Influência do Empacotamento da Estrutura Granular na Resistência à Compressão de Concretos Utilizados Para a Fabricação de Postes Duplo T



Alexandre Rodrigues Monson[1]; Camila Lebedieff Monge[2]; Jean de Oliveira Gonçalves[3]; Lauri Anderson Lenz[4]

[1,2,3,] Faculdade Educacional Araucária (FACEAR); [4] Universidade Federal do Paraná (UFPR)

RESUMO

O estudo do empacotamento de partículas e sua utilização na construção civil ganhou espaço frente às diferentes propriedades de tamanho, volume, porosidade, densidade e formato dos agregados utilizados na produção de concretos e da necessidade de se criar estruturas mais densas e compactas, a fim de recriar traços de matérias com melhores propriedades. Com o objetivo de avaliar a influência do empacotamento de partículas na resistência a compressão dos concretos utilizados para fabricação de postes duplo T e visando uma redução de consumo de cimento foram realizadas três campanhas de estudo envolvendo empacotamento de partículas pelo método experimental, tentativa de inserção de um novo agregado no traço padrão, variação do teor de agregados e também foi avaliado a influência do equipamento utilizado em laboratório e na fábrica para dosagem do concreto. A variação do teor de agregados obteve uma redução do consumo de cimento significativa mantendo a resistência a compressão se comparado ao traço padrão que é utilizado na fabricação dos postes duplo T.

Palavras chave: empacotamento de partículas, teor de agregados, poste duplo T.

ABSTRACT

The particle packing study and its utilization in civil construction gained a front space the different properties of size volume, porosity, density and shape of the aggregates used inproduction of concrete and the need to create more dense and compact structures, in order to recreate a concrete mix of materials with better properties. In order to evaluate the influence of packaging particles in the concrete compressive strength used for making double t poles aiming at a reduction of cement consumption study were three campaigns involving. Packaging particles by the experimental method, attempt to insert a new aggregate in standard feature. Aggregated content variation and was also evaluated the influence of the used equipment in the laboratory and in the factory to the concrete dosage. The change in the aggregate content obtained a significant reduction in the consumption of cement while maintaining compressive strength compared to tracepattern that is used to make the double T poles.

Key Words: particle packing, aggregated content, post doublet T.

1. INTRODUÇÃO

Como a maioria das estruturas na construção civil brasileira, os postes também são fabricados de concreto armado, sendo o cimento o principal componente constituinte do concreto. Os impactos causados na fabricação do cimento são de certo modo preocupantes. Em 2013, no Brasil, a produção de cimento chegou a setenta milhões de toneladas (SNIC, 2013). Estima-se que para cada tonelada de clínquer moído produzido, são emitidos na atmosfera aproximadamente 866 kg de gás carbônico (WBCSD, 2011). De acordo com SANTI e SEVÁ FILHO (2004), os métodos para a produção do cimento geram cerca de 5% das emissões mundiais de (CO2), contribuindo em grande parte para o aumento do efeito estufa. Sendo a 7ª atividade industrial que mais consome energia, 2% de toda a energia global, deixando de ser uma produção sustentável.

Visando reduzir os impactos ambientais e o custo do concreto, podem ser adotadas técnicas para reduzir o consumo de cimento, como o estudo do empacotamento de partículas, onde se pode reduzir os vazios da estrutura do concreto a partir do empacotamento dos agregados, minimizando o consumo de "pasta" de cimento.

O empacotamento de partículas pode ser definido como o preenchimento dos espaços entre as partículas conforme FIGURA 01, isto é, uma combinação de partículas de diferentes tamanhos, onde os vazios das partículas maiores são preenchidos por partículas menores, e os vazios destas são preenchidos com partículas ainda menores, e assim sucessivamente. Dessa forma aplicando o empacotamento nos agregados há uma redução na porosidade do conjunto e consequentemente a quantidade de pasta de cimento. Diante disso, a otimização da dosagem em função do empacotamento pode levar a diminuição no consumo de cimento e reduzir o custo do concreto, entretanto, poderá acarretar em alterações na resistência mecânica do concreto.



FIGURA 01 – EMPACOTAMENTO
FONTE: REVISTA TÉCHNE, EDIÇÃO 165.

2. DESENVOLVIMENTO

O objetivo do presente artigo é avaliar a influência do empacotamento de partículas granulares na resistência a compressão do concreto utilizado em postes duplo T fabricados e fornecidos conforme a norma NTC 810001 da Concessionária de energia elétrica COPEL (Companhia Paranaense de Energia). Busca-se ainda avaliar o custo dos concretos estudados, bem como o consumo cimento e suas resistências a compressão.

O programa experimental utilizado no estudo consiste na escolha e caracterização dos materiais componentes dos concretos, dosagem dos concretos, produção, moldagem dos corpos de prova e caracterização dos concretos produzidos, em estado fresco e endurecido.

O cimento Portland utilizado no estudo foi o CP V ARI, frequentemente utilizado na produção de postes duplo T. A caracterização química e física do material é dada pelo fabricante ITAMBÉ.

Os agregados utilizados foram areia natural média, brita 0 e brita 1. A FIGURA 02 mostra cada um dos materiais utilizados no estudo.



FIGURA 02 – AGREGADOS UTILIZADOS NA PESQUISA: (A) BRITA 0, (B) AREIA MÉDIA E(C) BRITA 1
FONTE: OS AUTORES, 2016.

A TABELA 01 apresenta a caracterização dos agregados, e as FIGURAS 03 e 04 os ensaios de granulometria.

TABELA 01 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

AGREGADO	ENSAIO	RESULTADO
Areia Média	Determinação da massa especifica	2,62 g/cm³
	Determinação da massa unitária	1348,1 g/L
	Determinação de impurezas orgânicas	Mais clara que padrão
Brita 0	Determinação do material fino	1,33%
	Determinação da massa especifica	2,64 g/cm³
	Determinação da massa unitária	1354 g/L
	Determinação Absorção	0,64%
Brita 1	Determinação do material fino	0,17%
	Determinação da massa especifica	2,77 g/cm³
	Determinação da massa unitária	1353 g/L
	Determinação Absorção	0,25%
	Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro	IF=2,0 < 3,0 - OK

FONTE: OS AUTORES, 2016.

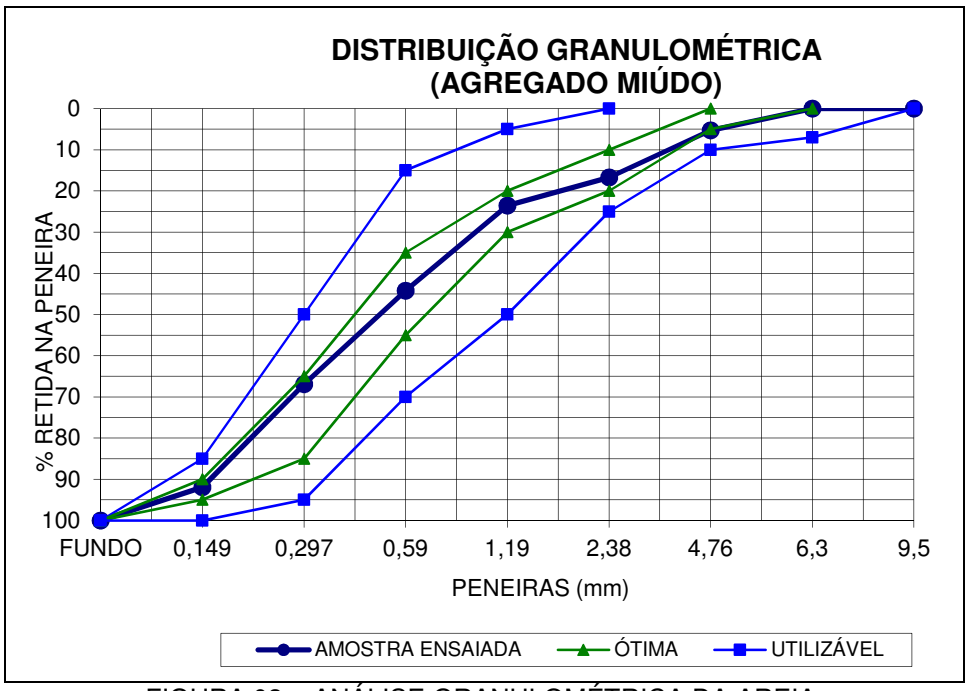


FIGURA 03 – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA AREIA.
FONTE: OS AUTORES, 2016.

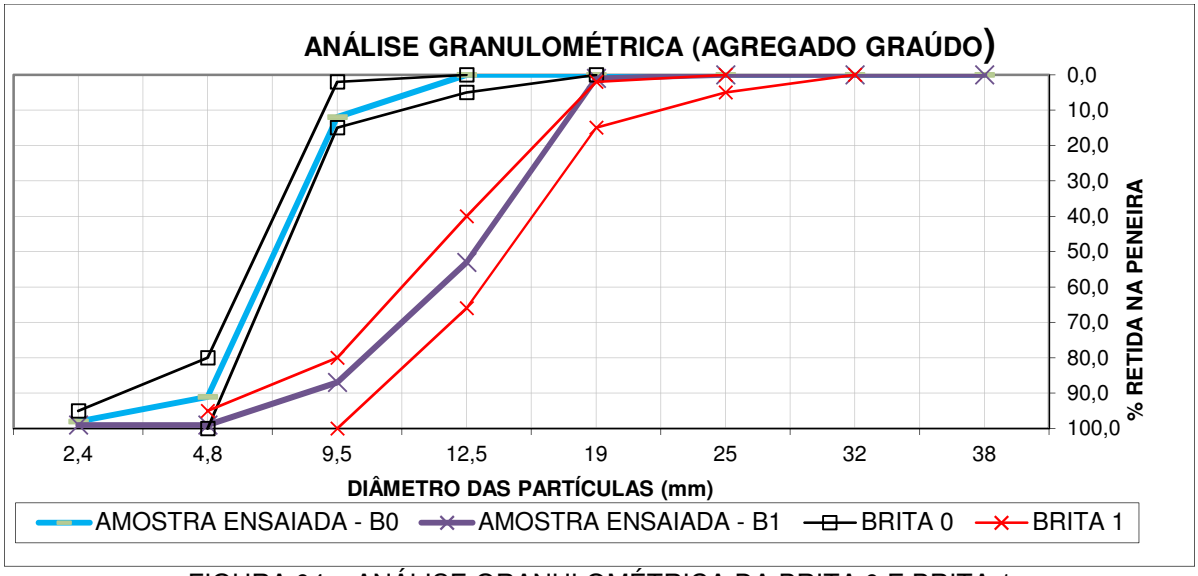


FIGURA 04 – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA BRITA 0 E BRITA 1
FONTE: OS AUTORES, 2016.

Conforme a NBR 15900-1 (ABNT, 2009), a água proveniente da rede pública de abastecimento é considerada adequada para o uso em concretos e não necessita ser ensaiada.

Para efetuar a alteração do teor de agregados, mantendo fixo o valor A/C e abatimento, utilizou-se o aditivo superplastificante Mc-Powerflow 1108.

Para o concreto dosado em laboratório, os materiais foram misturados em uma betoneira de 120 litros. Já na fábrica utilizou-se uma betoneira de 600 litros. Nos dois casos a ordem da mistura dos materiais foi seguindo os critérios da NBR NM 79 (ABNT, 1996), descrita na TABELA 02.

TABELA 02 – SEQUÊNCIA DE ADIÇÃO DOS MATERIAIS À BETONEIRA

ETAPAS DA MISTURA	TEMPO DE MISTURA
Imprimação da betoneira	--------
Água (80%)	--------
Adição do agregado graúdo (100%)	30 segundos
Adição do agregado miúdo (100%)	30 segundos
Adição do cimento (100%)	1 minuto
Adição do restante da água (20%)	Até a homogeneização

FONTE: OS AUTORES, 2016.

O programa experimental para esta pesquisa foi realizado em três etapas, conforme ilustrado na FIGURA 05.



FIGURA 05 – CAMPANHAS REALIZADAS NA PESQUISA
FONTE: AUTORES, 2016.

Os traços obtidos com os empacotamentos realizados e as variações do teor de agregados estão listado conforme a TABELA 03.

TABELA 03 – TRAÇOS OBTIDOS

IDENTIFICAÇÃO	TRAÇO	M	A/C
T 01	1:2:3,2	5,2	0,57
T 02	1:2,6:1,3:1,3	5,2	0,57
T 03	1:2,08:3,12	5,2	0,57
T 04	1:2:3,2	5,2	0,45
T 05	1:3,72:2,48	6,2	0,45
T 06	1:3,72:2,48	6,2	0,45
T 07	1:2:3,2	5,2	0,45

FONTE: OS AUTORES, 2016.

Para cada traço foram moldados três corpos de prova.

Para avaliar a variação da estrutura granular na resistência mecânica a compressão dos concretos (1ª Campanha Experimental), buscou-se reproduzir em laboratório o concreto utilizado na fábrica, adotado como referência (T 01). Manteve-se fixo o abatimento de (50 ± 10) mm e o fator a/c=0,57.

Para se atingir o objetivo desta campanha experimental, realizou-se o estudo de empacotamento para determinar a proporção ideal entre os três agregados. Para isso, fez-se o empacotamento dos agregados pelo método experimental proposto por O'Reilly (1992), que leva em consideração a forma das partículas dos agregados, para determinar o empacotamento granular máximo, ou seja, a menor quantidade de vazios em um conjunto de agregados diferentes. Neste método utiliza-se como parâmetro a massa unitária compactada e o volume de vazios, determinados conforme a norma NBR NM 45 (ABNT, 2006). Para obtenção de resultados confiáveis, os agregados devem estar no estado seco e ser homogeneizados previamente.

Estudou-se o empacotamento de todos os agregados do concreto, dois a dois e em ordem decrescente de diâmetro das partículas. Desta forma, iniciou-se o estudo com a brita 1 e brita 0, por serem materiais de maior granulometria. Iniciou-se a determinação dos vazios com 100% dos agregados de maior granulometria e 0% do agregado de menor granulometria, e prosseguiu-se diminuindo 10% do primeiro, em massa, e adicionando-se o mesmo percentual de brita 0. Para cada proporção, foi determinado em laboratório a massa unitária compactada seca, calculado a massa especifica e os índices de vazios do conjuntos.

Efetuou-se o empacotamento experimental entre brita 1 + brita 0 + areia definindo a estrutura granular do concreto T 02, e entre a brita 1 + areia, definindo a estrutura granular do concreto T 03. Os resultados do empacotamento de partículas realizado para obtenção dos traços T 02 e T 03 são apresentados na TABELA 04, 05 e 06:

*T*ABELA 04 – ÍNDICE DE VAZIOS DOS CONJUNTOS GRANULARES COMPOSTOS PELA BRITA 0 E BRITA 1

BRITA 1	BRITA 0	M1 (Kg)	M0 (Kg)	ADICIONAR M0 (Kg)	MASSA TOTAL (Kg)	M (Kg)	M.U (Kg/dm³)	VAZIOS (%)
100	0	-	-	-	-	20,3	1,36	51,01
90	10	30,00	3,33	3,33	33,33	20,98	1,40	49,12
80	20	30,00	7,50	4,17	37,50	20,76	1,39	49,41
70	30	30,00	12,86	5,36	42,86	20,98	1,40	48,62
60	40	30,00	20,00	7,14	50,00	20,77	1,39	48,89
50	50	30,00	30,00	10,00	60,00	21,06	1,41	47,93
40	60	20,00	30,00	7,14	50,00	20,95	1,40	47,95
30	70	12,86	30,00	5,36	42,86	20,84	1,39	47,98
20	80	7,50	30,00	4,17	37,50	20,82	1,39	47,78
10	90	3,33	30,00	3,33	33,33	20,88	1,40	47,38
0	100	0,00	30,00	-	-	20,31	1,36	48,57
PROPORÇÃO ÓTIMA 50% B1 / 50% B0								

FONTE: OS AUTORES, 2016.

ISSN: 2316-2317 Revista Eletrônica Multidisciplinar - FACEAR

Com base na TABELA 04, observa-se que a proporção ótima entre os agregados graúdos é de 50% de brita 1 e 50% de brita 0, que apresenta o menor percentual de vazios igual a 47,93 % e maior massa unitária. A TABELA 05 mostra os resultados obtidos para o índice de vazios das misturas dos agregados graúdos na mesma proporção determinada anteriormente e agregado miúdo.

*T*ABELA 05 – ÍNDICE DE VAZIOS DOS CONJUNTOS GRANULARES COMPOSTO PELA BRITA 0, BRITA 1 E AREIA.

BRITA 1 + BRITA 0	AREIA	BRITA 1	BRITA 0	M 1 (Kg)	M 0 (Kg)	ADICIONAR M0 (Kg)	MASSA TOTAL (Kg)	M (Kg)	M.U (Kg/dm³)	VAZIOS (%)
100	0	15,00	15,00	30,00	0	0	-	21,06	1,57	41,96
90	10	15,00	15,00	30,00	3,33	3,33	33,33	22,44	1,50	44,37
80	20	15,00	15,00	30,00	7,50	4,17	37,50	23,77	1,59	40,88
70	30	15,00	15,00	30,00	12,85	5,36	42,86	25,28	1,69	36,92
60	40	15,00	15,00	30,00	20,00	7,14	50,00	26,12	1,75	34,62
50	50	15,00	15,00	30,00	30,00	10,00	60,00	26,83	1,79	32,62
40	60	10,00	10,00	20,00	30,00	7,14	50,00	26,30	1,76	33,74
30	70	6,43	6,43	12,85	30,00	5,36	42,86	25,61	1,71	35,28
20	80	3,75	3,75	7,50	30,00	4,17	37,50	24,50	1,64	37,89
10	90	1,67	1,67	3,33	30,00	3,33	33,33	23,48	1,57	40,28
0	100	0,00	0,00	0,00	30,00	-	-	20,24	1,35	48,47
PROPORÇÃO ÓTIMA 50% B1+B0 / 50% AR										

FONTE: OS AUTORES, 2016

Com base na TABELA 05, observa-se que a proporção ótima entre os agregados é de 25% de brita 1, 25% de brita 0 e 50% de areia, que apresentam o menor percentual de vazios, igual a 32,62%. Essa proporção foi utilizada para definir a estrutura granular do concreto T 02. A TABELA 06 apresenta os resultados para o índice de vazios entre agregado miúdo e o agregado graúdo.

TABELA 06 – ÍNDICE DE VAZIOS DOS CONJUNTOS GRANULARES COMPOSTOS PELA BRITA 1 E AREIA

BRITA 1	AREIA	M1 (Kg)	M0 (Kg)	ADICIONAR M0 (Kg)	MASSA TOTAL (Kg)	M (Kg)	M.U (Kg/dm³)	VAZIOS (%)
100	0	-	-	-	-	20,3	1,36	51,01
90	10	30,00	3,33	3,33	33,33	22,06	1,47	46,46
80	20	30,00	7,50	4,17	37,50	24,26	1,62	40,79
70	30	30,00	12,86	5,36	42,86	25,47	1,70	37,48
60	40	30,00	20,00	7,14	50,00	26,98	1,80	33,40
50	50	30,00	30,00	10,00	60,00	26,82	1,79	33,43
40	60	20,00	30,00	7,14	50,00	26,41	1,77	34,08
30	70	12,86	30,00	5,36	42,86	25,56	1,71	35,85
20	80	7,50	30,00	4,17	37,50	24,12	1,61	39,13
10	90	3,33	30,00	3,33	33,33	22,90	1,53	41,89
PROPORÇÃO ÓTIMA 60% B1 / 40% AR								

FONTE: OS AUTORES, 2016.

ISSN: 2316-2317 Revista Eletrônica Multidisciplinar - FACEAR

Com base na TABELA 06, observa-se que a proporção ótima entre os agregados é 60% de brita 1 e 40% de areia, que apresentam o menor percentual de vazios igual a 33,40%. Essa proporção foi utilizada para definir a estrutura granular do concreto T 03.

Os resultados de resistência à compressão da primeira campanha experimental estão apresentados na TABELA 07 e na FIGURA 06.

TABELA 07 –RESULTADOS DOS ROMPIMENTOS DOS CORPOS DE PROVA NA PRIMEIRA CAMPANHA

TRAÇO	03 DIAS (MPa)		07 DIAS (MPa)		14 DIAS (MPa)		28 DIAS (MPa)	
	Fck (médio)	Desvio padrão	Fck (médio)	Desvio padrão	Fck (médio)	Desvio padrão	Fck (médio)	Desvio padrão
T 01	17,7	0,39	20,1	0,64	22,4	0,64	25,8	0,38
T 02	15,1	0,31	17,2	0,58	19,8	0,27	21,8	0,58
T 03	16,1	0,62	18,4	0,57	21,1	0,53	23,8	0,12

FONTE: OS AUTORES, 2016.

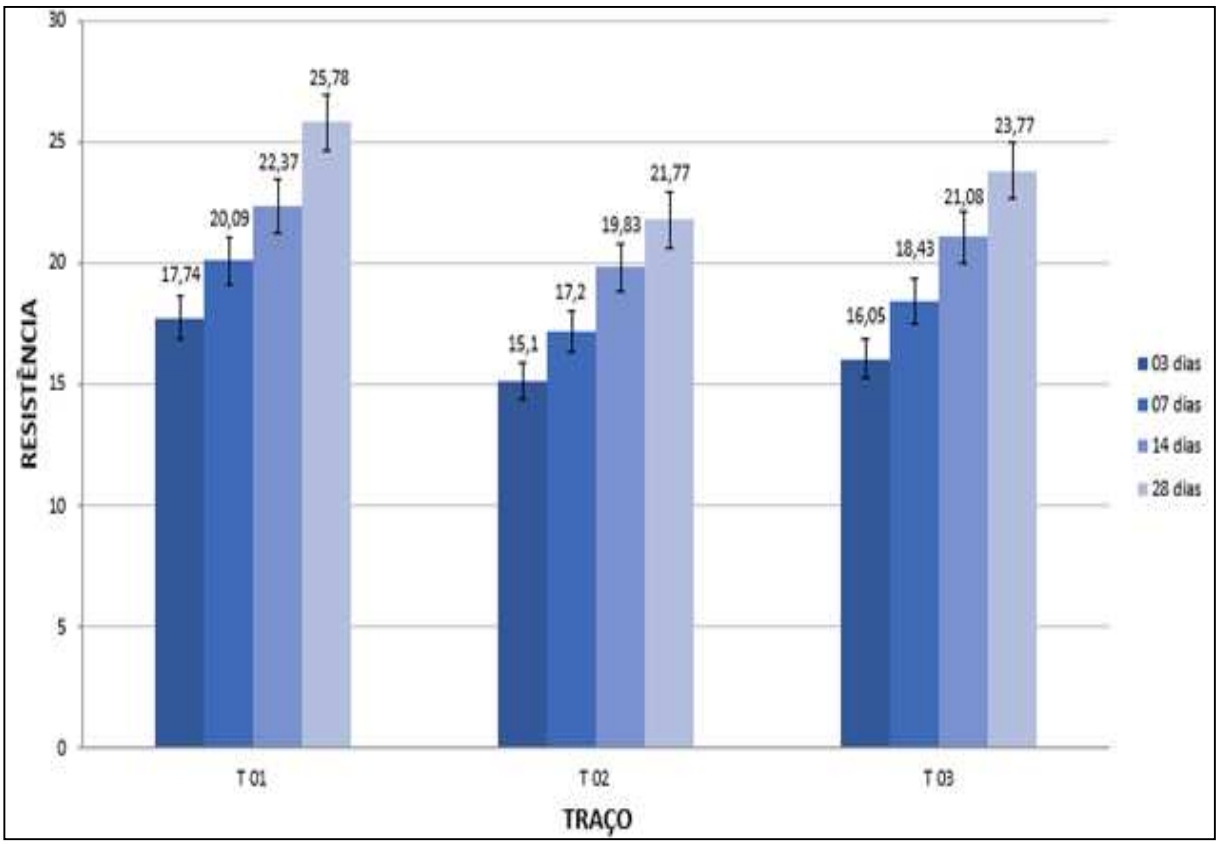


FIGURA 06 - RESULTADOS DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DA PRIMEIRA CAMPANHA.
FONTE: OS AUTORES, 2016.

A partir dos resultados de resistência aos 28 dias da TABELA 07 foi observado que o traço T 01 apresentou uma resistência 15,5% maior que T 02 e 7,75% maior que T 03, e T03 apresentou uma resistência 9,17% maior que T 02. Ao efetuar a análise de variância, constata-se que não existe diferença significativa na resistência à compressão do concreto. Sugere-se que provavelmente este havia passado por algum método de empacotamento já que o traço T 03 ficou muito próximo. Isto pode ocorrer pois conforme o modelo proposto por O'Reilly uma variação mais precisa na proporção de agregados ocorre quando o aumento de materiais é de 5% em 5%, podendo assim o traço T 01 apresentar uma melhor curva de distribuição de material se o método foi utilizado na elaboração deste traço.

O traço T 02 obteve a menor resistência a compressão, porém, apresentou uma melhora na fluidez e trabalhabilidade. Foi observado que os resultados de resistência a compressão ficaram aquém do esperado devido a correção do abatimento com água (fator a/c de 0,57) pois os resultados referência são de 25 MPa aos 14 dias, sendo que apenas o traço T 01 atingiu a resistência aos 28 dias.

A 2ª Campanha Experimental teve como objetivo avaliar a variação do teor de agregados (m) em relação ao cimento em laboratório na resistência a compressão do concreto. Neste caso, manteve-se fixo o valor a/c e o abatimento de (50 ± 10) mm, para reproduzir em laboratório concretos produzidos em fábrica. Para atingir o abatimento desejado, utilizou-se o aditivo superplastificante. Desta forma, produziu-se concretos com teor de agregados de m = 5,2 (T 04) e m = 6,2 (T 05).

Os resultados de resistência à compressão da segunda campanha experimental estão apresentados na TABELA 08 e na FIGURA 07.

TABELA 08 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NA SEGUNDA CAMPANHA

TRAÇO	**03 DIAS (MPa)**		**07 DIAS (MPa)**		**14 DIAS (MPa)**		**28 DIAS (MPa)**	
	Fck (médio)	**Desvio padrão**	**Fck (médio)**	**Desvio padrão**	**Fck (médio)**	**Desvio padrão**	**Fck (médio)**	**Desvio padrão**
T 04	21,2	0,19	31,8	0,06	37,1	0,74	37,2	0,88
T 05	21,2	0,22	31,3	0,67	37,6	0,58	35,5	0,14

FONTE: OS AUTORES, 2016.

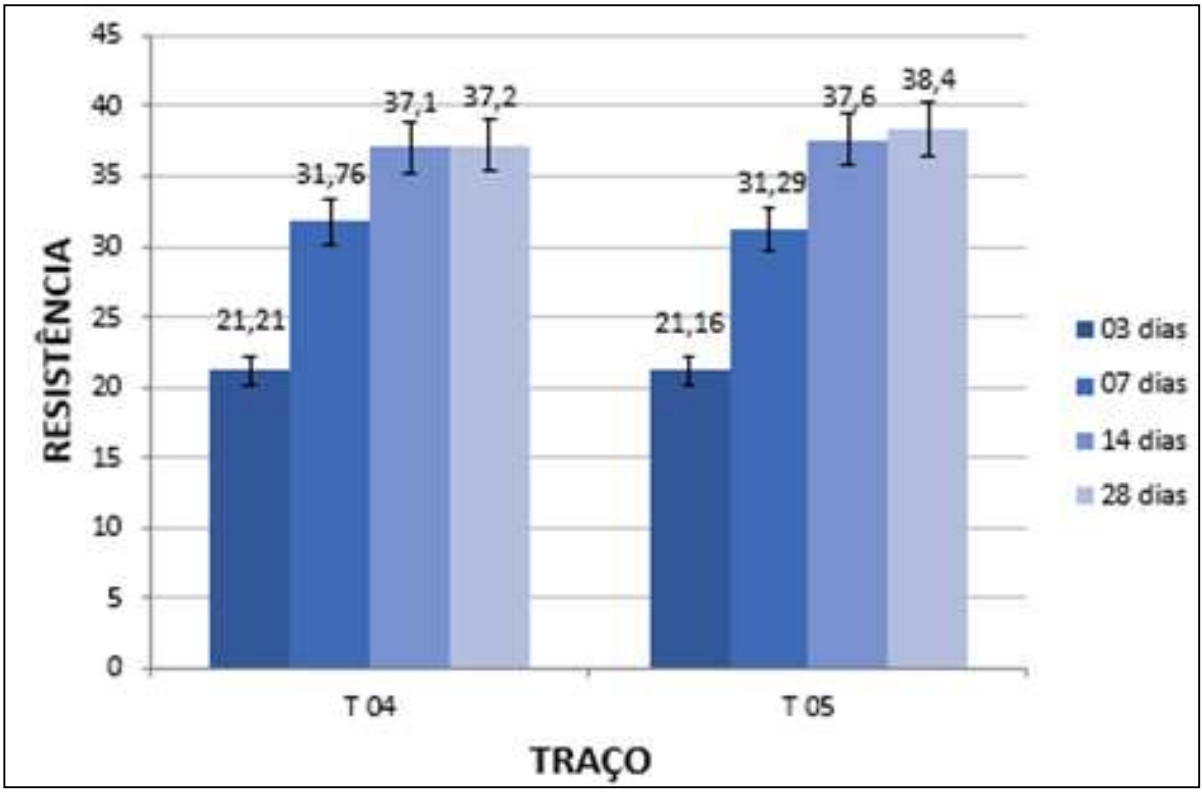


FIGURA 07 - RESULTADOS DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DA SEGUNDA CAMPANHA.
FONTE: OS AUTORES, 2016.

Analisando os resultados apresentados na TABELA 08 verifica-se que o T04 apresentou resistência 4,57% maior que T 05 e a partir da análise de variância, observa-se que existe uma diferença significativa entre a resistência a compressão dos concretos.

Pode-se identificar que aos sete dias ambos os traços já haviam atingido a resistência referência de 25 MPa. O aumento da proporção de agregados do traço T 05 obteve prejudicou a trabalhabilidade do concreto necessitando 2,4% de aditivo frente ao uso de cimento para manter um abatimento dentro da referência.

A 3ª campanha experimental teve como objetivo avaliar a variação do teor de agregados (m) em relação ao cimento em fábrica na resistência a compressão do concreto. Buscou-se nesta campanha comparada a anterior verificar se as condições de produção dos concretos (laboratório e fábrica) influenciam nos resultados. Nesta etapa manteve-se fixo o valor a/c em 0,45 e o abatimento de (50 ± 10) mm, para reproduzir na fábrica o concreto padrão utilizado na fabricação dos postes m = 5,2 (T 06), e a variação do teor de agregados para m = 6,2 (T 07) com utilização de aditivo superplastificante para reduzir o consumo de água de amassamento. Os resultados de resistência à compressão da campanha experimental estão apresentados na TABELA 09 e na FIGURA 08.

TABELA 09 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NA TERCEIRA CAMPANHA

TRAÇO	03 DIAS (MPa)		07 DIAS (MPa)		14 DIAS (MPa)		28 DIAS (MPa)	
	Fck (médio)	Desvio padrão	Fck (médio)	Desvio padrão	Fck (médio)	Desvio padrão	Fck (médio)	Desvio padrão
T 06	26,0	1,39	31,2	0,83	36,5	0,87	39,0	0,64
T 07	24,0	0,20	27,6	0,73	30,3	0,35	32,7	0,47

FONTE: OS AUTORES, 2016.

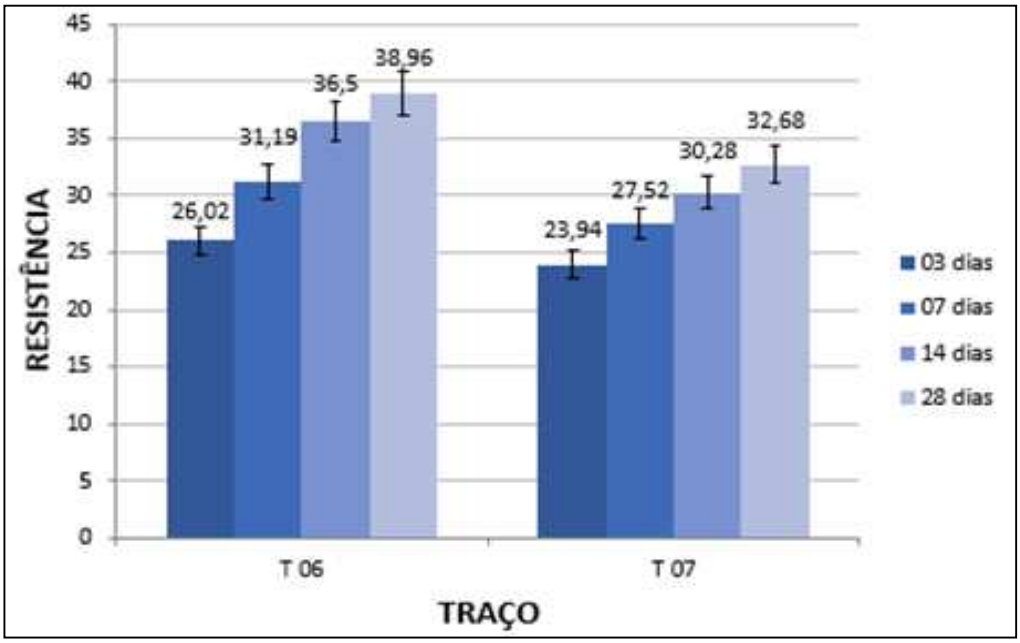


FIGURA 08 - RESULTADOS DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DA TERCEIRA CAMPANHA.
FONTE: OS AUTORES, 2016.

Comparando T 06 e T 07 a partir da análise de variância, as resistências são estatisticamente semelhantes mesmo T 06 apresentando uma resistência 16,15% maior que T 07. Ambos se apresentaram acima da referência. A trabalhabilidade de ambos os traços se mostraram melhores do que quando dosados em laboratório, além disso, houve uma redução da necessidade de uso de aditivo para o traço T 07, ficando em 1% de aditivo quanto ao consumo de cimento.

Os fatores que podem ter influenciado na diferença de resultados dos concretos produzidos em laboratório e em fabrica foram:

- Quantidade de material dosado: No laboratório foram rodados 25 litros de concreto por traço e na fábrica foram rodados 75 litros pois a betoneira utilizada possui uma maior capacidade de material.
- Eficiência do equipamento: uso de uma betoneira maior (600L) pode ter influenciado, pois a homogeneização dos materiais ocorreu com maior facilidade.

Na FIGURA 09 estão dispostos os resultados de resistência à compressão de todos os traços rodados nas campanhas experimentais.

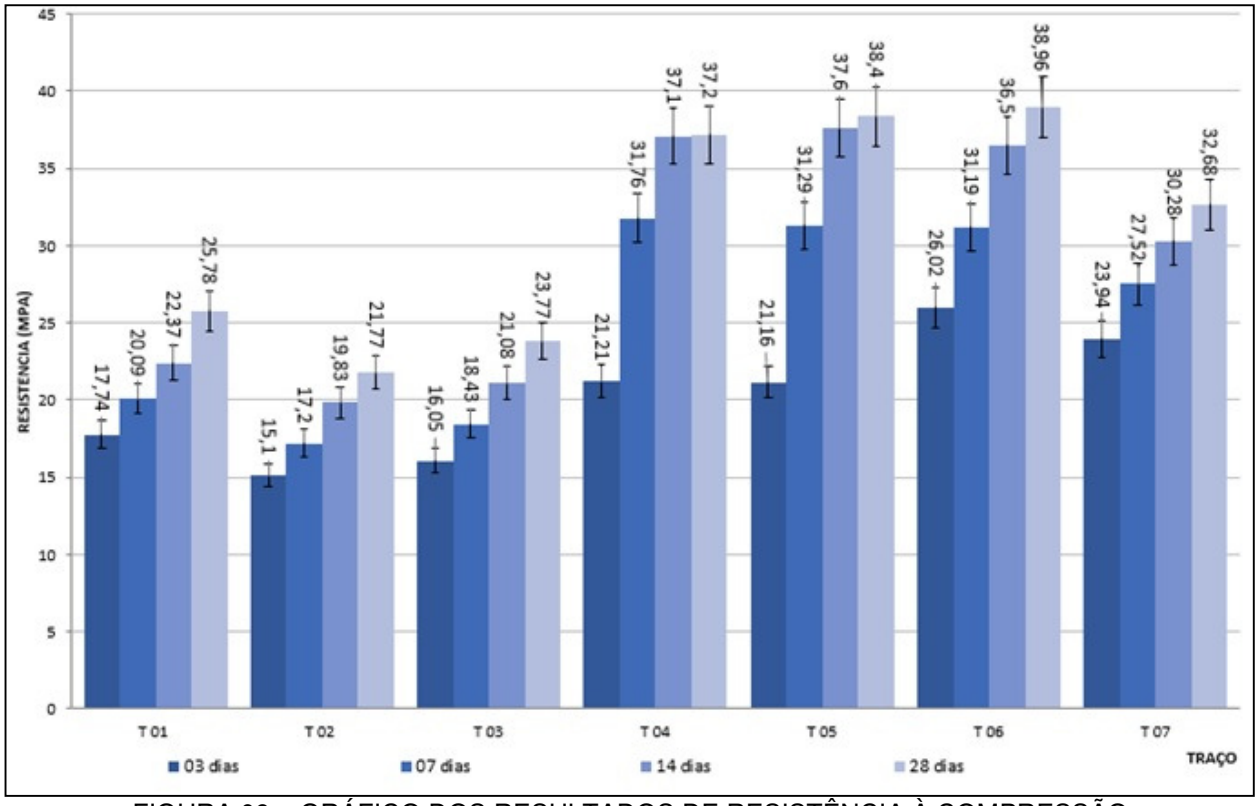


FIGURA 09 – GRÁFICO DOS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO
FONTE: OS AUTORES, 2016.

Analisando os resultados dispostos é possível observar que os traços rodados com fator A/C 0,57 obtiveram uma perda na resistência de até 51,1% se comparado aos traços onde o A/C foi 0,45.

A TABELA 10 apresenta o consumo de cada material para a produção de 1m³ de concreto. Através dos resultados é possível observar que o traço T 06 apresenta menor custo devido à redução significativa de cimento.

TABELA 10 – CUSTO DE PRODUÇÃO POR TRAÇO

MATERIAL	**CUSTO UNITARIO R$/ Kg**	**CONSUMO DE MATERIAL (Kg/m³)**						
		T 01	**T 02**	**T 03**	**T 04**	**T 05**	**T 06**	**T 07**
Cimento CPV ARI	0,416	357	345,6	360,4	371,4	320,6	320,8	357,5
Areia Média	0,022	714	898,7	749,7	742,9	776	776,3	714,9
Brita 0	0,013	-	449,3	-	-	-	-	-
Brita 1	0,011	1142,4	449,3	1124,5	1188,6	1212	1212,6	1143,9
Aditivo	18,5	-	-	-	4,46	7,69	3,2	-
CUSTO R$/ m³	-	176,7	174,3	178,7	266,4	306,0	223,2	177,0
Fck (Mpa) 28 dias	-	25,8	21,8	23,8	37,2	38,4	39	32,7

FONTE: OS AUTORES, 2016.

O traço T 02 apresentou uma redução no consumo de cimento/m³, porem houve uma redução na resistência a compressão. A variação do teor de agregados no T 06 obteve uma redução de 10,2% no consumo de cimento, além de uma resistência superior com relação aos demais traços. O uso de aditivo no traço T 06 encareceu o custo do concreto em 26,1% se comparado ao traço referência T 07.

3. CONCLUSÃO

Pode-se observar que o concreto referência utilizado na pesquisa passou por um método de empacotamento de partículas em sua elaboração, pois houve uma alteração muito pequena no esqueleto granular e nos resultados de resistência a compressão aos 28 dias no novo concreto encontrado através do empacotamento, logo comprovou-se que o traço referência T 01 que já estava sendo utilizado na fabricação de postes é o traço com melhor custo benefício para sua aplicação.

Com a variação do teor de agregados foi possível reduzir o consumo de cimento por m³ de concreto e atingir resistências à compressão aos 28 dias maiores que as referências, porém devido a perda na trabalhabilidade do mesmo, fez-se necessário a utilização de aditivo para manter o abatimento desejado, encarecendo seu custo por m³. Observou-se uma diferença entre os traços dosados em laboratório e na fábrica, indicando uma influência nos equipamentos utilizados e na quantidade de material dosado em cada local, obtendo melhores resultados quanto ao consumo de aditivo nos concretos dosado em fábrica.

4. REFERÊNCIAS

A. D. BARANHUK – Análise da influência do empacotamento dos agregados na porosidade do concreto – 2014 – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A.L. DE CASTRO, V. C. PANDOLFELLI. Revisão: **Conceitos de dispersão e empacotamentos de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil** – Universidade Federal de S. Carlos.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NORMAS MERCOSUL. **NBR NM 79: Concreto – Preparação de concreto em laboratório.** Rio de Janeiro, 1996.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 8451: Postes de concreto armado e protendido para redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica. Parte 1: Requisitos.** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 8451: Postes de concreto armado e protendido para redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica. Parte 2: Padronização de postes para redes de distribuição de energia elétrica.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8451: Postes de concreto armado e protendido para redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica. Parte 3: Ensaios mecânicos, cobrimento da armadura e inspeção geral.** Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8451: Postes de concreto armado e protendido para redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica. Parte 4: Determinação da absorção de água.** Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8451: Postes de concreto armado e protendido para redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica. Parte 5: Postes de concreto para entrada de serviço até 1kV.** Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900: Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos.** Rio de Janeiro, 2009.

A.S.M SILVA - **Dosagem de concreto pelos Métodos de Empacotamento Compressível e Aïtcin-Faury Modificado** – 2004 – Universidade Federal do Rio de Janeiro

B. F. TUTIKAN – **Preposição de um método de dosagem experimental para concretos auto-adensáveis** – 2008 – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CASTRO, A.L; PANDOLFELLI, V.C. **Revisão: Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil**, São Paulo, et al. / Cerâmica 55 (2009).

C. S. Teixeira, H. C. F. Cordon – **Estudo da Influência do empacotamento de partículas nas propriedades do concreto** – 2015 – Instituto Mauá de Tecnologia.

E. de S. CONCEIÇÃO - **Influência da distribuição granulométrica no empacotamento de matérias primas na formulação de porcelânicos** – 2011 – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

FUNK, J.E., DINGER, D.R. **- Predictive process control of crowed particulate suspensions applied to ceramic manufacturig**. - London: KluwerAcademicPublishers– 1994
FUNK, J.E., DINGER, D.R., – **Particle packing, part II: review of packing of polydisperse particle systems.** In: interceram - 1992

G. T. B. NETO – **Estudo da Substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos britados em concretos de cimento Portland**– 2006 – Universidade Federal do Paraná.

GONÇALVES e FUNCHAL – **Postes de iluminação – a memória da iluminação pública em São Paulo** – Universidade São Judas Tadeu, 2013

MEHTA e PAULO MONTEIRO – **Concreto microestrutura, propriedades e materiais** - 2008

M. J. CIESLAK, T. A. GRZYBOWSKI – **Trabalho de conclusão de curso - Análise experimental comparativa entre concreto de pós-reativos dosados pelos modelos de Alfred e Andreassen** – 2012 – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

NORMA TECNICA COPEL. **NTC 810001: Postes de concreto armado de seção duplo T.** Paraná, 2013

OLIVEIRA, I.R., STUDART, A.R., PILEGGI, R.G., PANDOLFELLI, V.C. – **Dispersão e empacotamento de partículas. Princípios e aplicações em processamento cerâmico** - 2000.

O' REILLY, V.D. **Método de dosagem de concreto de elevado desempenho**. Pini, São Paulo, 1992.

P. R. da SILVA – **Dissertação Influência de adições minerais e aditivo impermeabilizante interno no desempenho de telhas protendidas pré-fabricadas em concreto**– 2011 – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PINTO, Tarcísio de Paulo (coordenador). **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SindusCon-SP**. São Paulo: Obra limpa, I4T. SindusCon-SP, 2005.

SANTI, Auxiliadora Maria M. e SEVÁ FILHO, Arsênio Oswaldo. **Combustíveis e riscos ambientais na fabricação de cimento; casos na Região do Calcário ao Norte de Belo Horizonte e possíveis generalizações. II Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade - Anppas**. Campinas, 2004.

SNIC, Sindicato Nacional da Industria do Cimento. **Relatório anual final**, 2013.

SOUZA JUNIOR, Estrutura de concreto armado. C. S. TEIXEIRA, H. C. F. CORDON. **Estudo da Influência do empacotamento de partículas nas propriedades do concreto**– Escola de Engenharia Mauá.

TÉCHNE, **Estrutura composta**, edição 165, São Paulo, dezembro 2010.

Endereço Eletrônico

GOEKING, WERUSKA. **O setor Elétrico**. Edição 48, Jan. 2010. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/58-artigos-e-materias-relacionadas/232-eletricidade-e-desenvolvimento.html>.Acesso em 26/10/2015.

VOTORANTIM CIMENTOS.
Ambiental. http://www.votoran.com.br/htmsptb/Responsabilidade/Coprocessamento.htm.

CIMENTOS ITAMBÉ
http://www.cimentoitambe.com.br/relatorios-de-ensaio/?pro=371

WBCSD, 2011.Corporate EcosystemValution. Disponível em: http://www.wbcsd.org/work-program/ecosystems/cev.aspx