

## PROPRIEDADES DE CONCRETOS LEVES FABRICADOS COM VERMICULITA

C. Effting<sup>a</sup>, A. Schackow<sup>a</sup>, M. V. Folgueras<sup>b</sup>, A. G. Santos<sup>a</sup>,  
G. A. Mendes<sup>a</sup>, L. B. Klein<sup>a</sup>, A. K. Ferrari<sup>a</sup>.

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

<sup>a</sup>Departamento de Engenharia Civil

<sup>b</sup>Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais - PGCEM

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

carneane@joinville.udesc.br

### RESUMO

*O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de concretos leves fabricados com vermiculita. Os traços dos concretos foram definidos com base em traços comerciais. Foram preparados três tipos de concreto com aditivo hiperplastificante. Um com cimento, vermiculita e areia; um com cimento, vermiculita areia e aditivo incorporador de ar e outro com cimento e vermiculita. Todos os materiais preparados foram classificados quanto ao seu slump para avaliar a trabalhabilidade dos mesmos. Os materiais preparados e curados foram caracterizados quanto à resistência à compressão, índice de vazios, absorção de água e massa específica. Os resultados mostraram que a vermiculita permite a obtenção de concretos leves com resistência mecânica de 6,2Kgf/cm<sup>2</sup>, principalmente quando não é empregada a areia. Estes concretos podem ser empregados na construção civil devido a sua baixa massa específica igual à 0,56 g/cm<sup>3</sup> que está dentro da faixa estabelecida comercialmente que pode variar de 0,30 a 1,85 g/cm<sup>3</sup>.*

*Palavras-chave: Concreto leve, vermiculita, propriedade mecânica.*

### 1. INTRODUÇÃO

Em obras de concreto, o elevado peso próprio pode se tornar um problema para o projeto da estrutura. Por isso, o concreto leve vem sendo empregado na construção civil devido a sua baixa massa específica, que pode variar de 300 a 1850 kg/m<sup>3</sup>. Este concreto oferece a vantagem do uso de seções menores e conseqüente redução das dimensões das fundações<sup>[4]</sup>. A redução da massa específica é obtida

pela presença de vazios no agregado, na argamassa, ou nos interstícios entre as partículas do agregado graúdo. A presença de vazios reduz a resistência do concreto, porém em obras em que a resistência não é fundamental, propriedades como boa isolamento térmica, durabilidade satisfatória, porosidade elevada e baixa densidade fazem deste material uma boa opção para reduzir os custos do projeto.

O concreto leve é geralmente classificado em dois tipos: com ar incorporado (ou concreto celular) e com agregado leve <sup>[1,3,6]</sup>. Em vista das vantagens na utilização do concreto leve, o objetivo deste trabalho foi investigar o efeito da adição de vermiculita em concretos. Estes foram fabricados a partir de três diferentes traços e foram caracterizados quanto à resistência à compressão aos 7 e 28 dias de cura, índice de vazios, absorção de água, massa específica e *slump*.

A Vermiculita é um mineral da família das argilas micáceas, que ocorre naturalmente, de composição química constituída por um complexo hidratado de alumínio e silicato de magnésio, seu aquecimento brusco até 1.000 °C provoca a evaporação rápida da água, espoliando as lâminas e expandindo o grão da Vermiculita em média de 8 a 12 vezes. Os espaços vazios originados desta expansão volumétrica são preenchidos por ar, que conferem à Vermiculita grande leveza, e isolamento térmica e acústica. Devido à essas características, os concretos leves fabricados com vermiculita devem ser utilizados para enchimentos e rebaixos de lajes e pisos, isolamento térmico e acústico para paredes e lajes, contra pisos, regularização e rebocos acústicos. Também devem ser utilizados em áreas que não exigem grandes esforços. Estes concretos fabricados com a incorporação de vermiculita conseguem compatibilizar baixíssimo peso com boa resistência mecânica, o que outros agregados não conseguem.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Materiais

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado o cimento Portland, tipo CP II - E32 e vermiculita super fina, ambos comercialmente usados na região; agregado graúdo; agregado miúdo; 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

Os únicos aditivos empregados foram o hiperplastificante Glenium® 160 SCC que atua como dispersante do material cimentício, e o Micro Air®, que é um incorporador de ar.

### 2.2. Procedimento experimental

Os traços dos concretos foram definidos com base em traços comerciais (traços de cimento e vermiculita) tendo como matérias primas: cimento CP II, vermiculita, areia média, hiperplastificante e água. A partir deste traço foi estabelecido um traço com adição de incorporador de ar e outro traço sem adição de areia. Os traços estudados são apresentados na Tabela 1. O traço de cimento e vermiculita – traço 1:4 pode ser usado sobre lajes para preenchimentos leves (onde haja trânsito leve de pessoas) e para isolamentos térmicos e acústicos.

**Tabela 1.** Traços adotados no estudo (para 1m<sup>3</sup> de concreto).

Traço	Cimento (kg)	Vermiculita(litros)	Areia (kg)	Água (kg)	Aditivo hiperplastificante (kg)	Aditivo incorporador de ar (kg)
VHA	163,62	654,47	787,03*	33,87	1,63**	0,00
VHAI	163,62	654,47	787,03*	33,87	1,63**	1,63**
VH	232,40	929,62	0,00	79,68	2,32**	0,00

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

\*\*Correspondente a 1% da massa de cimento.

A vermiculita utilizada nos concretos foi colocada imersa em água por 24 horas para sua expansão. Antes de utilizá-la no concreto, foi realizada a retirada do excesso de água.

Os concretos foram produzidos utilizando-se uma betoneira de eixo inclinado e tambor giratório com capacidade de 120 litros.

Utilizou-se para os ensaios mecânicos corpos de prova cilíndricos com dimensões 200 mm x 100 mm. Após a desmoldagem dos corpos de prova, os mesmos foram colocados em um tanque com água saturada com hidróxido de cálcio, a 23 °C, pelo tempo de 7 dias (tempo de cura), após o qual eles foram caracterizados.

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, o índice de vazios e a massa específica da amostra seca são definidas pelas equações A-C.

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

Onde: A: absorção (%);  $I_v$ : índice de vazios (%);  $\rho_s$ : massa específica do concreto seco ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );  $m_s$ : 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

Como foi dito anteriormente, a Vermiculita é um mineral da família das argilas micáceas, que ocorre naturalmente, de composição química constituída por um complexo hidratado de alumínio e silicato de magnésio, seu aquecimento brusco até 1.000 °C provoca a evaporação rápida da água, espoliando as lâminas e expandindo o grão da Vermiculita em média de 8 a 12 vezes. Este comportamento justifica a necessidade de uma etapa prévia de hidratação da vermiculita para promover sua expansão. A Figura 1 mostra a morfologia da vermiculita utilizada na fabricação dos concretos leves, onde podemos observar uma heterogeneidade da forma e tamanho das partículas.



**Figura 1.** Morfologia da vermiculita, mostrando heterogeneidade dos grânulos.

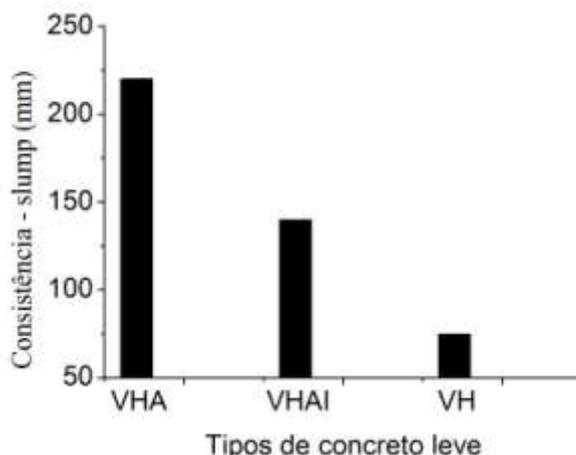
Os principais resultados obtidos para a caracterização das misturas produzidas durante o processamento e após a conformação foram sintetizados na tabela 02 e nas figuras 02, 03 e 05. Na tabela 02 estão apresentados os valores médios medidos para a resistência à compressão após 7 dias de cura (RC 7), consistência, massa específica, absorção de água (AA) e índice de vazios (IV) dos concretos.

**Tab. 2.** Traços e valores medidos para a RC 7, consistência, densidade, índice de vazios e absorção de água dos concretos.

Mistura	RC7 (kgf/cm <sup>2</sup> )	Consistência (mm)	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	IV (%)	AA (%)	Observação
VHA	2,30	220	1,04	49,89	48,13	com hiperplastificante, vermiculita e areia
VHAI	4,70	140	1,08	55,86	51,74	com hiperplastificante, vermiculita, areia e incorporador de ar
VH	6,20	75	0,56	74,87	134,79	com hiperplastificante e vermiculita e sem areia

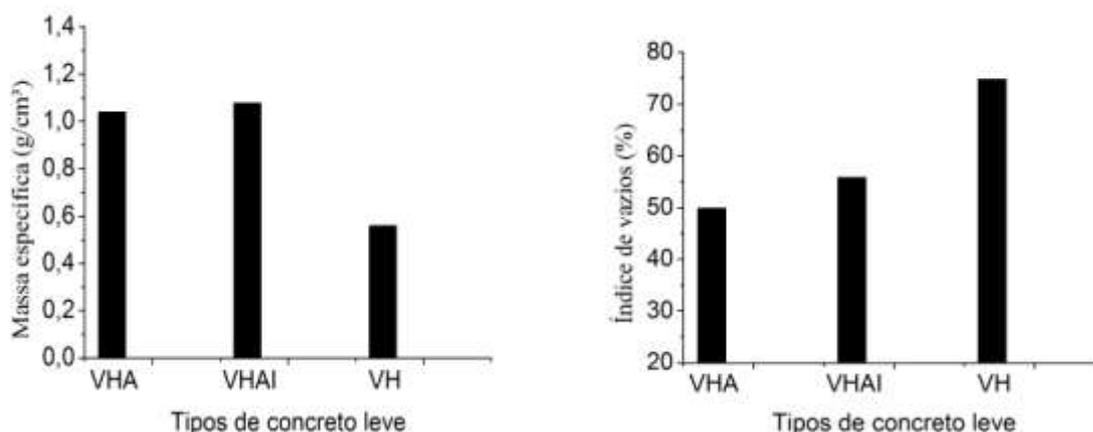
No que se refere a trabalhabilidade dos materiais desenvolvidos, pode-se afirmar que, a consistência obtida para os concretos fabricados com o mesmo traço sem incorporador de ar (VHA) e com incorporador de ar (VHAI) apresentaram *slump* igual a 220 e 140mm respectivamente. Logo, a consistência obtida para o concreto leve com incorporador de ar (VHAI) foi menor que a do concreto sem incorporação de ar (VHA) (Figura 02). Pode-se perceber o efeito do incorporador de ar, que diminuiu a plasticidade do concreto para um mesmo consumo de água. Pode ser justificado pelo aumento da coesão do concreto pelo uso do aditivo incorporador de ar. Cabe ressaltar que o concreto leve sem areia (VH) possui queda menor no *slump* devido ao seu peso próprio ser menor<sup>[1]</sup>.

Em relação às massas específicas obtidas para o concreto com e sem incorporador de ar (VHA) e (VHAI) pode-se afirmar que estes apresentaram valores bem próximos, de 1,04g/cm<sup>3</sup> e 1,08 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente (Figura 3). Já, para o concreto leve e sem areia, a massa específica encontrada foi de 0,56 g/cm<sup>3</sup>.



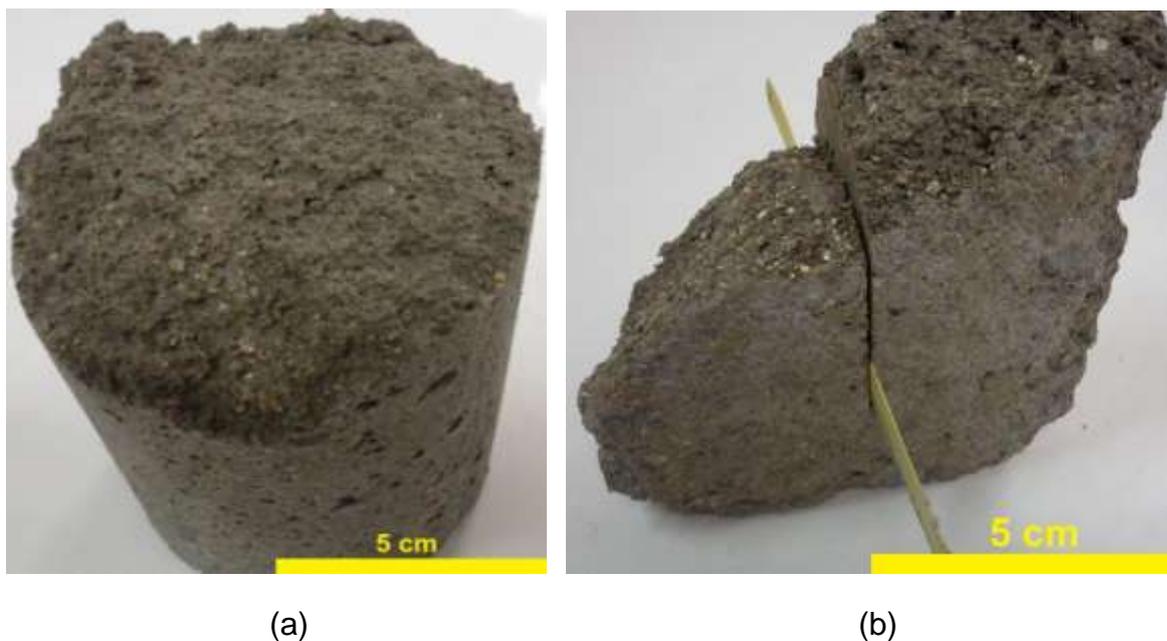
**Figura 2.** Representação gráfica dos valores de consistência para os três traços estudados.

Dessa forma, todos os concretos fabricados podem ser considerados concretos leves e podem ser empregados na construção civil devido a sua baixa massa específica (Figura 3) que de acordo com o mercado pode variar de 0,30 a 1,85 g/cm<sup>3</sup>. Como podemos observar os três valores: 1,04g/cm<sup>3</sup>, 1,08 g/cm<sup>3</sup> e 0,56 g/cm<sup>3</sup> estão dentro desta faixa estabelecida comercialmente. Concretos convencionais (não leves) normalmente apresentam massa específica em torno de 2,5g/cm<sup>3</sup>. Comparando os traços VHA e VHAI, o índice de vazios do concreto leve foi aumentado em 11,9% com a adição de 1% do aditivo incorporador de ar (VHAI). Para o concreto VH o índice de vazios obtido foi de 74,87%, que é maior do que para os outros traços VHA e VHAI (49,89% e 55,86%, respectivamente).



**Figura 3.** Representação gráfica dos valores de massa específica e índice de vazios para os três traços estudados

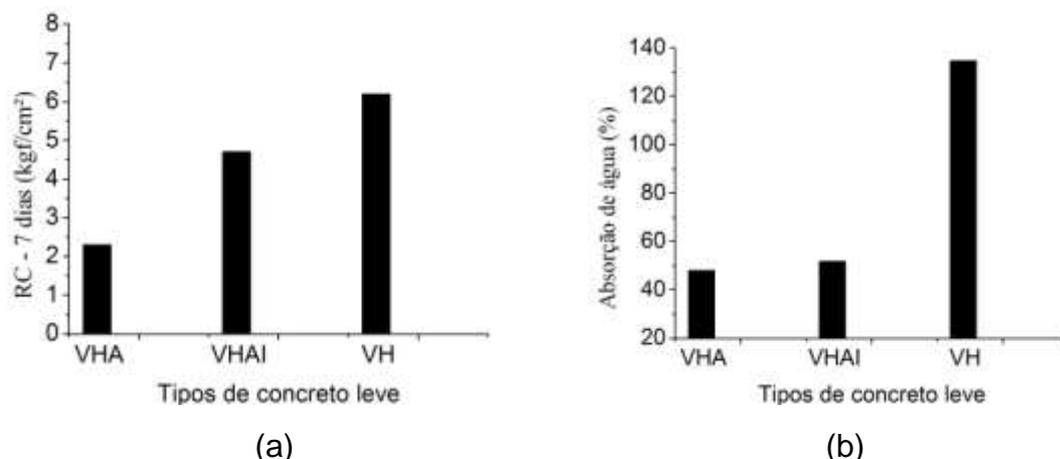
A Figura 4(a) mostra o aspecto visual da porosidade na superfície do concreto fabricado com o traço constituído de vermiculita, areia e hiperplastificante (mistura VHA). Podemos observar neste caso que o concreto apresenta-se mais homogêneo e mais coeso do que no concreto fabricado sem areia (mistura VH). Já na Figura 1(b), o concreto apresenta uma estrutura bem porosa. Este concreto também é mais fácil de ser cortado.



**Figura 4.** Ilustração mostrando o aspecto dos concretos: traço VHA (a), VH (b).

Os resultados da resistência à compressão aos 7 dias de idade (RC7) são apresentados na Figura 5(a). Pode-se observar que houve um aumento de 104,3% na RC7 do concreto com 1% de aditivo incorporador de ar (VHA1) em relação ao concreto sem este aditivo (VHA) e um teve um aumento de 3,85% 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<sup>[2-5]</sup>. Já para os concretos leves fabricados sem areia apesar da redução da massa específica cujo valor calculado foi de  $0,56 \text{ g/cm}^3$  houve um aumento na resistência à compressão cujo valor obtido foi de  $6,20 \text{ kgf/cm}^2$ . Esse aumento pode ser explicado pelo fato de que o traço VH possui a mesma proporção de cimento e vermiculita (de 1:4) mas sem a areia, o que ocasionou uma

maior quantidade de cimento e vermiculita utilizada no traço VH para fabricar o mesmo volume de concreto.



**Figura 5.** Representação gráfica dos valores de resistência à compressão (a) e absorção de água (b) para os três traços estudados.

Os resultados da absorção de água (AA) dos concretos são apresentados na Figura 5(b). Conforme esperado o concreto VH, feito sem areia apresentou maior absorção de água (134,79%). Conforme mostrado anteriormente, o concreto com 1% de incorporador de ar (VHAI) apresentou maior absorção de água (7,5%) quando comparado ao concreto sem incorporação de ar (VHA).

#### 4 CONCLUSÕES

O concreto leve fabricado constituído de vermiculita, areia e hiperplastificante (mistura VHA) apresentou-se mais homogêneo e mais coeso do que o concreto fabricado sem areia (mistura VH) sendo a sua estrutura bem porosa.

Houve um aumento de 104,3% na resistência à compressão do concreto com 1% de aditivo incorporador de ar (VHAI) em relação ao concreto sem este aditivo (VHA) e um aumento de 3,85% na massa específica. Já para os concretos leves fabricados sem areia apesar da redução da massa específica cujo valor calculado foi de  $0,56 \text{ g/cm}^3$  houve um aumento na resistência à compressão sendo o valor obtido igual à  $6,20 \text{ kgf/cm}^2$ .

O concreto com 1% de incorporador de ar (VHAI) apresentou aumento de 9,9% no índice de vazios quando comparado ao concreto sem incorporação de ar

(VHA). Isso se deve provavelmente à formação das bolhas de ar pelo aditivo incorporador de ar. As bolhas produzidas pelo incorporador de ar tem a função de impedir o deslocamento da água dentro de um concreto convencional (sem vermiculita). Por esse motivo esse aditivo é utilizado em concretos que sofrerão gelo e degelo. Mas pode-se perceber que o concreto leve com aditivo (VHAI) apresentou absorção de água maior (7,5%) do que o concreto sem o aditivo (VHA). Isso pode ter ocorrido devido a utilização da vermiculita. O concreto fabricado sem areia VH apresentou maior absorção (134,79%) devido a não utilização de areia.

Todos os concretos fabricados podem ser considerados concretos leves e podem ser empregados na construção civil devido a sua baixa massa específica que estão dentro desta faixa estabelecida comercialmente que pode variar de 0,30 a 1,85 g/cm<sup>3</sup>.

O traço de cimento e vermiculita – traço 1:4 pode ser usado sobre lajes para preenchimentos leves (onde haja trânsito leve de pessoas) e para isolamentos térmicos e acústicos. Um estudo mais aprimorado deve ser realizado com relação ao conforto térmico e acústico.

## 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. 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.
2. KOCKAL, N. U., OZTURAN, T.. Strength and elastic properties of structural lightweight concretes. **Materials and Design**. V. 32, p. 2396–2403, 2011.

3. MINDESS, S., YOUNG, J. F., DARWIN, D.. Concrete. 2<sup>nd</sup> ed. Englewood Cliffs, New. Jersey: Prentice-Hall; 2003.
4. NEVILLE, ADAM M; GIAMMUSSO, SALVADOR E. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1997. 828 p. : ISBN 8572660682.
5. SHANNAG, M. J.. Characteristics of lightweight concrete containing mineral admixtures. **Construction and Building Materials**. V. 25, p. 658–662, 2011.
6. 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 VERMICULITE

### ABSTRACT

*This work aimed to the development of lightweight concrete manufactured with vermiculite. Mixtures of concrete were based on commercial lines. Were prepared three kinds of concrete with super-plasticizing admixture. A mixture developed with cement, vermiculite and sand; a mixture with cement, vermiculite, sand and super-plasticizing admixture and another with cement and vermiculite. The concretes were characterized according to their slump to evaluate the workability of the same. The concretes manufactured and cured were characterized for compressive strength, voids, water absorption and density. The results showed that the vermiculite allows the production of lightweight concrete with compressive strength of 6,2Kgf/cm<sup>2</sup>, mainly when are not used the sand. These concrete can be used in the civil construction due to its low density to 0,56 g/cm<sup>3</sup> that is within of the range established commercially which may vary from 0.30 to 1.85 g/cm<sup>3</sup>.*

*Keywords: lightweight concrete, vermiculite, mechanical property.*