

# CARACTERIZAÇÃO DE CONCRETOS LEVES E PASTAS AUTO-ADENSÁVEIS A PARTIR DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E FIBRAS DE SISAL

Emanoel Ferreira Cardoso<sup>(1)</sup>; Nivaldo Timóteo de Arruda Filho<sup>(1)</sup>

(1) *Universidade Federal de Campina Grande, emanoel.ferreira7@hotmail.com; nivaldo.arruda.filho@gmail.com*

## RESUMO

O avanço tecnológico e a crescente preocupação com o meio ambiente fizeram os requisitos exigidos aos materiais mudarem, levando ao aparecimento de compósitos capazes de corresponder a essas novas necessidades. Baseado no exposto objetivou-se, neste trabalho, a produção de elementos construtivos leves a partir de matrizes cimentícias com incorporação de resíduos industriais de EVA e fibras de sisal, bem como a avaliação das adições pozolânicas para formação da matriz cimentícia de revestimento e o estudo da reologia da pasta utilizada nos compósitos produzidos. Para isso, produziu-se um novo compósito formado de uma placa com resíduos de EVA e, através de trabalhos de reologia, encontrou-se a pasta matriz de revestimento com adequado teor de adições pozolânicas e aditivo superplastificante, além de também serem avaliadas as resistências mecânicas da placa de EVA. Os ensaios de reologia do material indicaram que o tijolo moído mostrou-se mais eficiente que a metacaulinita para o mesmo teor de substituição.

**Palavras-chaves:** Reologia. Elementos construtivos. Adições.

## INTRODUÇÃO

O processo de industrialização e o crescimento da população, principalmente nos países em desenvolvimento, é uma das formas mais violentas da relação do homem com o meio ambiente. Apesar das riquezas e do avanço da economia, esse processo trouxe consigo muitos problemas ambientais, como, por exemplo, a geração de resíduos (AZEVEDO, 2016).

Ainda em níveis insatisfatórios, a reciclagem vem se tornando um método eficaz e bastante defendido para o reuso ou a recuperação dos resíduos sólidos. Ela pode, quando possível, transformar aquilo que antes era descartado pela indústria em matéria-prima para outros materiais. Além de ajudar na preservação do meio ambiente, com a redução de extração de matéria-prima, a reciclagem reduz custos com estocagens e tratamento dos resíduos, gerando grandes economias para as empresas (AZEVEDO, 2016).

O desenvolvimento de materiais corretos de maneira ecológica e a melhor adequação dos processos tem sido uma necessidade para minimizar os problemas ambientais no mundo. Devido ao seu potencial na substituição de derivados petroquímicos e minerais, os compósitos estão reduzindo significativamente o impacto ambiental, além de possibilitarem a formação de um composto com atributos impossíveis de se obter com apenas um constituinte.

Na engenharia civil, os compósitos mais empregados são aqueles a base de cimento, utilizados sob a forma de concreto com fibras, de argamassa armada (ferrocimento) e de cimento amianto (fibrocimento). Apesar de conhecido há muito tempo, o concreto com fibra representa somente uma pequena porcentagem do concreto produzido no mundo. Já o ferrocimento e o fibrocimento ainda são produzidos essencialmente com fibras de aço e asbesto, respectivamente, apesar da imensa disponibilidade de outras fibras para reforço (ARRUDA FILHO, 2012).

Essas fibras são aglomeradas (coladas) por uma matriz, chamadas de matriz do compósito, que serve para ligar as fibras, dar forma ao material e distribuir as forças no interior do conjunto. De acordo com Feltre (2004), com a formação desse composto, temos uma maior dureza do material, maior resistência a fraturas e uma menor deformação com o calor, dependendo do tipo de matriz utilizada (resinas, metais, cerâmicas especiais ou carbono), da relação da fibra com a matriz do compósito e das propriedades físicas e geométricas das fibras.

Segundo Martins et al. (2004, p.327), os compósitos a base de fibras naturais têm recebido grande atenção por parte de pesquisadores e da indústria. As fibras naturais são resistentes, abundantes, não tóxicas, de baixo custo e provém de fontes renováveis de matéria prima, podendo servir como um excelente agente de reforço para diversos tipos de compósitos. Dentre as fibras naturais, destaca-se o sisal como uma das mais amplamente usadas. Além da grande importância socioeconômica, ligada à cultura desta fibra no Brasil, existem outros fatores que motivam o estudo da fibra de sisal como reforço para polímeros. Estes fatores são o crescente interesse da indústria de produtos ecologicamente corretos; a

substituição de fibras sintéticas pelas fibras naturais; a busca de novas aplicações através do entendimento da correlação entre estrutura e propriedades dos compósitos e a redução de custo devido ao baixo preço desta fibra.

Para Martins & Mattoso (2006, p. 670), a reologia é definida como a ciência que estuda a deformação e escoamento da matéria. Com as exigências de mercado e a necessidade de aumento da produtividade nos canteiros de obra, o estudo da reologia se torna uma importante ferramenta para classificação dos materiais, análises de comportamentos, bem como prever o desempenho dos materiais em outros estágios de tensão, deformação, tempo e temperatura (TANNER, 1998; CARDOSO et al., 2005). Baseado no exposto, objetivou-se neste trabalho, a produção de elementos construtivos leves a partir de matrizes cimentícias com incorporação de resíduos industriais de EVA e fibras de sisal brasileira da espécie *Agave sisalana*, bem como avaliar as adições pozolânicas para formação da matriz cimentícia de revestimento auto-adensável e reologia da pasta utilizada nos compósitos produzidos.

## **METODOLOGIA**

Os resíduos de EVA foram coletados em uma indústria de calçados na cidade de Campina Grande, PB; já a caracterização desses resíduos, foi desenvolvida no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LaCRA) pertencente a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, PB.

Para serem utilizados nessa pesquisa, os resíduos de EVA foram triturados em um moinho de facas rotativas, onde, na sua saída, existiam peneiras de diferentes aberturas para a separação dos agregados leves, que eram aparados em uma gaveta frontal.

Os ensaios de caracterização física que foram realizados nesse trabalho foram: massa unitária no estado solto; absorção de água; e composição granulométrica.

Devido à característica esponjosa do EVA, a taxa de absorção dos agregados foi determinada fazendo uma adaptação da norma para poliestireno expandido (Isopor®) para fins de isolamento térmica, a partir da NBR 7973.

As placas foram produzidas no traço 1:6 (cimento: agregado EVA), em volume, com cimento Portland do tipo CP II-F-32, homogeneizadas manualmente, com fator água-cimento fixadas em 0,55.

Para elaboração dessas placas, utilizou-se uma prensa hidráulica de 30 toneladas e moldes confeccionados em chapas de aço, com energia de prensagem fixa e igual a 1,65 MPa.

O cimento utilizado para elaboração da pasta de revestimento foi o CP II-F-32, de acordo com a norma NBR 11578, cuja densidade adotada foi de 3150 kg/m<sup>3</sup> e relação água-cimento da pasta de consistência normal, de acordo com a norma NBR NM 43, foi de 0,4.

As adições pozolânicas utilizadas foram de tijolo moído proveniente de resíduos da construção civil, e a metacaulinita do Brasil, adquiridos através da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, João Pessoa, PB; e, para sua caracterização, foi consultada a NBR 10004 (Resíduos Sólidos: Classificação).

O aditivo superplastificante utilizado nessa pesquisa foi do tipo MSET, onde foi adicionado na mistura juntamente com água proveniente da empresa abastecedora local.

As fibras utilizadas foram obtidas na Cooperativa do Sisal, na cidade de Pocinhos, PB. Após testes de avaliação com fibras de várias dimensões, foram escolhidas as fibras com 1 cm de comprimento, pois elas apresentaram melhor trabalhabilidade e resistência na composição das placas. Após a escolha, as fibras foram cortadas e adicionadas à pasta matriz de revestimento para a formação do compósito.

O método escolhido para a análise de comportamento de fluxo das pastas foi o do Cone de Marsh (Figura 1), similar ao procedimento da ASTM C 39 (2005); sendo utilizados no ensaio: o cone de Marsh, um becker graduado de 1000ml, uma proveta graduada de 500ml, um cronômetro e os recipientes para acomodar os componentes da mistura antes do ensaio.

Segundo Gomes (2002), a seleção e os critérios de dosagem do superplastificante utilizado são essenciais para determinar sua composição. Do ponto de vista prático, melhor é determinar esses parâmetros nas condições locais das construções, mas, isso implica em grande mão de obra, material e tempo.

**Figura 1** Ilustração dos materiais do Ensaio do Cone de Marsh.



O ensaio consiste de um cone oco de metal invertido, aberto no topo e tem uma abertura no fundo, onde é fixado um bocal removível de 8 mm de diâmetro ( $d$ ), adequado para pasta. No interior do cone é colocado um volume de material ( $V$ ) e em seguida é medido o tempo gasto para um volume ( $v$ ) fluir através do orifício inferior do mesmo. Na literatura o diâmetro ( $d$ ) do bocal do cone varia de 5 mm a 12,5 mm e o volume ( $V$ ) inicial utilizado varia de 800 a 2000 ml (Gomes, 2002).

Nos ensaios de reologia da pasta matriz deste trabalho, foram utilizados o diâmetro de 8 mm, o volume de material de 1000 ml e o volume “ $v$ ” de 500 ml, sendo os mesmos parâmetros utilizados por Gomes, 2002.

Através de alguns ensaios, para cada pasta, obteve-se uma curva de tempo de fluxo, onde a variável é o percentual de superplastificante sólido. Esta curva é usada para determinação da dosagem ótima do superplastificante. Esta dosagem, conhecida como ponto de saturação, é definida como a dosagem de superplastificante além da qual o tempo de fluxo não diminui consideravelmente (DE LARRARD, 1990; AGULLO et al, 1999). Essa curva deve apresentar o ponto ótimo da dosagem de superplastificante bem definido, com ângulo interno da curva no ponto de saturação estabelecido por Gomes (2002).

Para se determinar a melhor mistura para elaboração da pasta matriz de revestimento auto-adensável foram estudados diversos pontos como substituição pozolânica na matriz cimentícia, variando as dosagens de tijolo moído e da metacaulinita incorporados a matriz cimentícia. Os dados obtidos demonstraram a dosagem ótima de superplastificante para a produção da matriz auto-adensável, bem como, teores ideais de adição mineral para formação da nova matriz. (ARRUDA FILHO, 2012).

Para se determinar a melhor mistura, foram estudados diversos pontos como substituição pozolânica na matriz cimentícia, variando as dosagens de tijolo moído e da metacaulinita incorporados. Assim, tomou-se como base para as substituições pozolânicas, pesquisa desenvolvida por Toledo Filho, (2003), onde o mesmo trabalhou com matriz não auto-adensável, com substituição pozolânica de 50% (M 50Ci 20MC 30TM).

## **RESULTADOS**

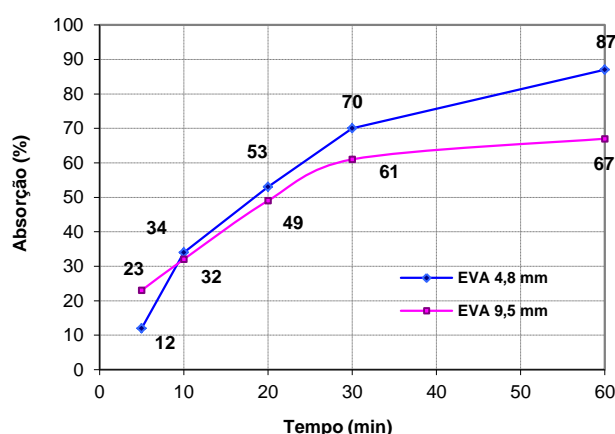
Os agregados de EVA apresentaram baixa massa unitária e alta absorção. Passados 10 minutos os agregados absorveram acima de 30% e após 30 minutos a absorção foi maior que 60%, como mostra a Tabela 1. Em função da geometria e da moldagem do elemento, foi definido um tempo de pré-molhagem de 10 minutos para todas as placas.

Para o ensaio de absorção, o comportamento da absorção de água no compósito mostrou-se em grande quantidade no início do ensaio, porém, tendeu a estabilidade ao decorrer do tempo, como mostram os resultados do gráfico da Figura 2.

A determinação da densidade foi realizada na temperatura ambiente que marcava 28°C utilizando dados das dimensões das placas e a massa seca. Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das propriedades físicas obtidas na mistura. Cavalcanti Filho (2009), que estudou vários traços com a mesma mistura, diz que, quanto maior a quantidade de cimento, mais elevadas serão as massas e densidades dos elementos e menor a absorção de água.

**Tabela 1** Caracterização dos agregados obtidos dos resíduos de EVA

Propriedade	Agregado EVA	
	4,8 mm	9,5 mm
Massa unitária em estado solto ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	138,2	114,3
Dimensão máxima (mm)	4,8	9,5
Módulo de finura	4,68	6,59
Absorção após 60 min (%)	87	67

**Figura 2** Resultado do ensaio de absorção de água**Tabela 2** Propriedades físicas das placas

Mistura	Pressão de Moldagem (MPa)	Massa Saturada (g)	Massa Seca (g)	Absorção (%)	Densidade ( $\text{g/cm}^3$ )
1:6	1,65	1452,00	1180,40	18,71	6,6

Os resultados das placas obtidos para as resistências à compressão simples e à flexão estão apresentados na Tabela 3. Após fissuração da matriz, os compósitos leves preparados com agregado de EVA apresentam aumento da capacidade de suporte de carga, bem como grandes deformações, não existindo a fratura brusca como nos casos dos demais compósitos cimentícios sem fibras. A mistura utilizada atende à recomendação do RILEM (1994), onde a resistência à compressão simples deve ser maior ou igual a 0,5 MPa aos 30 dias para concretos leves para fins de isolamento.

**Tabela 3** Resistências mecânicas obtidas para a placa

Mistura	Compressão (MPa)	Flexão (MPa)
1:6	2,25	0,42

No caso específico deste material composto de cimento e resíduo de calçados a base de EVA, foi aferida a resistência a compressão de 2,25 MPa, no traço 1:6, lhe inserindo como material propício a aplicação como concreto leve para diversas aplicações (Divisórias, forros, isolantes, etc), segundo a norma ASTM-C203.

Após todo o processo de coleta e preparo do resíduo, as amostras coletadas foram submetidas aos ensaios de caracterização. Na Tabela 4 estão apresentados os resultados da massa específica e área superficial obtida pelos materiais.

**Tabela 4** Caracterização dos materiais

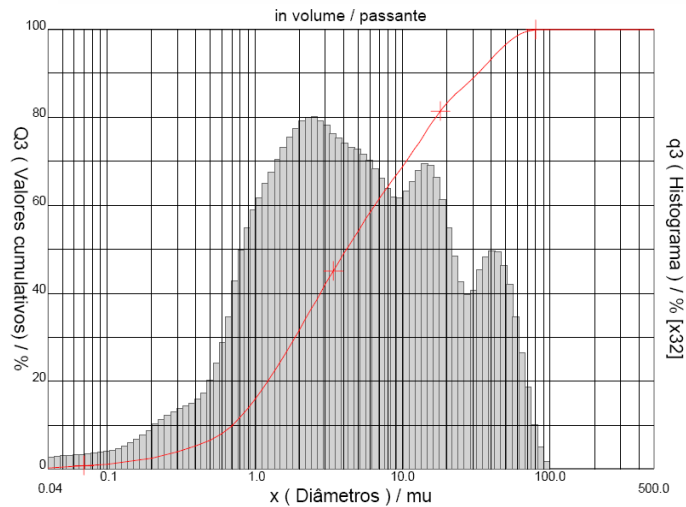
Ensaio	Metacaulinita	Tijolo moído	Cimento Portland
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,76	2,81	3,15
Área específica (m <sup>2</sup> /g)	0,58	0,40	0,30

A massa específica da metacaulinita e do tijolo moído, medida com picnômetro a hélio, é de 2,76 g/cm<sup>3</sup> e 2,81 g/cm<sup>3</sup> respectivamente, e a área superficial, medida por fisissorção de nitrogênio pelo método BET (BET multiponto, com N<sub>2</sub>), é de 0,58 m<sup>2</sup>/g e 0,40 m<sup>2</sup>/g. O cimento Portland apresenta massa específica de 3,15 g/cm<sup>3</sup> e área superficial de 0,30 m<sup>2</sup>/g.

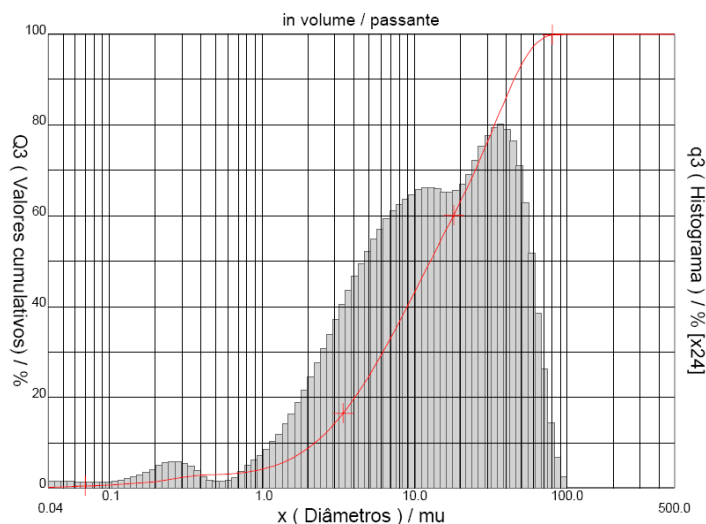
A distribuição granulométrica das adições pozolânicas, tanto da metacaulinita, como também do tijolo moído, estão apresentados nas Figuras 3 e 4, respectivamente. Na Figura 4A, pode-se notar a variação de diâmetro do produto entre 0.71 µm à 32.46 µm, com um diâmetro médio de 10.61 µm, diferentemente do que demonstra a Figura 4B, onde o mesmo variou de 2.23 µm (à 10%) e 44.82 µm (à 90%), com uma média de 18.78 µm, comprovando o poder da metacaulinita em absorver água pela finura do material, maior área de exposição aos componentes da mistura e, conseqüentemente, maior teor de aditivo superplastificante a ser incorporado para que a mistura se torne auto-adensável. O método de produção, já que a metacaulinita era um material industrializado, pode ter influenciado na distribuição das partículas e na maior homogeneização da amostra.

Tanto para a metacaulinita, como para o tijolo moído, mais de 90% dos grãos têm diâmetro menor do que 40 µm, o que atende às prescrições da norma ASTM C618 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAIS, 2005) quanto à finura necessária para uso como pozolana.

**Figura 3** Distribuição granulométrica da metacaulinita



**Figura 4** Distribuição granulométrica do tijolo moído



Na composição química dos materiais verificou - se uma composição típica de argila sedimentar para cerâmica vermelha, com predominância de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Nota-se um considerável percentual de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , que tende a aumentar a refratariedade da massa argilosa. Já o alto teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  caracteriza uma massa argilosa que queima tipicamente na cor avermelhada.

O teor de óxido de ferro, de cerca de 6,50%, presente no tijolo moído, fez com que as argamassas produzidas com esse material tivessem cor avermelhada; já o teor de óxido de ferro de 3,45%, presente na metacaulinita, não afetou a cor da pasta com cimento Portland.

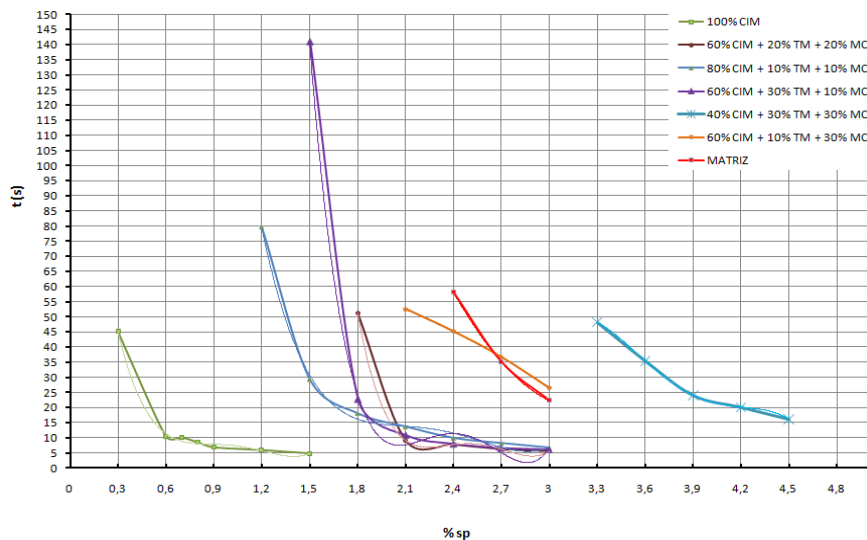
Com relação a reologia do material, a ilustração seguinte apresenta os resultados dos ensaios realizados com o cone de Marsh.

Analisando esses mesmos resultados é possível observar que:



- O ponto de saturação foi facilmente identificado e corresponde a uma dosagem de SP de cerca de 2,1%;
- As pastas produzidas com aumento de adições minerais como substituição pozolânica, exibiram um comportamento reológico marcadamente diferente das restantes e apresentavam tempos de escoamento bastante superiores;
- A metacaulinita teve maior influencia na diminuição da fluidez da pasta quando comparada ao resíduo de tijolo moído.

**Figura 5** Reologia das misturas auto-adensáveis



As pastas auto-adensáveis, submetidas ao ensaio de Cone de Marsh obtiveram os resultados analisados através da perda do fator fluidez, onde se verifica um parâmetro dado pela porcentagem do fator (Pf) em relação ao seu valor inicial, a influência da adição de fíler na pasta auto-adensável é melhor observada, onde as taxas de perda de fator fluidez permanecem crescentes em função do tempo (CAMÕES, 2005).

Pelo estudo da fluidez e trabalhabilidade, as pastas com até 40% de adições minerais, com intuito de incrementar o poder pozolânico para a resistência da pasta cimentícia, poderiam empiricamente, serem utilizadas.

O resultado desse ensaio mostrou a viscosidade dos materiais utilizados. O escoamento da suspensão das pastas, com a substituição pozolânica de até 40% (M 60Ci 20TM 20MC; M80Ci 10TM 10MC; M 60Ci 30TM 10MC) através do orifício inferior do cone, significa dizer que a tensão instalada ultrapassou o limite de escoamento, as misturas (M 60Ci 10TM 30MC; M 50Ci 30TM 20MC e 40Ci 30TM 30MC), igual e superiores a 40% de substituição, não escoaram com a dose ótima de 2,1% de aditivo superplastificante, portanto, a tensão limite de escoamento é superior à tensão de corte instalada. Nessas condições, o escoamento

(83) 3322.3222

contato@conadis.com.br

[www.conadis.com.br](http://www.conadis.com.br)

pode ser forçado através do aumento da massa de material, elevando a tensão de corte instalada, ou aumentando o diâmetro do tubo de descarga ou mesmo, com maior adição de superplastificante, como feito no estudo, sendo estas inviáveis para elaboração da pasta matriz a ser elaborada.

## CONCLUSÃO

1. O traço utilizado (1:6) permite boas condições para a fabricação dos elementos construtivos para fins de isolamento (forro), com boa resistência ao manuseio e com deformação plástica bastante acentuada após início da fissuração da matriz;

2. Os resultados comprovam uma elevada atividade pozolânica e grande potencialidade para o uso em misturas com cimento Portland, tanto com as adições de tijolo moído, quanto de metacaulinita. Além de, em ambas as adições, houve redução dos teores de hidróxido de cálcio, decorrentes da hidratação do cimento Portland;

3. Os ensaios de reologia do material indicaram que o tijolo moído mostrou-se mais eficiente que a metacaulinita para o mesmo teor de substituição e que, a porcentagem de 2,1% de aditivo superplastificante e a mistura M 80Ci 10TM 10MC foi considerada ideal para tornar a matriz resistente e auto-adensável (até 20% de substituição pozolânica).

## REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Determinação de massa específica real. Rio de Janeiro, NBR-6474, 1984. 4p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5732: Cimento Portland Comum. Rio de Janeiro, 1991 a.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 5735*. Cimento Portland de alto forno. Rio de Janeiro, 1992. 10 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *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. 9 p.

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. In: Seminário desenvolvimento sustentável e reciclagem na construção civil, 4., São Paulo, 5-6 jun., 2001. Anais. São Paulo: IBRACON, 2001. p.43-56.

ARRUDA FILHO, N. T. Resistência mecânica de compósitos cimentícios leves utilizando resíduos industriais e fibras de sisal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.16, n.8, p.894–902, 2012.

AZEVEDO, N. O. Estudo das propriedades mecânicas de misturas asfálticas puras e modificadas com politeraftalato de etileno (pet). Trabalho de Conclusão de Curso, UEPB, Campina Grande, 2016.

ASTM - Cement Standards and Concrete Standards, ASTM C 939, ASTM International, Metals Park, OH, 2005.

CAMÕES, A., *Betões de Elevado Desempenho com Incorporação de Cinzas Volantes*, Tese de Doutorado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal (2005).

CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. Caracterização reológica de argamassas pelo método de Squeeze Flow. In: SBTA, 6. Anais... Florianópolis, 2005.

CAVALCANTI FILHO, A. N. Contribuição ao controle tecnológico de concretos estruturais de cimento Portland em ambientes marítimos. São Paulo: USP. 2010. 334p. Dissertação Mestrado.

COSTA, M. R. M. M. Análise comparativa de argamassas colantes de mercado através de parâmetros reológicos. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo (SP), 2006.

DE LARRAD, F. Concrete mixture proportioning. In.: *Modern Concrete Technology Series*. London, p, 421, 1999.

FARIAS FILHO, J.; ROLIM, J. M. S.; TOLEDO FILHO, R. D. Potencialidades da metacaolinita e do tijolo queimado moído como substitutos parciais do cimento Portland. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.3, p.437- 444, 2000.

FELTRE, R. *Química Orgânica*. 6ª Edição. Moderna, 2004, 448 p.

GOMES, A. M.; NERO, J. M. G.; APPLETON, J. A. S. Novo método para a avaliação da trabalhabilidade e consistência das argamassas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, I. Goiânia: Anais, 2002. P. 83-91.

Lea, F. M. The chemistry of pozzolans. In: *Symposium on the Chemistry Of Cement, Proceedings...* Stockolm: Ingeniörsveteuskapsakademieu, p.460-490, 1938.

MARTINS, G. S. et al. Compósitos de poli (cloreto de vinila) reforçados com fibras de sisal. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 14, n° 5, p. 326-333, 2004.

MARTINS, M. A.; MATTOSO, L.H.C., *J. Appl. Polym. Sci.*, 91, p. 670 (2004).

- MATTANA, A. Jr. et al. Influência dos constituintes do revestimento de argamassa sobre as suas propriedades reológicas. Publicatio UEPG - Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias. Ponta Grossa, v. 19, n. 1, p. 33-44, jan/jun 2013.
- MOHR, B. J.; NANKO, H.; KURTIS, K. E. Aligned kraft pulp fiber sheets for reinforcing mortar. Cement and Concrete Composites, v.28, p.161-172, 2006.
- OLIVEIRA, M. P. DE; BARBOSA, N. P. Potencialidades de um caulim calcinado como material de substituição parcial do cimento Portland em argamassas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.490-496, 2006.
- RILEM - Research Laboratories for Materials and Construction. International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Construction. RILEM technical recommendations for the testing and use of construction materials. London: E & FN Spon, 1994.
- TANNER, R. I. Engineering rheology. Rev.ed. New York: Oxford Science Publications, , 1998.
- TOLEDO FILHO, R.D.; GHAVAMI, K.; ENGLAND, G.L; SCRINEVER, K. Development of vegetable fibre-mortar composites of improved durability. Cement 585 And Concrete Composites. V.25, N.2, p.185 - 196, 2003.
- TOLEDO FILHO, R. D.; SILVA, F. A.; FAIRBAIRN, E. M. R.; MELO FILHO, J. A. Durability of compression molded sisal fiber reinforced mortar laminates. Construction and Building Materials, v.23, n.6, p.2409-2420, 2009.