

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE PAPEL, PROVENIENTES DE SACOS DE CIMENTO TRITURADOS

Newton José Curvelo Soares Júnior¹

Landson Soares Marques²

RESUMO

O presente trabalho busca analisar a resistência à compressão do concreto com a utilização das fibras de celulose do saco de cimento na elaboração da mistura do mesmo, verificando sua influência e buscando assim uma alternativa de evitar o descarte deste resíduo. Desta forma, foram elaborados corpos de prova seguindo esse procedimento. A fibra de celulose foi preparada a partir da trituração do saco de cimento e incorporada em percentuais crescentes no concreto utilizado na moldagem dos corpos de prova. Estes foram posteriormente submetidos ao teste de compressão padrão até as suas respectivas rupturas. Resultando em dados de resistência à compressão para diversas proporções de incorporação, possibilitando a análise comparativa entre estas. Aos 28 dias de idade do concreto com incorporação de 25% das fibras, registrou-se em um acréscimo de 24,05% na resistência, alcançando 21,17 MPa contra 17,07 MPa do concreto sem a mesma. Entre as proporções de 100% e 0% chegou-se a uma acréscimo de 3,23% com a incorporação, que em conjunto com a diferença inferior a 0,01% para proporção de 75%, demonstraram que a incorporação entre 75 e 100% levam a valores de resistência muito próximos aos do concreto sem incorporação.

Palavras-chave: Concreto. Resistência à compressão. Fibras de celulose. Sustentabilidade.

ABSTRACT

This study seeks to analyze the strength of concrete compression with the use of cellulose fiber cement bag in the preparation of the mixture of the same, checking their influence and thus seeking an alternative to prevent the disposal of this waste. Thus, specimens were prepared following this procedure. The cellulose fiber was prepared from the bag of cement milling and incorporated in growing percentage in the concrete used in the molding of test pieces. These were then subjected to standard compression test to their respective breaks. Resulting in compressive strength data for various incorporation ratios, enabling a comparative analysis between them. At 28 days old concrete with incorporation of 25% of the fibers, enrolled in a 24.05% increase in strength, reaching 21.17 MPa to 17.07 MPa

¹ Bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Estácio da Bahia.

² Mestre em Geoquímica do Petróleo e Meio Ambiente (UFBA). Professor do curso de Petróleo e Gás do Centro Universitário Estácio da Bahia.

concrete without it. In proportions between 0% and 100% was reached at a 3.23% increase in incorporation, which, together with less than 0.01% difference in the proportion of 75%, showed that the incorporation of between 75 and 100 % lead to resistance values very close to the concrete without incorporation.

Keywords: Concrete. Compressive strength. Cellulose fibers. Sustainability.

INTRODUÇÃO

A Construção Civil é uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, e é grande geradora de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos (PINTO, 2005).

Seu papel é relevante em termos econômicos e sociais para o país, pois é grande geradora de postos de trabalho e riqueza. Sob ponto de vista ambiental, no entanto, é um dos setores que mais gera resíduos. Infelizmente na maioria das vezes esses entulhos são indevidamente descartados em terrenos baldios, áreas de preservação permanente e públicas. Tal fato tem gerado nos últimos anos, a conscientização sobre a importância da gestão de resíduos da construção civil. Soluções começam a surgir na forma de empreendimentos de reciclagem, que reaproveitam tais materiais, reintroduzindo-os em novos ciclos produtivos para fabricar novos produtos. Os entulhos da construção civil são matéria-prima de qualidade para agregados, como areia e brita, que podem ser reaproveitados na pavimentação, contenção de encostas, canalização de córregos e uso em argamassas e concreto (RABELO, 2012).

Neste seguimento o concreto é um material mundialmente aceito, de fácil execução e excelente custo benefício. Utiliza materiais de fácil aquisição, tornando-o acessível desde o pequeno até o grande consumidor. Seu insumo de maior custo é o cimento, e a quantidade adicionada deste está diretamente ligada às suas propriedades mecânicas (IBRACON, 2009).

Na sua elaboração gera como resíduo o saco do cimento, que por conter resíduos do próprio cimento não pode ser descartado com lixo comum, conforme as normas vigentes de descarte. Gerando a necessidade da sua destinação de forma consciente afim de preservar o meio ambiente e cumprir a legislação. Conforme a resolução CONAMA 307 de 2002, com nova redação dada pela resolução 448 de 2012, os resíduos da construção civil não podem ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei. A responsabilidade pelos mesmos são de seus geradores, devendo ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (CONAMA, 2002).

Fato ligado diretamente à estabilidade ecológica e econômica, que por sua vez, envolve o conceito de desenvolvimento sustentável, ou seja, aquele que "satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer suas próprias necessidades" (FREIRE, 2003).

No cenário da construção civil atual percebe-se a tendência da preocupação crescente relacionado ao consumo consciente e à sustentabilidade. Fato pelo qual a redução na geração de resíduos vem sendo buscada tanto pela redução de custo quanto pela adequação à legislação cada dia mais exigente neste quesito. Uma parte destes resíduos provém dos sacos do cimento. Eles geralmente não são reaproveitados ou reciclados. Logo, a obtenção de um meio para sua reutilização dentro da própria construção civil proporciona um ganho ambiental considerável, gerando sustentabilidade para o setor.

O presente trabalho estuda a eficiência da utilização de fibras de celulose provenientes dos sacos de cimento usados, na resistência à compressão do concreto elaborado. Dessa forma, evita-se o gasto com o descarte dos mesmos e reduz o custo do concreto, utilizando-os misturado aos agregados, buscando uma alternativa de aproveitamento do saco de cimento no próprio concreto. O estudo

será realizado utilizando corpos de prova elaborados com a incorporação dos sacos de cimento em proporções crescentes até o limite de 100% do saco utilizado por traço produzido pelo mesmo, analisando sua resistência à compressão comparando com uma amostra branca. Pesquisando se a elaboração de um concreto utilizando na sua mistura sacos de cimento triturados aumenta sua resistência à compressão e se é possível reduzir a geração de resíduos ocasionados pelo descarte dos sacos de cimento utilizando-os na mistura do concreto.

2 METODOLOGIA

Partindo do pressuposto que a resistência à compressão é mais exigida em pilares, optou-se por buscar alcançar o valor de 30 MPa nos corpos de prova de concreto a serem testados. Para chegar a este valor foram adotados parâmetros da dosagem racional do concreto segundo Rodrigues (1983). Foi utilizado cimento Portland Nassau CP-II-Z 32, brita 1 e areia média, e suas quantidades dosadas foram pesadas a fim de garantir um traço padrão em todas as amostras realizadas em quaisquer das proporções de incorporação do saco de cimento.

O saco de cimento ficou de molho por 24h em água, e em seguida foi cortado em pedaços e triturado em um liquidificador industrial. Foi seco e dispersado obtendo assim partículas de fibra vegetal que foram incorporadas no concreto.

Foram moldados e curados corpos de prova cilíndricos de concreto se baseando na norma NBR 5738, os quais foram submetidos a ensaios de compressão conforme o método descrito na NBR 5739.

O estudo implicou na determinação da capacidade de compressão do concreto para diversas dosagens de incorporação do saco de cimento triturado dentro do mesmo, a fim de identificar a viabilidade do processo, assim como a sua melhor proporção até o limite de 100% de incorporação na mesma quantidade de concreto produzido com o cimento utilizado. Portanto, as variáveis de estudo

envolvem as quantidades e proporções de cimento, saco de cimento triturado, brita e areia. Foi utilizado um traço 1; 2,018; 3,025 m/m (Cimento; Areia; Brita) e fator água cimento de 0,55; obtendo um concreto mole de boa trabalhabilidade, que permitiu bom adensamento e boa qualidade no corpo de prova.

3 EXPERIMENTO

Elaboração de corpos de prova feitos de concreto com diversas proporções de incorporação das fibras de papel provenientes de sacos de cimento usados, que foram triturados e dispersados obtendo fibras de celulose passíveis de serem misturadas uniformemente no concreto. Efetuando suas posteriores rupturas e análise dos resultados.

Pesagem dos sacos vazios

Inicialmente foram separados três sacos de cimento no próprio canteiro de obra. Foram obtidos sacos completos, buscando não descartar nenhum pedaço do mesmo. Em laboratório os sacos foram pesados em balança digital, com precisão de 0,1g.

Trituração dos sacos

Os sacos foram colocados dentro de um balde com água, permanecendo por 24 horas, para amolecer as fibras do papel permitindo que fossem triturados dentro de um liquidificador industrial modelo LS-04 da marca POLI, com caneca de quatro litros e motor com potência de 1/2CV, capaz de transformar o saco de papel em uma pasta de celulose uniforme constituída de pequenos pedaços do mesmo.

Foram retirados pedaços pequenos, até uma proporção de $\frac{1}{4}$ do saco aproximadamente, e colocados dentro do liquidificador. Acrescentou-se água do

próprio balde onde estava de molho, buscando o reaproveitamento da mesma, e triturado por três minutos, chegando à uma massa de consistência homogênea.

Em seguida foi colocada em um escorredor de plástico para a retirada do excesso de água, que também serviu como suporte para sua secagem.

No processo de transferência do balde para a bacia, e desta para o liquidificador, os resíduos do cimento existentes no saco ficavam nos fundos da bacia. Estes são os contaminantes que não permitem que o saco de cimento possa ser dispensado em lixo comum.

Secagem

Após 24 horas em secagem natural em um ambiente com ampla ventilação, houve um abatimento no volume da polpa gerada pela trituração do papel, contudo ainda estava muito úmida, sem a menor condição para se passar para a fase de dispersão das fibras do papel. Para efetuar esse procedimento é necessário que o material esteja seco, pois o papel molhado une-se com facilidade, e dispersando com ele ainda úmido o mesmo ficaria grudado após a secagem.

Após mais 24 horas a polpa ainda estava muito úmida. Por se tratar de matéria orgânica, houve a preocupação da deterioração do material, razão pela qual foi necessária a compressão da polpa contra o escorredor, retirando todo o excesso da mesma. Em seguida foi novamente espalhada na bacia. Feito esse procedimento e passado mais 24 horas todo o material estava seco.

Dispersão das fibras

O material já seco se apresentou unido e precisava ser disperso. Em primeira tentativa voltou-se o material ao liquidificador industrial, contudo não houve sucesso, o material não gerava fluxo ficando parado nas laterais e as hélices tinham contato com pouca quantidade do mesmo. Foi colocada uma pequena quantidade de água

para umedecer, gerando bom resultado, o material foi disperso, mas ainda com alta gramatura, o que não era o desejado.

Para facilitar a incorporação das fibras ao concreto durante o processo de mistura e se obter misturas mais homogêneas, estas não podem ter alta densidade, devem ser finas e leves, para serem misturadas facilmente entre os espaços dos agregados, pois não se tem como objetivo a substituição dos mesmos pelas fibras do papel.

Utilizou-se então uma peneira modelo Feijão 55, onde manualmente todo o material foi disperso, chegando a uma gramatura onde as fibras do papel do saco de cimento estavam bem dispersas, com uma densidade baixa e de boa trabalhabilidade para se misturar ao concreto.

Como o papel foi umedecido para a dispersão, houve a necessidade de mais 24 horas de secagem, feita dentro dos escorredores, afim de efetuar a comparação com os sacos previamente pesados, os quais estavam secos.

Traço e execução do concreto

Foi utilizado um traço de 1; 2,018; 3,025 m/m (Cimento; Areia; Brita) e fator água cimento de 0,55; afim de se obter um concreto mole de boa trabalhabilidade, permitindo um bom adensamento e boa qualidade no corpo de prova. Para chegar nesta proporção foram utilizados parâmetros da dosagem racional do concreto da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), publicado em 1983 no artigo apresentado na 34ª Reunião de Técnicos da Indústria do Cimento, segundo Rodrigues (1983).

A média dos pesos dos sacos após serem triturados e dispersados foi de 251,39g, o que levou ao um valor aproximado de 5,03g de incorporação de papel para cada quilo de cimento utilizado.

O molde para o corpo de prova mede 300 mm de altura e 150 mm de diâmetro, possuindo $0,005301438 \text{ m}^3$ de volume. Cada conjunto de 6 amostras

corresponde a $0,031808626 \text{ m}^3$. Foi utilizada com margem de segurança aproximada de 15% de folga para possíveis perdas, executando um traço de concreto para conseguir $0,03623 \text{ m}^3$ de concreto, no qual foi utilizado 16Kg de cimento; 32,3Kg de areia; 48,4Kg de brita e 8,8 litros de água.

Foram executados traços para proporções de 25%, 50%, 75% e 100% de incorporação do saco por concreto produzido, usando 20,11g; 40,22g; 60,33g e 80,44g de papel triturado respectivamente.

Foi feita uma tentativa de misturar os materiais de forma manual, contudo percebeu-se que o concreto não ficaria uniforme como era necessário.

Uma Betoneira marca CSM modelo CS de 145 Litros estava disponível no local, a qual foi utilizada na preparação do concreto como mostra a Figura 1.



Figura 1: Concreto preparado. Foto do acervo do autor (2016)

Moldagem dos corpos de prova

Os moldes cilíndricos de 300mm de altura por 150mm de diâmetro foram previamente limpos, fechados e suas fixações efetuadas às suas respectivas placas base. Sua fissura foi vedada com cera virgem e uma fina camada de óleo mineral foi colocada internamente para untar o molde visando facilitar a retirada do corpo de prova posteriormente.

O concreto preparado foi transferido para os moldes utilizando a concha metálica estabelecida pela NBR 5738, em pequenas quantidades, permitindo a

execução de 4 camadas também conforme a norma. Em cada uma delas foram efetuados 30 golpes com a haste de socamento normatizada, permitindo um bom adensamento compatível com a consistência do concreto. O concreto foi colocado no molde em uma base nivelada, livre de choques e vibrações como mostra a Figura 2, e os registros de data, hora de adição da água de amassamento e a proporção utilizada foram devidamente efetuados.



Figura 2: Concreto nos moldes. Foto do acervo do autor (2016)

Desmolde e cura

Sempre no dia seguinte à execução dos corpos de prova, os mesmos foram desmoldados, pesados. Após o desmolde todos os corpos de prova foram colocados para curar imersos em água saturada com cal.

Retirada da cura e rompimento

De cada conjunto de 6 amostras por proporção, três eram levadas para rompimento com 7 dias de idade e três com 28 dias de idade. Após a retirada da cura as mesmas eram novamente pesadas e levadas para a prensa hidráulica marca Solocap modelo 150CA com 100 toneladas de capacidade, como mostra na Figura 3.



Figura 3: Prensa hidráulica para romper corpos de prova. Foto do acervo do autor (2016)

Nesta prensa cada corpo de prova foi posicionado de forma com que seu eixo coincidisse com o eixo da máquina, fazendo com que a resultante das forças passasse pelo centro. A aplicação de carga foi manual, isenta de choques e buscou-se uma aplicação contínua com leve intermitência na aplicação da mesma até o rompimento do corpo, como mostra a Figura 4. Além disso, foi registrado data e hora da execução dos rompimentos.



Figura 4: Corpo de prova rompido. Foto do acervo do autor (2016)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento gerou uma grande quantidade de dados sobre o concreto elaborado, com suas resistências à compressão para os diversos percentuais de incorporação das fibras de papel, os quais foram agrupados conforme os dias de rompimento.

Dados nas rupturas com 7 dias

As informações coletadas com nas rupturas dos corpos de prova com sete dias de idade foram agrupadas conforme mostra a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Dados coletados no rompimento com 7 dias. Elaborada pelo autor (2016)

Amostra	Data execução	Incorporação fibras papel	Peso 24h	Peso pós cura	Diferença	TF	MPa
7	07/04/15	0%	11300	12400	1100	21,02	11,66
8	07/04/15	0%	11300	12450	1150	18,72	10,39
9	07/04/15	0%	11250	12450	1200	19,87	11,03
13	16/04/15	50%	11450	12600	1150	22,17	12,30
14	16/04/15	50%	11300	12500	1200	27,18	15,08
15	16/04/15	50%	11300	12500	1200	26,81	14,88
19	23/04/15	75%	12500	12600	100	18,70	10,38

20	23/04/15	75%	12400	12500	100	16,27	9,03
21	23/04/15	75%	12400	12500	100	23,56	13,07
22	23/04/15	25%	12500	12550	50	15,56	8,63
23	23/04/15	25%	12400	12500	100	17,97	9,97
24	23/04/15	25%	12350	12450	100	17,28	9,59
28	11/05/15	100%	12100	12400	300	14,95	8,30
29	11/05/15	100%	12200	12500	300	17,18	9,53
30	11/05/15	100%	12100	12400	300	22,53	12,50
32	12/05/15	0%-B	12550	12650	100	21,59	11,98
33	12/05/15	0%-B	12600	12650	50	23,99	13,31
34	12/05/15	0%-B	12500	12600	100	25,50	14,15

Os valores foram agrupados por percentuais de incorporação, e analisados conforme suas médias, mínimos e máximos valores suportados nas rupturas dos corpos de prova.

A Tabela 2 abaixo mostra os valores de resistência provenientes da média de três rupturas para cada percentual de incorporação. O concreto elaborado para moldar os primeiros corpos de prova com incorporação de 0% recebeu uma quantidade excessiva de água, gerando uma relação água/cimento superior à desejada, sendo necessário fazer novos corpos de prova, listado como 0%-B. Desta forma foram obtidos dois conjuntos de valores para a proporção de 0%, permitindo analisar a variação de resistência nessa proporção por conta da variação da quantidade de água utilizada, chegando a 19,24% de acréscimo de resistência nos corpos de prova elaborados com menor quantidade de água. Entre os percentuais

de 0%-B e 100% houve uma redução de 23,10% na resistência. E no percentual de 50% em comparação ao de 0%-B houve um ganho de 7,15%.

Tabela 2: Média das resistências ruptura corpos de prova com 7 dias. Elaborada pelo autor (2016)

Incorporação	TF	Mpa
0%	19,87	11,03
25%	16,94	9,40
50%	25,39	14,09
75%	19,51	10,83
100%	18,22	10,11
0%-B	23,69	13,15

Estes valores podem ser vistos na forma do **Gráfico** abaixo, que não gerou uma forma linear de variação da resistência por conta da incorporação das fibras de papel.

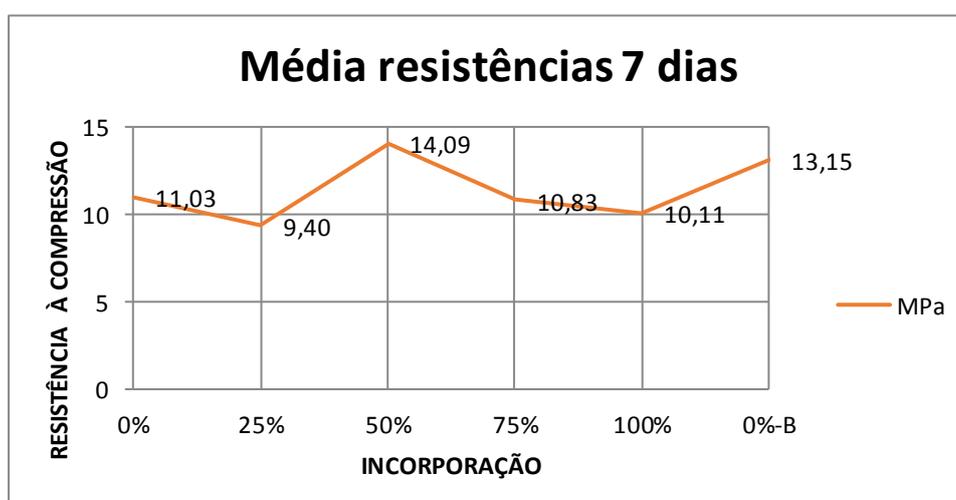


Gráfico 1: Média das resistências ruptura corpos de prova com 7 dias. Elaborado pelo autor (2016)

A Tabela 3 abaixo mostra os maiores valores de resistência das rupturas para cada percentual de incorporação. Na comparação dos corpos de prova de 0% e 0%-B foi obtido 21,31% de acréscimo de resistência nos corpos de prova elaborados com menor quantidade de água. Entre os percentuais de 0%-B e 100% houve uma redução de 11,65% na resistência. E no percentual de 50% em comparação ao de 0%-B houve um ganho de 6,59%.

Tabela 3: Maiores valores de resistência ruptura corpos de prova com 7 dias. Elaborada pelo autor (2016)

Incorporação	TF	Mpa
0%	21,02	11,66
25%	17,97	9,97
50%	27,18	15,08
75%	23,56	13,07
100%	22,53	12,50
0%-B	25,50	14,15

Estes valores podem ser vistos na forma do **Gráfico** abaixo, que seguindo o mesmo padrão, não gerou uma forma linear de variação da resistência por conta da incorporação das fibras de papel.

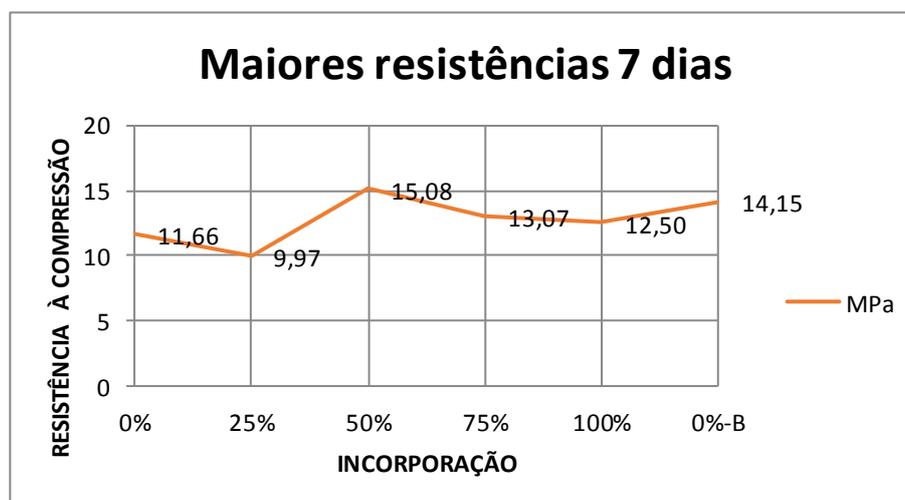


Gráfico 1: Maiores valores de resistência ruptura corpos de prova com 7 dias. Elaborado pelo autor (2016)

Nos gráficos de 7 dias de idade notou-se uma tendência de melhora na resistência do concreto com a incorporação de 50% do saco de cimento em formas de fibras, variando de forma não uniforme e tendendo ao mesmo valor do concreto sem a incorporação.

Dados nas rupturas com 28 dias

As informações coletadas com nas rupturas dos corpos de prova com 28 dias de idade foram agrupadas conforme Tabela 4 abaixo.

Tabela 4: Dados coletados no rompimento com 28 dias. Elaborada pelo autor (2016)

Amostra	Data execução	Incorporação fibras papel	Peso 24h	Peso pós cura	Diferença	TF	MPa
1	07/04/15	25%	11400	12650	1250	37,14	20,61
2	07/04/15	25%	11350	12600	1250	37,01	20,54
3	07/04/15	25%	11300	12550	1250	40,32	22,38
4	07/04/15	0%	11350	12450	1100	25,98	14,42
5	07/04/15	0%	11300	12400	1100	34,12	18,93

6	07/04/15	0%	11250	12550	1300	25,14	13,95
10	16/04/15	50%	11200	12400	1200	32,13	17,83
11	16/04/15	50%	11300	12600	1300	30,72	17,05
12	16/04/15	50%	11300	12600	1300	37,53	20,83
16	23/04/15	75%	12300	12550	250	30,17	16,74
17	23/04/15	75%	12300	12600	300	29,96	16,63
18	23/04/15	75%	12350	12600	250	32,05	17,79
25	11/05/15	100%	12200	12600	400	31,46	17,46
26	11/05/15	100%	12200	12550	350	32,62	18,10
27	11/05/15	100%	12250	12600	350	31,17	17,30
31	11/05/15	100%	12200	12600	400	17,33	9,62
35	12/05/15	0%-B	12500	12650	150	33,78	18,75
36	12/05/15	0%-B	12450	12700	250	29,66	16,46
37	12/05/15	0%-B	12450	12650	200	31,66	17,57
38	12/05/15	0%-B	12500	12700	200	30,95	17,18

A Tabela 5 abaixo mostra valores de resistência provenientes da média de três rupturas para cada percentual de incorporação. Na comparação dos corpos de prova de 0% e 0%-B foi obtido 8,25% de acréscimo de resistência nos corpos de prova elaborados com menor quantidade de água. Entre os percentuais de 0%-B e 100% ouve um ganho de 3,23% na resistência. E no percentual de 25% em comparação ao de 0%-B houve um ganho de 24,06%.

Tabela 5: Média resistência ruptura corpos de prova com 28 dias. Elaborada pelo autor (2016)

Incorporação	TF	MPA
0%	28,41	15,77
25%	38,16	21,17
50%	33,46	18,57

75%	30,73	17,05
100%	31,75	17,62
0%-B	30,76	17,07

Estes valores podem ser vistos na forma do **Gráfico 1** abaixo, que não gerou uma forma linear de variação da resistência por conta da incorporação das fibras de papel.

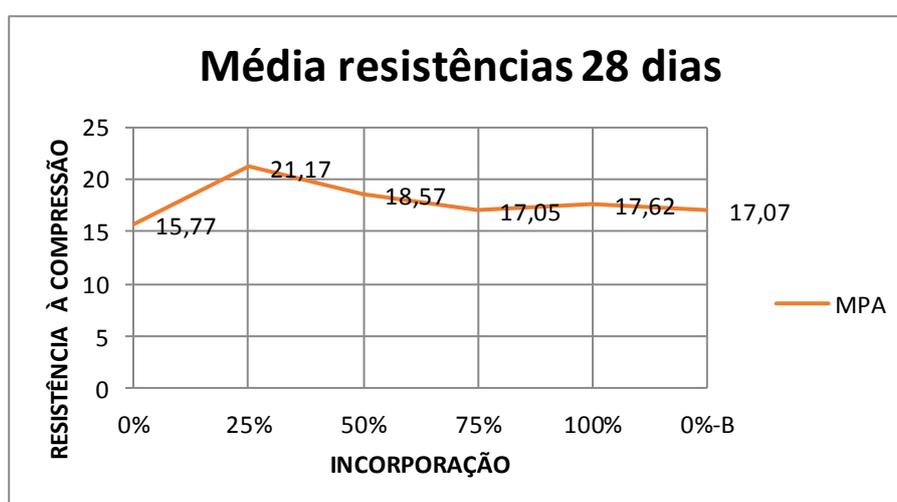


Gráfico 1: Média resistências ruptura corpos de prova com 28 dias. Elaborado pelo autor (2016)

A Tabela 6 abaixo mostra os maiores valores de resistência das rupturas para cada percentual de incorporação. Na comparação dos corpos de prova de 0% e 0%-B foi obtido 7,77% de acréscimo de resistência nos corpos de prova elaborados com menor quantidade de água. Entre os percentuais de 0%-B e 100% ouve uma redução de 3,03% na resistência. E no percentual de 25% em comparação ao de 0%-B houve um ganho de 27,35%.

Tabela 6: Maiores valores de resistência ruptura corpos de prova com 28 dias. Elaborada pelo autor (2016)

Incorporação	TF	MPa
0%	34,12	18,93
25%	40,32	22,38
50%	37,53	20,83
75%	32,05	17,79
100%	32,62	18,10
0%-B	31,66	17,57

Estes valores podem ser vistos na forma do Gráfico 5 abaixo, que seguindo o mesmo padrão, não gerou uma forma linear de variação da resistência por conta da incorporação das fibras de papel.

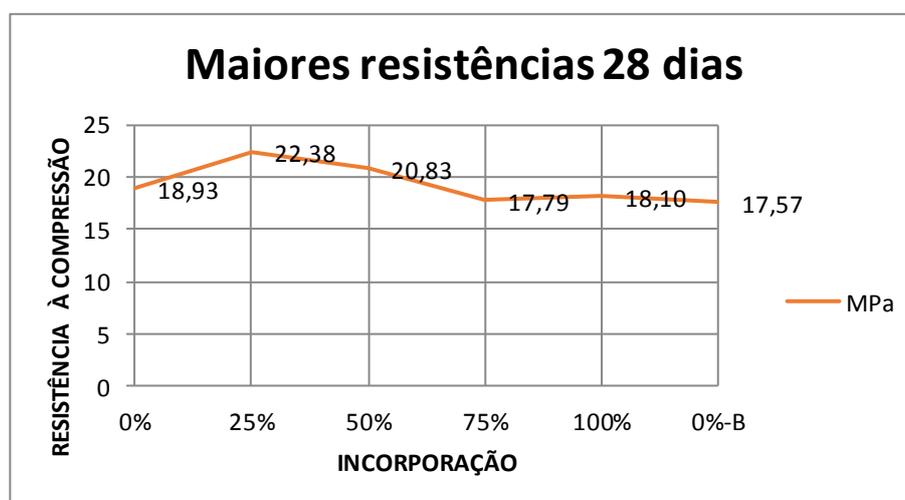


Gráfico 5: Maiores valores de resistência ruptura corpos de prova com 28 dias. Elaborado pelo autor (2016)

Nos gráficos de 28 dias de idade foi percebido a tendência de melhora na resistência do concreto com a incorporação de 25% do saco de cimento em formas de fibras, também variando de forma não uniforme e tendendo ao mesmo valor do concreto sem a incorporação.

As amostras 31 e 35 não foram computadas nas médias. A 31 estava com o topo irregular e ambas foram rompidas 24 horas após serem retiradas da água.

Resistências a serem adotadas

Segundo Fusco (2008) o emprego do valor de resistência médias como valores de referência, exigem coeficientes de segurança maiores, levando a uma falsa sensação de segurança. Não podendo desprezar também a influência gerada pelo atrito dos pratos da prensa com os corpos de prova no ensaio pradroneado, que gera um aumento aparente na resistência de cerca de 5%. Portanto deve-se admitir que a verdadeira resistência do concreto da estrutura é de apenas 0,95 do valor obtido no ensaio.

Comparação peso fibras papel *versus* peso concreto

As amostras 25 a 31, correspondentes às incorporações de 100% do saco de cimento no concreto, somaram um total 85,25 kg. O residual de concreto elaborado nestas somou 10,70 kg; totalizando 95,95 kg de concreto seco após vinte quatro horas. Para a elaboração deste concreto foram utilizados 15,50 kg de cimento; 31,30 kg de areia e 46,90 kg de brita; somando 93,70 kg de material.

Para este traço foi utilizado 77,93 gramas de saco de cimento triturado, correspondendo a 0,0812% do peso do concreto seco produzido e 0,0832% do peso do material utilizado. Para o peso padrão do concreto de 2500 kg por m³, seria elaborado 0,1135 m³ de mesmo com este traço usando um saco de cimento de 50 kg, gerando aproximadamente 284 kg de concreto. Para incorporar 100% do saco seria acrescentado 251,39 gramas de fibras de celulose, chegando a um percentual 0,08852% do produto final.

O mesmo traço foi executado para elaborar as amostras com 0% de incorporação, as quais totalizaram 87,55 kg. O residual do concreto elaborado nestas somou 8,70 kg; totalizando 96,25 kg de concreto seco após vinte quatro horas.

4 CONCLUSÃO

A avaliação do aumento ou diminuição da resistência à compressão do concreto através da adição de fibras de celulose advindas dos sacos de cimento não levou a uma conclusão direta, já que os valores obtidos levaram resultados divergentes, não podendo se afirmar exatamente se há uma melhora ou piora da resistência à compressão por conta desta adição.

A proporção de sacos reutilizados em comparação aos usados na geração no momento da execução foi alcançada, obtendo o valor aproximado de 5,03g de incorporação de papel para cada quilo de cimento utilizado, representando 0,01% do peso do cimento. A proporção que alcançou o maior valor de resistência aos 7 dias foi a de 50% de incorporação. Nesta proporção obteve-se resistência média de 14,09 MPa, já o concreto sem incorporação chegou 13,15 MPa representando um acréscimo de 7,15% na resistência do concreto com a incorporação. Aos 28 dias de idade a proporção que alcançou a maior resistência foi a de 25% de incorporação, levando a considerar que este seria o percentual eficiente de adição das fibras de celulose para obtenção de um concreto de melhor qualidade, onde alcançou média de 21,17 MPa contra 17,07 MPa do concreto sem a incorporação, representando um acréscimo de 24,06% na resistência do concreto. Entre as proporções de 100% e 0% chegou-se a um acréscimo de 3,23% com a incorporação, que em conjunto com a diferença inferior a 0,01% para proporção de 75%, demonstram que a incorporação entre 75 e 100% levam a valores de resistência muito próximos aos do concreto sem incorporação.

O percentual de papel utilizado é muito pequeno em comparação ao montante dos materiais empregados, levando a conclusão que as variações obtidas foram influenciadas muito mais pelo fator água/cimento do que pela adição das fibras. Novos testes podem ser executados com maiores quantidades destas, avaliando a possibilidade de se utilizar na mistura do concreto um percentual de papel superior ao gerado na execução do mesmo, necessitando para isso fazer uma avaliação de durabilidade. O papel incorporado pode interferir na vida útil do produto final, por ser biodegradável será suscetível a deterioração, principalmente em ambientes úmidos.

O concreto com adição de fibras de papel provenientes dos sacos de cimento triturados após sua utilização vem a ser uma solução viável para a disposição final ambientalmente adequada deste rejeito. Esta solução evitará que este resíduo da seja disposto de forma incorreta no ambiente e fará com que seu gerador se adeque à legislação reutilizando-o no próprio canteiro de obras.

REFERÊNCIAS

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO Nº 307: Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002.

FREIRE, Wesley Jorge. **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Campinas, Sp: Editora da Unicamp, 2003.

FUSCO, Péricles Brasiliense. **Tecnologia do concreto estrutural**: Tópicos aplicados. 1ª Edição. São Paulo: Editora PINI, 2008

IBRACON, Instituto Brasileiro de Concreto. **Revista Concreto & Construções**: Concreto: material construtivo mais consumido no mundo. 2009. Edição Nº 53 ISSN 1809-7197. Disponível em: <<http://www.ibracon.org.br/>>. Acesso em: 12 abr. 2015.

PINTO, Tarcisio de Paulo (Org.). **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil**: A experiência do SindusCon-SP. 2005. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual_residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2015.

RABELO, Dayane (Comp.). **Coleta e Reciclagem de Resíduos da Construção Civil**. 2012. Cartilha idéias de negócios Sustentáveis. Disponível em: <<http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Cartilhas/Coleta-e-Reciclagem-de-Residuos-da-Construção-Civil>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

RODRIGUES, Públio Penna Firme. **Parâmetros da Dosagem Racional do Concreto**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1983. Artigo apresentado na 34ª Reunião de Técnicos da Indústria do Cimento.