reagido e o pó de cimento.

A Figura 5 mostra o comportamento do pH das areias natural (AN) e reciclada (AR) nas 13 medições durante o teste de solubilização sem troca atmosférica (ST-ATM) e com troca atmosférica (CT-ATM).

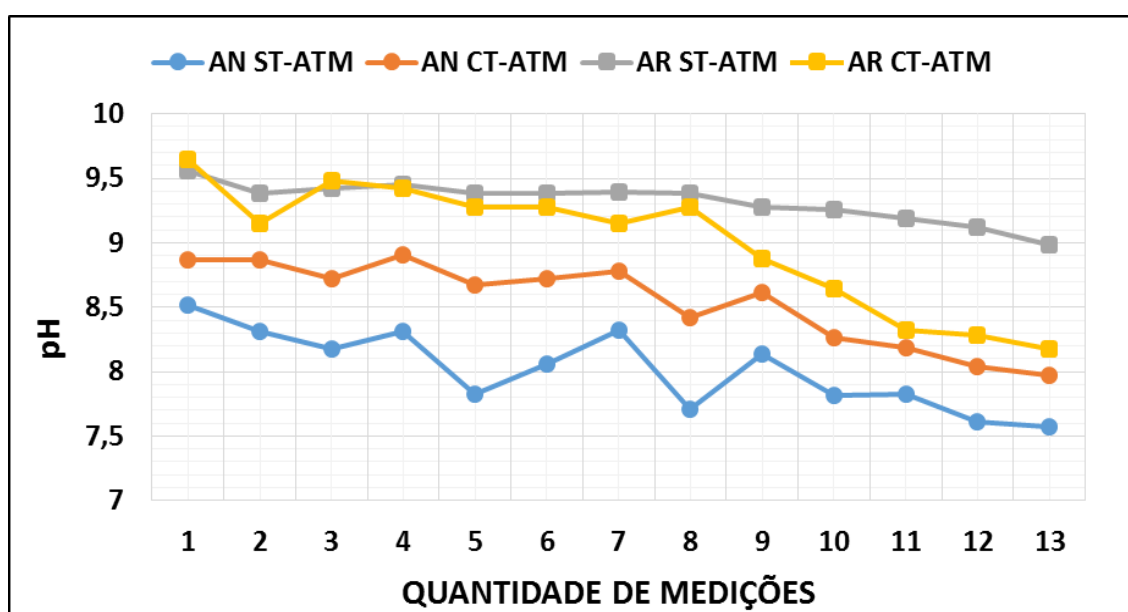


Figura 5: Variação do pH das areias natural (AN) e reciclada (AR) no teste de solubilização das amostras sem troca atmosférica (ST-ATM) e com troca atmosférica (CT-ATM).

Observou-se uma tendência de estabilização do pH acima de 7,5 (Figura 5). Logo, essa tendência do pH alcalino indica que os compostos químicos normalmente não se solubilizariam. Notou-se que não ocorreu uma tendência clara em relação à taxa de decaimento nas medições realizadas em amostras armazenadas com ou sem troca atmosférica. Na areia natural essa taxa foi maior na ST-ATM e na areia reciclada foi na CT-ATM.

A Figura 6 mostra o comportamento do pH das britas 12 natural (B12N) e reciclada (B12R) nas 13 medições durante o teste de solubilização sem troca atmosférica (ST-ATM) e com troca atmosférica (CT-ATM).

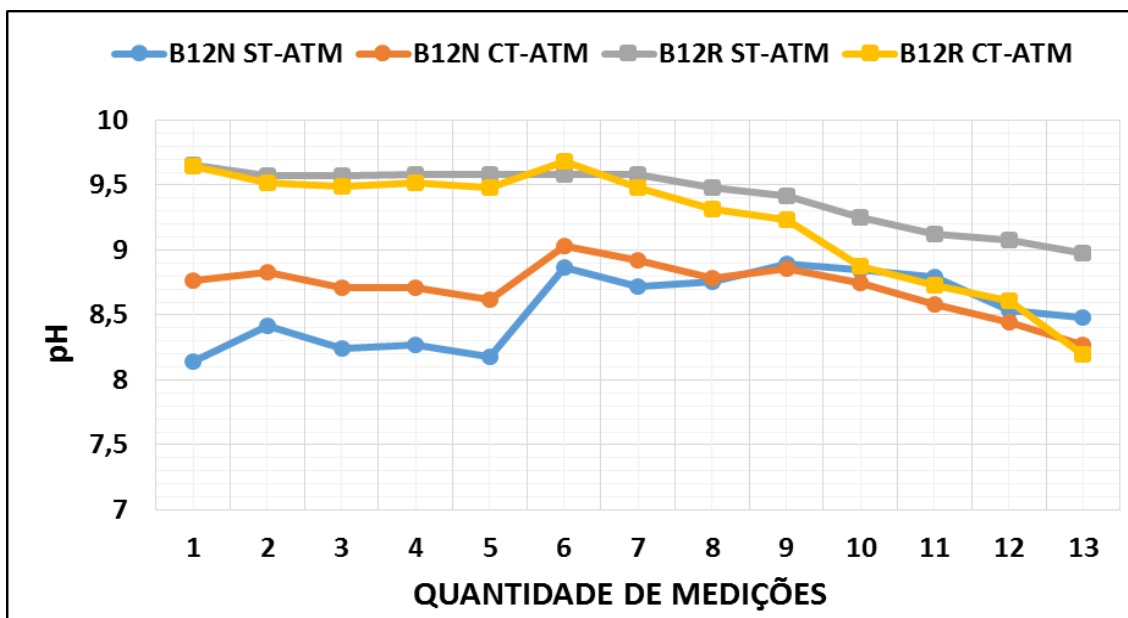


Figura 6: Variação do pH das britas 12 natural (B12N) e reciclada (B12R) no teste de solubilização das amostras sem troca atmosférica (ST-ATM) e com troca atmosférica (CT-ATM).

Verificou-se de acordo com a Figura 6, que o comportamento das britas 12 natural (B12N) e reciclada (B12R) também apresentou tendência em estabilizar em pH alcalino (acima de 8,0), similar ao comportamento das areias (Figura 5). O pH inicial das amostras de britas 12 natural foi entre 8,0 e 9,0, e da brita 12 reciclada foi acima de 9,5, esse pH maior é devido à presença da argamassa aderida nos agregados reciclados.

Nas medições realizadas em amostras armazenadas para as britas 12, com ou sem troca atmosférica, houve um decréscimo para todas as amostras, onde a taxa de decaimento foi maior com troca atmosférica (CT-ATM), para ambas as britas natural e reciclada. Para Nicolau (2008), a tendência à redução do pH é devido a disponibilidade constante de CO_2 atmosférico, o que direciona para o equilíbrio dos carbonatos, que é em torno de 8,48.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Segundo Ramos (2007), a solubilização simula o desprendimento de constituintes em uma situação de chuva não ácida, ou seja, em ambiente natural, podendo ocasionar a contaminação do solo ou de recursos hídricos. Ele encontrou parâmetros inorgânicos (alumínio, cádmio, chumbo, cromo e sulfato) acima do limite permitido pela NBR 10004 (ABNT, 2004).

De acordo com Lima (1999), os compostos químicos mais abundantes nos RCC são SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, NaOH , KOH , TiO_2 , P_2O_5 e CaCO_3 . Dentre esses compostos $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, NaOH e KOH , em meio aquoso, proporcionam o aumento do pH do meio e a formação de hidróxidos com os metais. Portanto, pode-se sugerir que, em muitos casos, a remoção dos metais pesados ocorre devido à presença destes nos RCC.

Nos estudos de Schaefer (2007) e Lima e Cabral (2013), os valores de pH de agregados de RCC foram alcalinos, assim como nos resultados apresentados neste estudo. Na maioria das amostras do trabalho de

Schaefer (2007) ocorreu uma queda no valor de pH em função do avanço do período de ensaio, associando essa queda à exaustão do Ca(OH)_2 das argamassas. Esse decréscimo no pH foi também observado por Van Gerven *et al.* (2004), visto que, argamassas consistem em grande parte por material silicoso, desta forma o conteúdo de Ca(OH)_2 é baixo, ocorrendo rapidamente a exaustão dos componentes alcalinos lixiviáveis.

Para Engelsen *et al.* (2012), o pH do material diminuirá gradualmente devido à carbonatação, o que pode levar a uma alteração na concentração de substâncias liberadas. A lixiviação e/ou solubilização de substâncias orgânicas e inorgânicas em materiais de pavimentação de concreto e asfalto foi avaliada em experimentos de laboratório, onde Kayhanian *et al.*, (2009, 2010), verificaram que apenas cromo e vanádio foram liberados a partir do pavimento, que continha ligante de cimento *Portland*.

Para Oliveira (2015), a maior sorção de chumbo, cádmio e cromo por RCC e suas misturas está relacionada à elevação do pH proporcionada pelos resíduos, contribuindo para a redução da mobilidade dos metais. Por apresentarem pH em torno de 9,0, pressupõe-se que os RCC são capazes de reter grande quantidade de metais pesados, visto que muitos destes se comportam como cátions no solo. Moreira (2008) observou o potencial de uso de RCC, sem separação por classe, em células de aterros sanitários como barreira química para metais pesados.

Dessa forma, a utilização dos agregados estudados em subcamada da pavimentação, por exemplo, seria viável considerando que possíveis compostos não seriam liberados, já que o pH alcalino não favorece sua solubilização, ou seja, sua dissolução ou liberação em contato com a água.

De acordo com o estudo presente, percebeu-se que os resultados foram favoráveis, pois o pH final após 7 dias do teste de solubilização nas 4 amostras foi levemente alcalino (7,5 a 8,0), com provável estabilização acima de 7,5, ou seja, a tendência dos metais pesados são de permanecerem estáveis, minimizando os riscos ao meio ambiente e as pessoas.

CONCLUSÃO

Na análise da variação e influência do pH no teste de solubilização - com e sem troca atmosférica - dos agregados reciclados e naturais (areia e brita 12), verificou-se que as quatro amostras tiveram um comportamento decrescente, tendendo a estabilizar-se em pH alcalino, contribuindo para que contaminantes como os metais pesados não sejam liberados para o meio ambiente por processo de solubilização.

A substituição dos agregados naturais pelos agregados reciclados trazem benefícios econômicos e ambientais para toda a sociedade, porém é necessária uma ampla investigação para confirmar que essa reciclagem não traga riscos ao meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq – edital Universal 14/2011, sob coordenação do prof. Ricardo Almeida pela viabilidade financeira do desenvolvimento do trabalho e aos laboratórios LABSAN e LABPAV da Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10004 (2004). Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 71 p.
2. _____. NBR 10006 (2004). Procedimento para a obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 3 p.
3. _____. NBR 15116 (2004). Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: Requisitos. Rio de Janeiro.
4. DELONGUI, L. Determinação de parâmetros mecânicos para dimensionamento de pavimentos com resíduos de construção e demolição. Tese de Doutorado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

5. ENGELSEN, C. J., WIBETOE, G., VAN DER SLOOT, H. A., LUND, W., PETKOVIC, G. *Field site leaching from recycled concrete aggregates applied as sub-base material in road construction. Science of the Total Environment*, 427-428, (2012), 86-97.
6. KAYHANIAN, M., VICHARE, A., GREEN, P. G., HARVEY, J. *Leachability of dissolved chromium in asphalt and concrete surfacing materials. Journal of Environmental Management*, 90 (2009), 3574-3580.
7. KAYHANIAN, M., VICHARE, A., GREEN, P. G., ALAIMO, C., HWANG, H-M., SIGNORE, J. M., TROXLER, M., JONES, D., HARVEY, J. *Water quality evaluation of leachate produced from pavement specimens under controlled laboratory conditions. Road materials and pavement design*, p.9-28, jan. 2010.
8. JOÃO PESSOA. LEI Nº 11.176, de 10 de outubro de 2007. Institui o sistema de gestão sustentável de Resíduos da Construção Civil e Demolição e o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Demolição de acordo com o previsto na Resolução CONAMA Nº307, de 05 de julho de 2002, e dá outras providências.
9. LIMA, A. S.; Cabral, A. E. B. Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE). *Eng Sanit Ambient* | v.18 n.2 | abr/jun 2013 | 169-176.
10. LIMA, J. A. R. Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduos de construção reciclados e de suas aplicações em argamassas de concreto. São Paulo, SP. 1999. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo - Universidade de São Paulo.
11. MOREIRA, D. A. Remoção de metais pesados do percolado de aterro sanitário usando resíduos sólidos urbanos e de construção civil. Viçosa, MG. 2008. Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Viçosa.
12. NICOLAU, S. H. F. Potencial de uso de resíduos da construção civil de João Pessoa como agregados miúdos em concretos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana - Universidade Federal da Paraíba, 2008.
13. OLIVEIRA, F. S. D. Utilização de resíduos de construção e demolição reciclados na sorção de Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cr^{3+} e As^{5+} . Viçosa, MG. 2015. Dissertação de *Magister Scientiae* - Universidade Federal de Viçosa.
14. ONUBR Nações Unidas no Brasil. A ONU e o meio ambiente. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 15 de maio de 2017.
15. QUEIROZ, B. O. de., MELO, R. A. Análise laboratorial de Agregado Reciclado de concreto para uso em camadas de pavimento. In: 18ª RPU – Reunião de Pavimentação Urbana. São Luís, MA - 18 a 20 de junho de 2012.
16. RAMOS, B. F. (2007). Indicadores de qualidade dos resíduos da construção civil do município de Vitória-ES. Vitória, ES. 2007. 161 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental - Universidade Federal do Espírito Santo.
17. SAMPAIO, L. L. Avaliação de propriedades físicas e mecânicas de argamassas com substituição de areia natural por material granular oriundo da cominuição de resíduos de construção e demolição (RCD). Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Católica de Pernambuco, 2013.
18. SCHAEFER, C. O. Avaliação dos metais pesados presentes nos agregados reciclados de resíduos da construção e demolição (RCC) e influência no potencial de lixiviação de matrizes cimentícias. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.
19. VAN GERVEN, T., VAN BAELEN, D., DUTRÉ, V., VAN DECASTEELE, C. *Influence of carbonation and carbonation methods on leaching of metals from mortars. Cement and Concrete Research*, v.34, Issue 1, p. 149-156, January 2004.