

ESTUDO DA RETRAÇÃO AUTÓGENA EM PASTA DE CIMENTO PORTLAND COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DO POLIMENTO DO PORCELANATO

Flávia Cauduro (1); Fernando Pelisser (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)flaviacauduro@hotmail.com, (2)fep@unescc.net

RESUMO

Descoberta em 1920, a retração autógena tornou-se um agente causador de patologias a partir de 1990 com o desenvolvimento dos CAD's. Ocasionada pela hidratação do cimento Portland sem sofrer influência do meio externo, ou seja, não é resultante da troca de umidade ou temperatura, ou de esforços na estrutura. O presente estudo propõe o uso de um resíduo industrial na composição do cimento Portland para reduzir a *retração autógena*. O Resíduo do Polimento do Porcelanato é proveniente da indústria cerâmica, constituído pelo desgaste da superfície do porcelanato e da pedra abrasiva. O ensaio foi desenvolvido em bancada de retração autógena com transdutores de deslocamento, foram ensaiadas duas composições em intervalos de 20 segundos durante aproximadamente 11 dias. Nos resultados observam-se de forma definida as três fases da retração autógena e a tendência de redução da mesma na mistura com adição de RPP.

Palavras-Chave: retração autógena, resíduo do polimento do porcelanato.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da tecnologia de materiais da construção civil é motivado pela necessidade de atender os desafios encontrados na construção de cada nova obra. A partir das necessidades evoluiu-se e atendem-se os produtos para a finalidade requerida e assim ocorrem os avanços científicos.

Um destes desafios é o abordado neste trabalho, descoberta em 1920, a *retração autógena* tornou-se um agente causador de patologias a partir de 1990 com o desenvolvimento dos Concretos de Alto Desempenho, os CAD's, que utilizam concretos com baixas relações água/cimento (Hasparyk, et al., cap.22, 2007).

A retração autógena é ocasionada pela hidratação do cimento Portland, sem qualquer influência externa. Não ocorre nem ganho nem perda de massa, não



desenvolve gradiente de umidade ou temperatura e não é resultado de cargas externas.

Ocorre pela soma de duas retrações: uma é chamada de contração de *Le Chatelier*, também conhecida como retração química, sendo a redução de volume dos materiais constituintes da pasta de cimento, considerando que o cimento anidro e a água tem um volume maior do que o composto de cimento hidratado; A outra retração é chamada de autosssecagem, é responsável pelo maior percentual da retração autógena, ocorre quando o processo de hidratação do cimento succiona a água adsorvida para a hidratação, provocando uma tensão capilar no interior dos poros que gera a aproximação das partículas de cimento hidratado.

Com a proposta de reduzir a retração autógena buscou-se por materiais que apresentam bons resultados quando adicionados na pasta de concreto e optou-se pelo menos estudado até o momento e encontrado em abundância na região sul de Santa Catarina, o *Resíduo do Polimento de Porcelanato (RPP)*.

O RPP é um dos principais resíduos da Indústria Cerâmica, sendo descartado na forma de lama em aterros sanitários aproximadamente mil toneladas por mês somente na região produtora do sul de Santa Catarina (Jacoby & Pelisser, 2011). O RPP é proveniente do processo de polimento superficial do porcelanato, constituído pelo desgaste da superfície do porcelanato e da pedra abrasiva.

Nos estudos realizados por Jacoby & Pelisser (2011), o uso do RPP apresentou melhoria das propriedades da argamassa e permitiu atingir resistência à compressão superior a 18% na idade de 84 dias com redução de 20% do consumo de cimento, levando a um índice de eficiência de consumo de cimento de 7,5kg por MPa por metro cúbico de concreto. Este resultado foi atribuído ao efeito pozolânico do RPP. Jacoby & Pelisser (2011) afirmam que: “O resíduo apresenta, ainda, potencial para melhorar propriedades importantes para argamassas, como retenção de água, melhorando os índices de retração e, conseqüentemente, a resistência à propagação de fissuras em revestimentos”. Mehta & Monteiro (2008), afirmam que a utilização de materiais pozolânicos reduz a porosidade e a permeabilidade, aumentando a resistência e durabilidade do concreto.

Segundo a classificação de resíduos sólidos, NBR 10.004/2004, o RPP é classificado como um resíduo Classe II A – Não inerte, ou seja, um resíduo não danoso que pode apresentar propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

O presente trabalho tem o objetivo de estudar um resíduo para melhorar a eficiência de materiais para construção civil à base de cimento e contribuir para a reciclagem de resíduos industriais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo se baseou na NBR 12.650/1992 e na metodologia adotada por Batiston (2007) para ensaio da retração autógena. O ensaio foi desenvolvido em bancada de retração autógena, figura 01, com transdutores de deslocamento (lvdts) com precisão de $(1 \pm 1) \mu\text{m}$.

Figura 01 – Bancada de retração autógena.



Foram definidas duas composições; sendo uma 100% da mistura em cimento-CPV-RS, e outra com substituição de 20% do volume de cimento em adição de RPP (tabela 02). Utilizou-se para as duas formulações água deionizada com relação a/agl de 0,34 e aditivo superplastificante à base de policarboxilato (1% em relação à massa de cimento), conforme pode-se verificar na tabela 01.

Tabela 01 – Formulações ensaiadas.

Materiais	F1	F2
RPP	20%	-
Cimento	80%	100%
a/agl	0,34	0,34

Tabela 02 – Análise química do RPP, % em massa.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	TiO ₂	ZnO	P ₂ O ₅	Perda ao fogo
66,7	20,4	2,4	1,7	3,1	2,4	1,1	0,7	0,2	0,1	0,5

Fonte: Pelisser et al., 2012.

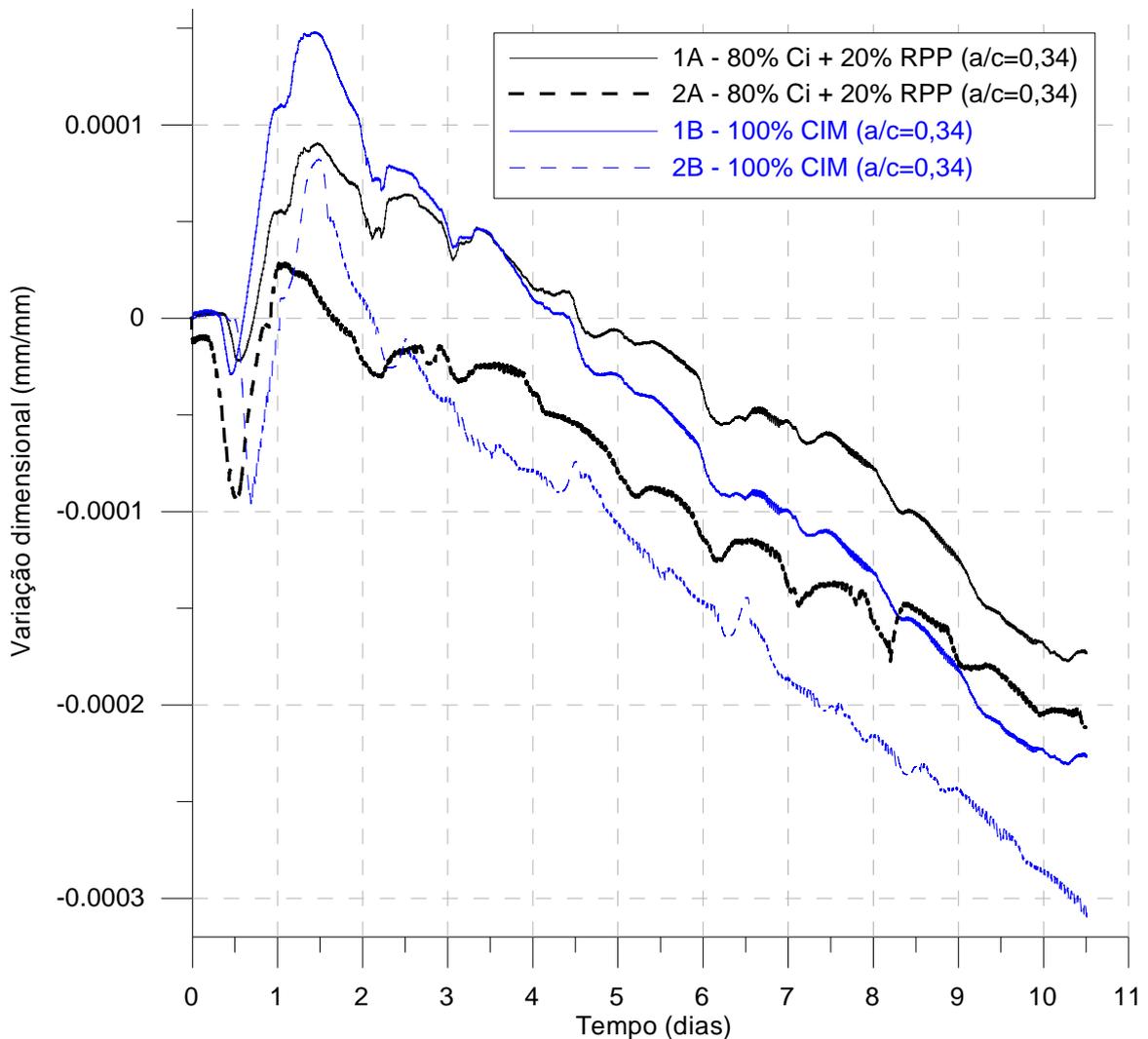
Segundo análise química, tabela 02, o RPP está em acordo com as especificações das normas ASTM C618/05 e NBR 12.653/1992 para classificação de materiais pozolânicos, apresentando composição superior a 70% de SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃. Na análise química também é observado elevado percentual de álcalis (Na₂O e K₂O) não aconselhado para ser utilizado em concretos sujeitos a reações deletérias álcali-agregados graúdos com a presença de sílica amorfa (Jacoby & Pelisser, 2011).

Para realização do ensaio as formulações foram pesadas, misturadas e moldadas em formato prismático e dimensões de (25x25x255) mm, dois corpos-de-prova para cada formulação. Os corpos-de-prova foram selados, garantindo que toda a retração medida constitua a resultante da retração autógena, e em seguida iniciou-se o ensaio. A massa dos corpos-de-prova foi medida para monitoramento da possível retração por secagem. A temperatura do ambiente de ensaio foi mantida em (20 ± 1) °C. As leituras foram realizadas em intervalos de 20s durante aproximadamente 11 dias para as duas formulações. Os valores obtidos nas medições foram calculados, conforme NBR 12.650/1992, obtendo-se o valor percentual da retração autógena.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos ensaios, apresentados no gráfico 01, mostram que as duas composições apresentam semelhante curva de variação dimensional. Podem-se observar três diferentes estágios: primeiro uma pequena retração no primeiro dia, seguida por uma expansão e por uma retração crescente.

Gráfico 01 – Resultados, valores em mm/mm.



De acordo com os estudos de Balthar (2004) a retração autógena é caracterizada por três fases:

- Primeira retração, ou retração inicial, ocorre após o início de pega (2 a 3 horas após a mistura) e está associada ao início das reações de hidratação e à chamada contração de *Le Chatelier*, que é a contração originária do fato de que o volume de hidratos formados é inferior ao volume de produtos não hidratados mais a água;
- Período de expansão, ocorre entre 4 e 10 horas após a mistura, e pode se estender até 10 - 20 horas. Esta expansão ocorre devido à formação e precipitação de grandes cristais de etringita durante a pega;

- Segunda retração, ou retração por autosssecagem, tem início após a pega e para quando toda a hidratação do cimento está concluída. É responsável por grande parte da retração autógena.

O período de expansão tem ainda outra teoria, é também justificado pela dilatação térmica da pasta de cimento, já que as reações de hidratação do cimento são exotérmicas (Nunes, 2006).

As mesmas fases encontradas por Balthar (2004) foram encontradas neste estudo e podem ser vistas no gráfico 01. Com isto, vê-se que os resultados obtidos conferem com o esperado para a medida de retração autógena.

A perda de massa dos corpos-de-prova durante o período de ensaio foi inferior a 0,03%.

Os valores da retração autógena, tabela 03, mostram que há tendência de redução da retração autógena com a utilização do RPP. A composição com substituição de 20% do volume do cimento por RPP apresentou média de 29,56% de redução da retração autógena.

Tabela 03 – Resultados percentuais da retração autógena.

Formulações	Ensaio 01(%)	Ensaio 02(%)	Média (%)	Desvio Padrão (%)
80% cimento + 20% RPP	-0,017	-0,020	-0,019	0,003
100% cimento	-0,023	-0,031	-0,027	0,008

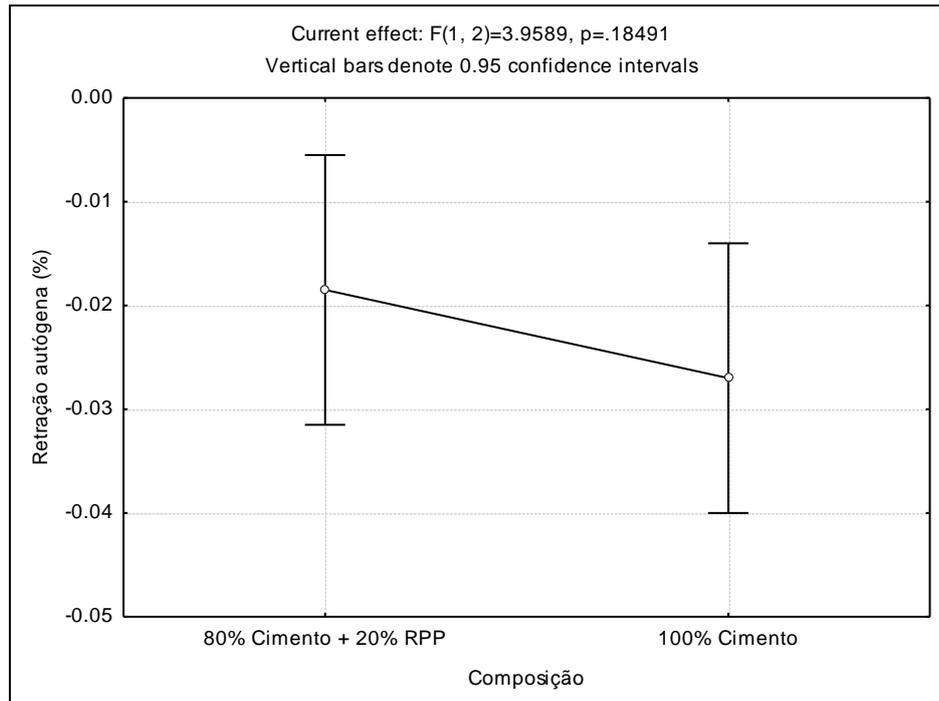
A tendência observada de redução da retração autógena é explicada por dois fatores:

- Primeiro, a ação pozolânica do RPP que promove reações mais lentas e o fenômeno conhecido como “cura interna”, os materiais pozolânicos têm como característica adsorver significativas quantidades de água em sua superfície que é liberada para o meio durante a hidratação do cimento e reduz a tensão capilar entre os grãos (Fontes, 2008);
- Segundo, que na composição com 20% de substituição do cimento tem-se o efeito da diluição do cimento na mistura, pois a mistura tem menor quantidade de cimento, ou seja, quanto menor o teor de cimento, menor o poder de ação do mesmo.

No gráfico 02, vê-se o coeficiente p com confiabilidade de 95% apresentando valor superior ao desejado de 0,05. Mostrando que mesmo os

resultados terem apresentado a tendência de redução da retração autógena, esta redução não se apresentou conforme desejado pela estatística.

Gráfico 02 – Verificação estatística dos valores da retração autógena.



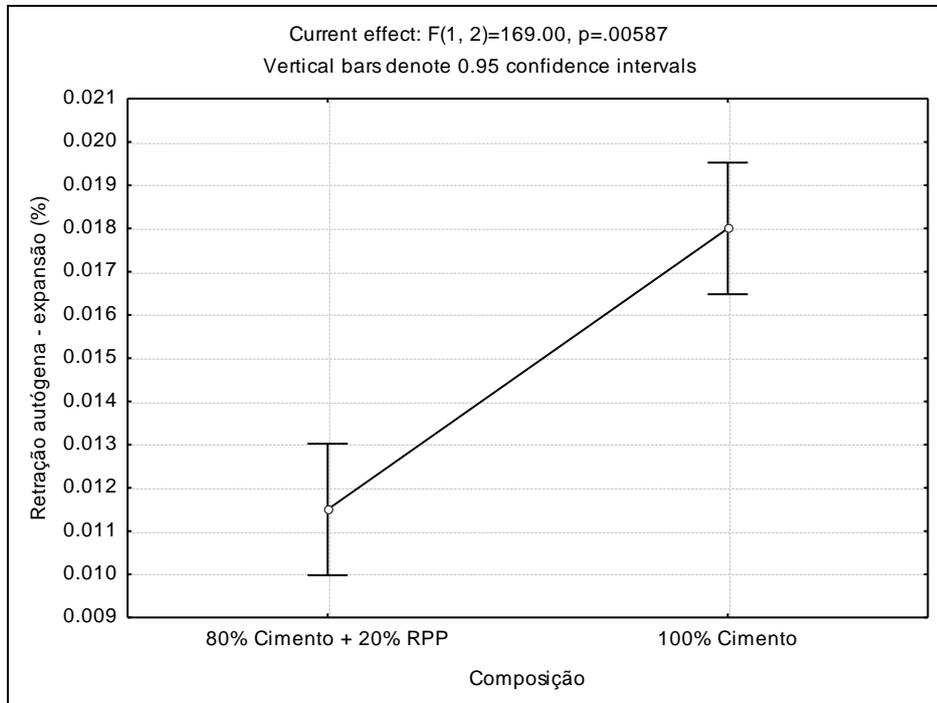
Analisando os valores da curva de retração autógena por fases é possível ver a influência do uso do RPP. Conforme tabela 04, vê-se a variação dimensional na 2ª fase ou fase de expansão da mistura.

Tabela 04 – Resultados percentuais da retração autógena - Fase expansão.

Formulações	Ensaio 01(%)	Ensaio 02(%)	Média (%)	Desvio Padrão (%)
80% cimento + 20% RPP	0,011	0,012	0,012	0,0009
100% cimento	0,018	0,018	0,018	0,0003

Vê-se que nesta fase a mistura com RPP teve redução de 33,45% da expansão comparando com a mistura de 100% de cimento. No gráfico 03, apresenta estatisticamente que o RPP é válido na redução da expansão da mistura nos primeiros dias de idade. Pois, com confiabilidade de 95% o coeficiente $p = 0,006$, inferior ao mínimo de 0,05.

Gráfico 03 – Verificação estatística dos valores da retração autógena -
Fase expansão.

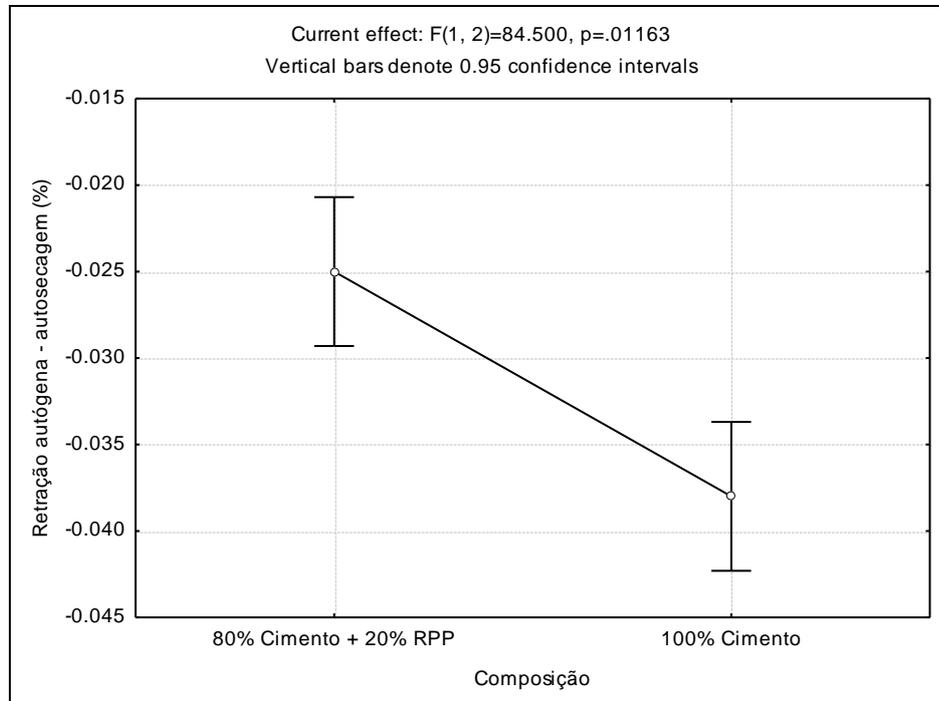


Analisando os valores da 3ª fase ou autosssecagem, conforme tabela 05, vê-se uma redução de 33,91% da retração da pasta de cimento quando usado 20% de RPP na mistura. No gráfico 04, estatisticamente comprova-se a influência do uso do RPP na redução da autosssecagem. Com confiabilidade de 95% e valor de $p = 0,01$, inferior ao mínimo de 0,05.

Tabela 05 – Resultados percentuais da retração autógena – Fase autosssecagem.

Formulações	Ensaio 01(%)	Ensaio 02(%)	Média (%)	Desvio Padrão (%)
80% cimento + 20% RPP	-0,026	-0,024	-0,025	0,002
100% cimento	-0,037	-0,039	-0,038	0,001

Gráfico 04 – Verificação estatística dos valores da retração autógena - Fase autossecação.



Observando os resultados por fases, vê-se menor expansão e menor retração na mistura com RPP, quando comparada com a amostra de 100% de cimento. A mistura de 100% de cimento tem reações mais rápidas e sem o efeito da ação pozolânica. Já a mistura com RPP tem ação pozolânica que gera reações mais lentas e o efeito da “cura interna”, gerada pela adsorção superficial de água nas partículas de RPP que é liberada durante a hidratação da pasta de cimento. Por isto, deduz-se que as reduções da expansão e da autossecação da pasta de cimento com adição do RPP ocorre pela ação pozolânica atribuída ao RPP e a diluição do cimento na mistura.

4. CONCLUSÕES

O estudo possibilitou visualizar o comportamento da retração autógena desde as primeiras horas até aproximadamente 11 dias de idade e em curtos intervalos de tempo. Pode-se medir com nitidez as três fases da retração autógena e a diferença da mesma em pastas de cimento com e sem adição de RPP.

A formulação com substituição de 20% do volume de cimento por RPP apresentou tendência de redução média de 29,56% da retração autógena, estatisticamente o resultado apresentou valor de $p > 0,05$ com confiabilidade de 95%. Quando analisado por fase, vê-se que o uso do RPP reduz a expansão, em 33,45%, e a autosssecagem, em 33,91%, com coeficientes $p < 0,05$ para a confiabilidade estatística de 95%.

Inferindo os resultados com o percentual de substituição de cimento, pois o estudo mostra que o percentual de redução da retração autógena é maior que o percentual de substituição de cimento, concluí-se que a substituição de cimento por RPP contribui de forma positiva na redução da retração autógena.

O fato de 20% de cimento ser substituído por um resíduo industrial e a mistura apresentar tendência de melhoria das características técnicas requeridas, baseando-se neste estudo e nos estudos de Jacoby & Pelisser (2011) e de Pelisser et al. (2012), mostra que o RPP pode ser utilizado pela indústria cimentícia reduzindo custos e promovendo a reciclagem do resíduo sem prejudicar as características técnicas do material.

5. REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos Sólidos – Classificação**: NBR 10.004. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Materiais Pozolânicos - Determinação Da Variação Da Retração Por Secagem Devida À Utilização De Materiais Pozolânicos**: NBR 12.650. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Materiais pozolânicos - Especificação**: NBR 12.653. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
4. ASTM C-618. **Standard Specification For Coal Fly Ash And Raw Or Calcined Natural Pozzolan For Use In Concrete**. Philadelphia, 2005.
5. BALTHAR, V. K. B. L. **Retração Autógena E Evolução De Propriedades Mecânicas De Pastas Pozolânicas**. Dissertação – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2004.
6. BATISTON, Eduardo Roberto. **Estudo Exploratório dos Efeitos de Nanotubos de Carbono em Matrizes de Cimento Portland**. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, SC. 2007.



7. FONTES, Cintia Maria Ariani. **Utilização Das Cinzas De Lodo De Esgoto E De Resíduo Sólido Urbano Em Concretos De Alto Desempenho.** Tese de Doutorado (Engenharia Civil) – COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 2008.

8. HASPARYK, Nicole Pagan; LOPES, Anne Neiry M.; ANDRADE, Moacir A. S.; SANTOS, Sérgio Botassi. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: IBRACON. 2007. Volume 2, cap.22.
9. JACOBY, Pablo Cardoso; PELISSER, Fernando. **Utilização Do Resíduo Do Polimento De Porcelanato Na Produção De Materiais Cimentícios.** Prêmio Odebrecht – Compilação dos melhores projetos. 2011, p. 08-23.
10. MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais.** São Paulo: IBRACON, 2008.
11. NUNES, Nelson Lúcio. **Contribuição Para A Aplicação Do Concreto Reforçado Com Fibras De Aço Em Elementos De Superfície Restringidos.** Tese – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.
12. PELISSER, Fernando; STEINER, Luiz Renato; BERNARDIN, Adriano Michael. **Recycling of Porcelain Tile Polishing Residue in Portland Cement: Hydration Efficiency.** ASC Publications. 2012.