

### III-042 – AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO USO DE RESÍDUOS DE BORRACHA DE PNEUS, COM TRATAMENTO SUPERFICIAL, NAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

**Jhonatan Smitt Picoli<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá - UEM.

**Rafael Verissimo**

Engenheiro Ambiental, Mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Estadual de Maringá – UEM

**Diana Janice Padilha**

Engenheira Ambiental, Mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Estadual de Maringá – UEM

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Padre João Maria Daniel, 1872 - Vitória Régia - Umuarama - PR - CEP: 87506-410 - Brasil  
- Tel.: (44) 9 9153-0982 - e-mail: smitt\_jsp@live.com

#### RESUMO

A possibilidade de reutilização de borracha moída proveniente de pneus usados como adição em pasta de cimento se mostra como uma alternativa tanto no gerenciamento deste tipo de resíduo, quanto na redução no uso de recursos naturais, sendo apontada como uma solução ambientalmente adequada. Visto isso, o presente trabalho propôs a substituição de areia por borracha moída na fabricação de pasta de cimento, a fim de avaliar as características do cimento após tal substituição. Foram confeccionados corpos de prova de argamassa com traço 1:2:9, baseado no traço para emboço/reboco aplicado em obra, contendo 5%, 15% e 25% de borracha (granulometria  $\leq 10$  mesh) em substituição à areia, em volume. As partículas de borracha foram submetidas a tratamento em soluções aquosas de NaOH, visando compatibilizá-las com a matriz de cimento. Para isso, testou-se a melhor concentração da solução química a se utilizar no tratamento da borracha, assim como avaliou-se a melhor proporção de borracha a ser aplicada em substituição à areia, obtendo-se a concentração de NaOH de 10 mols, e a proporção de borracha de aproximadamente 20% em volume. Foram realizados, ainda, ensaios de resistência à tração na flexão, e à compressão. Os corpos de prova com borracha tratada com solução de NaOH não apresentaram melhor desempenho em comparativo à borracha sem tratamento. Entretanto, os resultados apontaram que mesmo na argamassa com 25% de borracha em substituição a areia, não houve queda drástica na resistência, indicando a possibilidade de uso do material reciclado em produtos voltados à engenharia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo de pneus, Argamassa de revestimento, Tratamento superficial da borracha, Ensaio à tração na flexão, Ensaio à compressão.

#### INTRODUÇÃO

A utilização de materiais reciclados é consequência de crescentes preocupações com o meio ambiente e com a necessidade da redução no consumo de recursos naturais.

Conforme CREA-ES (2008), a construção civil é responsável por consumir cerca de 30% dos recursos naturais extraídos, o que equivale a 220 milhões de toneladas de agregados naturais por ano, os quais serão utilizados na produção de concretos e argamassas, levando à exaustão as reservas naturais em diversos locais.

A necessidade que se tem atualmente de encontrar alternativas para a reciclagem de resíduos gerados pela indústria está cada vez mais visível. Assim, diversos estudos estão sendo realizados neste ramo, principalmente no campo da engenharia civil, área que vem sendo ao longo do tempo uma grande auxiliadora no reaproveitamento, ao apresentar soluções que minimizam a degradação ambiental e o custo final de seus produtos.

O aproveitamento de resíduos na composição de novos materiais é uma tendência mundial em crescimento em diversos setores, podendo trazer melhorias técnicas e operacionais, bem como permitir a redução de custos. Esta é uma prática cada vez mais utilizada em países desenvolvidos e começa a ser implantada no Brasil, onde

um dos processos praticados é a utilização de produtos provenientes da reciclagem de pneus usados e descartados.

Segundo Machado (2013), a cada 40 mil km rodados, em média, um veículo precisa trocar seus 4 pneus. De acordo com o Departamento Nacional de Trânsito Brasileiro (DENATRAN, 2016), em dezembro de 2013 o Brasil contava com uma frota de aproximadamente 81,5 milhões de veículos. Considerando que um veículo rode por ano em média 20 mil km, a cada dois anos todos esses veículos precisarão trocar seus 4 pneus (2 pneus por ano) e, com isso, resulta-se numa produção anual de mais de 160 milhões de pneus velhos, número este que tende a aumentar (MACHADO, 2013).

Quanto ao problema do destino final de resíduos, a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), define em seu Art.33 que, independentemente do sistema de serviço de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, todo aquele que fabrica, importa, distribui e/ou comercializa pneus é obrigado a estruturar e implementar um sistema de logística reversa, que irá promover o retorno do produto à sua cooperativa após seu uso.

Complementando, o governo brasileiro publicou, no Diário Oficial de 02 de dezembro de 1999, a Resolução nº 258, de 26 de agosto de 1999, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1999), que trata da destinação final, de forma ambientalmente adequada e segura, dos pneumáticos inservíveis, dispondo sobre, entre outras coisas, a reciclagem e os prazos de coleta.

Sobre a disposição de pneus inservíveis ao consumo, o descarte inadequado pode acarretar em vários problemas ambientais, tais como o assoreamento de rios e lagos, o risco de incêndio e a proliferação de insetos. Quando sujeito ao acúmulo de água, este tipo de resíduo pode contribuir para proliferação de mosquitos transmissores de dengue, febre amarela, zika vírus, chikungunya, dentre outras doenças (ALMEIDA e VILHENA, 2000).

Desde 1º de janeiro de 2002 ficou estabelecido que os fabricantes de pneus comprovem junto ao IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) a destinação final, de forma ambientalmente adequada, das quantidades de pneus inservíveis, correspondentes às quantidades fabricadas (CONAMA, 1999, art. 7).

As sanções impostas aos que descumprem esta Resolução são previstas no Art. 54 da Lei nº 9.605 (BRASIL, 1998), definida como a Lei de Crimes Ambientais. Percebe-se, apesar dos esforços, que estes resíduos têm sido descartados ainda sem um controle eficiente, mesmo que esta imensa quantidade de fibras de borracha vulcanizada possa ser um material alternativo na construção civil, quando incorporado nas misturas de concreto e argamassas.

Por exemplo, o concreto modificado com borracha é um material que possui características únicas, com potencial para uso em várias aplicações. Os compósitos de cimento apresentam facilidade em absorver resíduos sólidos industriais, de forma que inúmeros órgãos governamentais e privados passaram a realizar pesquisas na tentativa de utilizar resíduos no concreto, visando a redução de custos e mantendo a qualidade (YUNPING *et al.*, 2004; LINTZ e BARBOSA, 2010).

Desta forma, a reciclagem de pneus inservíveis na forma de agregados para concreto e argamassas torna-se uma solução para a disposição indiscriminada deste material, o qual se apresenta muito eficaz quando submetido a efeitos de impacto, por conta da elasticidade do compósito, podendo trazer outros benefícios como elasticidade, isolamento térmico e acústico, isolamento de compostos corrosivos, leveza, etc. (GOMES FILHO, 2007; TURKI *et al.*, 2009; OIKONOMOU e MAVRIDOU, 2009; MESHGIN *et al.*, 2012; THOMAS e GUPTA, 2016).

Entretanto, um importante fator que deve ser levado em consideração é a resistência do material fabricado com o uso dos resíduos. Em particular, o valor da resistência à compressão é normalmente tido como índice básico para comparativo de concretos e argamassas. Em geral, em se tratando de compósitos cimentícios aderidos de partículas de borracha de pneus, observa-se que a resistência à compressão diminui com o aumento da quantidade de borracha incorporada à argamassa e que, quanto maior for o tamanho das partículas, mais significativa é essa redução. Por outro lado, esse desempenho pode ser melhorado a partir de tratamentos

superficiais aplicados ao agregado de borracha (ELDIN e SENOUCI, 1993; SEGRE e JOEKES, 2000; ALBUQUERQUE *et al.*, 2001; RIBEIRO *et al.*, 2002; MENEGUINI, 2003; TURATSINZE *et al.*, 2005; ALBUQUERQUE *et al.*, 2006; THOMAS e GUPTA, 2016).

Deste modo, o presente trabalho, apoiado nas Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR's), tem como proposta analisar o comportamento das partículas de borracha de pneu em meio a uma massa cimentícia, a fim de averiguar a viabilidade da aplicação deste tipo de argamassa como revestimento, de modo a apresentar ao setor da construção civil um material versátil com base na reciclagem.

## OBJETIVO

Analisar o comportamento de argamassas no estado endurecido de modo a verificar uma possível melhora na resistência de amostras aderidas de compósitos de borracha de pneu que passaram por tratamento superficial através de solução química, de modo a confirmar a viabilidade de uso do material dentro do campo da construção civil, e assim, também, apresentar uma possível solução para o problema ambiental referente ao material não biodegradável.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente trabalho, um conjunto de ações metodológicas foi seguido com o intuito de preparação das amostras para os ensaios de resistência mecânica. Os materiais utilizados na produção das misturas de argamassa foram cimento, cal, areia e resíduos de borracha.

O aglomerante utilizado foi o cimento Portland do tipo VOTORAN CP II-Z-32 R, de alta resistência e secagem rápida, além de cal hidratada comum do tipo CH-II. O agregado miúdo empregado foi uma areia de origem fluvial, adquirida no comércio do município de Umuarama-PR.

O resíduo de borracha é proveniente do processo de recapagem de pneus, resíduo este oriundo do sub-processo de raspagem. Após adquirido da indústria, o resíduo foi selecionado em laboratório, do qual foram aproveitadas apenas as partículas passantes na peneira de 2,40 mm.

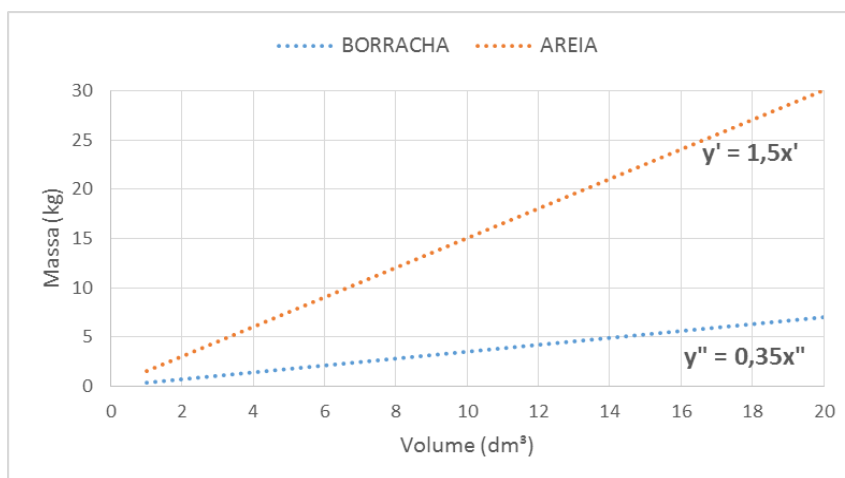
Por conseguinte, as partículas de borracha selecionadas foram passadas no moinho do tipo MA 048 – Marconi, utilizando-se da tela *mesh* 10 (1,7 mm) para proporcionar homogeneidade e maior finura ao agregado.

Baseado no trabalho de Turatsinze *et al.* (2007), optou-se pela substituição de agregado natural por agregado reciclado numa faixa percentual de até 30% em volume. Desse modo, foram moldados quatro lotes de corpos de prova: de referência (0% teor de borracha); 5%, 15% e 25% de borracha em substituição.

Como traço a ser utilizado para estudo, Canova *et al.* (2007) fizeram uso do traço 1:1,5:9 em volume. Considerando que o traço estudado por estes autores é semelhante ao traço utilizado convencionalmente em obra para emboço e/ou reboco, traço 1:2:9 em volume, segundo Guimarães *et al.* (2004), decidiu-se confeccionar as amostras com o traço convencional de obra.

Entretanto, para substituir o agregado natural por reciclado a relação proposta pela Figura 2 precisou ser considerada, de modo que o percentual de areia a ser retirada foi tratado em massa e o percentual de borracha a substituir a areia foi tratado em volume, de modo a não se interferir no volume global da mistura.

A Figura 1 esboça a relação entre as massas específicas de cada agregado e seus volumes com base na equação linear que representa cada material.



**Figura 1 – Relação massa versus volume dos agregados.**

Tomando como base a volumetria de 1 corpo de prova prismático, que equivale à 0,256 dm³, determinou-se a quantidade de cada material em massa, para se moldar 12 corpos de prova para cada lote de amostragem: referencial (0%), 5%, 15% e 25% de substituição da areia pela borracha de pneu. A Tabela 1 informa a quantidade de cada material de acordo com o traço utilizado.

**Tabela 1 – Traço da argamassa**

		<i>Cimento</i>	<i>Cal</i>	<i>Agregado Miúdo</i>	
<i>Traço</i>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	
<i>em volume [un]</i>		<b>1,5</b>	<b>3</b>	<b>13,5</b>	
<i>em massa [kg]</i>		<b>0,360</b>	<b>0,525</b>	<b>5,184</b>	
<i>% em substituição</i>	<b>5%</b>	<b>0,360</b>	<b>0,525</b>	<b>0,060</b>	<b>4,925</b>
	<b>15%</b>	<b>0,360</b>	<b>0,525</b>	<b>0,181</b>	<b>4,406</b>
	<b>25%</b>	<b>0,360</b>	<b>0,525</b>	<b>0,302</b>	<b>3,888</b>
				<b><i>Borracha</i></b>	<b><i>Areia</i></b>

O preparo das argamassas seguiu os procedimentos descritor na NBR 13276 (ABNT, 2002) para argamassa à base de cimento e cal hidratada, submetendo-se a cal hidratada a um intervalo de maturação de 24h.

Os corpos de prova foram moldados e rompidos de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005). Os moldes para elaboração das amostras com tamanho de 4 x 4 x 16 cm foram adaptados/confeccionados com madeira compensada naval de 20 mm, revestidos por laminado melamínico de alto brilho (fórmica).

Os corpos de prova foram rompidos em prensa universal da linha DL – *EMIC*, utilizando uma célula de carga de 300kN, com 7, 14 e 28 dias após sua moldagem, adaptada a um dispositivo de carga para determinação de resistência à flexão conforme. Posteriormente, cada corpo de prova, dividido em duas partes pelo primeiro ensaio, foi submetido ao ensaio de resistência à compressão.

Aferida a carga aplicada pela prensa nos respectivos ensaios, esta foi substituída na fórmula matemática sugerida pela norma NBR 13279 (ABNT, 2005), para determinação da tensão resistente das amostras

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (1)$$

onde:

$R_c$  é a resistência à compressão, em megapascals (MPa);

$F_c$  é a carga máxima aplicada, em newtons (N).

Com relação ao tratamento superficial do agregado de borracha, Meneguini (2003), baseando-se no Lange's Handbook of Chemistry (DEAN, 1979), utilizou uma solução saturada de 109 g NaOH/100 g H<sub>2</sub>O à 20°C, solução aproximadamente equivalente à 27 mols de NaOH.

Considerando que a massa molar do hidróxido de sódio (NaOH) é de 40 g/mol, testes foram realizados utilizando soluções a 10 mols e a 30 mols de NaOH aplicados às partículas de borracha de pneu, onde estas, por conseguinte, foram adicionadas a argamassas preparadas e moldadas para teste de resistência à compressão segundo NBR 7215 (ABNT, 1996).

Para análise da melhor concentração de solução a ser aplicada ao agregado de borracha, lotes de 5 corpos de prova cilíndricos de tamanho 5 x 10 cm foram moldados nas proporções 0%, 5% e 10% em massa, de agregado de borracha em substituição a areia, com e sem tratamento superficial, para serem rompidos depois de 7 dias a partir de sua moldagem. Isto utilizando-se do tratamento a 10 mols e a 30 mols de hidróxido de sódio.

O processo de tratamento do agregado de borracha consistiu em imergir a quantidade de resíduo a ser utilizado para moldagem das amostras em solução de hidróxido de sódio e agitar continuamente por aproximadamente 2 horas. Em seguida, foi realizada a lavagem do agregado com água destilada exaustivamente, até que não houvesse nenhum resíduo visível de NaOH, a fim de se eliminar todo o composto químico aplicado. Por fim, foi removido o excesso de água e as amostras foram levadas para secar em estufa à 70°C.

O hidróxido de sódio a ser utilizado foi do tipo comercial em escamas 96/98% de pureza. Para promover a agitação da mistura, construiu-se um agitador composto por misturador de tintas acoplado à furadeira com regulação de velocidade, fixada em uma base metálica.

A furadeira do tipo WS3145 – Wesco, de 750 watts, foi regulada em rotação mínima, e para controle do acionamento desta, anexou-se um interruptor.

Mesmo o resíduo que não foi submetido ao tratamento superficial passou por lavagem em água destilada, sendo levado ao agitador em água destilada por 30 minutos. Por conseguinte, também removeu-se seu excesso de água e estes foram levados para secar em estufa à 70°C.

## RESULTADOS

### • Tratamento Superficial

O Gráfico da Figura 2 que demonstra as médias aritméticas da resistência das amostras, baseado na NBR 7215 (ABNT, 1996), retrata que as partículas de borracha tratadas em solução à 10 mols de NaOH tiveram um melhor desempenho em absorver tensões devido a compressão axial. Assim, tal tratamento foi o selecionado para o presente trabalho.

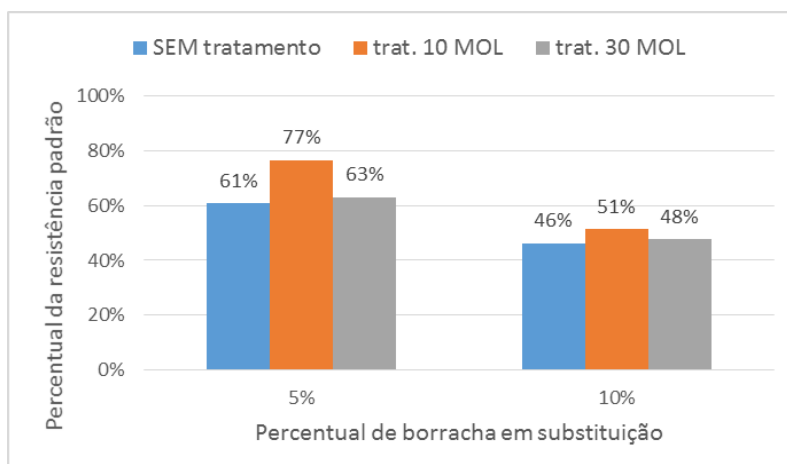


Figura 2 – Porcentagem da resistência padrão devido à compressão aos 7 dias.

### • Resistência Mecânica

Com base nos cálculos referente a resistência à compressão, foram elaborados os gráficos apresentados nas Figuras 3 e 4, que relacionam a resistência do material em função do percentual de agregado de borracha de pneu em substituição, no decorrer do tempo.

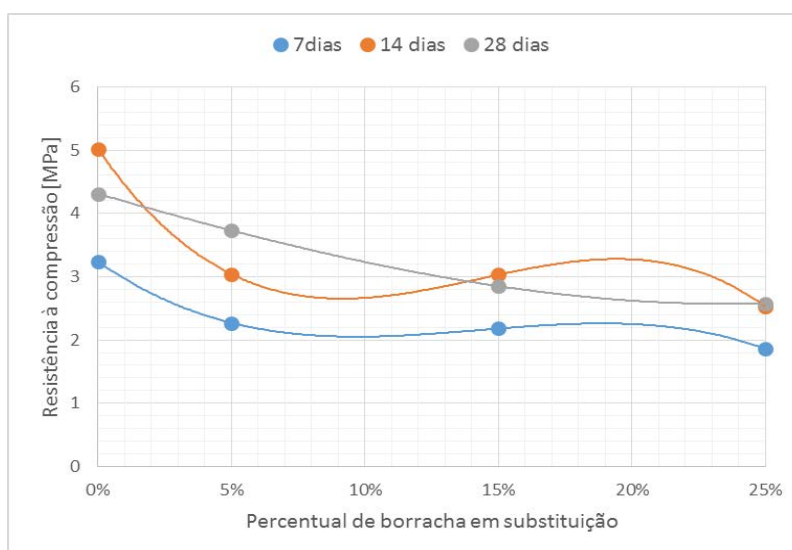


Figura 3 – Resistência à compressão no decorrer do tempo, borracha sem tratamento.

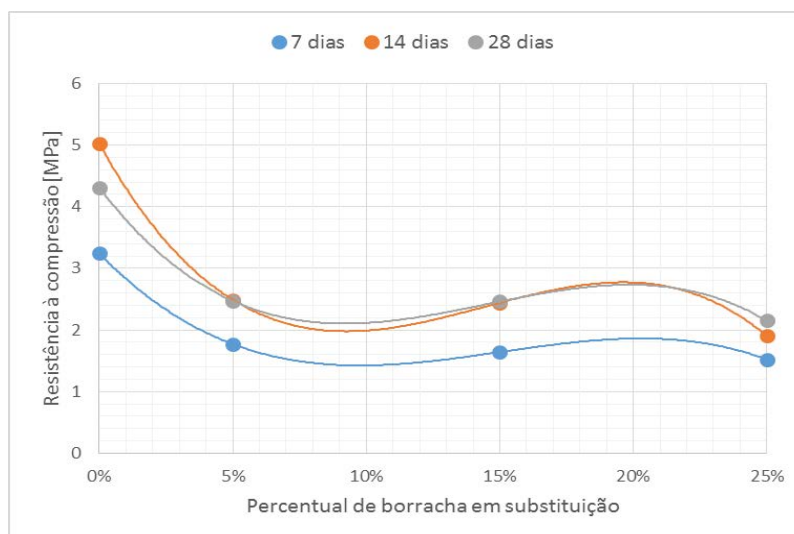


Figura 4 – Resistência à compressão no decorrer do tempo, borracha com tratamento.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nota-se, ao se comparar as Figuras 3 e 4, que o tratamento superficial aplicado ao agregado de borracha não surtiu efeito de modo a melhorar a argamassa, fato também comprovado na Figura 5, a qual mostra o percentual de resistência, da média aritmética das amostras, comparado ao traço referencial (padrão – 100%), sem borracha.

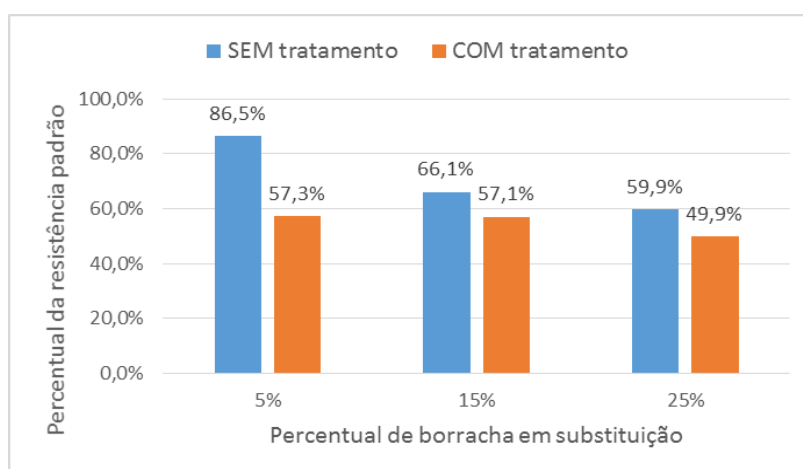


Figura 5 – Porcentagem da resistência padrão devido à compressão aos 28 dias.

Por outro lado, verifica-se nas Figuras 8 e 9, ao se traçar uma linha de tendência baseada numa equação polinomial de terceiro grau, que a possibilidade de haver um ponto ótimo no percentual de substituição do volume de areia por partículas de borracha ocorre numa proporção em torno de 20%.

## CONCLUSÕES

Quando analisada a melhor concentração de solução de NaOH a ser utilizado no tratamento superficial do agregado de borracha, o teste utilizando moldes cilíndricos constatou uma melhora na ordem de 26% na resistência da argamassa que continha o agregado submetido ao tratamento, testado à compressão. Entretanto, os lotes de corpos de prova prismáticos apresentaram uma queda na resistência à compressão de aproximadamente 23%, fato que pode estar relacionado ao traço, ou até mesmo o tipo de aglomerante que foi utilizado em cada caso.



Para melhor compreender este fato seria necessária uma análise microscópica do material de modo a averiguar de que modo está havendo o arranjo entre a matriz cimentícia e o agregado de borracha. Entretanto, tais resultados demonstram a possibilidade do tratamento superficial com hidróxido de sódio comercial ser uma possível alternativa para melhorar a hidrofilicidade da matriz cimentícia para com o agregado.

Analisando a tendência nos resultados referentes à compressão comparando os vários percentuais do agregado de borracha em substituição à areia, independente do tratamento recebido pelas partículas de borracha, verificou-se a possibilidade de haver um ponto ótimo na substituição dos agregados numa proporção de 20% do volume.

Comparando o lote de argamassa de referência com os lotes que possuíam o agregado de borracha sem tratamento, ambos se mantiveram na mesma classe P3, segundo NBR 13281 (ABNT, 2005), o que evidencia a possibilidade de se utilizar argamassas com até 25% do volume de substituição dos agregados sem que haja uma queda drástica na resistência à compressão do material.

É importante salientar que as Normas Brasileiras não apresentam valores de referência de acordo com as funções de cada argamassa, o que dificulta julgamentos quanto à adequação dessas argamassas aos usos que se propõem a desempenhar e comparações entre elas próprias. Desse modo, apesar da classificação das argamassas segundo os ensaios de tração na flexão, e à compressão, pouco se pode dizer sobre a aplicação dessas argamassas como revestimento. Logo, outros ensaios e/ou estudos mais direcionados, como por exemplo, ensaios de aderência, são necessários para definir a viabilidade ou não da aplicabilidade dessas argamassas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBUQUERQUE, A et al. Concreto com borracha de pneu: uma revisão bibliográfica. Anais do 43º Congresso Brasileiro do Concreto. IBRACON, Foz de Iguaçu, 2001.
2. ALBUQUERQUE, A. C. et al. Adição de Borracha de Pneu ao Concreto Convencional e Compactado com Rolo. In: ANAIS DO ENTAC. 2006.
3. ALMEIDA, M. L. O; VILHENA, A. Lixo municipal: Manual de gerenciamento integrado. 2 ed, p.193. São Paulo: IPT/CEMPRE Ltda, 2000.
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão - NBR 7215, Rio de Janeiro (1996).
5. \_\_\_\_\_. NBR 13276. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro (2002).
6. \_\_\_\_\_. NBR 13279. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro (2005).
7. \_\_\_\_\_. NBR 13281. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro (2005).
8. BRASIL. Lei 9.605, de 13 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e da outras providências. Disponível em: < [http://www.redejucara.org.br/legislacao/lei\\_9605\\_1998.pdf](http://www.redejucara.org.br/legislacao/lei_9605_1998.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2016.
9. BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 05 abr. 2016.
10. CANOVA, J. A.; BERGAMASCO, R.; ANGELIS NETO, G. A utilização de resíduos de pneus inservíveis em argamassa de revestimento. v. 29, n. 2, p. 141-149, Maringá, 2007. Disponível em: < <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/download/583/364>>. Acesso em: 05 abr. 2016.
11. CONAMA, Resolução nº 258, de 26 de agosto de 1999. Publicada no DOU nº 230, de 2 de dezembro de 1999. GESTÃO DE RESÍDUOS E PRODUTOS PERIGOSOS. Disponível em: < [http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_1999\\_258.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1999_258.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2016.



12. CREA-ES (Concelho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Espírito Santo). Construção sustentável, uma questão de cultura, maturidade e compromisso. Construção Sustentável: O desafio. Foco na preservação do planeta. n. 45, p. 19, set-out. 2008. Disponível em: <[http://www.creaes.org.br/creaes/portals/0/documentos/topicos/topicos\\_44\\_final.pdf](http://www.creaes.org.br/creaes/portals/0/documentos/topicos/topicos_44_final.pdf)>. Acesso em: 04 out. 2016.
13. DEAN, J. A. LANGE' S HANDBOOK OF CHEMISTRY. Mc Graw- Hill, ed. 15, NY, 1979. Disponível em: <<http://fptl.ru/biblioteka/spravo4niki/dean.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2016.
14. DENATRAN, Ministério das Cidades - Departamento Nacional de Trânsito, RENAVAM - Registro Nacional de Veículos Automotores. Frota de veículos, por tipo e com placa, segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação - DEZ/2013. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/249-frota-2013>>. Acesso em: 05 abr. 2016.
15. ELDIN, N. N.; SENOUCI, A. B. Rubber – tire particles as concrete aggregate. Journal of Materials in Civil Engineering, 1993. p. 478-496. Disponível em: <[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(1993\)5%3A4\(478\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0899-1561(1993)5%3A4(478))>. Acesso em: 05 abr. 2016.
16. GOMES FILHO, C. V. Levantamento do potencial de resíduos de borracha no brasil e avaliação de sua utilização na indústria da construção civil. Curitiba, 2007. Disponível em: <<https://sistemas.institutoslactec.org.br/mestrado/dissertacoes/arquivos/CarlosVicente.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2016.
17. GUIMARÃES, J. E. P.; GOMES, R. D.; SEABRA, M. A. Guia das argamassas nas construções. Construindo para sempre com Cal Hidratada. 8 ed, 2004. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/guia-das-argamassas-nas-construc3a7c3b5esabpc2007.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2016.
18. LINTZ, R. C. C.; BARBOSA, L. A. G. Avaliação do comportamento de concreto contendo borracha de pneus inservíveis para utilização em pisos intertravados. São Paulo, 2010. Disponível em: <[http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n37/Artigo%202%20\(pag17-26\).pdf](http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n37/Artigo%202%20(pag17-26).pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2016.
19. MACHADO, G. B. Reciclagem de pneus. Portal Resíduos Sólidos. Editora: EnviTeSB Ltda, 12 mai. 2013. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-pneus/>>. Acesso em: 04 out. 2016.
20. MENEGUINI, E. C. A. Comportamento de argamassas com emprego de pó de borracha. 85 f. Dissertação de Mestrado na área de concentração de Edificações – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, fev. 2003. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000295780>>. Acesso em: 05 abr. 2016.
21. MESHGIN, P.; YUNPING XI; YUE LI. Utilization of phase change materials and rubber particles to improve thermal and mechanical properties of mortar Construction and Building Materials, 2012. p. 713–721. Editora: Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061811005885>>. Acesso em: 18 mai. 2016.
22. OIKONOMOU, N.; MAVRIDOU, S. Improvement of chloride ion penetration resistance in cement mortars modified with rubber from worn automobile tires. Cement & Concrete Composites, 2009. p. 403–407. Editora: Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946509000602>>. Acesso em: 18 mai. 2016.
23. RIBEIRO, F; ROLORINO, H; FERNANDES, S. Análise da influência de pneu na deformabilidade do concreto. Anais do 44º Congresso Brasileiro do Concreto. Belo Horizonte, ago. 2002.
24. SEGRE, N.; JOEKES, I. Use of tire rubber particles as addition to cement paste. Cement and Concrete Research, 2000, v. 30, p.1421-1425. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000884600003732>>. Acesso em: 05 abr. 2016.
25. THOMAS, B.S.; GUPTA, R.C. A comprehensive review on the applications of waste tire rubber in cement concrete. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016. p. 1323–1333. Editora: Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115011715?np=y>>. Acesso em: 05 abr. 2016.
26. TURATSINZE, A.; BONNET, S.; GRANJU, J.L. Mechanical characterisation of cement-based mortar incorporating rubber aggregates from recycled worn tyres. Building and Environment, 2005. p. 221–226.

- Editora: Elsevier Ltd. Disponível em:  
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132304001854>>. Acesso em: 18 mai. 2016.
27. TURATSINZE, A.; BONNET, S.; GRANJU, J.L. Potential of rubber aggregates to modify properties of cement based-mortars: Improvement in cracking shrinkage resistance. *Construction and Building Materials*, 2007. p. 176–181. Editora: Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006180500190X>>. Acesso em: 18 mai. 2016.
28. TURKI, M. et al. Microstructure, physical and mechanical properties of mortar–rubber aggregates mixtures. *Construction and Building Materials*, 2009. p. 2715–2722. Editora: Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006180800370X>>. Acesso em: 18 mai. 2016.
29. YUNPING, XI.; YUE, LI.; ZHAOHUI, XI.; JAE, S. LEE. Utilization of solid wastes (waste glass and rubber particles) as aggregates in concrete. *International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology*, 2004. p. 45-54.