

A MOBILIDADE DOS SISTEMAS DE FIXAÇÃO DE PLACAS CIMENTÍCIAS DESTINADAS A VEDAÇÕES EXTERNAS

João Heitzmann Fontenelle⁽¹⁾; Vahan Agopyan⁽²⁾

(1) Mestre pela Escola Politécnica da USP, pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, e-mail: jhfonte@ipt.br

(2) Professor Doutor da Escola Politécnica da USP,
vahan.agopyan@poli.usp.br

Resumo

A utilização de placas cimentícias aplicadas em fechamentos externos de estruturas de steel frame ou como revestimento não aderido em vedações convencionais vem crescendo em várias partes do mundo. Estas placas cimentícias apresentam com características positivas tanto a sua produção industrializada, capaz de contribuir para a transformação da construção em direção a um processo mais rápido e com menos perdas, quanto a uma significativa redução do consumo de materiais extraídos do meio ambiente, possibilitando a produção de vedações com 30% da massa de uma alvenaria de blocos de concreto.

Apesar destas características positivas, algumas experiências de vedações executadas com estas placas cimentícias manifestaram problemas de manutenção de suas características físicas ao longo do tempo, apresentando fissuras localizadas principalmente nas juntas entre placas adjacentes. Parte destes problemas pode ser atribuída à variação dimensional destas placas em função das mudanças das condições higrotérmicas do ambiente onde estão inseridas. Os dispositivos de ancoragem destas placas à sua estrutura e as juntas entre placas adjacentes são os dois principais elementos que podem oferecer restrições a esta variação dimensional. Este artigo relata alguns resultados verificados durante o mestrado em engenharia civil realizado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Foram executadas algumas análises sobre os sistemas de ancoragem aparentes disponibilizados por fabricantes em diversas partes do mundo. O foco desta análise foi à verificação do comportamento destes dispositivos em relação à variação dimensional destas placas cimentícias. Foram propostos alguns parâmetros que permitiram uma comparação entre os diversos sistemas disponibilizados no mercado, constatando-se a existência de um número significativo de sistemas que possibilitam uma mobilidade igual ou maior a que seria necessária para atender a amplitude resultante da variação de entre o estado saturado e seco.

Palavras-chave: Vedações leves, sistema de fixação de placas cimentícias, variação dimensional por umidade.

Abstract

The use of fiber cement boards with external cladding in steel frame structures or as building envelope is growing in many parts of the world. These fiber cement boards have with positive characteristics have an industrialized production, contributing to transformation of the construction toward a faster process with less loss, and a significant reduction in consumption of materials taken from the environment, enabling the production with 30% by weight of a masonry block of concrete.

Despite these positive characteristics, some experiments carried out with the fiber cement boards expressed problems of maintaining their physical properties over time, with fissures located mainly at the joints between adjacent boards. Part of these problems can be

attributed to the dimensional variation of these in function of changes hygrothermal conditions where they are inserted.

The fixing devices of these fiber cement boards and the joints between them are the two main elements that can provide constraints on this variation dimensional. This paper reports some experiences observed during the master's degree in civil engineering done at Escola politécnica da Universidade de São Paulo. Some analysis of the apparent fixing systems provided by manufacturers in the world were done. The focus of this analysis was check the behavior of these devices in relation to the dimensional variation of these fiber cement boards. Parameters that allow compare various systems available in the market were proposed, noting the existence of a significant number of fixing systems that enable a mobility equal to or greater than necessary to meet the range of variation resulting from the saturated state and dry.

Keywords: Cladding buildings, fixing system of fiber cement board, dimensional variation.

1. INTRODUÇÃO

As placas cimentícias sofrem variações dimensionais em função de variações higrotérmicas (AKERS, 2010). Estas variações dimensionais costumam ter amplitudes maiores das que ocorrem nas estruturas de apoio destas placas e da própria estrutura do edifício.

Deste modo, o projeto de fixação destas placas cimentícias às suas respectivas estruturas de apoio deve levar em conta esta fenômeno, podendo-se considerar como premissa que o material resista às tensões geradas por esta restrição da variação dimensional, ou considerar mecanismos nos quais possam ocorrer deslizamentos em alguns pontos de ligação entre estes dois elementos, destinados à acomodação destas variações dimensionais.

Este artigo elabora uma análise de alguns sistemas de fixação aparentes divulgados comercialmente em diversas partes do mundo. O foco desta análise foi a verificação da existência de mecanismos que possibilitem o deslocamento dos pontos de fixação e de como estes mecanismos desempenham a sua função, de modo a proporcionarem o alívio de tensões em uma situação de variação dimensional da mesma. Este trabalho propõem alguns indicadores para servirem como comparativos entre os vários sistemas de fixação de placas cimentícias, sejam aparentes ou não, relacionando as propriedades dos materiais, a geometria do componente e a amplitude de mobilidade dos pontos de fixação com mecanismos de deslocamento.

Foram selecionados sistemas de fixação de placas cimentícias de empresas localizadas na Inglaterra, Dinamarca, Itália, Alemanha, Austrália e Estados Unidos da América e Brasil. A seleção foi baseada na disponibilidade de informações técnicas nos catálogos comerciais veiculados pela internet.

2. SISTEMAS DE FIXAÇÃO

O sistema de fixação ou ancoragem são os dispositivos que mantém a placa cimentícia em uma determinada posição, contribuindo para a transmissão das cargas proveniente e atuante sobre esta placa à estrutura secundária que a suporta. Os componentes ou produtos de união verificados para a fixação da placa cimentícia são os parafusos, rebites, buchas e selantes estruturais.

Conforme os próprios proponentes da tecnologia, a ancoragem pode ser basicamente dividida em sistemas de ancoragens aparentes, quando os elementos empregados para a fixação são

distinguíveis dos componentes que constituem a vedação. Já os sistemas de ancoragens invisíveis são quando os elementos utilizados para a fixação são revestidos ou não são perceptíveis pela face exterior destas placas cimentícias. Este artigo se limitará a análise teórica apenas dos sistemas de ancoragens aparentes.

2.2. SISTEMAS DE ANCORAGENS APARENTES

Os sistemas de ancoragens aparentes são os sistemas de fixação que empregam componentes de união passantes, isto é, que atravessam toda a espessura da placa cimentícia, mantendo a visibilidade de uma parte destes componentes de união pelo lado externo da vedação (Figura 1).

Os componentes de união mais frequentemente utilizados nestes sistemas de ancoragem aparentes são os parafusos e os rebites.



Figura 1: Exemplos de fixação aparente a: Sistema Naxo (ETERNIT, 2007); b: Fachada TEK- (PLYCEM,2005).

2.3. PONTOS DE ACORAGENS FIXOS E MÓVEIS

Apesar de apresentarem uma aparente homogeneidade entre todos os pontos de ancoragem, constatou-se que a maioria dos proponentes desta tecnologia considera a existência de duas tipologias distintas de fixação, denominadas genericamente de pontos fixos e pontos móveis.

Os pontos de ancoragem fixos são aqueles que não possibilitam deslocamentos entre a estrutura de fixação e a placa cimentícia. Os pontos de ancoragens móveis possibilitam algum deslocamento, com uma amplitude definida, entre a placa cimentícia e a estrutura a qual é fixada, apenas na ocorrência de solicitações paralelas a superfície da placa.

Esta diferença de comportamento é uma consequência da reação oferecida por este sistema de fixação. Nos pontos fixos de ancoragem, a reação às cargas provenientes da placa cimentícia será transmitida tanto pelo eixo quanto pela pressão entre o elemento sobre a superfície e o elemento de apoio (figura 2-a). Nos pontos de ancoragens móveis, por sua vez, a fixação da placa cimentícia é proporcionada principalmente pela pressão transversal a esta, exercida pela cabeça do componente de união e o perfil de apoio desta placa, existindo uma folga entre o eixo de elemento e a superfície do orifício da placa (figura 2-b).

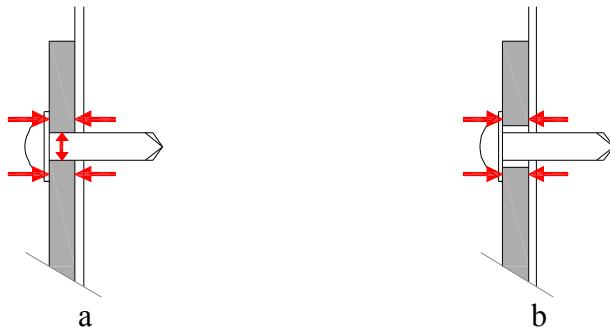


Figura 2: reações entre ancoragem e placa cimentícia no ponto fixo; a: ponto fixo; b: ponto móvel

A imobilidade de um ponto de ancoragem é decorrente da redução máxima da folga entre o diâmetro do parafuso ou haste do rebite e a superfície do perímetro do orifício na placa cimentícia. Isto pode ser obtido, conforme recomendações dos fabricantes analisados, pela inserção de algum elemento de cilíndrico ao redor do parafuso ou rebite, de modo a alargar o seu diâmetro, ou pela execução de um orifício com um furo com diâmetro exatamente igual ao do parafuso ou rebite.

A mobilidade de um ponto de ancoragem é resultante de um conjunto características dos componentes de união empregados e das interfaces deste componente com a placa cimentícia, sendo necessário que:

- O componente de união, ou algum elemento intermediário acoplado a este, deve possuir na interface com a placa uma superfície paralela à direção do deslocamento decorrente desta variação dimensional;
- Deve existir uma folga entre o eixo do componente de união e a superfície perimetral do orifício existente na placa cimentícia, de modo a possibilitar o deslocamento;
- No processo de montagem, todos os elementos de união devem ser posicionados o mais próximo possível do eixo do orifício, evitando que tangenciem orifício da placa cimentícia, o qual resultaria em uma restrição ao sua movimentação nesta direção.

Esta fixação exercerá uma restrição a qualquer esforço no sentido transversal a superfície da placa. O deslocamento desta em relação a sua estrutura ocorrerá quando a expansão desta placa exercer uma tensão suficiente para romper o atrito entre estes componentes e possibilitar o deslizamento entre estes.

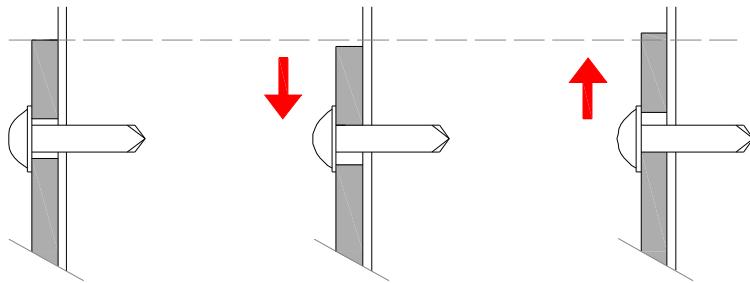


Figura 3: deslocamento entre a placa cimentícia e o apoio nos pontos de ancoragens móveis

2.4. APLICAÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE ANCORAÇÕES

Esta combinação de pontos de ancoragens móveis e pontos de ancoragens fixos pode ser justificada pela seguinte constatação: Se por um lado, a utilização de todos os pontos de

ancoragem fixos pode proporcionar tensões pela restrição da variação dimensional da placa cimentícia, por outro, a utilização de todos os pontos com possibilidade de deslocamento poderia fazer com que estas placas se desalinhem, ou que se aproximem mais de uma borda do que a de outra, comprometendo a aparência da fachada (figura 4).

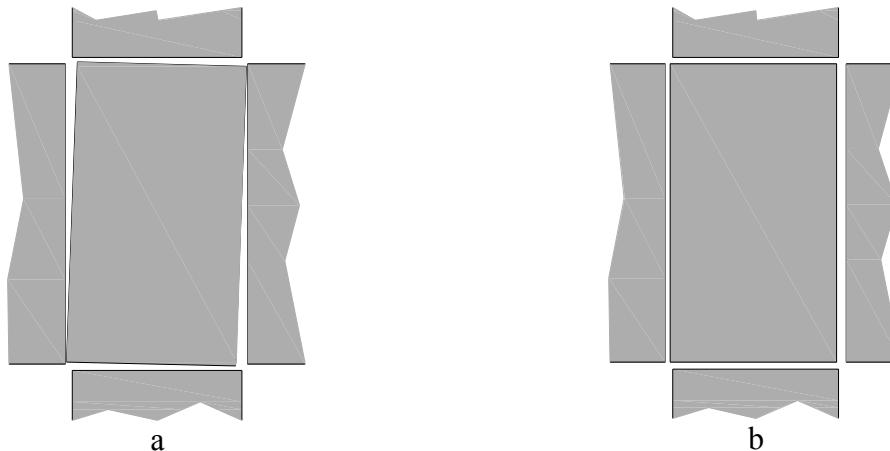


Figura 4: possíveis variações decorrentes da aplicação exclusiva de ancoragens móveis; a: rotação da placa; b: variação da largura da junta.

Constatou-se que a maioria dos proponentes da tecnologia recomenda a existência de dois pontos fixos por placa cimentícia, geralmente posicionados próximos entre si e na região central da placa. Estes dois pontos de ancoragem fixos são suficiente para evitar uma alteração do posicionamento previsto. Enquanto a existência de um ponto fixo eliminaria a possibilidade de deslocamento horizontal ou vertical, a existência do segundo ponto eliminaria a possibilidade de alguma rotação sobre o eixo do primeiro ponto fixo.

A preferência pelo posicionamento destes pontos fixos na região central pode ser justificada por ser a posição que pode proporcionar a redução da amplitude de variação necessária dos pontos de ancoragens móveis localizados nas bordas mais distantes da placa. Esta conclusão pode ser obtida comparando-se a expansão de duas placas cimentícias com as mesmas propriedades de variações térmicas, mas com pontos de ancoragens fixos diversamente posicionados. Na placa “a” foi considerado um ponto fixo localizado na área central. Na placa “b” foi considerado um ponto fixo localizado na borda superior. Ao sofrer uma mesma variação higrotérmica, ambas as placas terão a mesma variação dimensional total, mas a amplitude de variação dimensional das bordas inferiores e superiores da situação 1 (figura 5a) será a metade da amplitude de variação dimensional da borda inferior da situação 2 (figura 5b). Este posicionamento afeta diretamente a amplitude de deslocamento que o mecanismo do ponto de ancoragem móvel deve oferecer.

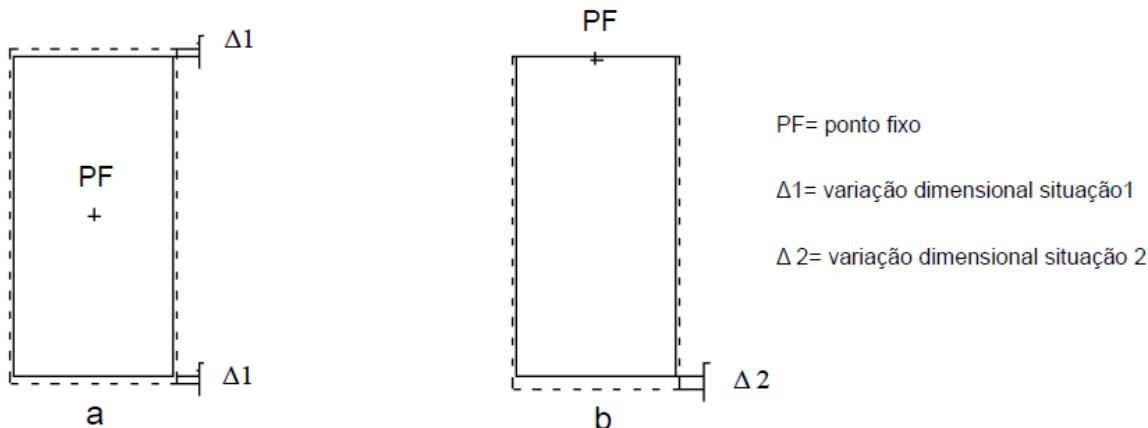


Figura 5: variação da amplitude em função da localização do ponto fixo

Além da constatação da existência de mecanismos de deslocamento, das tipologias de fixação e de sua distribuição, este artigo propõe verificar a relação da amplitude dos pontos de ancoragens móveis com a amplitude de deslocamento que a placa cimentícia apresentaria em função da variação de seu estado de umidade, verificando a correlação entre estes fatores.

3. AMPLITUDE DE DESLOCAMENTO MÁXIMA TEÓRICA

Foi adotada para este trabalho a denominação de “Amplitude de deslocamento máxima teórica” para a maior amplitude de deslocamento ocorrida entre todos os pontos de ancoragem de uma placa cimentícia submetida à variação do seu teor de umidade entre o estado saturado e seco. Optou-se pela variação do seu teor de umidade por ser a variável que resulta a maior amplitude de variação dimensional em comparação com a decorrente da mudança de temperatura da placa. Atribuiu-se a denominação “teórica” pelo fato de que a placa cimentícia em situação normal de uso não atinge usualmente os extremos de saturação ou secagem obtidos em laboratório para a elaboração deste índice.

O comprimento a ser considerado para a determinação da amplitude de variação dimensional foi a distância entre algum ponto móvel e o ponto fixo mais próximo do ponto avaliado. Como todos os pontos de ancoragem móveis costumam ter dispositivos de deslocamento com a mesma amplitude, adotou-se o valor máximo como o valor de referência para ser aplicado em todos os pontos móveis da placa, ou seja, o resultado obtido pela maior distância entre um ponto fixo e um ponto móvel existente em uma placa cimentícia. Este valor foi denominado de Amplitude de deslocamento máxima teórica. Na tabela 1 pode-se verificar os valores das placas utilizadas pelos sistemas construtivos analisados.

Tabela 1: Amplitude de deslocamento dos pontos de ancoragens de algumas placas cimentícias

Empresa	Dimensões da placa (mm)	Distância máxima ponto fixo – ponto móvel (mm)	Variação dimensional (mm/m)	Amplitude de deslocamento máxima teórica (mm)
A	1250 x 3050	1546	3,0	4,64
B	610 x 2440	1155	1,5	1,73
C	1200 x 2400	1265	2,0	2,53
D	1500 x 3100	1615	1,0	1,62
E	1220 x 3050	1301	2,5	3,25

4. AMPLITUDE DE DESLOCAMENTO PERMITIDA

A “amplitude de deslocamento permitida” pelo ponto móvel em um sistema de ancoragem é o quanto pode ocorrer de deslocamento neste ponto com o mínimo de reação à placa cimentícia, isto é, que a reação seja decorrente unicamente do atrito entre os componentes de união e a placa cimentícia. No caso dos sistemas de ancoragens aparentes, a amplitude de deslocamento permitida ($Ad(perm.)$) é a folga existente entre o diâmetro do parafuso e o diâmetro do orifício executado na placa cimentícia. Este valor corresponde à variação máxima do deslocamento entre a placa cimentícia e o seu apoio. Na tabela 2 foram copilados os dados referentes aos sistemas de fixação analisados.

Tabela 2: amplitude de deslocamento permitida pelos sistemas de fixação propostos

Empresa	Componente de união	Ø parafuso / haste	Ø orifício	Amplitude de deslocamento permitida
A	Parafuso	4,8mm	8,0mm	3,2mm
	Rebite	4,0mm	9,0mm	5,0mm
B	Rebite	4,0mm	9,0mm	5,0mm
C	Rebite	7,9mm	10,0mm	2,1mm
D	Rebite	4,0mm	9,5mm	3,5mm
E	Rebite	4,0mm	9,5mm	5,5mm

5. ÍNDICE DE MOBILIDADE ATENDIDA

O **índice de mobilidade atendida** (*Ima*) é a divisão da **amplitude de deslocamento permitida** ($Ad(perm.)$), ou seja, o quanto o mecanismo de deslocamento permite movimentar, pela **amplitude de deslocamento máximo teórico** ($Ad(max.t)$), que é o quanto o ponto movimenta em função da variação de umidade máxima. Adotou-se com unidade deste valor a porcentagem de um em relação ao outro.

Tabela 3: índice de mobilidade atingida dos sistemas de fixação analisados

Empresa	Componente de união	Índice de Mobilidade Atingida
A	Parafuso sobre perfil	69,0%
	Rebite sobre perfil	107,98%
B	Rebite sobre perfil	288,6%
C	Rebite sobre perfil	83,0%
D	Rebite sobre perfil	216,7%
E	Rebite sobre perfil	169,1%

Este índice relaciona algumas variáveis do projeto que podem influir no desempenho esperado para esta movimentação. Estas variáveis são a propriedade do material do componente, ou seja, a sua variabilidade dimensional em função das condições externas, a dimensão modular deste componente que determina a distância entre pontos fixos e móveis. Por este ponto de vista, uma placa com grande variabilidade dimensional, mas modulada para possuir uma distância entre o ponto fixo e móvel adequada à amplitude de variação da ancoragem móvel possui um *Índice de Mobilidade Atendida* maior que uma placa que tenha uma pequena variação dimensional, mas com uma dimensão entre os pontos fixos e móveis

que resultem em uma variação maior que a permitida pela amplitude do ponto de ancoragem móvel, ou que seja ancorada por um sistema com mobilidade reduzida.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este número consiste em uma referência para comparação entre sistemas de ancoragens propostos pelos fornecedores, não existindo um valor específico a partir do qual o sistema estaria atendendo satisfatoriamente as necessidades de mobilidade. Em teoria, um índice de atendimento de 100% seria suficiente para garantir a mobilidade requerida sem que sejam geradas tensões sobre a placa cimentícia. Na prática haverá o aparecimento de tensões sobre a placa em função da necessidade de se superar o atrito entre as superfícies desta e do componente de conexão para o deslocamento entre estes. Estas tensões contribuem para reduzir a amplitude de deslocamento desta placa quando submetida a uma variação da umidade, reduzindo o valor necessário deste índice para se atender à mobilidade durante as condições de utilização. Por outro lado, outras variáveis podem contribuir para o aumento do valor deste índice. As imprecisões no momento da montagem tendem a reduzir a amplitude permitida pela ancoragem, sendo necessário considerar um índice mais elevado para incluir as tolerâncias de montagem. Outro fator que contribuiria para a necessidade de se adotar um índice maior é a dimensão da placa no momento da fixação desta à estrutura de apoio. Em função de variações de umidade e temperatura no momento da fixação, os pontos de ancoragem podem estar em posições diferentes das definidas em projeto com ponto médio. Por último, é importante considerar que a mobilidade do ponto de ancoragem não deve atender exclusivamente à variação dimensional decorrente da variação higrotérmica, mas a todas as movimentações possíveis, conforme constam na ASTM 1472 (ASTM, 2000). O objetivo de se apurar este índice é poder comparar sistemas e verificar a existência de relações destes dados com o projeto e desenvolvimento dos mecanismos de deslocamentos propostos.

Este artigo põe em evidência a existência e o funcionamento dos dispositivos de absorção das variações dimensionais das placas cimentícias aplicados por algumas empresas em várias partes do mundo. A verificação do emprego de dispositivos de compensação leva a um questionamento dos efeitos a médio e longo prazo dos sistemas de fixação que não consideram esta mobilidade, adotando-se como pressuposto que a tensão será suportada pelo material. Mesmo estando com valores abaixo da tensão que poderia levar a uma ruptura deste componente, no caso as placas cimentícias, esta variação possui um comportamento cíclico, possibilitando a ocorrência de falhas decorrentes da fadiga do material que o constitui. Ressalta-se com este artigo a necessidade de aprofundamento nos estudos de durabilidade de sistemas estáticos de fixação da vedação, de modo a possibilitar a verificação do efeito desta opção após uma maior quantidade de ciclos de variação dimensional.

7. REFERÊNCIAS

- AKERS, S. A. S; PARTL M. Hygral and thermal expansion/shrinkage properties of asbestos-free fibre cement. **Cement and Concrete Composites**, vol 12, edição 4, p. 19-27, 1990.
- AKERS, S. A. S. Craking in fibre cement products. **Construction and Building Material**, vol.24, edição 1, p. 202-207, 2010.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 1472**: Standard guide for calculating movement and other effects when establishing sealant joint width. ASTM Committe C24, West Conshohocken, 2005.
- ETERNIT. **Cladding with Fibre Cement – Planing & Installation**. Berlim, Alemanha, 2007, 74 p. Disponível em <www.ternit.de>. Acessado em 03 de maio de 2011.

FONTENELLE, J. H. Sistema de fixação e juntas em vedações verticais constituídas por placas cimentícias: Estado da arte, desenvolvimento de um sistema e avaliação experimental. 2012. 221p. Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PLYCEM. Guia de aplicaciones – Capítulo 5: Paredes Exteriores. Estados Unidos. 2^a versão, 2005, 47 p. Disponível em <www.plycem.com>. Acessado em 06 de setembro de 2010.

8. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES - pela concessão de bolsa durante a realização do mestrado.