



ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

COMPÓSITOS OBTIDOS A PARTIR DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE EMBALAGEM LONGA VIDA TRITURADO, EM TELHAS DE CONCRETO: PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA.

Lucas Felipe da Silveira de Jesus Alves¹; Professor Dr. Antonio Aparecido Zanfolim²; Professor Dr. Aguinaldo Lenine Alves².

UEMS unidade de Dourados, Cidade Universitária de Dourados - Caixa postal 351 - CEP: 79804-970.
Lucas12_felipe@hotmail.com

¹Bolsista de iniciação científica PIBIC- UEMS; ²Professor do curso de engenharia ambiental – UEMS;

RESUMO

Por se tratar de um país tropical o Brasil sofre com elevadas temperaturas durante grande parte do ano, problema este que é agravado nas residências populares devido ao uso de telhas de cimento amianto que absorvem grande parte do calor do sol e aquecem o interior das casas. Outro grande problema que cresce ao longo dos anos no Brasil e no mundo, é a geração de resíduos que normalmente são descartados em aterros sanitários e lixões. Dentro deste contexto, este projeto de pesquisa teve como objetivo a reutilização das embalagens longa vida, moídas, em telhas de concreto, com a finalidade de utilizar o alumínio presente nas caixas para refletir os raios infravermelhos do sol e trazer conforto para o interior de ambientes. O novo material foi produzido com a adição de 5% e 15% de embalagens longa vida, e testado em laboratório por meio de ensaios mecânicos como; resistência à compressão, massa específica aparente, variação linear após secagem, absorção de água e porosidade aparente. Os resultados obtidos foram comparados com os do concreto padrão, sem adição de embalagens moídas, e mostraram uma redução na resistência à compressão dos corpos de prova, toda via os outros ensaios mostraram-se próximos aos do concreto padrão, desta forma seu uso é recomendado para paredes de vedação internas e externas e também lajotas de calçamento.

Palavras-Chave: Embalagem longa vida; Construção civil; Análise mecânica.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que possui variação de climas de acordo com cada região, o Mato Grosso do Sul apresenta clima tropical, com chuvas de verão e inverno seco. Durante o verão são registradas altas temperaturas na cidade de Dourados, com médias térmicas entre 33,2; 32,2 e 32,4 °C nos meses de Dezembro de 2012, Janeiro de 2013 e Fevereiro de 2013, respectivamente. (Embrapa, 2012 - 2013).

Com temperaturas elevadas a população sofre com o desconforto em suas residências, principalmente as de baixa renda, devido ao uso de telhas de cimento de amianto, que estão presentes na maior parte das casas populares e geram um grande aquecimento no interior das mesmas, e também há um grande aumento no gasto de energia para amenizar a temperatura dentro de ambientes fechados com uso de condicionadores de ar e outros equipamentos para resfriar o ambiente.

Outro grande problema que cresce ao longo dos anos no Brasil e no mundo, é a geração de resíduos sólidos, segundo o Portal Brasil de 2012 diariamente cada brasileiro produz em média 1,1 kg de resíduos sólidos e são coletadas diariamente 188 toneladas de resíduos sólidos, sendo que deste total apenas 13% foram reciclados no ano de 2008, segundo dados do CEMPRE (2008). Entre todos esses resíduos podemos encontrar diversos materiais que poderiam ser reutilizados e reciclados, podendo gerar novos produtos com menor custo e evitando gastos de energia e espaço nos aterros sanitários e lixões, um destes materiais é a embalagem longa vida, que em sua maioria é destinada para o lixo comum.

Assim como outros tipos de resíduos sólidos gerados pela população, a melhor forma de combater os impactos causados pelas embalagens longa vida no meio ambiente é a reciclagem das mesmas. Para Marangon (2004), a economia proporcionada pela reutilização dos materiais reciclados pode ser vantajosa não apenas em consideração a reutilização dos recursos naturais envolvidos, mais principalmente pelos benefícios proporcionados ao meio ambiente. Através destas informações, é possível propor um meio viável de reutilização destes materiais, como por exemplo, na fabricação de novos produtos, como em matérias primas para a construção civil.

O presente projeto teve como objetivo a reutilização destas embalagens moídas, em telhas de concreto, em conjunto ao agregado miúdo para gerar um produto que possa trazer benefícios para a população e conseqüentemente para o meio ambiente, com a finalidade de utilizar o alumínio presente nas caixas para refletir os raios infravermelhos e trazer conforto para o interior de ambientes.

Embalagens Longa Vida

Também conhecidas a como embalagens Tetra Pak, que faz referência a maior produtora deste produto. Segundo o site da empresa, a produção das embalagens longa vida teve início em 1952 na Suécia, com a criação de uma embalagem em formato de paralelepípedo e formada por camadas de papel e plástico, iniciadas por Ruben Rausing elas armazenavam alimentos líquidos perecíveis. Em 1961 a empresa chegou à criação da embalagem como é conhecida hoje, com camadas de papel, plástico e alumínio. No Brasil o uso deste produto começou no início dos anos 70, e teve uma boa aceitação de mercado, já que esta nova embalagem permitia que os alimentos perecíveis, como leite e sucos, fossem armazenados e transportados por longas distâncias sem haver danos em sua qualidade e sem a necessidade de conservantes e nem gastos com refrigeração durante o armazenamento e transporte.

A embalagem Longa Vida, também chamada de Cartonada ou multicamadas, é formada por 6 camadas de 3 tipos de materiais, que segundo a Sociedade Brasileira de Química, estão distribuídos da seguinte forma no interior da caixa: possuem três camadas de polietileno, que tem a função de impedir o contato do alimento com as demais camadas; entre as camadas de plástico fica o alumínio, este tem a função de impedir a passagem de luz e oxigênio para dentro da embalagem evitando trocas gasosas e líquidas a fim de impedir a contaminação dos mesmos; a quinta camada externa é de papel, que é responsável pela sustentação da embalagem e também permite a impressão de dados do produto e fabricante; por fim é utilizada mais uma camada de plástico sobre a de papel, para proteger a quinta camada.

No total as embalagens são compostas por: 75% de papel; 20% de plástico e 5% de alumínio, conforme a Figura 1.

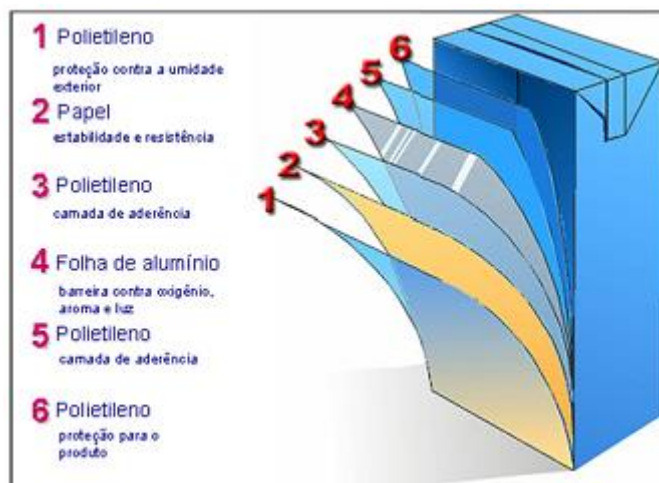


FIGURA 1 - Disposição das camadas na estrutura das embalagens longa vida (Eco planet).

O plástico utilizado é o chamado polietileno de baixa densidade, segundo Coutinho 2003, o polietileno de baixa densidade (PEBD), é um polímero parcialmente cristalino, entre 50 e 60%, e seu processo de produção utiliza pressões entre 1000 e 3000 atmosferas e temperaturas entre 100 e 300 °C. O PEBD tem uma combinação única de propriedades: tenacidade, alta resistência ao impacto, alta flexibilidade, boa processabilidade, estabilidade e outros. Essas características fazem do PEBD um material muito importante na estrutura das caixinhas cartonadas.

O alumínio é um dos metais em maior abundância na crosta terrestre, cerca de 8%. Pode ser utilizado tanto na estrutura de aviões e carros como nas embalagens de bebidas e alimentos. Como pode ser observado na Tabela 01, uma das suas principais características é a leveza, quando comparado com outros metais ele se destaca pela menor densidade.

TABELA 1 - comparação da densidade de alguns metais.

Metal	Densidade (g/cm ³)	Comparação
Alumínio	2,7	100
Ferro	7,8	289
Cobre	8,9	330
Níquel	8,9	330
Zinco	7,1	267
Latão	8,5	315

Reciclagem

O Brasil possui uma alta taxa de reciclagem de embalagens longa vida quando comparado com outros países, segundo o dados do CEMPRE (2011) o Brasil reciclou cerca de 27,1% das embalagens produzidas, enquanto a média mundial é de 21,6% no mesmo ano. Dados do IBGE, apresentados na Figura 02, mostram o aumento na quantidade de materiais reciclados no Brasil entre os anos de 1993 e 2006.

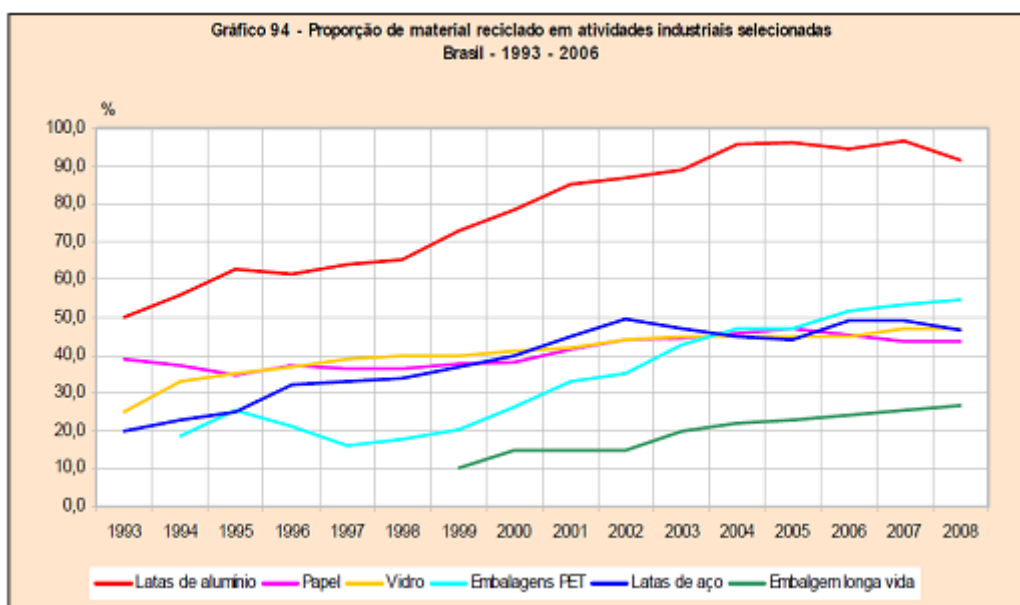


FIGURA 2 - Gráfico IBGE sobre quantidade de materiais reciclados no Brasil.

A preocupação com o impacto que a deposição das embalagens causa no meio ambiente, levou a Tetra Park, a investir em processos de coleta e reciclagem das embalagens pós-consumo. Uma nova técnica é a utilização das embalagens para fabricação de telhas e placas, de maneira que o produto final é semelhante aos de traços padrão, podendo apresentar em alguns casos maior durabilidade. Para isso são trituradas as camadas de plástico e alumínio, depois disso o material é levado a uma prensa quente, em torno de 180° C, onde são moldados e prensados formando placas ou telhas.

Telhas

Em locais de clima tropical como o estado do Mato Grosso do Sul, que possui temperaturas elevadas de verão e intensa radiação provenientes do sol, as coberturas de casas e edificações em geral devem usar materiais (para a confecção das coberturas) que permitam bom isolamento térmico para que o interior das instalações sejam menos influenciável pela variação climática (Abreu et al., 2001). Para Liberati & Zappavigna, 2007, em regiões que

possuem clima quente, a alta resistência térmica, dos materiais usados na cobertura, nas horas mais quentes do dia pode reduzir o efeito da radiação solar.

O material utilizado para a produção de telhas de concreto é uma pasta composta por: cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita), ar e impermeabilizante. Pode também conter adições (cinza volante, pozolanas, sílica ativa, etc.) e aditivos químicos com a finalidade de melhorar ou modificar suas propriedades básicas.

A grande vantagem, apresentada pelas telhas de concreto é a questão ambiental. A fabricação de telhas cerâmicas castiga os cursos d'água com a retirada de barro necessário para sua confecção, e requer muita energia durante a queima, queima esta que muitas vezes até hoje ocorre de forma quase artesanal e libera grande quantidade de CO₂. A produção a partir do concreto, por depender apenas da cura do cimento - não libera praticamente nenhum resíduo. E com o emprego das embalagens longa vida moídas, as telhas de concreto apresentam maior produção de maneira sustentável, trazendo benefícios para a sociedade e meio ambiente.

Sendo assim o presente trabalho visou o desenvolvimento de um novo material que traga benefícios ao meio ambiente e principalmente à população, buscando gerar um maior conforto térmico para o interior das residências por meio da reflexão dos raios ultra violetas solares por meio da presença do alumínio no concreto.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo trata-se de uma pesquisa aplicada baseada em experimentos laboratoriais.

Coleta preparação dos materiais

As embalagens foram trituradas em um moinho de facas com o intuito de se obter um 'pó', assim foram armazenadas no laboratório, bem como a areia, brita e cimento, todos foram mantidos em recipientes plásticos fechados a fim de se evitar contaminação e contato com a água, para que fossem preservadas suas propriedades, e ao longo do ano foram utilizados para confeccionar os corpos de prova.

Mistura

Percentuais de 5% e 15% de embalagens longa vida trituradas foram adicionadas ao agregado miúdo, 100 g e 300 g respectivamente (a quantidade de embalagens foi calculada

sobre a massa de areia). O agregado graúdo (brita) possuía $D_{\max} \leq 9,5$ mm. Todos os materiais (areia, brita, água e pó das embalagens) foram pesados em balança de precisão e misturados em argamassadeira especial para este fim.

Confecção dos corpos de prova

As moldagens de todos os corpos de prova foram feitas através da utilização de moldes cilíndricos de $\varnothing 5 \times 10$ cm (para os ensaios de resistência a compressão). Os moldes foram devidamente untados para facilitar a remoção do material conformado, e também lacrados com fita veda-rosca para evitar o escoamento da água nas juntas. Os moldes foram colocados sobre uma base nivelada, longe de choques e vibrações. Todos os corpos de prova permaneceram na forma por no mínimo 24 horas, conforme determina a norma NBR 5738.

Cura

Os corpos de prova moldados foram armazenados no interior de galões, onde a umidade se manteve em 100% e a temperatura a $23 \pm 2^\circ\text{C}$ até a data dos ensaios de acordo com a NBR 9479.

Testes de ensaio mecânico

Todos os corpos de prova, com e sem a adição das embalagens longa vida moídas, foram submetidos aos seguintes testes de ensaio mecânico: resistência à compressão, massa específica aparente, variação linear após secagem, absorção de água e porosidade aparente.

Ensaio de Resistência à Compressão

Os mais comuns de todos os ensaios de concreto endurecido é o de resistência à compressão e flexão, porque são de fácil execução e bem como muitas das características desejáveis do concreto são qualitativamente relacionadas com estes testes; mas principalmente devido à importância intrínseca da resistência à compressão do concreto em projetos estruturais. (CORÓ, 2002, p.20). Estes ensaios foram realizados na idade de 28 dias através de uma prensa instrumentada pertencente a uma empresa parceira do grupo de pesquisas, e de acordo com a NBR 5739.

Ensaio de Absorção de Água

Os ensaios de absorção de água seguiram as recomendações da NBR-9778/1987, e para este foram utilizados três corpos-de-prova de cada tipo de concreto, CP (sem adição de

embalagens), LV 5% (contendo 5% de embalagens) e LV 15% (com 15% de embalagens). Todos os corpos de prova foram analisados na idade de 28 dias.

Os corpos de prova foram postos para a secagem em estufa a uma temperatura de $\pm 105^{\circ}$ C durante 72 horas para a obtenção de sua massa seca. Este estudo torna-se relevante na estimativa da durabilidade de uma estrutura construída com esse material, já que quanto menor a absorção de água, maior sua durabilidade.

Resultados e discussões

Para os ensaios de porosidade aparente, absorção de água e variação linear foram utilizados 3 corpos de prova de cada tipo de concreto, CP, LV 5% e LV 15%. Todos estes na idade de 28 dias.

O traço do concreto padrão (CP) é constituído por 2000 g de areia grossa, 1000 g de brita, 450 g de água e 1000 g de cimento Portland. O concreto contendo as embalagens longa vida segue o mesmo traço do CP, sendo a ele adicionados 100 e 300 g para o LV 5% e LV 15%, respectivamente. Todas as embalagens longa vida utilizadas foram trituradas em moinho de facas com mesh 10.

Absorção de água (AA %)

A Tabela 2 mostra os valores do ensaio de absorção de água para os corpos de prova CP, LV 5% e LV 15%, após 72 horas de secagem em estufa.

TABELA 2 - Valores de absorção de água após 72 horas na estufa.

CP	LV 5%	LV 15%
9,53 \pm 0,06	11,18 \pm 0,03	19,59 \pm 0,86

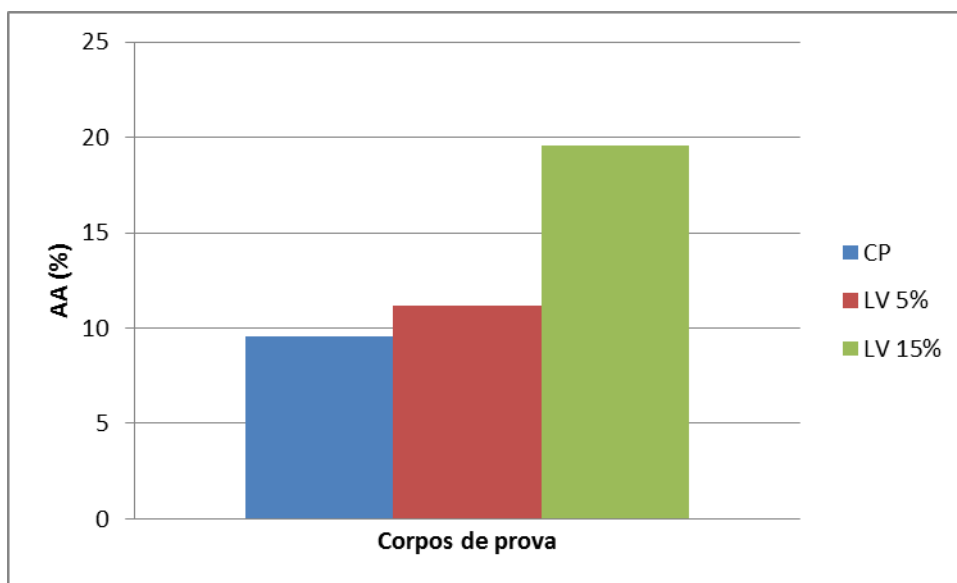


FIGURA 3 - Gráfico de absorção de água após 72 horas em estufa.

Através da Tabela 2 e Figura 3 é possível observar um pequeno aumento na absorção de água nos corpos de prova com 5% de embalagens, já para os corpos LV 15% a absorção de água foi maior. Quando comparamos os resultados do CP com os do LV 5% e LV 15% nota-se uma variação de 1,60% entre o CP e o LV 5%, e uma diferença maior para o LV 15%, cerca de 10,0 % maior que o concreto CP. Este resultado está diretamente relacionado á presença de papel que compõe as embalagens longa vida, tendo este material uma grande capacidade de absorção de água, resultando assim no menor aumento quando foram adicionados os 5% de embalagens. Além disso, a quantidade e tamanho dos poros pode ter provocado o aumento na absorção de água nos corpos de prova, uma vez que nem o papel, plástico e nem alumínio reagem com o cimento e a areia, portanto sua alocação dentro dos corpos cilíndricos pode formar poros.

Porosidade aparente

O ensaio de porosidade aparente foi realizado em laboratório com o auxílio de uma estufa, uma balança de precisão, um recipiente com água e três corpos de prova de cada grupo de concreto, CP, LV 5% e LV 15%. Os corpos foram mantidos na estufa durante 72 horas a uma temperatura média constante de 105°C, conforme as normas NBR. Após a etapa de secagem os corpos de prova foram pesados e resfriados a temperatura ambiente, logo depois foram depositados em um recipiente com água onde permaneceram por mais 72 horas para que houvesse a saturação completa dos poros.

TABELA 3 - Valores de porosidade dos corpos de prova 72 horas após secagem.

CP	LV 5%	LV 15%
21,22±0,96	18,76±0,78	29,08±2,71

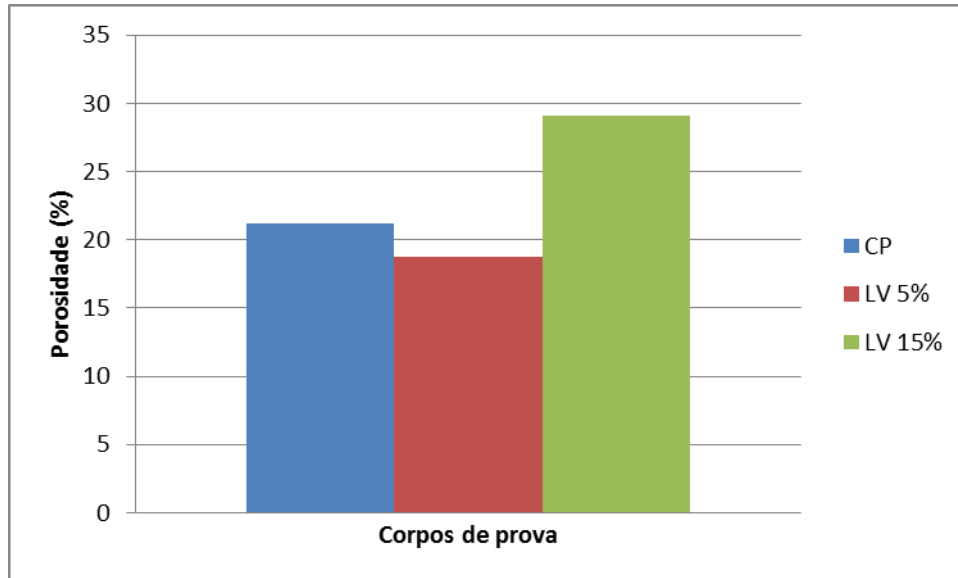


FIGURA 4 - Gráfico de porosidade 72 horas após secagem.

A análise dos resultados do ensaio de porosidade aparente nos permite observar uma queda na porcentagem de poros entre os corpos CP e LV 5%, isso pode estar relacionado com o fato de que os grãos de embalagens longa vida quando em pequenas quantidades preenchem os poros naturalmente formados pelo cimento, areia e brita. Já quando adiciona se uma quantidade maior de embalagens longa vida, por ser inerte no concreto ela resulta no aumento dos poros.

Varição linear

A análise da variação linear dos corpos de prova se faz importante para avaliar o comportamento dos mesmos conforme o aumento da temperatura, sendo de grande importância para sua aplicação na construção civil.

TABELA 4 - variação linear após secagem em estufa

Variação linear	CP		LV 5%		LV 15%	
	Diametro (mm)	Altura (mm)	Diametro (mm)	Altura (mm)	Diametro (mm)	Altura (mm)
Úmido	49,90	100,50	49,85	100,10	49,95	100,30
24 horas	50,00	100,90	50,05	101,00	50,10	100,50
48 horas	50,01	100,95	50,05	101,02	50,15	100,55
72 horas	50,05	100,95	50,05	101,04	50,05	100,55

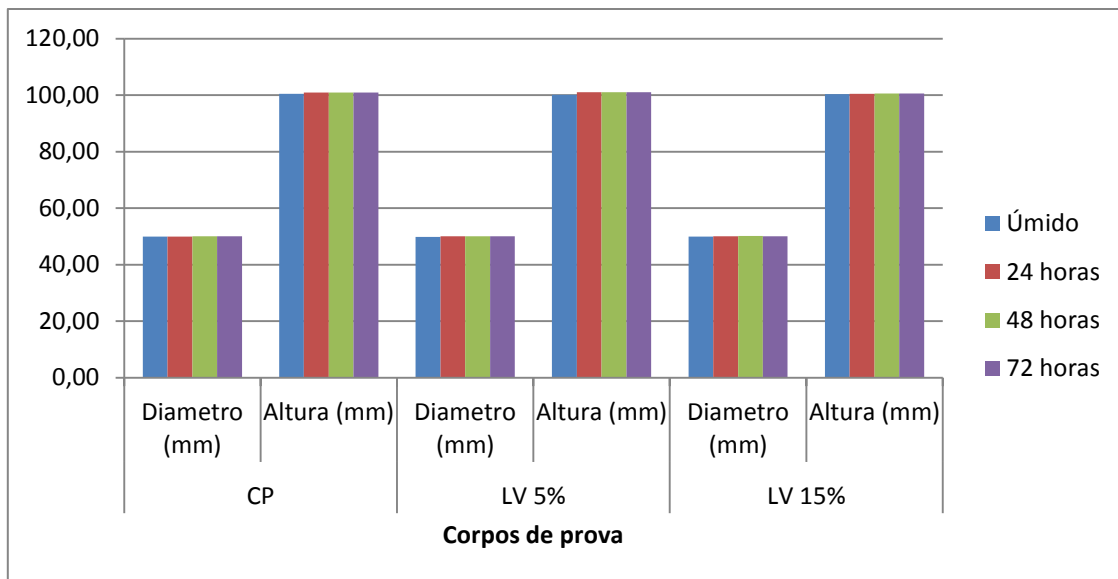


FIGURA 5 - Gráfico da variação linear após secagem em estufa.

A Tabela 4 e a Figura 5 trazem os resultados da análise da variação linear dos corpos de prova após a secagem em estufa a uma temperatura média e constante de 105°C durante 72 horas. Com o auxílio de um paquímetro foram medidos o diâmetro e a altura de três corpos de prova de cada tipo de concreto, CP, LV 5% e LV 15%, as medidas foram realizadas antes de coloca-los na estufa, úmidos, e depois de postos em secagem em intervalos de 24 horas, totalizando quatro medidas. Os resultados mostram uma pequena dilatação dos corpos de prova nas primeiras 24 horas após serem postos na estufa, e tiveram pouca variação nas medidas com 48 e 72 horas. Os resultados dos corpos de prova contendo as embalagens longa vida obtiveram valores de variação semelhantes aos corpos CP, indicando que a presença das embalagens não provoca contração ou expansão no concreto quando exposto às temperaturas próximas a 100°C.

Massa específica aparente

O ensaio para a análise da massa específica aparente seguiu os parâmetros da norma NBR 9778/87, e foi realizado em laboratório com o auxílio de uma balança de precisão, estufa e recipiente com água. Nesta análise foram utilizados três corpos de prova do tipo CP, LV 5% e LV 15%.

TABELA 04 - Massa específica aparente dos corpos de prova

CP	LV 5%	LV 15%
1,88±0,021	1,68±0,003	1,48±0,047

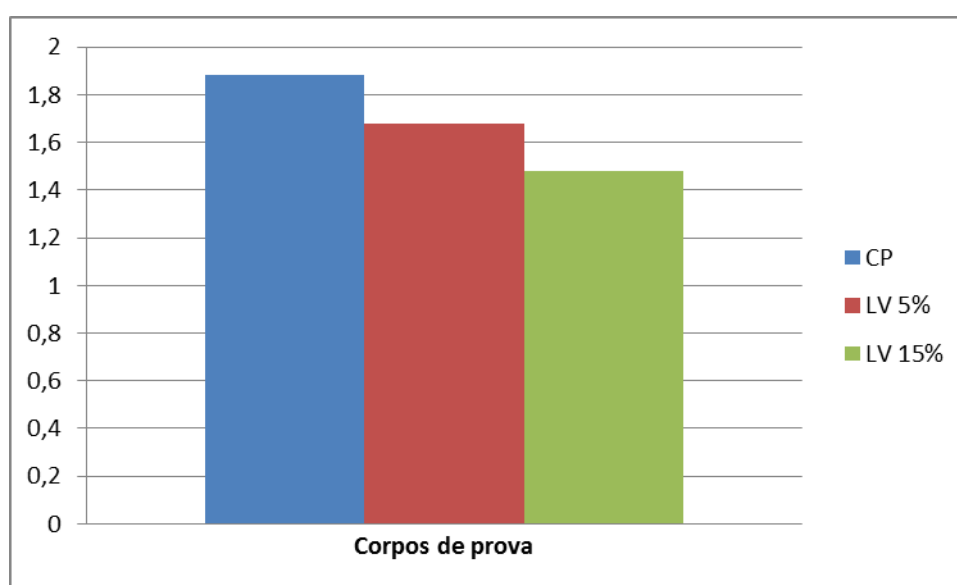


FIGURA 6 - Gráfico da massa específica aparente.

Conforme mostra a Tabela 5 e a Figura 6, a adição de embalagens longa vida ao concreto provoca uma redução na massa específica do mesmo. A embalagem longa vida é composta de materiais leves, menos densos do que a areia, e isso provavelmente gerou a redução da massa específica dos corpos LV 5% e LV 15%, visto que esta análise está diretamente relacionada à massa dos corpos imersos em água, conforme a equação a seguir:

$$\frac{M_{\text{sat}}}{M_{\text{sat}} - M_i}$$

Onde: Msat = massa saturada; Mi = massa imersa.

Resistencia a compressão

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados utilizando uma prensa hidráulica para romper os corpos de prova, e foram analisados os corpos com idade de 28 dias, sendo que foram rompidos seis corpos de prova CP, LV 5% e LV 15%.

TABELA 6 valores de resistência à compressão dos corpos de prova com idade de 28

CP	LV 5%	LV15%
31,29±0,84	10,63±3,31	7,08±3,88

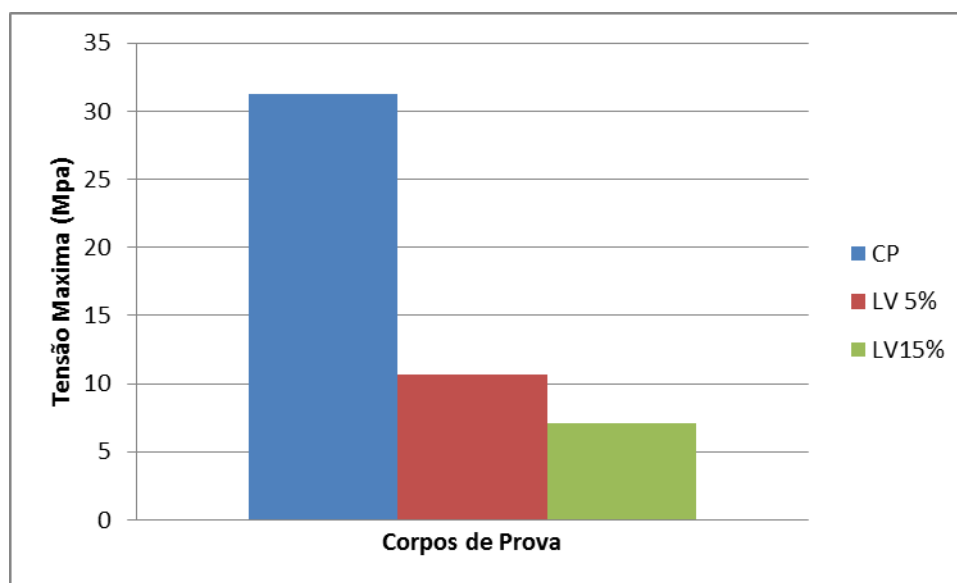


FIGURA 7 - Gráfico de valores da resistência à compressão dos corpos de prova com idade de 28 dias.

A Tabela 6 e a Figura 7 mostram os resultados dos ensaios de resistência à compressão, é possível observar uma grande queda no valor da resistência dos corpos contendo embalagens longa vida em comparação aos corpos de prova padrão, sem adição de embalagens. A comparação dos resultados mostra que a adição das embalagens ao concreto torna o material mais frágil, e isso é intensificado com o aumento da concentração de embalagens trituradas no concreto. Este fator pode estar relacionado com fato de que os materiais que compõem as embalagens não reagem com o cimento e a areia, podendo até dificultar a reação entre esses elementos básicos e fundamentais do concreto.

A presença de materiais impermeáveis como o plástico e o alumínio no traço do concreto, ainda que em pó, pode ter provocado a formação de zonas ou microrregiões

isoladas dentro do corpo de prova, não permitindo que o cimento, areia e água reagissem, e desta forma houve-se uma redução na capacidade de resistência.

CONCLUSÕES

As análises de absorção de água e porosidade mostraram bons resultados para os corpos de prova contendo 5% de embalagens longa vida em sua composição, com valores de porosidade pouco inferior ao concreto sem adição dos resíduos. O resultado do ensaio de massa específica e variação linear ficou próxima aos resultados do material sem a adição das embalagens, mostrando que a adição das embalagens ao concreto não prejudica a durabilidade do material de forma significativa. Já os ensaios de resistência à compressão indicaram que adição de embalagem longa vida ao concreto torna-o mais frágil a cargas, e desta maneira se faz necessário novas pesquisas visando o desenvolvimento de um traço mais adequado. A menor resistência pode ser explicada pelo fato de que a adição de materiais impermeáveis ao concreto cria microrregiões isoladas dentro dos corpos de prova, tornando suas estruturas mais fracas. Com tudo a análise mecânica do concreto contendo embalagens longa vida triturada em sua composição se mostrou uma solução sustentável e viável para o uso na construção civil, desde que não seja aplicado na estrutura de construções, como vigas de sustentação, seu uso é recomendado em lajotas de calçamento para pedestres e paredes de vedação internas e externas, podendo promover um maior conforto térmico do prédio sem comprometer sua qualidade. Sendo assim podemos concluir que o presente projeto foi desenvolvido com êxito, mostrando que é possível promover um desenvolvimento sustentável e gerar benefícios ao meio ambiente e a população.

AGRADECIMENTOS

A equipe de pesquisa agradece à Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul pelas bolsas de iniciação científica e ao Fundect pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, P. G.; Abreu, V. M. N; Dalla Costa, O. A. Avaliação de coberturas de cabanas de maternidade em sistema intensivo de suínos criados ao ar livre (Siscal), no verão. Revista Brasileira de Zootecnia. v.30, p.1728-1734. 2001.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE. Fichas Técnicas – Embalagens Cartonadas Longa vida. Disponível em: <www.cempre.org.br/ft_longavida.php> - acessado em 17 de Abril de 2013.

COUTINHO, Fernanda M. B.; MELLO, Ivana L.; SANTA MARIA, Luiz C. de. Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações. *Polímeros*, São Carlos, v. 13, n. 1, Jan. 2003 .

CORÓ, Angela Ghisleni. Investigação das Propriedades Mecânicas de concretos reforçados com fibra de Pet. 2002. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Superior) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí - RS, 2002.

ECO PLANET. Reciclagem de embalagem longa vida. Disponível em: <www.eco4planet.com/blog/2009/03/estudante-de-fisica-desenvolve-tecnica-para-reciclar-embalagens-longa-vida> - acessado em 18 de Abril de 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Clima MS - Médias e Normais. Disponível em: <www.cpa.embrapa.br/clima/index.php?intervalo=1&dados=tmax&Submit=Mostrar&pg=resultado_normal> - acessado em 17 de abril de 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Notícias. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000118.pdf> – acessado em 17 de Abril de 2013.

Liberati, P.; Zappavigna, P. A dynamic computer model for optimization of the internal climate in swine housing design. *Transactions of the ASABE*, v.50, p.2179-2188, 2007.

MAGALHÃES, Marcos Alves de. Tempo de degradação de materiais descartados no meio ambiente. *Jornal do Centro Mineiro para Conservação da Natureza (CMCN)*. Viçosa–MG, ano 08, n.37, jan/fev/mar 2001.

MARAGON, Ederli. Aspectos do comportamento e da degradação de matrizes de concreto de cimento portland reforçados com fibras provenientes da reciclagem de garrafa pet. 2004. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Superior) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí - Rs, 2004.

PORTAL BRASIL. Meio Ambiente – Gestão do Lixo. Disponível em: <www.brasil.gov.br/sobre/meio-ambiente/gestao-do-lixo> - acessado em 17 de Abril de 2013.

Química Nova Interativa – Sociedade Brasileira de Química. Embalagem Cartonada Longa

Vida: Lixo ou Luxo? Disponível em:

qnint.sbq.org.br/qni/visualizarTema.php?idTema=44>- Acessado em 18 de Abril de 2013.