

PROPRIEDADES DE CONCRETOS LEVES FABRICADOS COM ADITIVO INCORPORADOR DE AR

A. Schackow^a, C. Effting^a, M. V. Folgueras^b, A. G. Santos^a,
G. A. Mendes^a, L. B. Klein^a, A. K. Ferrari^a.

Universidade do Estado de Santa Catarina, (UDESC/CCT)

^aDepartamento de Engenharia Civil

^bPrograma de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais - PGCEM

Rua Paulo Malschitzki, s/n - 89223-100 – Joinville/SC

adilson@joinville.udesc.br

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de concretos leves com incorporação de ar. Os traços dos concretos foram baseados em traços comerciais tendo como matérias primas cimento CP II, areia média, aditivo incorporador de ar, aditivo hiperplastificante, e água. Foram preparados três tipos de concreto. Um com adição de hiperplastificante; um com adição de incorporador de ar (1 e 1,5%) e com hiperplastificante e outro sem a adição de aditivos. Os concretos foram caracterizados quanto à resistência à compressão, índice de vazios, absorção de água e massa específica. Os resultados mostraram que para um concreto com 1% de incorporador de ar obteve-se aumento de 15% na resistência à compressão aos 7 dias e diminuição de 0,9% na massa específica. A Absorção de água diminuiu 17%. Sendo assim aplicável em locais que sofrerão ciclos de gelo e degelo e como concreto leve.

Palavras-chave: Concreto leve, incorporador de ar, propriedade mecânica, aditivo.

1. INTRODUÇÃO

Os concretos leves são reconhecidos pelo seu reduzido peso específico e capacidade de isolamento térmico e acústico. É geralmente classificado em dois tipos: com ar incorporado (ou concreto celular) e com agregado leve ^(2,4,6), como isopor, vermiculita e argila expandida. Sua aplicação está voltada para atender exigências específicas de algumas obras e também para enchimento de lajes,

fabricação de blocos, regularização de superfícies, envelopamento de tubulações, entre outras.

Enquanto os concretos comuns têm sua densidade variando entre 2300 e 2500 kg/m³, os leves chegam a atingir densidades próximas a 500 kg/m³. Evidentemente, a consequência direta da redução da densidade é também a redução da resistência do concreto em função da incorporação de porosidades e de agregados de menor resistência.

No desenvolvimento de concretos leves diversos métodos foram apresentados, entre estes, destacam-se processos que utilizam aditivos incorporadores de ar com o intuito de gerar porosidade que será responsável pela redução da densidade. Neste processo são considerados como variáveis o tipo de aditivo, as proporções utilizadas, o tipo de traço empregado e as condições de processamento.

O objetivo deste estudo foi desenvolver um concreto leve com incorporação de ar, usando um aditivo hiperplastificante e um incorporador de ar. A adição de hiperplastificante melhora a coesão do concreto, o acabamento superficial, o aspecto das peças acabadas e aumenta a plasticidade do concreto. É recomendado para uso em todos os tipos de concreto onde se quer alta redução da água de amassamento sem alteração no tempo de pega, tais como: concretos auto-adensáveis, concretos reforçados, pré-fabricados, bombeados e fluídos, concreto protendido, concreto de alto desempenho ⁽²⁾.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado o cimento Portland, Tipo de CP II - Z32, comercialmente usado na região; aditivo Micro Air® FC; Aditivo hiperplastificante Glenium® 160 SCC; agregado graúdo; agregado miúdo e água fornecida pela concessionária local.

Como agregado graúdo foi utilizada a brita artificial e como agregado miúdo foi utilizada areia média de rio. Ambos os materiais são oriundos da região norte de Santa Catarina.

2.2. Procedimento experimental

Optou-se como ponto de partida para a pesquisa um traço de concreto calculado ⁽¹⁾ com resistência à compressão calculada de 32 MPa aos 28 dias. A partir deste traço foram estabelecidos outros, com a inclusão de aditivos hiperplastificante e incorporador de ar. Os traços estudados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Traços adotados no estudo (para 1m³ de concreto).

Traço	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Água (kg)	Aditivo hiperplastificante (kg)	Aditivo incorporador de ar (kg)
AP	459,69	729,28*	980,67	175,80	0,00	0,00
A0	459,69	755,10*	980,67	149,98	4,59**	0,00
A1	459,69	759,12*	980,67	145,96	4,59**	4,59**
A1,5	459,69	759,12*	980,67	145,96	4,59**	6,88***

*Foi corrigida a umidade da areia no momento da fabricação do concreto.

**Correspondente a 1% da massa de cimento.

***Correspondente a 1,5% da massa de cimento.

A operação de mistura dos componentes foi feita em uma betoneira comum com capacidade de 120 litros. Após cada betonada foi medida a consistência de acordo com a NBR NM67.

Para a moldagem dos corpos-de-prova foram utilizados moldes metálicos de formato cilíndrico com dimensões 200 mm x 100 mm. A cura foi feita colocando-se os corpos-de-prova em um tanque com água saturada com hidróxido de cálcio, a 23 °C, pelo tempo de 7 dias.

A determinação da resistência à compressão, após 7 dias de cura, foi realizada com o auxílio de uma prensa hidráulica, informatizada, marca EMIC, modelo PC 200 I, com capacidade nominal de 200 tf.

O ensaio para determinação da massa específica, índice de vazios e absorção de água foi realizado de acordo com a norma NBR 9778:2005. A absorção de água, o índice de vazios e a massa específica da amostra seca foram definidas pelas equações A-C.

$$A = \left(\frac{m_{sat} - m_s}{m_s} \right) 100 \quad (A) \quad Iv = \left(\frac{m_{sat} - m_s}{m_{sat} - m_i} \right) 100 \quad (B) \quad \rho_s = \left(\frac{m_s}{m_{sat} - m_i} \right) \quad (C)$$

Onde: A : absorção (%); I_v : índice de vazios (%); ρ_s : massa específica do concreto seco (g/cm^3); m_s : massa da amostra seca em estufa (g); m_{sat} : massa da amostra saturada em água após imersão e fervura (g); m_i : massa da amostra saturada imersa em água após fervura (g).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aditivo Micro Air foi fornecido pela Basf como um aditivo compatível com todos os tipos de cimento. É um produto livre de cloreto utilizado em concretos e argamassas para introdução de microbolhas de ar que, quando homogeneamente distribuídas impedem a penetração profunda de água, tornando o concreto menos permeável. Este comportamento faz com que o concreto se torne resistente à ação de agentes agressivos.

Já o Aditivo hiperplastificante Glenium® 160 SCC, é baseado em uma cadeia de éter policarboxílico modificado que atua como dispersante do material cimentício, propiciando superplastificação e alta redução de água, tornando o concreto com melhores características de trabalhabilidade sem alteração do tempo de pega.

Com o uso destes dois materiais pretende-se introduzir a porosidade no concreto, de forma uniforme, garantindo a efetiva dispersão dos microporos em todo o volume de material.

Com o intuito de avaliar o efetivo efeito destes materiais foram considerados quatro materiais distintos, um primeiro sem o uso de nenhum aditivo, a ser considerado como referência (AP), um segundo com o uso apenas do hiperplastificante (A0); um terceiro com o uso de hiperplastificante combinado com Micro Air (A1); um último com o uso de hiperplastificante combinado com um maior teor de Micro Air (A1,5).

Os principais resultados obtidos para a caracterização destes materiais, durante o processamento e após a conformação foram sintetizados na tabela 02 e nas figuras 01, 02 e 04. Para a construção dos diagramas das figuras 01 foram considerados apenas os valores medidos para as composições A0, A1 e A1,5. Por sua vez, na tabela 02 estão apresentados os valores médios medidos para a resistência à compressão após 7 dias de cura (RC 7), consistência, massa específica, absorção de água (AA) e índice de vazios (IV) dos concretos.

Tabela 2. Traços e valores medidos para a RC 7, consistência, densidade,

índice de vazios e absorção de água dos concretos.

Mistura	RC7 (MPa)	Consistência (mm)	Massa específica seca (g/cm ³)	IV (%)	AA (%)	Observação
AP	27,12	0	2,23	12,55	5,67	sem aditivos
A0	21,90	205	2,20	12,96	5,90	com hiperplastificante
A1	25,31	200	2,18	14,48	5,03	com hiperplastificante e incorporador de ar (1%)
A1,5	14,66	170	2,06	14,76	7,17	com hiperplastificante e incorporador de ar (1,5%)

No que se refere a trabalhabilidade dos materiais desenvolvidos, pode-se afirmar que, para o concreto produzido com uso de aditivos, a menor consistência foi obtida para o material preparado com maior teor de incorporador de ar (A1,5) (Tabela 02). Por sua vez o concreto AP, desenvolvido sem o uso de aditivos apresentou consistência 0 mm. A redução da consistência em função do teor de incorporador de ar está representada no diagrama da Figura 01.

Cabe ressaltar que o concreto leve possui queda menor no devido ao seu peso próprio ser menor ⁽³⁾. Também deve-se destacar o efeito do hiperplastificante comparando-se as consistências de AP e A0, A1 e A1,5.

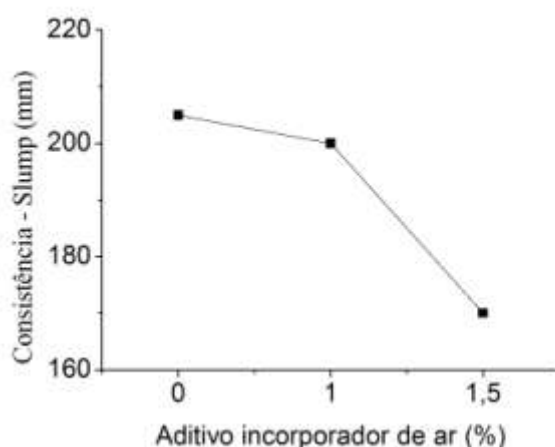


Figura 01. Variação da consistência do concreto em função do teor de aditivo incorporador de ar (%).

Quando se fala da massa específica e índice de vazios pudemos observar que, para os materiais desenvolvidos com o uso de aditivos, a massa específica sofre redução em seu valor com o aumento do teor de aditivo incorporador de ar. Esta redução da massa específica é acompanhada pelo crescimento do índice de vazios (Figura 02). Este efeito pode ser justificado, em parte pela formação de porosidades em decorrência do uso de incorporador de ar, mas também pode ser associado aos defeitos causados pela maior dificuldade de moldagem do material produzido sem a adição de hiperplastificante. A evidência da formação dos defeitos é confirmada pela análise das imagens de micrografia apresentadas nas figuras 3(a), 3(b) e 3(c).

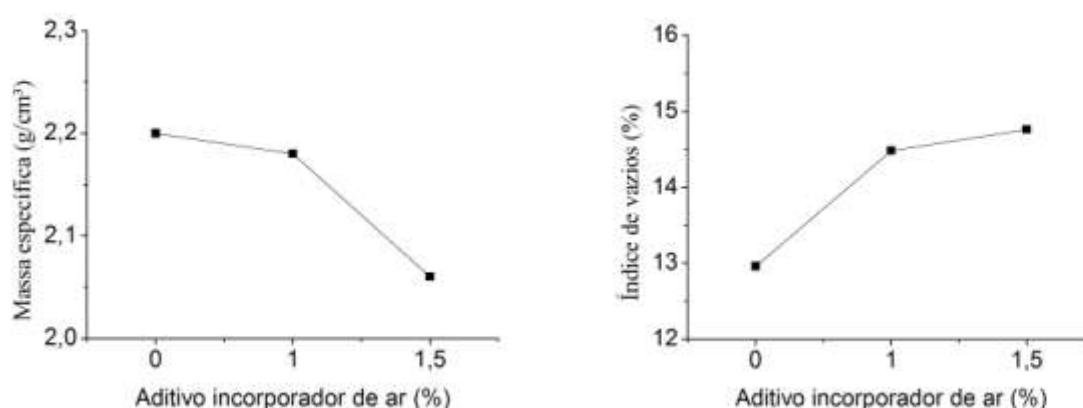


Figura 02. Variação da Massa específica e Índice de vazios do concreto em função do teor de aditivo incorporador de ar (%).

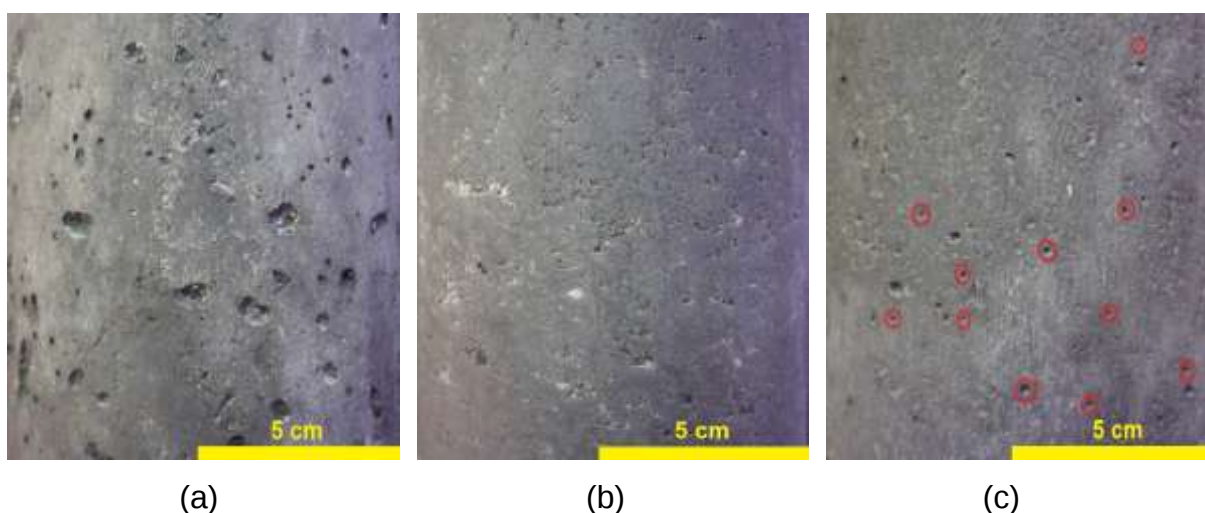


Figura 3. Ilustração mostrando a aspecto dos concretos: sem aditivos (a); com hiperplastificante (b); e com hiperplastificante e 1% de incorporador de ar (c).

Podem ser observados na Figura 3(a) defeitos causados provavelmente pela maior dificuldade de moldagem (sem hiperplastificante) na mistura. Na Fig. 3(b)

pode-se ver uma superfície mais homogênea devido ao uso do hiperplastificante. Na Fig. 3(c), da mistura com hiperplastificante e incorporador de ar (A1), pode-se observar, além da homogeneidade da mistura algumas pequenas bolhas formadas pelo incorporador de ar.

Na condição saturada superfície seca, enquanto que a massa específica do concreto sem aditivos (AP) foi $2,23 \text{ g/cm}^3$, as massas específicas dos concretos leves foram de 2,20, 2,18 e $2,06 \text{ g/cm}^3$ respectivamente para 0, 1,0 e 1,5% de incorporador de ar. A massa específica diminuiu 0,9% com a adição de 1% de incorporador de ar, e reduziu 6,8% com a adição de 1,5% de incorporador de ar. O índice de vazios do concreto leve foi aumentado em 11,7% quando da adição de 1% do aditivo incorporador de ar. O concreto leve com adição de 1,5% de incorporador de ar apresentou índice de vazios maior que os concretos com 0 e 1% de aditivo incorporador de ar. Isso pode ser explicado pela formação de mais bolhas de ar conforme o aumento da quantidade de adição de incorporador de ar.

Os resultados da resistência à compressão aos 7 dias de idade (RC7) são apresentados na Figura 4(a). Pode-se observar que houve um aumento de 15% na RC7 do concreto com 1% de aditivo incorporador de ar (A1) em relação ao concreto sem este aditivo (A0). Embora houve redução (1%) na massa específica. Isso pode ser explicado pelo fato de que o aditivo incorporador de ar melhora a coesão do concreto, reduz a tendência de segregação e melhora o desempenho de concretos com baixo teor de finos e deficiência na composição granulométrica ^(5,7). Para o concreto com 1,5% de incorporador de ar houve redução na resistência à compressão. Provavelmente provocado pela redução de 6,7% na massa específica desse concreto em relação ao concreto sem aditivo incorporador de ar (A0).

Os resultados da absorção de água (AA) dos concretos são apresentados na Figura 4(b). O aditivo incorporador de ar introduz micro bolhas de ar, que homogeneamente distribuídas impedem a penetração profunda de água, tornando o concreto menos permeável, sendo este mais resistente à ação de agentes agressivos. Embora o concreto com 1% de incorporador de ar tenha apresentado maior índice de vazios que o concreto sem este aditivo (A0), este apresentou menor absorção de água (5,03%), enquanto que A0 apresentou 5,90%. O concreto com 1,5% de incorporador de ar apresentou maior AA (7,17%) provavelmente devido ao colapso das bolhas muito grandes.

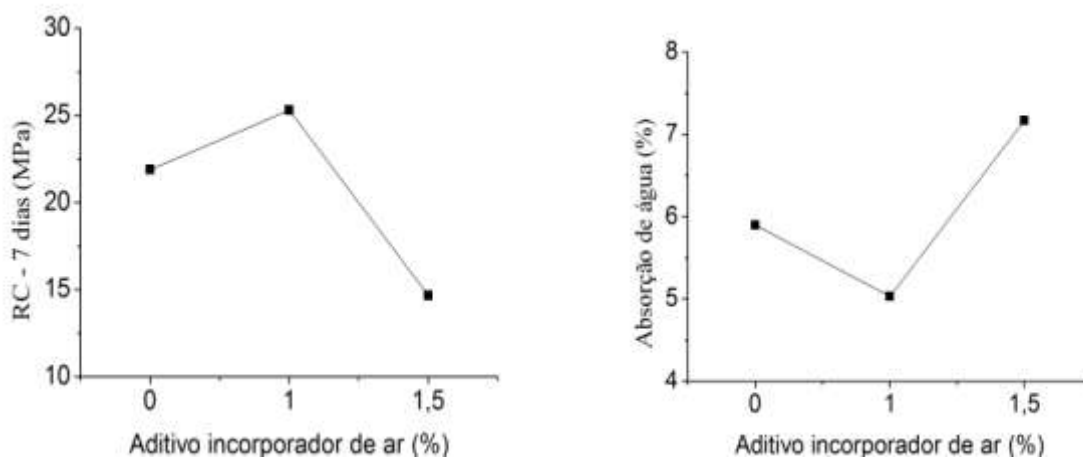


Figura 4. Variação da Resistência Mecânica e Absorção de água para o concreto em função do teor de aditivo incorporador de ar (%)

4. CONCLUSÕES

O uso de aditivo hiperplastificante melhorou a trabalhabilidade do concreto, deixando um melhor acabamento superficial e maior homogeneidade nos concretos.

A absorção de água diminuiu com a adição do aditivo incorporador de ar nas misturas (Figura 4), pois a formação de bolhas pelo aditivo dificulta a penetração profunda da água. Exceto para a mistura com 1,5% de incorporador de ar onde provavelmente houve colapso das bolhas por serem muito grandes.

Houve aumento de 15% na resistência a compressão após 7 dias do concreto com 1% de aditivo incorporador de ar em relação ao concreto sem este aditivo. Embora houve redução (0,9%) na massa específica. Isso pode ser explicado pelo fato de que o aditivo incorporador de ar melhora a coesão do concreto e reduz a tendência de segregação.

A massa específica diminuiu 0,9% com a adição de 1% de incorporador de ar, e reduziu 6,8% com a adição de 1,5% de incorporador de ar. O índice de vazios do concreto leve foi aumentado proporcionalmente com a quantidade de aditivo incorporador de ar adicionado. Aumentou em 11,7% quando da adição de 1% do aditivo incorporador de ar. E 13,9% quando da adição de 1,5% do aditivo incorporador de ar.

Pode-se recomendar a adição de no máximo 1% de aditivo incorporador de ar ao concreto. Para um concreto com 1% de incorporador de ar obteve-se aumento de 15% na resistência à compressão aos 7 dias, em relação a um concreto sem

incorporador de ar, e diminuição de 0,9% na massa específica. A Absorção de água diminuiu 17%. Sendo assim aplicável em locais que sofrerão ciclos de gelo e degelo e como concreto leve.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro recebido da UDESC-Joinville (projeto PROIP 2119/2011, C. Effting), na forma de bolsas de iniciação científica (G. A. Mendes, L. B. Klein, A. K. Ferrari), e são gratos à empresa BASF - The Chemical Company pelo fornecimento dos aditivos Glenium 160 SCC e Micro Air® FC.

REFERÊNCIAS

1. CAMPETELI, V. C.. Concreto de Cimento Portland: Um Método de Dosagem. Universidade Estadual de Ponta Grossa: Engenharia Civil, n. 20, 16 p. Paraná, 2004.
2. ISAIA C. G. Concreto: Ciência e Tecnologia, Vol.1 e 2, São Paulo, IBRACON, 2011.
3. KIM, H.K., JEON, J.H., LEE, H. K.. Workability, and mechanical, acoustic and thermal properties of lightweight aggregate concrete with a high volume of entrained air. **Construction and Building Materials**. v29, p. 193–200, 2012.
4. KOCKAL, N. U., OZTURAN, T.. Strength and elastic properties of structural lightweight concretes. **Materials and Design**. V. 32, p. 2396–2403, 2011.
5. MINDESS, S., YOUNG, J. F., DARWIN, D.. Concrete. 2nd ed. Englewood Cliffs, New. Jersey: Prentice-Hall; 2003.
6. SHANNAG, M. J.. Characteristics of lightweight concrete containing mineral admixtures. **Construction and Building Materials**. V. 25, p. 658–662, 2011.

7. TEO, D. C. L., MANNAN, M. A., KURIAN, V. J.. Durability of lightweight OPS concrete under different curing conditions. **Materials and Structures**, v. 43, p. 1–13, 2010.

PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT CONCRETE WITH ENTRAINED AIR

ABSTRACT

This work aimed to the development of lightweight concrete with air entrainment. Mixtures of concrete were based on commercial lines with raw materials as cement CP II, medium sand, air-entraining agent, super-plasticizing admixture, and water. Were prepared three kinds of concrete. A mixture developed with the addition of super-plasticizing admixture. A mixture with addition of air-entraining agent (1 and 1,5%), and super-plasticizing admixture. And a mixture without additives. The concretes were characterized for compressive strength, voids, water absorption and density. The results showed that to a concrete with 1% of air-entraining there was obtained a 15% increase in the compressive strength at 7 days and a 0.9% decrease in density. The water absorption decreased 17%. So used in places with frost and thaw cycles and as lightweight concrete.

Key-words: Lightweight concrete, air-entraining agent, mechanical property, additive.