Estudo pelo método IPT entre cimentos CPII f 40 e CPII f 32

Study by the IPT method between cements CPII f 40 and CPII f 32

DOI:10.34117/bjdv9n7-033

Recebimento dos originais: 05/06/2023
Aceitação para publicação: 07/07/2023

Antonio Fabricio Rodrigues de Alencar
Graduando em Engenharia Civil
Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)
Endereço: Rua Augusto Corrêa, Belém – Pará, CEP: 66075-110
E-mail: afralencar@gmail.com

Franz Gernot Quirxtner Junior
Graduando em Engenharia Civil
Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)
Endereço: Rua Augusto Corrêa, Belém – Pará, CEP: 66075-110
E-mail: franz.junior@itec.ufpa.br

Matheus Silva Corrêa
Mestrando em Engenharia Civil
Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)
Endereço: Rua Augusto Corrêa, Belém – Pará, CEP: 66075-110
E-mail: eng.matheus.correa@gmail.com

Rodrigo Rodrigues da Cunha
Doutor em Engenharia Civil
Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)
Endereço: Rua Augusto Corrêa, Belém – Pará, CEP: 66075-110
E-mail: rodrigo.totalmix@gmail.com

Alcebíades Negrão Macedo
Doutor em Engenharia Civil
Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)
Endereço: Rua Augusto Corrêa, Belém – Pará, CEP: 66075-110
E-mail: anmacedo@ufpa.br

RESUMO
O estudo comparativo entre os cimentos CPII F 40 (Cimento A) e CPII F 32 (Cimento B) de empresas concorrentes avaliou a qualidade e desempenho desses dois tipos de cimento. Foi constatado que ambos possuem características similares em relação a resistência à compressão, porém o Cimento A apresentou maior resistência à tração.. Em relação ao custo, o Cimento A apresentou um preço mais competitivo em comparação ao Cimento B. Portanto, a escolha do cimento mais adequado dependerá das necessidades específicas da aplicação em questão, bem como do orçamento disponível.

Palavras-chave: cimento, traço, resistencia.

ABSTRACT
The comparative study between the cements CPII F 40 (Cement A) and CPII F 32 (Cement B) from competing companies evaluated the quality and performance of these two types of cement. It was found that both have similar characteristics in relation to compressive strength, but Cement A presented higher tensile strength. In relation to cost, Cement A presented a more competitive price in comparison to Cement B. Therefore, the choice of the most appropriate cement will depend on the specific needs of the application in question, as well as the available budget.

Keywords: cement, trace, resistance.

1 OBJETIVO

Avaliar comparativamente o desempenho de cimentos CP II F de fabricantes distintos (EMPRESA A versus EMPRESA B) em termos de resistência à compressão para 03 (três) traços empregados comercialmente. Os traços avaliados foram um pobre (baixo consumo de cimento), um médio (consumo intermediário de cimento) e um rico (alto consumo de cimento). Os cimentos analisados foram o CP II F 40 (EMPRESA A) e o CP II F 32 (EMPRESA B).

2 TRAÇOS

Os materiais empregados na dosagem são mostrados na Tabela 1, cabendo destacar que são os mesmos utilizados pela EMPRESA XY, exceto o cimento CP II F 32 (EMPRESA B), que foi coletado no dia de descarga em uma outra empresa de fornecimento de concreto usinado.

O estudo comparativo consistiu em elaborar 3 tipos de traço (pobre, médio, rico) com ambos os cimentos (CP II F 40 e CP II F 32), fixando-se teor de argamassa (52%), teor de umidade da massa (8,50%), relação água/cimentos (0,44-0,50-0,57). A partir do estabelecimento destes parâmetros, observou-se a influência destes sobre a trabalhabilidade da mistura (slump), consumo de aditivos e resistência à compressão. Estabeleceu-se a princípio a consistência fluida FINAL para todos os 6 (seis) traços, com abatimento de tronco de cone de 14 ± 2 cm. As características destes 03 (três) tipos de concretos são mostradas nas Tabelas 2 a 4, para ambos os cimentos.

Tabela 01. Materiais empregados na dosagem.

Material	Procedência/Fornecedor	Local da coleta
Cimentos Portland	CP II F 40 (EMPRESA A) - CP II F 32 (EMPRESA B)	EMPRESA XY

Seixo fino	Não identificado	EMPRESA XY
Areia	Não identificado	EMPRESA XY
Aditivo polifuncional	FK 101 (MC BAUCHEMIE)	Doação Fabricante
Aditivo Superplastificante	POWERFLOW 1180 (MC BAUCHEMIE)	Doação Fabricante

Fonte: Autores

Tabela 2. Traço pobre (baixo consumo de cimento).

CP F 40 (EMPRESA A)	
Cimento	324 kg
Areia	797 kg / 0,664 m^3
Seixo fino	1035 kg / 0,690 m^3
Água	182 litros
FK 101 (0,80%)	2,16 L **(slump: 16,00)**
PF 180	Não houve necessidade
Resistência à compressão (MPa)	
3d	22,0 – 21,0 – 20,3 **(21,1 MPa)**
7d	34,0 – 35,4 – 33,9 **(34,4 MPa)**
28d	45,1 – 43,6 – 41,7 **(43,4 MPa)**

CP II F 32 (EMPRESA B)	
Cimento	324 kg
Areia	796 kg / 0,664 m^3
Seixo fino	1034 kg / 0,689 m^3
Água	182 litros
FK 101 (0,80%)	2,16 L **(slump: 14,00)**
PF 180	Não houve necessidade
Resistência à compressão (MPa)	
3d	13,9 – 12,4 – 11,8 **(12,7 MPa)**
7d	24,8 – 25,9 – 25,2 **(25,3 MPa)**
28d	31,7 – 30,8 – 30,8 **(31,10 MPa)**

Fonte: Autores

2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE TRAÇO POBRE

Para o mesmo consumo de aditivo polifuncional, a mistura de concreto com CP II F 40 apresentou um slump superior ao da mistura com CP II F 32 (16 versus 14cm);

As resistências à compressão dos concretos com CP II F 40, como era esperado, foram superiores aos do concreto com CP II F 32. A diferença de resistência aos 28 dias foi bastante expressiva, cerca de 12,3MPa, que foi semelhante também para as primeiras idades (3 e 7 dias), entre 8,4 e 9,10MPa, respetivamente.

Tabela 3. Traço médio (consumo intermediário de cimento).

CP F 40 (EMPRESA A)	
Cimento	362 kg
Areia	762 kg / 0,635 m³
Seixo fino	1037 kg / 0,601 m³
Água	183 litros
FK 101 (0,70%)	2,11 L **(slump: 19,00)**
PF 180	Não houve necessidade
Resistência à compressão (MPa)	
3d	26,4 – 24,1 – 23,6 **(24,7 MPa)**
7d	40,8 – 39,5 – 40,8 **(40,3 MPa)**
28d	49,3 – 47,8 **(48,6 MPa)**

CP II F 32 (EMPRESA B)	
Cimento	361 kg
Areia	760 kg / 0,632 m³
Seixo fino	1034 kg / 0,688 m³
Água	180 litros
FK 101 (0,93%)	2,79 L **(slump: 7,00)**
PF 180 (0,38%)	1,28 L **(slump: 11,50)**
Resistência à compressão (MPa)	
3d	17,1 – 16,1 – 15,9 **(16,3 MPa)**
7d	32,1 – 31,2 – 33,2 **(32,2 MPa)**
28d	41,4 – 40,4 – 36,8 **(39,5 MPa)**

Fonte: Autores

2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE TRAÇO MÉDIO

A mistura de concreto com CP II F 40 apresentou uma demanda muito menor de aditivo quando comparada com a do concreto com CP II F 32;

O concreto com CP II F 40 com 0,70% alcançou a consistência fluida, com slump acima do estipulado (14±2cm), no caso, 19cm. O concreto com CP II F 32 necessitou de 0,93% de aditivo polifuncional e 0,38% de aditivo superplastificante para alcançar slump de 11,5cm;

As resistências à compressão dos concretos com CP II F 40, como era esperado, foram superiores aos do concreto com CP II F 32. A diferença de resistência aos 28 dias foi bastante expressiva, cerca de 9,1MPa, que foi semelhante para as primeiras idades (3 e 7 dias), entre 8,4 e 8,10MPa, respetivamente.

Tabela 4. Traço rico (consumo elevado de cimento).

CP F 40 (EMPRESA A)	
Cimento	421 kg
Areia	706 kg / 0,589 m^3
Seixo fino	1040 kg / 0,694 m^3
Água	182 litros
FK 101 (0,85%)	2,98 L **(slump: 14,50)**
PF 180	Não houve necessidade
Resistência à compressão (MPa)	
3d	37,1 – 31,6 – 31,0 **(33,2 MPa)**
7d	45,0 – 44,2 – 42,8 **(44,0 MPa)**
28d	56,1 – 54,5 – 52,7 **(54,4 MPa)**
CP II F 32 (EMPRESA B)	
Cimento	421 kg
Areia	702 kg / 0,584 m^3
Seixo fino	1036 kg / 0,690 m^3
Água	180 litros
FK 101 (0,85%)	2,98L **(slump: 9,00)**
PF 180 (0,40%)	1,57 L **(slump: 14,00)**
Resistência à compressão (MPa)	
3d	24,1 – 24,1 – 24,2 **(24,1 MPa)**
7d	30,6 – 30,2 – 31,7 **(30,8 MPa)**
28d	45,4 – 44,5 – 43,6 **(44,5 MPa)**

Fonte: Autores

2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE TRAÇO RICO

A mistura de concreto com CP II F 40 apresentou uma demanda muito menor de aditivo quando comparada com a do concreto com CP II F 32;

O concreto com CP II F 40 necessitou de 0,85% para alcançar a consistência estipulada, no caso slump 14,5 cm; ao passo que o concreto com CP II F 32 necessitou de 0,85% de aditivo polifuncional e 0,40% de aditivo superplastificante para alcançar slump de 14cm;

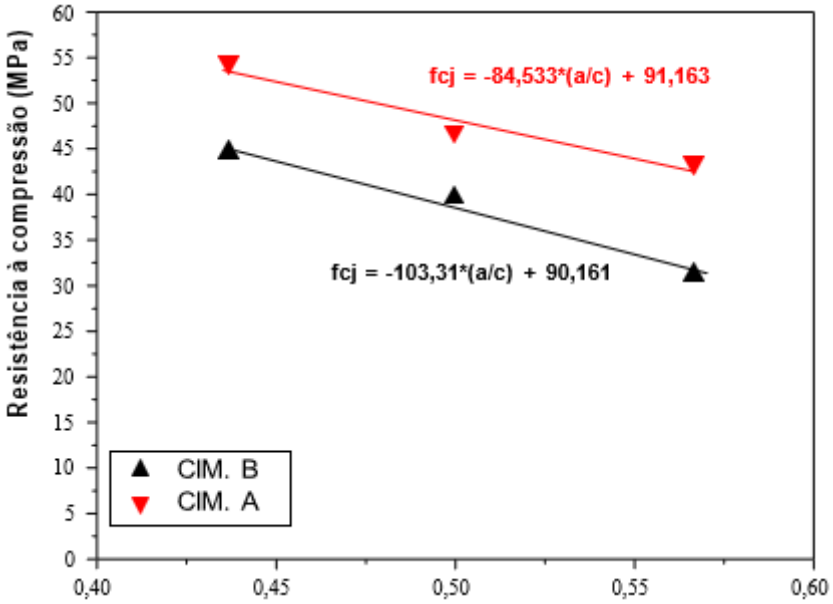
As resistências à compressão dos concretos com CP II F 40, como era esperado, foram superiores aos do concreto com CP II F 32. A diferença de resistência aos 28 dias foi bastante expressiva, cerca de 10MPa, que foi semelhante para as primeiras idades (3 e 7 dias), entre 9,1 e 13,2MPa, respetivamente.

3 CURVA DE DOSAGEM

A partir dos resultados obtidos dos traços, foi possível construir a curva de dosagem tanto para o cimento CP II F 40 (EMPRESA A) quanto para o cimento CP II F 32 (EMPRESA B), mostradas nas Figuras 1 a 3.

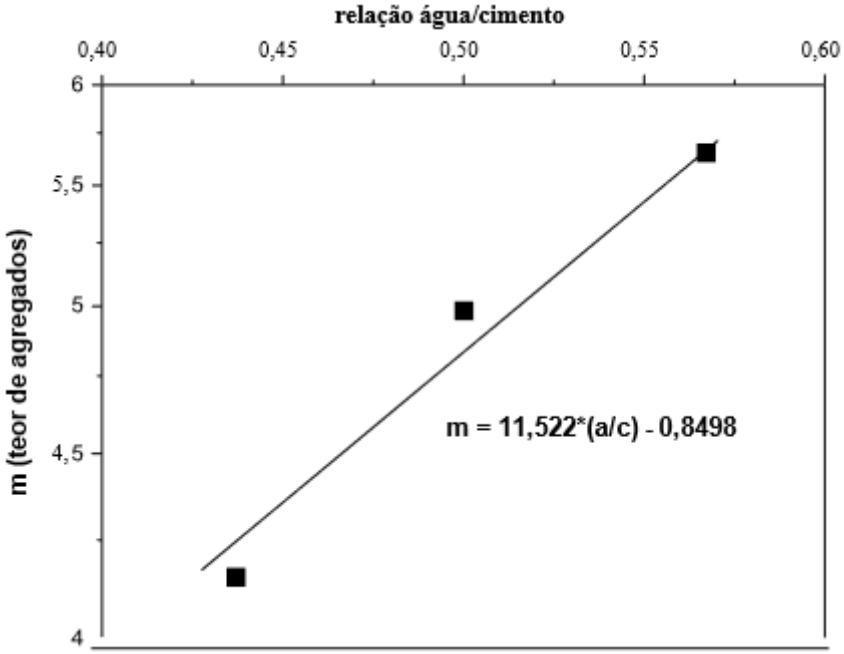
De posse das curvas de dosagem e dos custos unitários dos insumos (Tabela 5), foi possível elaborar os custos total das misturas de concreto de resistência característica aos 28 dias (fck28) de 25MPa, 30MPa e 35MPa, tanto para o cimento CP II F 40 (EMPRESA A) quanto para o cimento CP II F 32 (EMPRESA B), conforme mostrados nas Tabelas 6 a 8.

Figura 1. Curva de resistência (fcj) versus relação água/cimento.



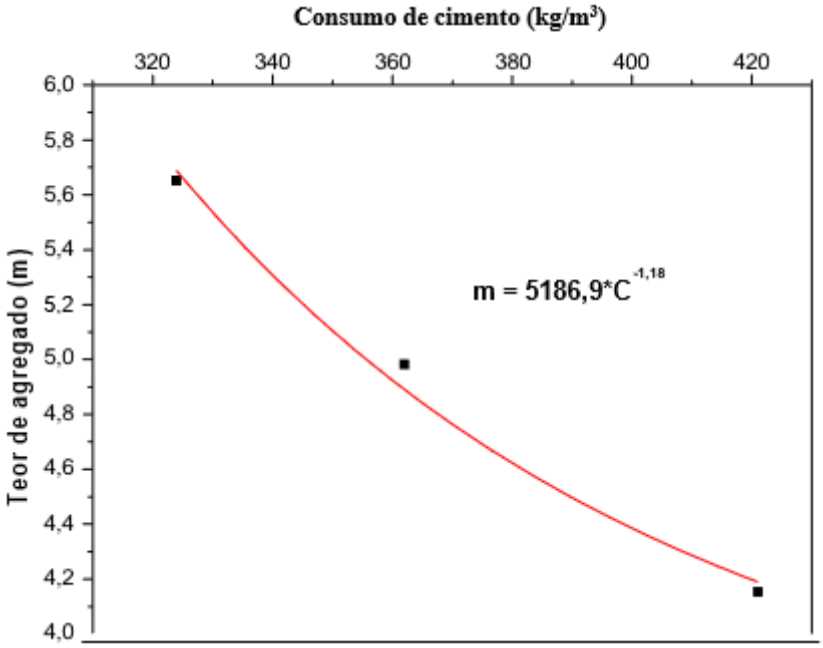
Fonte: Autores

Figura 2. Curva teor de agregado (m) versus relação água/cimento.



Fonte: Autores

Figura 3. Curva consumo de cimento (C) versus teor de agregado (m).



Fonte: Autores

Tabela 5. Custo de aquisição dos insumos (estimados).

Insumos	Valor unitário
Cimento CP II F 40 (EMPRESA A)	R$ 650,00/ton
Cimento CP II F 32 (EMPRESA B)	R$ 623,00/ton
Areia	R$ 50,00/m3
Seixo	R$ 120,00/m3
FK 101	R$ 4,20 /litro
POWERFLOW 1180	R$ 11,00/litro

Fonte: Autores

Tabela 6. Custo total das misturas de concreto (fck 25MPa).

CP II F 40 – 25MPa			
Insumo	**Quant.**	**V. Unit**	**V. total**
Cimento	262	R$ 0,650	R$ 170,62
Areia	0,712	R$ 0,050	R$ 35,64
Seixo	0,687	R$ 0,120	R$ 82,55
FK 101	1,75	R$ 4,20	R$ 7,35
PW1180	-	R$ 11,00	-
TOTAL			R$ 296,16

CP II F 32 – 25MPa			
Insumo	**Quant.**	**V. Unit**	**V. total**
Cimento	323	R$ 0,623	R$ 201,10
Areia	0,712	R$ 0,050	R$ 33,20
Seixo	0,687	R$ 0,120	R$ 82,68
FK 101	2,15	R$ 4,20	R$ 9,04
PW1180	-	R$ 11,00	-
TOTAL			R$ 326,02

Fonte: Autores

Tabela 7. Custo total das misturas de concreto (fck 30MPa).

CP II F 40 – 30MPa			
Insumo	**Quant.**	**V. Unit**	**V. total**
Cimento	287	R$ 0,650	R$ 186,62
Areia	0,693	R$ 0,050	R$ 34,69
Seixo	0,689	R$ 0,120	R$ 82,69
FK 101	1,90	R$ 4,20	R$ 8,04
PW1180	-	R$ 11,00	-
TOTAL			R$ 312,04

CP II F 32 – 30MPa			
Insumo	**Quant.**	**V. Unit**	**V. total**
Cimento	353	R$ 0,623	R$ 219,60
Areia	0,640	R$ 0,050	R$ 31,97
Seixo	0,690	R$ 0,120	R$ 82,64
FK 101	2,35	R$ 4,20	R$ 9,87
PW1180	1,32	R$ 11,00	R$ 14,50
TOTAL			R$ 358,59

Fonte: Autores

Tabela 8. Custo total das misturas de concreto (fck 35MPa).

CP II F 40 – 30MPa			
Insumo	**Quant.**	**V. Unit**	**V. total**
Cimento	316	R$ 0,650	R$ 205,57
Areia	0,671	R$ 0,050	R$ 33,55
Seixo	0,690	R$ 0,120	R$ 82,82
FK 101	2,11	R$ 4,20	R$ 8,86
PW1180	-	R$ 11,00	-
TOTAL			R$ 330,80

CP II F 32 – 30MPa			
Insumo	**Quant.**	**V. Unit**	**V. total**
Cimento	388	R$ 0,623	R$ 241,78
Areia	0,611	R$ 0,050	R$ 30,58
Seixo	0,690	R$ 0,120	R$ 82,86
FK 101	2,60	R$ 4,20	R$ 10,87
PW1180	1,45	R$ 11,00	R$ 15,96
TOTAL			R$ 382,04

Fonte: Autores

4 RESULTADOS (EMPRESA A versus EMPRESA B)

4.1 CONSISTÊNCIA DO CONCRETO / DEMANDA DE ADITIVO E/OU ÁGUA

- As misturas de concreto com cimento CP II F 40 (EMPRESA A), independentemente do traço (rico, médio ou pobre), apresentaram menor demanda de aditivo, o que indiretamente leva a concluir que demandam também menor quantidade de água em comparação às misturas de concreto com cimento CP II F 32 (EMPRESA B);
- No traço pobre, para a mesma quantidade de aditivo polifuncional, a mistura com CP II F 40 proporcionou um abatimento de tronco de cone (slump test) superior ao do concreto com CP F 32;

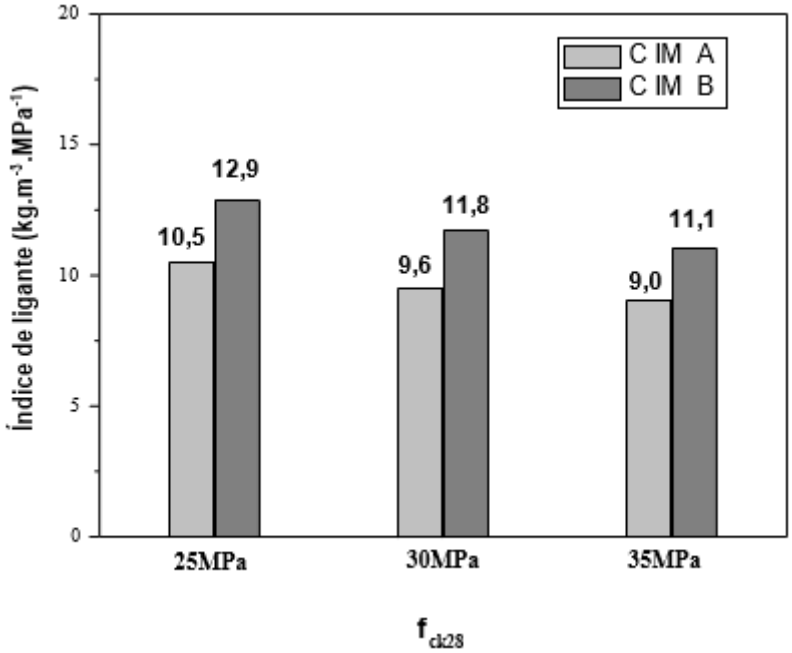
- Nos traços médio e rico, as misturas de concreto com CP II F 40 (EMPRESA A) não necessitaram de aditivo superplastificante para alcançar a consistência desejada, ao passo que nos concretos com CP II F 32 houve a demanda de cerca de 0,38% a 0,40% deste aditivo de alto custo de aquisição para alcançar a consistência previamente estipulada no estudo

4.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO / CONSUMO DE CIMENTO / CUSTO DOS INSUMOS

- As misturas de concreto com cimento CP II F 40 (EMPRESA), independentemente do traço (rico, médio ou pobre), apresentaram resistências à compressão muito superiores às obtidas com os concretos com CP II F 32 (EMPRESA B) para as idades de 3, 7 e 28 dias. As diferenças de resistências ficaram entre 8 e 13MPa;
- Este patamar de discrepância de resistência assim como de demanda por aditivo superplastificante trouxeram como consequências diferenças extremamente elevadas no consumo de cimento e no custo total de insumos das misturas;
- o Para o fck28 de 25MPa, a diferença de consumo de cimento e de custo total dos insumos entre o CP II F 40 e o CP II F 32 foi de 62kg e R$ 30,00, respetivamente. Ambos por metro cúbico de concreto;
- o Para o fck28 de 30MPa, a diferença de consumo de cimento e de custo total dos insumos entre o CP II F 40 e o CP II F 32 foi de 68kg e R$ 46,00, respetivamente. Ambos por metro cúbico de concreto;
- o Para o fck28 de 35MPa, a diferença de consumo de cimento e de custo total dos insumos entre o CP II F 40 e o CP II F 32 foi de 76kg e R$ 51,00, respetivamente. Ambos por metro cúbico de concreto;
- Quanto maior o fck28 da mistura de concreto, maiores são as diferenças entre o CP II F 40 e o CP II F32. Este comportamento se deve à maior eficiência do CP II F 40 (kg.m-3.MPa-1), evidenciado na Figura 4, que compara o índice de ligante (IL) dos cimentos avaliados para os diferentes fck28. Quanto menor o índice de ligante, mais eficiente é o cimento, tendo em vista a menor quantidade deste insumo para alcançar 1MPa

Ambos os cimentos aumentam a eficiência (redução do IL) à medida que se aumenta a resistência à compressão característica de projeto. Contudo, para o CP II F 40, a eficiência é significativamente maior que a do CP II F 32, em cerca de 2 kg.m-3.MPa-1, independentemente do patamar de fck28.

Figura 4. Índice de ligante dos cimentos para as diversas resistências.



Fonte: Autores

5 CONCLUSÕES

O cimento CP II F 40 proporciona menor demanda de água ou aditivo que o cimento CP II F 32;

O cimento CP II F 40 proporcionou às misturas de concretos resistências à compressão muito mais elevadas que as obtidas pelo cimento CP F 32, cujas diferenças ficaram entre 8 e 13MPa, acarretando em reduções nos consumos de cimento entre 62 e 76kg, dependendo da composição do traço;

Tais diferenças repercutiram em reduções nos custos de insumos na ordem de R$ 30,00 a R$ 50,00 em favor das misturas de concreto produzidas com o cimento CP II F 40, apesar deste cimento apresentar um custo 4,5% superior ao do cimento CP II F 32;

A diferença no custo de aquisição é amplamente compensada pelo melhor desempenho do cimento CP II F 40, tanto no estado fresco quanto endurecido, principalmente para resistências mais elevadas como 35MPa, por exemplo, que demandam uma maior eficiência do aglomerante.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Procedimento para moldagem e cura de corpos de provas. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland: Determinação da resistência a compressão. Rio de Janeiro, 2019.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10342: Concreto — Perda de abatimento — Método de ensaio. Rio de Janeiro,2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11768: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

Neville, A.M; J.J Brooks. Tecnologia do concreto: 2.ed.Porto Alegre: Editora Bookman, 2013.

Mehta, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. Concreto: microestrutura, propriedade e materiais. 2. Ed. São Paulo. IBRACON, 2014.

Casella, G; Berger R. L. Inferência Estatística. 2ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015. P. 465.

Passos, A. A; Renata; Bonato, M. M. Efeitos da utilização de aditivos na produção de concretos convencionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2018, Foz do Iguaçu.

CORRÊA, A. C. A.. Estudo do desempenho dos aditivos plastificantes e polifuncionais em concreto de cimento Portland tipo CPIII-40. Dissertação de pós graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

FERNANDES, F. M.; SILVA, B. V. Influência da adição de aditivo plastificante e água para manter o abatimento ao longo do tempo na resistência à compressão do concreto. Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2011.

GASPARIN, L. Avaliação da influência do aditivo plastificante multifuncional redutor de água na resistência mecânica do concreto dosado pelo método ABCP. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2017.

Teixeira, R. F; Andrade, P. C. R; Bonifácio, E. D. Análise estatística da resistência a compressão do concreto. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três corações, v. 13, n. 1, p. 635-643, 2015.

Lins, L. N; Barreto, A. G.O. Avaliação de diferentes aditivos no concreto permeável para permitir a mistura e transporte no caminhão betoneira. Brazilian journal of Development. v.15, N. 8. P, 12623-12655, 2019.