

## Utilização de finos de dregs na produção de concretos

### *Use of dregs fines in concrete production*

Samanta O. A. Torres (1); José Maria F. Carvalho (2,3); Rita de Cássia S. S. Alvarenga (4);  
Leonardo G. Pedroti (4); Guilherme J. Brigolini (5); Ricardo. A. F. Peixoto (5)

(1) Mestranda, Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Departamento de Engenharia Mecânica.

(2) Doutorando, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Departamento de Engenharia Civil.

(3) Professor M.Sc., Universidade Federal de Viçosa (UFV), Departamento de Engenharia Civil.

(4) Professor(a) D.Sc., Universidade Federal de Viçosa (UFV), Departamento de Engenharia Civil.

(5) Professor D. Sc., Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Departamento de Engenharia Civil.  
Laboratório de Materiais de Construção Civil, Escola de Minas, Campus Morro do Cruzeiro. Ouro Preto,  
Brasil. CEP 35400-000. E-mail: josemaria.carvalho@ufv.br

## Resumo

Como em outras atividades industriais, a indústria de celulose e papel gera resíduos em seu processo produtivo, com destaque para o dregs e o grits. O Brasil é o quarto maior produtor de celulose do mundo, com produção anual de 17,4 milhões de toneladas de celulose no ano de 2015, o que representou a geração de aproximadamente 257 mil toneladas de dregs. O presente trabalho apresenta um estudo de incorporação de dregs em concretos, para tanto, uma amostra desse resíduo foi processada e peneirada na peneira #200 com o objetivo de se produzir um material fino, com diâmetro de partícula inferior a 0,075 mm. Um traço de concreto convencional foi projetado e produzido. Foram produzidos também traços modificados com adição dos finos de dregs em teores de 2%, 10% e 20% em massa de cimento, mantendo-se o consumo de cimento. Outros quatro traços foram produzidos substituindo-se parte do cimento por finos de dregs em teores de 2%, 5%, 10% e 20%. Foram moldados corpos de prova e realizados ensaios de resistência a compressão nas idades de 3, 7 e 28 dias. Os resultados mostraram que adição de dregs em teores de até 10% promoveu ganho de resistência e substituição em teores de até 5% não levou a reduções significativas.

*Palavra-Chave: Uso de dregs na produção de concretos, resíduo da indústria de celulose, reaproveitamento de resíduos industriais, concretos sustentáveis.*

## Abstract

As in other industrial activities, the pulp and paper industry generates wastes in its production process, highlighting the dregs and grits. Brazil is the fourth larger producer of pulp in the world, with an annual pulp production of 17.4 million tons in 2015, which represents the generation of 257 thousand tons of dregs. The present work presents a study of the incorporation of dregs into concretes. In this way, a sample of this residue was processed and sieved in the #200 sieve in order to produce a fine material with particle size less than 0,075 mm. A conventional concrete mix was designed and produced. Modified mixes were produced adding dregs fines in amounts of 2%, 10% and 20% in cement mass, maintaining the cement consumption. Another four mixes were produced, substituting part of the cement for dregs fines in contents of 2%, 5%, 10% and 20%. Test specimens were molded and compressive strength tests were performed at the ages 3, 7 and 28 days. The results showed that dregs addition at 10% lower levels promoted increase in compressive strength, and substitution at 5% lower levels did not lead to significant reductions.

*Keywords: Use of dregs in concrete production, pulp and paper industry wastes, reuse of industrial wastes, sustainable concretes.*

## 1 Introdução

O Brasil é o quarto maior produtor de celulose do mundo e o nono maior produtor de papel, com produção em 2015 de 17,4 milhões e 10,4 milhões de toneladas respectivamente (IBÁ, 2016).

O processo *Kraft* é o mais utilizado no mundo para a produção de celulose. De forma resumida, o processo consiste no cozimento da polpa, empregando-se no processo hidróxido de sódio e sulfeto de sódio na composição do chamado licor de cozimento (CALMON, 2010). Os principais resíduos sólidos gerados no processo são as cinzas de biomassa, os dregs, os grits, e a lama de cal (CALMON, 2010; MARTINEZ-LAJE, VELAY-LIZANCOS, *et al.*, 2016). Os dregs são resíduos gerados na clarificação do chamado “licor verde”, sendo removido por um processo de filtragem. São compostos por impurezas provenientes principalmente do sulfato de cálcio, cal, silicatos, e aluminatos dos refratários dos fornos de cal, partículas de corrosão dos equipamentos e com combustão incompleta (CALMON, 2010). Quimicamente, o dregs é predominantemente composto por Ca e O, apresentando teores não desprezíveis de Na, Mg, S, Mn e Si. Mineralogicamente, é composto predominantemente de carbonato de cálcio e magnésio (MARTINS, 2006). Estima-se que em 2015, a geração de dregs no Brasil foi de aproximadamente 257 mil toneladas (adaptado de MARTINS, 2006). Adicionalmente trata-se de um resíduo não perigoso (CALMON, 2010; MARTINEZ-LAJE, VELAY-LIZANCOS, *et al.*, 2016).

Apesar de ser um setor com alta taxa de reaproveitamento dos resíduos gerados no processo produtivo, onde grande parte é utilizado na própria planta na geração de energia, parte dos resíduos não perigosos ainda não é reaproveitada. (CNI, DIRET, BRACELPA, 2012). Aplicações como calagem de solo e matéria prima na construção civil já vem sendo explorada. Alguns exemplos de aplicações de resíduos da indústria de celulose e papel são produção de materiais cerâmicos, produção de argamassas e produção de blocos de concreto para alvenaria (CALMON, 2010).

Nesse sentido, estudos de utilização de resíduos da produção de celulose como matéria prima na produção de materiais de construção são reportados pela literatura (GARCIA e SOUZA-COUTINHO, 2010; MODOLO, FERREIRA, *et al.*, 2010; CARRASCO, CRUZ, *et al.*, 2014; SUTCU, DÍAZ, *et al.*, 2014; MESQUITA, ALVARENGA, *et al.*, 2015; TORRES, PEDROTI, *et al.*, 2017), com destaque para a utilização de dregs na produção de concretos (MARTINEZ-LAJE, VELAY-LIZANCOS, *et al.*, 2016) e argamassas (ZANELLA, SÁ, *et al.*, 2014; SANTOS, ALVARENGA, *et al.*, 2016).

O presente trabalho tem como objetivo estudar o comportamento do dregs na composição de concretos. Dessa forma, buscou-se a verificação de suas propriedades como um possível material a ser empregado na construção civil e também uma destinação útil para o mesmo. Foi feito um estudo de aplicação de dregs como fino adicionado ao concreto como material adicional ou em substituição de parte do cimento, em teores de 2%; 5%; 10% e 20%. Foram produzidos concretos e moldados corpos de prova que foram submetidos a ensaios de resistência à compressão. Os resultados foram então comparados com os

resultados obtidos por um concreto de referência com mesmo traço e sem adições. Ao final é apresentada uma discussão dos comportamentos observados.

## 2 Materiais e Métodos

Os materiais utilizados na produção dos concretos foram uma areia natural quartzosa de rio (Rio Piranga, Porto Firme, MG); rocha gnáissica britada da faixa granulométrica 9,5/25 (Ervália, MG); e um cimento CP II F 32, da marca Tupi (Pedra do Sino, Carandaí, MG). O cimento CP II F foi escolhido por ser um cimento com baixo teor de adição, sendo o material adicionado inerte (*filler* de calcário). Dessa forma, trata-se de um cimento mais puro, promovendo menos interferência na avaliação de adições de materiais suplementares. Os materiais foram caracterizados e armazenados no Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade federal de Viçosa (UFV). Na Tabela 1 são apresentados os resultados da caracterização e metodologias normatizadas empregadas. Na figura 1 são apresentadas as distribuições granulométricas dos agregados.

Tabela 1. Propriedades físicas e mecânicas dos materiais empregados na pesquisa e metodologias utilizadas.

Propriedade	Valor	Metodologia
<b>Cimento</b>		
Massa específica	3,053 g/cm <sup>3</sup>	ABNT NBR NM 23:2000
Índice de finura	1,5%	ABNT NBR 11579:2012
Área específica Blaine	365 m <sup>2</sup> /kg	ABNT NBR 16372:2015
Tempo de início de pega	3h 45min	ABNT NBR NM 65:2003
Tempo de fim de pega	4h 30min	ABNT NBR NM 65:2003
Resistência à compressão (3; 7; 28 dias)	(19,3 ; 37,8 ; 41,7) MPa	ABNT NBR 7215:1991
<b>Areia</b>		
Massa específica	2,597 g/cm <sup>3</sup>	ABNT NBR NM 52:2003
Massa unitária (seca e solta)	1,430 g/cm <sup>3</sup>	ABNT NBR NM 45:2006
Absorção	1,0 %	ABNT NBR NM 30:2001
Material pulverulento	0,5 %	ABNT NBR NM 46:2003
Dimensão máxima característica	2,4 mm	ABNT NBR 7211:2009
Módulo de finura	2,74	ABNT NBR 7211:2009
<b>Pedra britada</b>		
Massa específica	2,800 g/cm <sup>3</sup>	ABNT NBR NM 53:2003
Massa unitária (seco compactado)	1,650 g/cm <sup>3</sup>	ABNT NBR 7810:1983
Absorção	0,5%	ABNT NBR NM 53:2003
Material pulverulento	1,1%	ABNT NBR NM 46:2003
Dimensão máxima característica	25,0 mm	ABNT NBR 7211:2009
Módulo de finura	6,96	ABNT NBR 7211:2009

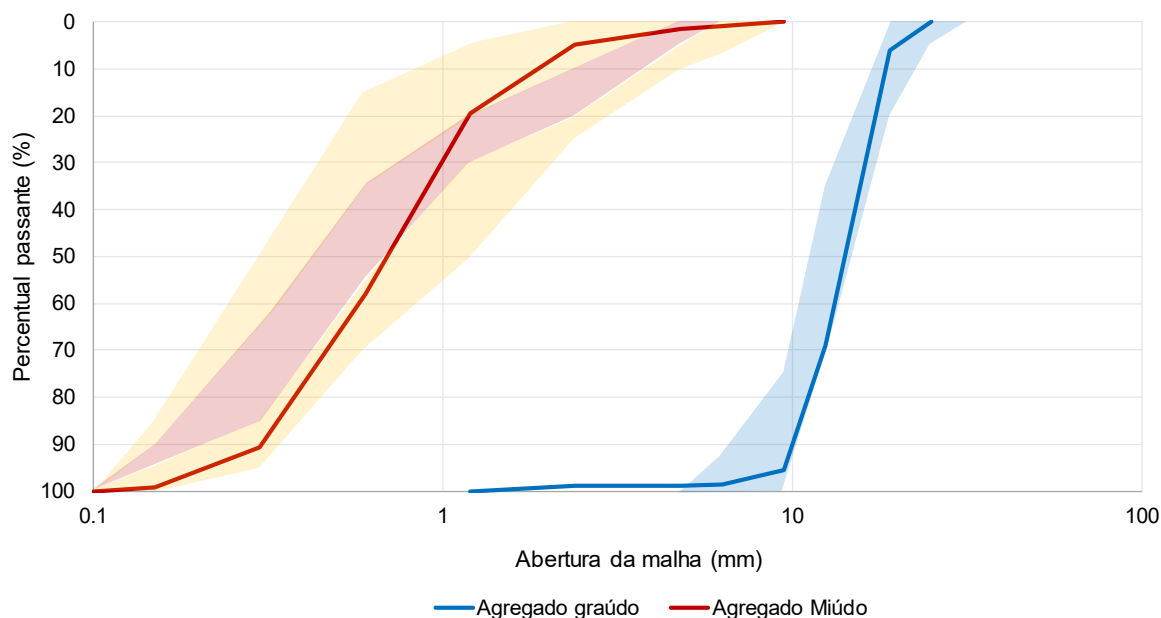


Figura 1. Distribuição granulométrica dos agregados, incluindo os limites granulométricos da ABNT NBR 7211:2009 (Agregado miúdo: hachura rosa: zona ótima; hachura amarela: zona utilizável. Agregado graúdo: hachura azul: zona granulométrica 9,5/25)

Nesta pesquisa foi utilizada uma amostra de dregs proveniente de uma planta industrial da região leste de Minas Gerais. O material foi recebido em bags, embalado e armazenado em um depósito do Laboratório de Materiais de Construção da UFV.

A preparação do dregs consistiu em secagem em estufa ( $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ ; 24h), destorroamento manual e peneiramento utilizando-se a peneira de malha #200 (abertura 0,075 mm). O material foi então caracterizado e armazenado em recipiente hermeticamente fechado para manutenção de suas características durante o desenvolvimento da pesquisa.

A determinação da massa específica do dregs obedeceu a metodologia prescrita pela norma ABNT NBR NM 23:2000, empregando-se o frasco de Le Chatelier e querosene. Foi feita uma caracterização química empregando-se a técnica de fluorescência de raios X. A caracterização foi feita no Laboratório de Microscopia Eletrônica Nanolab, Escola de Minas, UFOP, empregando-se o equipamento EDX720 Shimadzu (Fluorescência de raios X por energia dispersiva; voltagem do tubo entre 5-50 kV; corrente entre 1-1000  $\mu\text{A}$ ).

Para a avaliação da viabilidade de utilização de dregs em matrizes cimentícias e análise de quantitativos, foram produzidos concretos e estes foram ensaiados à compressão, sendo os resultados comparados. Foi adotado um traço de concreto de referência, dosado de acordo com o método ACI/ABCP (TORRES e ROSMAN, 1953) para um  $f_{ck}$  de 20 MPa. Além do traço de referência, oito outros traços foram produzidos. Quatro traços foram produzidos com adição de finos de dregs, mantendo-se o consumo original de cimento, esses concretos são identificados pela letra A, e os percentuais de adição foram 2%; 5%; 10%; e 20%. Outros quatro traços foram produzidos substituindo-se parte do cimento por finos de dregs, esses traços são identificados pela letra S e os teores de substituição foram

2%; 5%; 10%; e 20%. Na Tabela 2 são apresentados os traços produzidos com os quantitativos de material empregados. Foi utilizado um aditivo plastificante (Muraplast FK97, McBauchemie) para garantir trabalhabilidade sem alteração do consumo de água.

Tabela 2. Concretos produzidos na pesquisa

Traço	Cimento	Dregs	Agregado miúdo	Agregado graúdo	Água	Relação água/cim.	Relação água/finos	Aditivo (% , cim.)	Slump (mm)
Ref.	1,000	-	1,674	2,875	0,560	0,560	0,560	-	55
A002	1,000	0,020	1,674	2,875	0,560	0,560	0,549	-	40
A010	1,000	0,100	1,674	2,875	0,560	0,560	0,509	1,0	175
A020	1,000	0,200	1,674	2,875	0,560	0,560	0,467	1,0	60
S002	0,980	0,020	1,674	2,875	0,560	0,571	0,560	-	55
S005	0,950	0,050	1,674	2,875	0,560	0,589	0,560	-	30
S010	0,900	0,100	1,674	2,875	0,560	0,622	0,560	0,5	45
S020	0,800	0,200	1,674	2,875	0,560	0,700	0,560	0,5	30

Os concretos foram produzidos no Laboratório de Materiais de Construção da UFV, utilizando-se uma betoneira de eixo inclinado. Foram produzidos volumes aproximados de 0,015 m<sup>3</sup> por vez, suficiente para moldagem dos corpos de prova e para garantir uma mistura adequada. Foram moldados 9 corpos de prova cilíndricos Ø100 × 200 mm por traço. Os corpos de prova foram moldados e curados obedecendo as prescrições da ABNT NBR 5738:2015.

Os corpos de prova produzidos foram ensaiados à compressão com idades de 3, 7 e 28 dias. Foi utilizada uma máquina universal de ensaios (MUE 100, EMIC) e célula de carga com capacidade para 100 tf (1000 kN), pertencentes ao Laboratório de Materiais de Construção da UFV.

### 3 Resultados e Discussão

#### Caracterização do Dregs

Trata-se de um material fino com torrões friáveis. O material apresenta coloração cinza escuro e sua massa específica foi determinada, sendo igual a 2,440 g/cm<sup>3</sup>. Esse valor é ligeiramente menor que o encontrado por Martínez-Laje et al. (MARTINEZ-LAJE, VELAY-LIZANCOS, *et al.*, 2016)

A composição química foi estimada qualitativamente utilizando-se a técnica de fluorescência de raios X. O resultado está apresentado na Tabela 3. Foi observada predominância de CaO com presença significativa de SiO<sub>2</sub>.

Os resultados observados são consistentes com o reportado pela literatura (MARTINS, 2006; MARTINEZ-LAJE, VELAY-LIZANCOS, *et al.*, 2016). Martins em seu trabalho apresenta resultados com um teor de SiO<sub>2</sub> menor e presença significativa de Mg e Na.

Essas distorções são em parte atribuídas às diferenças de processos entre diferentes fabricantes e à técnica de caracterização.

Tabela 3. Composição química do dregs utilizado na pesquisa

CaO	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	SrO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO	CuO
86,2%	5,3%	3,3%	1,7%	1,3%	1,3%	0,7%	< 0,1%	< 0,1%	< 0,1%

## Desempenho mecânico dos concretos

Os resultados de resistência à compressão indicaram que a adição de dregs, mantendo-se fixo o consumo de cimento, não implicou em prejuízo na resistência a compressão do concreto para os teores de 2% e 10%, levando, ao contrário, a um ganho de resistência aos 28 dias de 1,6% e 5,4% respectivamente comparado ao traço de referência. No entanto, o traço com adição de 20% de dregs apresentou resistência à compressão aos 28 dias 7,6% menor. Isso demonstra que, em teores reduzidos, a adição de dregs contribui para o empacotamento das partículas, levando a um concreto mais compacto e, conseqüentemente, mais resistente. Adicionalmente, uma vez que a relação água cimento é mantida, não é esperada porosidade adicional pela água não reagida com o cimento nem ganho de resistência por redução da quantidade de água.

A substituição de parte do cimento por dregs, no entanto, implicou na redução da resistência à compressão do concreto. Porém, a redução observada foi relativamente pequena para os teores de 2% e 5% (4,2% e 3,7% respectivamente, comparado ao concreto de referência). É importante destacar que, uma vez que a quantidade de água é mantida e a quantidade de cimento foi reduzida, tem-se uma elevação da relação água cimento (2% e 5,3%, respectivamente, para os teores de substituição de 2% e 5%), o que justifica uma esperada redução na resistência mecânica. Essa redução, no entanto, pode ser compensada parcialmente pelo ganho de desempenho devido a maior compacidade pelo empacotamento melhorado, como sugere a queda mais acentuada da resistência à compressão para o teor de substituição de 2%, comparado com o observado para o teor de substituição de 5%. Para os teores de substituição de 10% e 20%, a queda na resistência à compressão observada foi de 16,3% e 29,9% respectivamente.

Os achados são consistentes com os resultados reportados por Martinez-Laje et al. (MARTINEZ-LAJE, VELAY-LIZANCOS, *et al.*, 2016). Em seu estudo, concretos produzidos com substituição de 10% de cimento por dregs apresentaram perda de resistência na ordem de 20%, enquanto concretos produzidos com substituição de 20% apresentaram perda de resistência na ordem de 30%.

Na Figura 2 são apresentados os gráficos com os resultados de resistência à compressão dos concretos estudados. Um gráfico comparativo da evolução da resistência mecânica com a relação água/cimento é apresentado na Figura 3.

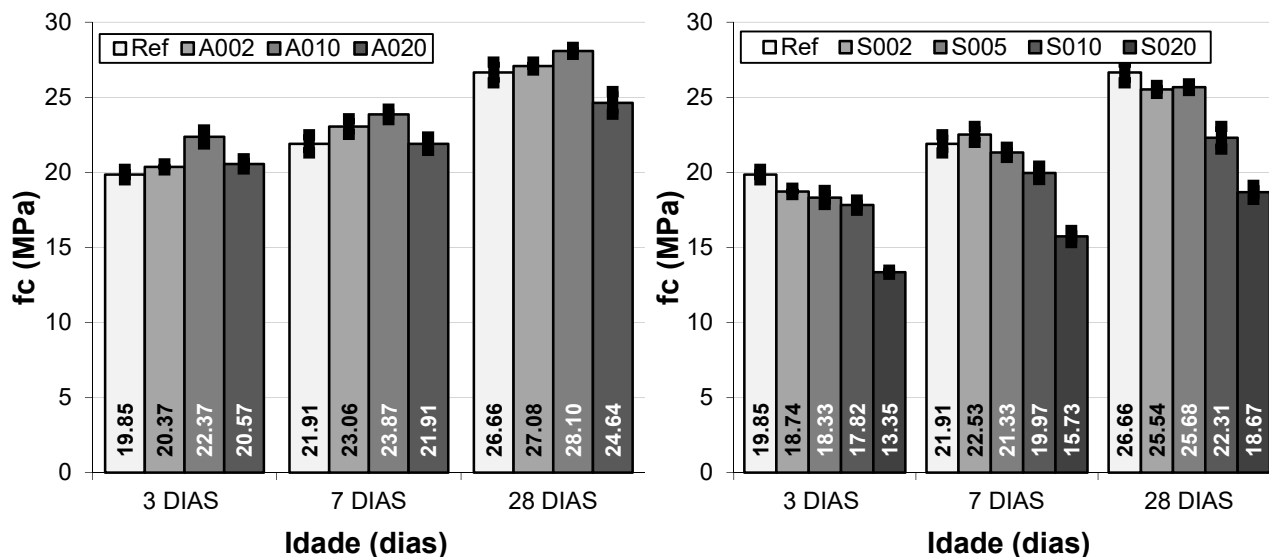


Figura 2. Resultados de resistência à compressão dos concretos produzidos: à esquerda: concretos produzidos com adição de dregs; à direita: concretos produzidos com substituição de parte do cimento por dregs

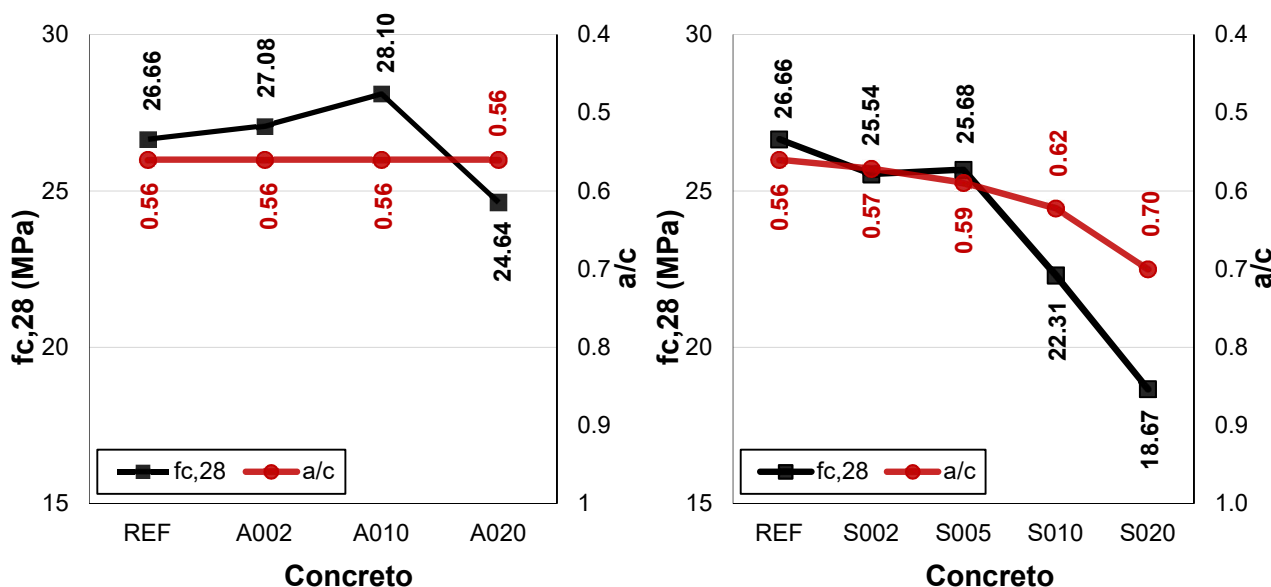


Figura 3. Evolução da resistência comparada com a variação da relação água cimento: à esquerda: concretos produzidos com adição de dregs; à direita: concretos produzidos com substituição de parte do cimento por dregs.

De maneira geral, os concretos com dregs apresentou um ganho de resistência mais acentuado nas primeiras idades, comparados com o concreto de referência. Para os concretos com adição de dregs mantendo-se o consumo de cimento, esse fenômeno foi observado para as idades de 3 e 7 dias em todos os traços. O traço que apresentou os maiores ganhos foi o A020 (20% de adição), cujas resistências aos 3 e 7 dias foram, respectivamente 83% e 89% da resistência final. Para as mesmas idades, o traço de referência apresentou 74% e 82% da resistência final respectivamente. Nos concretos com

substituição de parte do cimento por dregs, esse fenômeno foi observado para todos os traços para a idade de 7 dias, sendo o maior valor apresentado pelo traço S010 (90%). Para a idade de 3 dias, no entanto, apenas o traço S010 apresentou percentual de ganho de resistência superior ao do concreto de referência (80%), sendo que todos os demais apresentaram percentual ligeiramente menor. De forma geral, o dregs apresentou um efeito acelerador no ganho resistência mecânica. Na Figura 4 são apresentados gráficos comparativos da evolução da resistência mecânica ao longo do tempo para os concretos estudados.

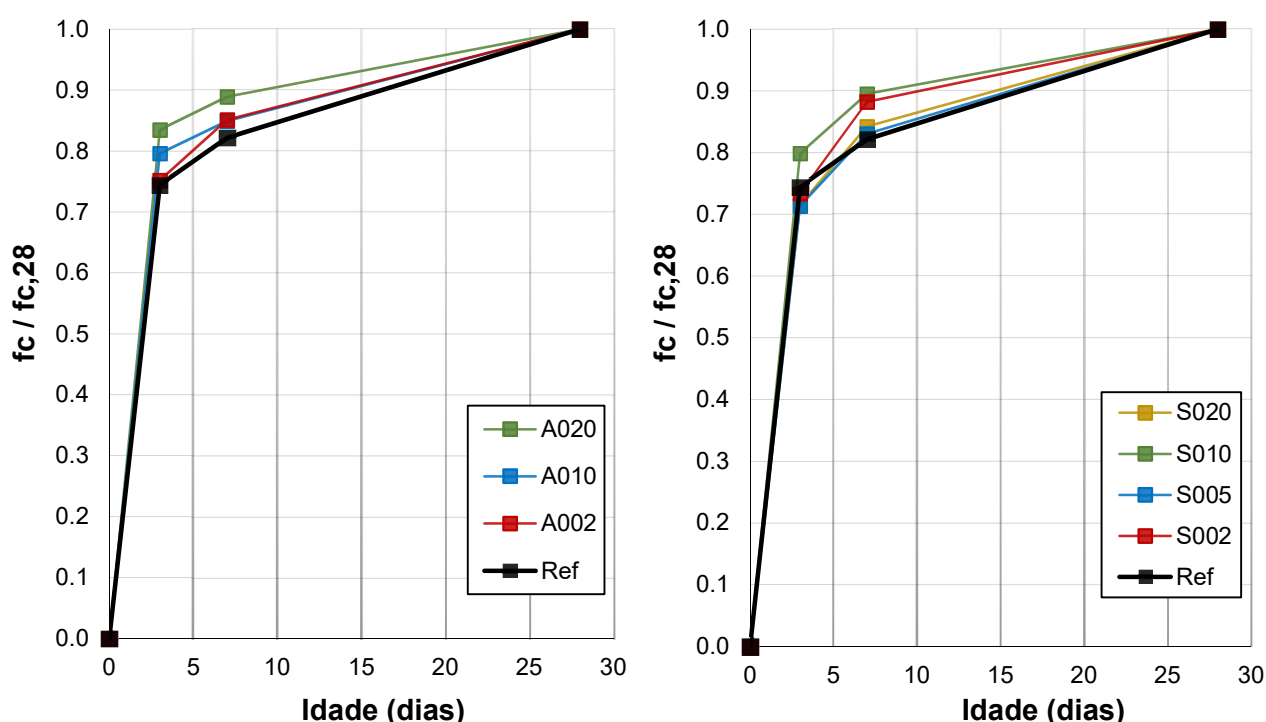


Figura 4. Relação  $f_c / f_{c,28}$  ao longo do tempo para os concretos avaliados: à esquerda: concretos produzidos com adição de dregs; à direita: concretos produzidos com substituição de parte do cimento por dregs.

Os resultados observados corroboram com o reportado pela literatura, indicando que em pequenas quantidades, a adição de dregs em matrizes cimentícias é viável, sem perda significativa de desempenho mecânico (SANTOS, ALVARENGA, *et al.*, 2016).

## 4 Conclusão

Foi feito um estudo de utilização de finos de dregs na produção de concretos, sendo estes utilizados respectivamente como adição e como material suplementar em substituição de parte do cimento. O material seco em estufa, destorroado e passante na peneira #200 (abertura de 0,075 mm) apresentou massa específica igual a 2,440 g/cm<sup>3</sup> e a análise química indicou presença predominante de CaCO<sub>3</sub>, com quantidade não desprezível de SiO<sub>2</sub>.

Os concretos produzidos com adição de dregs em teores de 2% e 10% em relação à massa de cimento, apresentaram ganhos de resistência aos 28 dias de 1,6% e 5,4% ANAIS DO 59º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2017 – 59CBC2017



respectivamente, comparando com os resultados apresentados pelo concreto de referência. Já o teor de adição de 20% levou a um concreto com resistência à compressão 7,6% menor que a do concreto de referência.

Todos os concretos produzidos com substituição de parte do cimento por dregs apresentaram redução na resistência à compressão aos 28 dias de idade. Para os teores de substituição de 2% e 5% a redução na resistência mecânica foi de 4,2% e 3,7% respectivamente, enquanto que para os teores de substituição de 10% e 20%, as perdas observadas foram de 16,3% e 29,9% respectivamente.

O ganho de resistência ao longo do tempo foi mais acentuado nos concretos com dregs, sendo esse fenômeno observado em todos os traços e para todas as idades nos concretos com adição; e em todos os traços para a idade de 7 dias nos concretos com substituição.

De maneira geral, teores de adição de dregs de até 10% levaram a ganho de resistência mecânica nos concretos produzidos comparados com o concreto de referência. A adição de até 20% levou a perda de resistência inferior a 10%. A substituição de cimento por dregs em teores de até 5% levou a uma redução da resistência mecânica inferior a 5%. Adicionalmente, o dregs promoveu uma aceleração no ganho de resistência dos concretos nas primeiras idades.

## **5 Agradecimentos**

Os autores gostariam de agradecer as instituições CNPq, CAPES, FAPEMIG, Fundação Arthur Bernardes, Fundação Gorceix, UFV e UFOP pelo apoio na realização e apresentação dessa pesquisa. Também somos gratos pela infraestrutura e colaboração do Laboratório de Materiais de Construção da UFV, Laboratório de Microscopia Eletrônica NanoLab, Escola de Minas, UFOP e do Grupo de Pesquisa em Resíduos Sólidos - RECICLOS - CNPq.

## 6 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMRAS TÉCNICAS. **NBR 7810**: Agregado em estado compactado seco - Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23**: Cimento portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 30**: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46**: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**: Agregado Graúdo - Determinação de massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 65:** Cimento Portland - Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45:** Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739:** Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:** Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11579:** Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16372:** Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine). Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738:** Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776:** Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco chapman - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

CALMON, J. L. Resíduos industriais e agrícolas. In: ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010.

CARRASCO, B. et al. An evaluation of bottom ash from plant biomass as a replacement for cement in building blocks. **Fuel**, v. 118, p. 272-280, 2014.

CNI, DIRET, BRACELPA. **Florestas plantadas**: oportunidades e desafios da indústria brasileira de celulose e papel. Brasília: Confederação Nacional da Indústria, 2012.

GARCIA, M. L.; SOUZA-COUTINHO, J. **Grits as a Partial Cement Replacement for concrete**. Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies. Ancona: Università Politecnica delle Marche. 2010. p. 1-12.

IBÁ. **Relatório ibá 2016**. São Paulo: Indústria Brasileira de Árvores, 2016.

MARTINEZ-LAJE, I. et al. Concretes and mortars with waste paper industry: Biomass ash and dregs. **Journal of Environmental Management**, v. 181, n. 1, p. 863-873, 2016.

MARTINS, F. M. **Caracterização química e mineralógica de de resíduos sólidos industriais minerais do estado do Paraná**. Curitiba: UFPR, 2006. Dissertação (Mestrado em Química), Programa de Pós Graduação em Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

MESQUITA, L. C. et al. Evaluation of the Potential of Waste from Pulp Production (Grits) in its Use in Mortar: Physical and Chemical Characterization. **Materials Science Forum**, v. 820, p. 583-587, 2015.

MODOLO, R. et al. Construction materials as a waste management solution for cellulose sludge. **Waste Management**, v. 31, n. 2, p. 370-377, 2010.

SANTOS, R. F. et al. Evaluation of Incorporation of Dregs in Mortar Production in Replacement of Hydrated Lime. **Materials Science Forum**, v. 881, p. 351-356, 2016.



Anais do 59º Congresso Brasileiro do Concreto  
CBC2017  
Outubro-Novembro / 2017



@ 2017 - IBRACON - ISSN 2175-8182

SUTCU, M. et al. Thermal performance optimization of hollow clay bricks made up of paper waste. **Energy and Buildings**, v. 75, p. 96-108, 2014.

TORRES, A. F.; ROSMAN, C. E. **Método para dosagem racional do concreto**. São Paulo: ABCP, 1953.

TORRES, C. M. M. E. et al. Use of Alkaline Solid Wastes from Kraft Pulp and Paper Mills, Dregs and Grits in Cement Production. In: THE MINERALS, M. & M. S. **Characterization of Minerals, Metals, and Materials 2017**. [S.l.]: Springer International Publishing, 2017. p. 843-852.

ZANELLA, P. B. et al. Durability of mixed mortar lining containing dregs-grits. **American Journal of Environmental Science** , v. 10, n. 1, p. 44-47, 2014.