

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE POZOLÂNICA DO LODO DE PAPEL

EVALUATION OF POZOLANIC ACTIVITY OF PAPER SLUDGE

Adriano Rodrigues da Silva¹

Giane Crisane Caon²

Kathleen Dall Bello de Souza Risson³

Resumo: A reciclagem do papel é um dos métodos que contribui para a preservação do meio ambiente, porém seu processo tem por consequência a geração de um resíduo denominado lodo de papel. Esse resíduo, dependendo de sua composição, quando lançado indevidamente em solos e aterros sanitários, poderá prejudicar o meio ambiente e a saúde dos seres vivos. Tendo em vista uma destinação ecologicamente correta para o lodo de papel e visando a busca da reutilização de materiais, este trabalho tem como objetivo verificar o índice atividade pozolânica do lodo de papel com o cimento Portland. Efetuou-se a calcinação nas temperaturas de 600 °C, 750 °C e 900 °C por 2 horas. Posteriormente o resíduo foi moído e peneirado em uma malha com abertura 0,075mm (75µm). De acordo com a NBR 5752 (2014), produziu-se uma argamassa sem adição do resíduo, sendo denominada argamassa de referência e outras três com a adição de 25% de lodo de papel em substituição ao cimento Portland. Após o ensaio de resistência à compressão nas quatro argamassas, obtiveram-se os valores de índice de desempenho 79%, 55% e 44% em relação à argamassa de referência, para a adição de lodo a 600 °C, 750 °C e 900 °C respectivamente. De acordo com a NBR12653 (2012), o índice de atividade pozolânica da amostra em relação à argamassa de referência tem que ser $\geq 75\%$, ou seja, o lodo de papel calcinado a 600 °C é considerado um material pozolânico.

Palavras-chave: Lodo de papel reciclado, material pozolânico.

Abstract: The recycling of the paper is one of the methods that contributes to the preservation of the environment, however its process has for consequence the generation of a residue denominated paper mud. That residue, depending on its composition, when thrown improperly in soils and sanitary embankments, it can harm the environment and the alive beings' health. Having an ecologically in view a destination correct for the paper mud and aimed at the search of the reuse of materials, this work has as objective verifies the index of pozzolanic activity of the paper mud with the Portland cement. The calcination was effected in the temperatures of 600 °C, 750 °C and 900 °C for 2 hours. Subsequently the residue was ground and sieved in a mesh with openness 0,075mm (75µm). According to NBR 5752 (2014), was produce a mortar without addition of the residue, being denominated reference mortar and another three with the addition of 25% of paper mud in substitution to the Portland cement. After the resistance test to

¹ Bacharel em Engenharia Civil, Centro Universitário Dinâmica das Cataratas – adriano.rds@hotmail.com.br

² Bacharel em Engenharia Civil, Centro Universitário Dinâmica das Cataratas – gyanecaon@hotmail.com

³ Mestre em Engenharia Civil, Centro Universitário Dinâmica das Cataratas – kathleen.risson@gmail.com

the compression in the four mortars, the values of 79%, 55% and 44% performance index were obtained in relation to the reference mortar for the addition of slurry at 600 ° C, 750 ° C and 900°C respectively. According to NBR12653 (2012), the index of pozzolanic activity of the sample in relation to the reference mortar has to be $\geq 75\%$, which means, paper mud calcined at 600 ° C is considered a pozzolanic material.

Keywords: Recycled paper sludge, pozzolanic material.

1 INTRODUÇÃO

Para a diminuição da emissão dos poluentes e a redução da extração de matéria prima, a construção civil vem buscando novos materiais que tem por finalidade a minimização dos mesmos. Um dos processos que contribui para a preservação do meio ambiente é a reciclagem do papel, porém, seu processo tem por consequência a geração de um resíduo denominado lodo de papel, composto este formado basicamente de caulim e celulose.

LÉBEIS (2003) diz que a cada 1000 quilos de papel reciclado gerado, cerca de 100 quilos de lodo de papel, este valor pode variar dependendo do processo de reciclagem. Além dessa geração de lodo de papel ser significativa para o meio ambiente, muitas empresas não fazem uma destinação correta a esse resíduo, lançando indevidamente em solos e aterros sanitários no qual podem contaminar os lençóis freáticos, além de liberar gases tóxicos ao ar prejudicando a saúde do ser humano.

Tendo em vista uma destinação ecologicamente correta para o lodo de papel e visando a busca da reutilização de materiais, o presente artigo tem por objetivo verificar o índice de atividade pozolânica do lodo de papel calcinado em diferentes temperaturas, substituindo uma porcentagem de cimento pelo lodo de papel na confecção de argamassas, tendo em vista que o mesmo pode ser utilizado em concreto, blocos cerâmicos, telhas entre outros.

2 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo é apresentado o embasamento teórico, métodos utilizados para a realização dos ensaios, assim como, os resultados obtidos e análise dos mesmos.

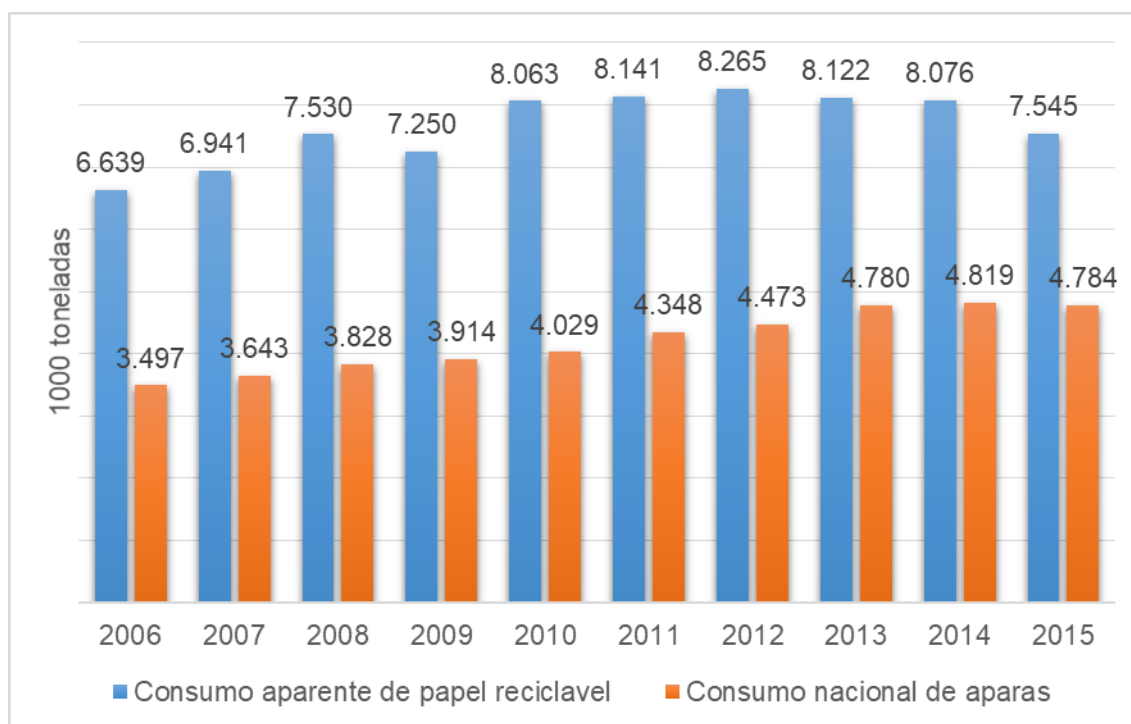
2.1 Base teórica

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2016) a geração de resíduos tem trazido várias consequências negativas, como: elevação de custos para

destinação dos resíduos, faltas de áreas para destinação, desperdício de matérias-primas, degradação ambiental entre outras. Por isso a atividade de reciclagem de materiais tem aumentando com o passar dos anos, um exemplo disso é a reciclagem do papel.

O setor da reciclagem do papel é um dos que mais tem se destacado dentro do mercado da reciclagem. Em comparação aos anos 2006 até 2015, a relação entre material consumido e quantidade de aparas produzidas para reciclagem, cresceu 10,7%, conforme dados da Figura 1 abaixo:

Figura 1: Evolução da taxa de recuperação de papéis



Fonte: ANAP (2016)

De acordo com LEBEIS (2003, p.34) para cada 1000Kg de aparas de papel reciclado é gerado 100 Kg de lodo de papel, esse composto de 60 a 70% de caulim e celulose, dentro dessa composta 60% de caulim e 40% de celulose, podendo ter pequenas variações dependendo do processo sofrido. O caulim é um material argiloso, e por essa característica pode ser classificado como pozolânico se atender a NBR 5752 (2014).

A NBR 12653 (2012) define como materiais pozolânicos os compostos de silicosos ou silicoaluminosos que não possuem atividade aglomerante, mas que quando em contato com a água reagem ao hidróxido e criam propriedades aglomerante, existindo duas categorias de pozolânicas: as naturais, composta por materiais vulcânicos ou de origem sedimentar; as artificiais, que são resultantes de processos industriais ou de tratamentos térmicos, dentro dessa classificação existem as argilas calcinadas, que são resultados de calcinações das argilas, as cinzas volantes, que são resultados da combustão do carvão pulverizado ou granulado, e ainda os materiais não tradicionais, como escória cirúrgicas e rejeito de carvão mineral.

O uso de argilas calcinadas na produção de cimento vem sendo realizado desde o tempo dos romanos. Atualmente, tem-se utilizado muito o metacaulim, resultado da calcinação da argila caulinita, como adição pozolânica para produção de materiais cimentícios. É essencial que a argila receba o tratamento térmico, para então tornar-se uma estrutura amorfa e quimicamente reativa (SHVARZMAN ET AL, 2003).

A atividade pozolânica do Metacaulim é influenciada, principalmente, pela temperatura utilizada no processo de calcinação, o que define as suas propriedades químicas, físicas e minerológicas (SOUZA, 2003). A temperatura tem influência na reatividade do material. No estudo de CORDEIRO e DÉSIR (2010), o maior índice de atividade pozolânica foi alcançado com a temperatura de calcinação de 650°, variando no intervalo de 550 - 950°.

Os materiais pozolânicos se tornam aglomerantes quando em contato com a água, uma substituição possível para esses materiais seria na geração do cimento Portland pozolânico, conforme definido pela NBR 5736 (1991) como “aglomerante hidráulico obtido pela mistura homogênea de clínquer Portland e materiais pozolânicos, moídos em conjunto ou em separado”.

Na realização de em estudo utilizando resíduo da reciclagem do papel de diferentes indústrias PAIVA (2007), constatou que o lodo que possuía maior quantidade de caulim, resultou em maior resistência a compressão no concreto. Utilizando diferentes porcentagens de substituição do cimento Portland em seu estudo, o mesmo autor, constatou que quanto maior a

substituição de cimento por lodo, menor é a resistência do concreto, chegando a uma porcentagem ideal de substituição de 12%. Em conclusão de seu estudo, disse que a substituição do cimento por lodo de papel é uma alternativa viável, do ponto de vista ambiental e tecnológico.

A viabilidade tecnológica do uso de lodo de esgoto calcinado em substituição parcial do cimento Portland, também está associada à presença de celulose no resíduo. Em seu estudo TONOLI (2006), afirma que a utilização de fibras vegetais como a celulose em compósitos cimentícios, diminui o surgimento e dissipação de fissuras em concretos e argamassas, devido à matriz formada.

Em pesquisa LIMA (2004), substituiu lodo de papel calcinado homogeneizado com calcário por cimento Portland, no qual concluiu que a fabricação de pozolanas é eficaz, pois permitiu que o concreto obteve um aumento de resistência, podendo chegar em até de 54%. Já para MENEZES *et.al* (2009), a resistência da argamassa com a utilização de resíduos de caulim resultou em um aumento da resistência à compressão de 150%. O aumento de resistência à compressão também foi obtido por BARATA e MOLIN (2002), utilizando a metacaulinita como adição de 10% no concreto.

2.2 Materiais e métodos

Para realização do presente artigo, foram utilizados os seguintes materiais:

- Água fornecida pela Sanepar;
- Lodo de Papel coletado em uma empresa do sudoeste do Paraná de acordo com a NBR 8952 (1992);
- Cimento Portland CP II-F-32 conforme a NBR 11578 (1991);
- Areia normal do Rio Paraná de acordo com a NBR 7214 (2015).

2.2.1 Preparação das amostras

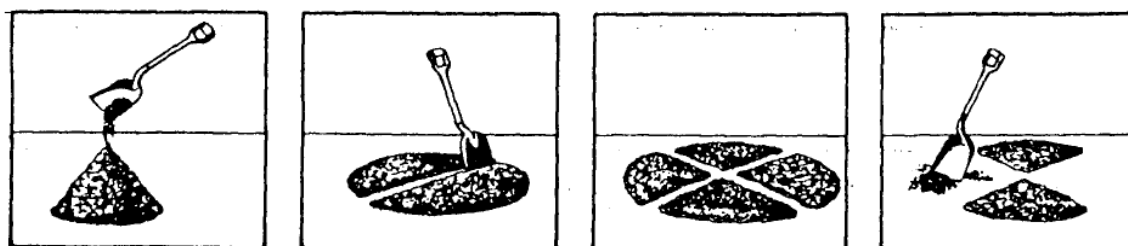
Toda a execução do trabalho foi realizada no Laboratório de Estruturas e Dosagem de Concreto juntamente com o Laboratório de Química e Saneamento do Centro Universitário Dinâmica das Cataratas-UDC.

Foi realizada a coleta da amostra do lodo de papel em uma empresa de reciclagem de papel localizada no sudoeste do estado Paraná, e armazenada no Laboratório de Estruturas e Dosagem de Concreto - UDC.

Para a realização do ensaio em laboratório, é feita uma redução da amostra do agregado formado no campo até atingir a quantidade necessária para a aplicação. Para a amostra que apresentar umidade na superfície de suas partículas, no caso do lodo de papel, podem ser reduzidas pelo processo do quarteamento de acordo com a NBR NM 27 (ABNT, 2001).

De acordo com a norma, o material foi colocado em uma manta de polietileno, em uma superfície rígida, limpa e plana, evitando desperdícios e contaminações do material, homogeneizando a amostra virando por no mínimo três vezes. Após a homogeneização, formasse um cone, e com a ajuda de uma pá, este cone é achatado e separado em quatro partes iguais, eliminando duas partes e juntando as outras duas em sentido diagonal, conforme a Figura 2. Repetir o processo até atingir a quantidade necessária para realização do procedimento.

Figura 2: Processo do quarteamento sobre superfície rígida, limpa e plana.



Fonte: NBR NM 27 (ABNT, 2000).

Em seguida, a amostra foi colocada em uma forma de alumínio e levada em estufa a $\pm 105^{\circ}\text{C}$ por 24 horas para a realização do processo de secagem. Após retirar a amostra e esfriar em temperatura ambiente,

executamos a moagem manual do resíduo com a ajuda do Almofariz e mão de grau (Figura 3).

Figura 3: Processo de moagem manual



Fonte: Autores (2016).

Logo depois, utilizando a Mufla Microprocessado iniciou-se o processo de calcinação das amostras em 3 diferentes temperaturas e com tempo de calcinação estabelecido de 2 horas para ambas as temperaturas conforme Tabela 1 abaixo. As amostras foram nomeadas L1, L2, e L3 de acordo com a temperatura determinada para a calcinação, respectivamente 600°C, 750°C e 900°C.

Tabela 1 – Temperatura e Tempo de Calcinação

Amostras	Temperatura	Tempo de calcinação
L1	600 °c	2 horas
L2	750 °c	2 horas
L3	900 °c	2 horas

Fonte: Autores (2016).

Após retirar as amostras e deixado esfriar em temperatura ambiente, o material foi passado pela peneira de malha #200 com abertura 0,075mm (75µm) de acordo com a Figura 4.

Figura 4: Processo de peneiração



Fonte: Autores (2016).

2.2.2 Ensaio de pozolanicidade

De acordo com a NBR 5752 (ABNT, 2014), no qual especifica o método para determinação do índice de desempenho de materiais pozolânicos com cimento Portland aos 28 dias.

2.2.2.1. Preparação das amostras

A produção das argamassas é de acordo com a NBR 7215 (ABNT, 1996) que especifica o método de determinação da resistência à compressão do cimento Portland. Assim, foram preparados 16 corpos de prova, sendo 4 de referência e 4 corpos de prova para cada temperatura de calcinação, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Quantidade de corpos de prova moldados

Nomenclatura	Quantidade	Definição
SR	4	Argamassa de referência - Sem resíduos
L1	4	Argamassa com lodo de papel reciclado calcinado a 600 °C
L2	4	Argamassa com lodo de papel reciclado calcinado a 750 °C
L3	4	Argamassa com lodo de papel reciclado calcinado a 900 °C

Fonte: Autores (2016).

A argamassa SR (Argamassa A) foi moldada contendo água, areia e cimento CP II-F-32, sem nenhuma adição de material pozzolânico. Já as argamassas L1, L2 e L3 (Argamassa B), contendo água, areia e cimento CP II-F-32, substituindo 25% do cimento por lodo de papel calcinado. A Tabela 3 abaixo, apresenta a quantidade de material necessário para a moldagem de 4 corpos de prova cilíndricos de 5x10cm.

Tabela 3 – Quantidade de material, em massa, para a moldagem de 4 corpos de prova cilíndricos

Material	Massa g	
	Argamassa A	Argamassa B
Cimento CP II-F-32	416g ± 0,4	312g ± 0,4
Material Pozzolânico	-	104g ± 0,2
Areia Normal	1248	1248
Água	200 ± 0,2	200 ± 0,2

Fonte: NBR 5752 (2014).

Conforme a tabela, todo o material foi pesado em balança de precisão com resolução de 0,1g e separados para o processo.

Após a pesagem, o próximo passo para a confecção da argamassa é a homogeneização dos materiais com a ajuda de um misturador mecânico, conhecido popularmente como argamassadeira, formado por uma cuba de aço inoxidável com aproximadamente 5L, e de uma pá que gira em torno de si mesma, e em movimento planetário em torno do seu eixo. Primeiramente, com o misturador em velocidade baixa, é colocada na cuba toda a quantidade necessária de água e acrescentando em seguida o cimento, misturando por 30 segundos. Ainda com o misturador ligado, é adicionado areia (em 4 frações de 312,0 ± 0,3g) sendo colocada gradativamente em 30 segundos. Sucessivamente, alterasse o misturador para velocidade alta, misturando por mais 30 segundos. Em seguida, desligasse o misturador, e nos primeiros 15 segundos é retirada com a ajuda de uma espátula a argamassa que ficou retida nas paredes da cuba, misturando com o restante da argamassa. Deixasse a argamassa descansar por 1 minuto e 15 segundos, cobrindo com um pano limpo e úmido. Posteriormente ao período de descanso, ligasse a argamassadeira em alta velocidade por mais 1 minuto.

2.2.2.2. Método do índice de consistência da mesa

Terminado o processo de homogeneização, foi verificada a consistência da argamassa a partir do método do índice de consistência da mesa, para determinar a quantidade de água necessária de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2005).

Antes de iniciar o método, é preciso que o tampo da mesa e a parede do molde tronco-cônico estejam limpos e úmidos. No centro de mesa, colocasse o molde tronco-cônico no qual será preenchido com argamassa. Com ajuda de um soquete, colocasse a argamassa em três camadas com alturas preferencialmente iguais, aplicam-se golpes em cada camada, na ordem de 15, 10 e 5 golpes. Após retirar o molde, aplicasse 30 quedas durante 30 segundos, para então com o auxílio de um paquímetro expresso em milímetros medir o espalhamento da argamassa nos dois diâmetros ortogonais dentro dos limites de 225 ± 5 mm.

A quantidade de água utilizada para a moldagem de cada argamassa não foi a mesma. Para argamassa de referência, não foi preciso acrescentar mais água além da estabelecida pela norma. Já para as argamassas que foram acrescentadas lodo de papel calcinado, L1, L2 e L3, foi adicionado respectivamente 30ml, 55ml e 70ml.

3.2.2.3. Moldagem dos corpos de prova

Com o término do método do índice de consistência da mesa, iniciou a moldagem dos corpos de prova. Devido ao processo de moldagem ser realizado rapidamente após o teste de consistência da mesa, os corpos de prova deve ser untado com óleo mineral de baixa viscosidade antes de se iniciar a mistura. Foram utilizados corpos de prova metálicos cilíndricos de 50x100mm. A argamassa é colocada nos moldes com o auxílio de uma espátula em 4 camadas aproximadamente iguais, sendo aplicados 30 golpes em cada camada com um soquete. Com a ajuda de uma régua, faz-se um alisamento do topo dos corpos de prova.

A cura inicial dos corpos de prova é feita ao ar, no qual os moldes são colocados em câmara úmida por 20 a 24 horas. Após o tempo inicial de cura, os corpos de prova são desmoldados, identificados e imersos em um tanque de água saturados de cal da câmara úmida onde permaneceram até o momento do ensaio. A água do tanque tem que ser trocada no mínimo de 15 em 15 dias.

3.2.2.4. Ensaio de compressão

A determinação do índice de desempenho do cimento Portland se dá aos 28 dias, contados a partir do momento em que o cimento entra em contato com a água na argamassadeira. Completados 28 dias de idade, os corpos de prova são retificados para que suas extremidades fiquem lineares, como mostra a Figura 5.

Figura 5– Retificação dos corpos de prova



Fonte: Autores (2016).

Logo, os corpos de prova estão prontos para o ensaio de resistência a compressão. O ensaio de resistência à compressão foi feito conforme a NBR 7215 (ABNT, 1996). Em uma prensa Hidráulica, o corpo de prova é colocado diretamente sobre o prato inferior da prensa, permanecendo no centro em relação ao eixo do carregamento, conforme a Figura 6 abaixo.

Figura 6 – Ensaio de resistência à compressão



Fonte: Autores (2016).

O cálculo de resistência à compressão é obtido a partir da divisão entre a carga de ruptura pela área da seção do corpo de prova, de acordo com a Equação 1 abaixo.

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad (1)$$

Onde:

σ : tensão de ruptura (MPa)

F: força de compressão aplicada no corpo de prova (N)

S₀: área da seção transversal (mm²)

Devesse calcular a tensão de ruptura dos 4 corpos de prova, para então calcular a resistência média entre eles. O próximo passo é o cálculo de desvio relativo máximo, que seria a tensão de resistência média do grupo dividida pela tensão de resistência individual, multiplicando por 100 para se obter a porcentagem. Esta porcentagem não deverá ser superior a 6%, caso isso ocorra, calcular uma nova média. Se mesmo assim ainda ultrapassar os 6%, o ensaio deverá ser refeito.

Segundo a NBR 5752 (ABNT 2014) a determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias é obtida a partir da Equação 2:

$$I = \frac{fcB}{fcA} \cdot 100 \quad (2)$$

Onde:

I = índice de atividade pozolânica do cimento Portland aos 28 dias (%), arredondando ao inteiro.

fcB = resistência média, aos 28 dias, dos corpos de prova moldados com cimento Portland CP II-F-32 e 25% de material pozolânico (Mpa) – Argamassa B.

fcA = resistência média, aos 28 dias, dos corpos de prova moldados com cimento Portland CP II-F-32, sem nenhum material pozolânico (Mpa) – Argamassa A.

2.2 Resultados e discussão

Completados os 28 dias para a determinação do índice de desempenho do cimento Portland, as amostras foram rompidas a partir do ensaio de resistência à compressão. Com os resultados obtidos no ensaio, foi calculada a resistência à compressão para cada corpo de prova de acordo com a equação 1, em seguida, calculada a média entre eles. Logo após, foi calculado o desvio relativo máximo, no qual nenhum dos desvios relativos máximos encontrados foi superior a 6%, não sendo necessário refazer o ensaio. Os valores obtidos podem ser visualizados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados da Resistência à compressão, resistência média a compressão e Desvios relativos máximos

Amostra	Resistencia (MPa)				Média (MPa)	Desvios relativos máximos (%)			
	CP 01	CP 02	CP 03	CP 04		CP 01	CP 02	CP 03	CP 04
SR	20,10	21,54	20,47	21,21	20,83	4%	3%	2%	2%
L1	15,80	17,19	16,27	16,82	16,52	4%	4%	2%	2%
L2	11,83	10,97	12,01	11,07	11,47	3%	4%	5%	3%
L3	9,19	9,08	9,04	9,25	9,14	1%	1%	1%	1%

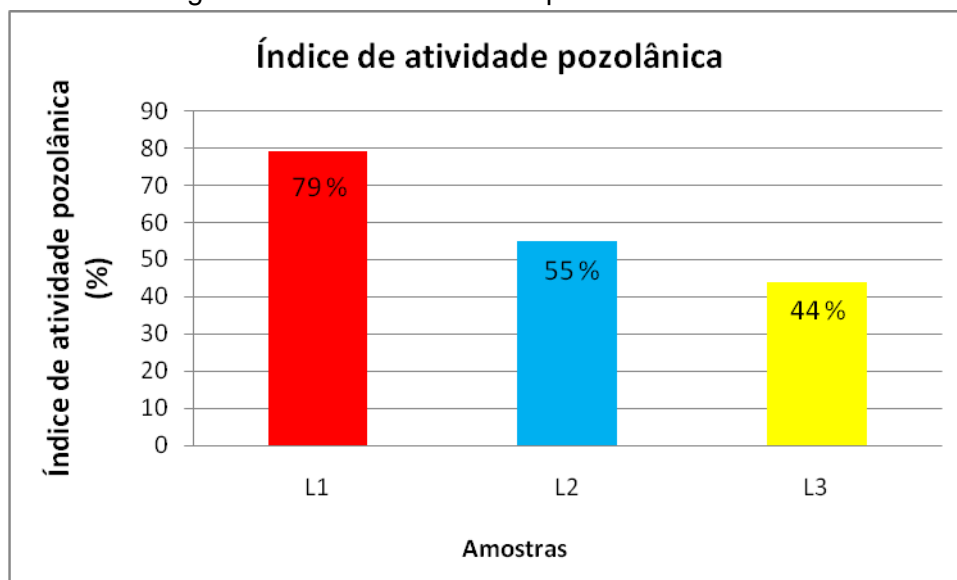
Fonte: Autores (2016).

Conforme exibido na Tabela 4, a amostra de referência (SR) atingiu maior resistência média de compressão. As amostras L1, L2 e L3, apresentaram redução de resistência de 18, 43 e 54% consecutivamente, quando comparadas a amostra SR. Pode ser observado que, quanto maior a temperatura no processo de calcinação do lodo, menor a resistência da argamassa produzida com substituição.

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.3, n.3, setembro de 2018.

Após a obtenção da resistência média das argamassas, foi calculado o índice de atividade pozolânica do cimento Portland através da Equação 2. Os resultados obtidos em porcentagens podem ser visualizados no Figura 7.

Figura 7 – Porcentagem do Índice de atividade pozolânica



Fonte: Autores (2016).

Segundo a NBR12653 (2012), para um material ser considerado pozolânico ele deve apresentar um índice de atividade pozolânica $\geq 75\%$, ou seja, apenas a amostra L1 (lodo de papel calcinado a 600°C) que apresentou 79% do índice de atividade pozolânica é considerada material pozolânico.

A amostra L2 (lodo de papel calcinado a 750°C) apresentou 55% do índice de atividade pozolânica, enquanto que a amostra L3 (lodo de papel calcinado a 900°C) apresentou 44%, logo, nenhuma das amostras é considerada material pozolânico.

Os resultados demonstrados no Figura 7, indicam que a temperatura de calcinação possui influencia na reatividade do lodo de papel, o que afeta a resistência de compressão obtida com as argamassas com substituição. Dessa forma, para o lodo desse estudo, a temperatura ideal de calcinação foi de 600° .

Mesmo adotando maior tempo de queima de calcinação SOARES (2013), obteve o maior índice de atividade pozolânica à 600° , realizando o processo nas temperaturas 600, 750 e 900° . A partir desse resultado, pode ser

destacado que o tempo de calcinação, não possui influência significativa para obtenção de material pozolânico.

Resultados similares foram obtidos por CORDEIRO e DÉ SIR (2010), onde a melhor temperatura de calcinação para argila, na produção de material pozolânico foi 650°. Diferente dos resultados obtidos por TRENTI *et al.* (2012), cujo maior índice de atividade pozolânico, foi obtido a 900°, temperatura limite estabelecida pela NBR 5752 (ABNT 2014). As divergentes temperaturas encontradas nos estudos, são justificadas pela falta de uniformidade na composição dos lodos, que são oriundos de diversos tratamentos químicos.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos, conclui-se que a argamassa com substituição de 25% do cimento por lodo de papel calcinado a temperatura de 600°C por 2 horas apresentou índice de atividade pozolânica necessário para ser considerado um material pozolânico.

Portanto, seria uma opção de um novo material no mercado da construção civil. Além de baratear a argamassa, ajudaria na diminuição dos impactos ambientais que podem ser causados pelo lodo de papel, dependendo da sua composição, quando descartados indevidamente em aterros.

Levando-se em conta os métodos utilizados, observou-se que quanto mais alta a temperatura de calcinação, mais clara é a coloração do resíduo, interferindo na cor das amostras. Percebesse também que a quantidade de água utilizada aumenta com relação a da norma para as dosagens das argamassas L1, L2 e L3, conforme o aumento da temperatura de calcinação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. NBR 5752: Materiais pozolânicos – Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 7214:** Areia normal para ensaio de cimento – Especificação. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 7215:** Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 8952:** Coleta E Preparação De Amostras De Materiais Pozolânicos – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 11578:** Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 12653:** Materiais pozolânicos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 13276:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR NM 27:** Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 11578:** Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 5736:** Cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro, 1991.

BARATA, M.S.; MOLIN, D.C.C.D.. **Avaliação preliminar do resíduo caulínico das indústrias de beneficiamento de caulim como matéria-prima na produção de uma metacaulinita altamente reativa.** 2002. 10 f. Artigo – ANTAC, Associação nacional da tecnologia do ambiente construído. Porto Alegre, RS.

CORDEIRO, G.C.; DÉ SIR, J.M. **Potencial de argila caulínica de Campos dos Goytacazes, RJ, na produção de pozolanas para concreto de alta resistência.** 2010. 6 f. Estudo Tecnológico – UFRGS, Porto Alegre, 2010.

KIELING, A; CAETANO, M.O; KULAKOSWKI, M.P; KAZMIERCZAK, C.S. **Influência da adição de cinza de casca de arroz na aderência de argamassas de revestimento.** 2009. 14 f. Estudo Tecnológico – UNISINOS, São Leopoldo, 2009.

LIMA, J.M. **Estudo de aproveitamento do resíduo do beneficiamento de caulim como matéria prima na produção de pozolanas para cimentos compostos e pozolânicos.** 2004. 145 f.. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2004.

LÉBEIS, V.D.L. **Viabilidade do uso do resíduo da fabricação do papel em argamassas.** 2003. 115 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

MENEZES, R.R.; NEVES G.A.; SOUZA J.; MELO W.A.; FERREIRA H.S.; FERREIRA H.C. **Atividade pozolânica dos resíduos do beneficiamento do caulim para uso em argamassas para alvenaria.** 2009. 7 f. Artigo – Agriambi, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. UFCG, Campina Grande, PB.

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.3, n.3, setembro de 2018.

PAIVA, S.N. **Compósito cimento-lodo de ETE de indústria de papel para aplicação na construção civil**. 2007. 111 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

PINHEIROS, R.G. **Reciclagem de lodo primário da estação de tratamento de efluentes da indústria de papel em cerâmica argilosa**. 2008. 119 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008.

SHVARZMAN, A; KOVLER, K; GRADER, GS; SHTER, GE. **The effect of dhydroxylation/amorphization degree on pozzolanic activity of kaolinite**, Cement and Concrete Research, vol. 33, pp.405-416, Elsevier Science Ltd, 2003.

SOARES, J. **Avaliação da atividade pozolânica do lodo de papel proveniente de indústria de papel reciclado do Centro-oeste do Paraná**. 2013. 72 f. Trabalho final de Graduação – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas, Foz do Iguçu, 2013.

SOUZA, P.S.L. **Verificação da influência do uso de Metacaulim de alta reatividade nas propriedades mecânicas do concreto de alta resistência**. 2003. 203 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

TONOLI, G.H.D. **Aspectos produtivos e análise do desempenho do fibrocimento sem amianto no desenvolvimento de tecnologia para telhas onduladas**. 2006. 154 f. Faculdade de Zootecnia e Ciências de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

TRENTIN, L.C.; PIOVESAN, A. Z., MARTINS, P. G.; MAZIEROR, A. R.; ONGARATTO, E. E. **Avaliação do índice de atividade pozolânica de resíduo da indústria de papel e celulose através de ensaio mecânico**. Anais do 54º Congresso Brasileiro do Concreto – CBC2012. Alagoas, 2012.

Enviado em: 17 out. 2017

Aceito em: 15 jun. 2018

Editor responsável: Mateus das Neves Gomes