

## UTILIZAÇÃO DE AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO (ADF) COMO SUBSTITUINTE PARCIAL DA SÍLICA EM UM VIDRO SODA-CAL

A. C. Martin<sup>1</sup>, O. K. Ueno<sup>1</sup>, M. V. Folgueras<sup>1</sup>  
Campus Universitário Prof. Avelino Marcante, s/n, CEP 89223-100  
amandacarolinemartin@gmail.com

<sup>1</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas (UDESC/CCT),  
Joinville, SC

### RESUMO

*A areia descartada de fundição (ADF) constitui o principal resíduo gerado em indústrias de fundição. Estudos apresentados na literatura sugerem a utilização da ADF em diferentes materiais, como concreto, tijolo ou asfalto. Este trabalho tem como objetivo substituir parcialmente a sílica de um vidro soda-cal pela ADF. A areia de fundição apresenta em sua composição elementos como ferro e alumínio que podem afetar a qualidade do vidro, o que justifica o processamento do resíduo para redução do teor de impurezas. Os tratamentos, que incluíram agitação mecânica e tratamento térmico, resultaram em uma queda discreta do percentual de ferro com conseqüente incremento do teor de sílica. Após o tratamento, algumas areias foram incorporadas ao vidro, que apresentou coloração esverdeada, porém com intensidade de absorção inferior para as areias com menor teor de ferro. Observou-se que é possível obter vidros utilizando ADF, entretanto, existe dificuldade no controle da cor.*

*Palavras-chave: areia descartada de fundição, ADF, vidro, soda-cal.*

### INTRODUÇÃO

Em empresas de fundição as areias são utilizadas para produzir moldes e machos, que permitem às indústrias produzirem peças <sup>(1)</sup>. As areias podem ser classificadas como areias verde ou quimicamente ligadas. As areias verdes normalmente possuem em sua composição bentonita, aditivo carbonáceo, água e entre 80 a 95% de sílica, já as quimicamente ligadas utilizam sílica e um baixo teor (1-3%) de aglutinante, como fenol<sup>(2)</sup>.

As areias utilizadas no processo de fundição podem ser reutilizadas diversas vezes até que seja necessário o seu descarte final <sup>(3)(4)</sup>, normalmente em aterro industrial. As areias

correspondem a aproximadamente 70% do total de resíduos gerados em empresas de fundição<sup>(5)</sup>. O resíduo da areia verde pode conter ferro, manganês e alumínio acima de parâmetros permitidos pela legislação, o que o classifica como um resíduo classe II<sup>(6)</sup>.

É importante que existam alternativas ao descarte da ADF a fim de minimizar o impacto ambiental gerado pelo resíduo. Nesse sentido, foram realizados alguns estudos com o objetivo de analisar a viabilidade de aplicação da ADF em produtos como concreto, tijolo, asfalto e vidros<sup>(3)(4)(5)(6)(7)(8)</sup>.

Este trabalho tem por objetivo aplicar a areia descartada de fundição como substituinte da sílica em um vidro soda-cal. Os vidros sódico-cálcicos são largamente estudados e utilizados<sup>(9)</sup> especialmente em janelas, garrafas e bulbos e tubos de lâmpadas<sup>(10)</sup>.

O vidro soda-cal contém a sílica como elemento estrutural, ou formador de vidro, e também óxido de sódio e de cálcio, mas também pode incluir magnésio e alumina<sup>(11)</sup>. A inclusão de outros elementos pode afetar a qualidade do vidro obtido. A proporção de ferro contida na areia pode conferir ao vidro uma coloração dentro de uma ampla gama de tonalidades entre azul (Fe 2+) e amarelo (Fe 3+)<sup>(12)</sup>. Este estudo, portanto, pretende tratar a areia de fundição antes de incorporá-la ao vidro, a fim de minimizar a quantidade de ferro presente e posteriormente avaliar a influência da adição do resíduo no vidro.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente considerou-se o tratamento da areia descartada de fundição a fim de minimizar o teor de ferro do material (Tab 1).

Tabela 1: Tratamento da ADF.

<b>Areias</b>	<b>Descrição do processamento</b>
<b>ADF 1</b>	ADF como recebida, sem tratamento
<b>ADF 2</b>	ADF calcinada – aquecimento por 1 hora a 900°C com taxa de 5°/min
<b>ADF 1A</b>	ADF 1 + peneiramento em malha 325 por 1 hora.
<b>ADF 2A</b>	ADF 2 + peneiramento em malha 325 por 1 hora.
<b>ADF 1B</b>	ADF 1 + moagem a seco em moinho vibratório e posterior peneiramento.
<b>ADF 2B</b>	ADF 2 + moagem a seco em moinho vibratório e posterior peneiramento.
<b>ADF 1C</b>	ADF 1 + lavagem em moinho de bolas à baixa rotação e posterior peneiramento.
<b>ADF 2C</b>	ADF 2 + lavagem em moinho de bolas à baixa rotação e posterior peneiramento.

Todos os processos que envolveram peneiramento foram realizados em malha 325 e sob fluxo contínuo de água. O material passante foi descartado, sendo considerado como matéria prima o material retido na peneira. A secagem foi feita sob luz.

Após os processos de tratamento, as areias foram submetidas à análise de perda ao fogo, densidade e análise química por fluorescência de raios-x. Posteriormente, algumas areias foram incorporadas como substituinte parcial no vidro soda-cal.

A composição do vidro soda cal utilizado foi definida com base em dados de literatura. Foram considerados teores em peso de 73% de  $\text{SiO}_2$ , 15% de  $\text{Na}_2\text{O}$ , 11% de  $\text{CaO}$  e 1% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ <sup>(13)</sup>. As matérias primas utilizadas foram o quartzo (fornecido pela Indeka), carbonato de sódio (PA) e carbonato de cálcio (PA). A fusão foi feita em forno de fusão, com taxa de aquecimento de 10°C/min até 1550°C e mantida durante uma hora no patamar estabelecido. O material foi vertido em molde de grafite e também em água, para facilitar a obtenção do pó necessário para realizar as análises de absorvância e densidade.

Foi produzido um vidro a ser considerado como referência, sem adição de resíduo. Para os vidros obtidos com a adição areia de fundição tratada em diferentes condições, considerou-se a substituição de 25% em peso da massa da sílica. Após as fusões os vidros foram avaliados quanto à cor com o objetivo comparar os efeitos dos tratamentos realizados na etapa anterior.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os tratamentos realizados na ADF não geraram novos passivos ambientais, porém alguns dos processos tiveram perda de material após o passarem pela peneira. A ADF 2B apresentou uma perda de massa alta, de 81%, o que resulta em baixo rendimento do processo. Com base neste resultado, optou-se por realizar a calcinação após a moagem (areia denominada ADF 1B2), o que resultou em aumento do rendimento para 72,1%.

A ADF 1B obteve rendimento de 72%, já a ADF 2, ADF 1A e ADF 2A apresentaram as menores perdas (2,5%, 0,9% e 3,5%, respectivamente). As areias ADF 1C e ADF 2C apresentaram rendimento razoável, com perdas de 18,7% para a ADF 1C e 19,3% para a ADF 2C. Observou-se, portanto, que os tratamentos que envolveram o processo de calcinação tiveram perdas maiores que aqueles que não foram previamente calcinados.

Após a obtenção das areias, as mesmas foram submetidas a ensaios de densidade e análise de fluorescência de raios-x. Observa-se que o tratamento acarretou em uma discreta diminuição do teor de ferro das areias e redução mais significativa dos teores de alumínio,

assim como houve aumento no teor de sílica. A densidade também aumentou, sendo maior para os tratamentos que envolveram a moagem. As areias peneiradas foram as que apresentaram valor de densidade mais próximo à ADF sem tratamento. Os valores encontrados são apresentados na Tab. 2.

Tabela 2: Densidade e Composição das Areias Tratadas

Processo	Densidade	Composição								
	(g/cm <sup>3</sup> )	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Outros	PF
ADF 1	2,652	<b>73,5</b>	15,2	2,4	2,6	1	1,1	0,6	1,3	2,3
ADF 2	2,672	<b>74,6</b>	16,8	2,3	2	0,9	0,8	0,5	1,5	0,6
ADF 1A	2,656	<b>77,4</b>	13	1,7	2	0,8	0,8	0,4	1,6	2,3
ADF 2A	2,665	<b>77,6</b>	14,6	1,9	1,6	0,7	0,8	0,5	2	0,3
ADF 1B	2,709	<b>90,2</b>	3,4	0,9	1,5	0,3	0,4	0,3	2,1	0,9
ADF 2B	2,723	<b>88,5</b>	4,3	1,5	1,8	0,3	0,2	0,3	2,4	0,7
ADF 1B2	2,704	<b>90,8</b>	3,2	0,9	1,5	0,3	0,5	0,2	2,1	0,5
ADF 1C	2,700	<b>89,7</b>	3,6	0,7	1,8	0,4	0,9	0,5	1,8	0,6
ADF 2C	2,698	<b>89,6</b>	4,8	0,6	1,9	0,4	0,4	0,3	1,8	0,2

Uma areia de cada tratamento foi escolhida para ser incorporada aos vidros: ADF 1, ADF 2, ADF 1A, ADF 1B2 e ADF 1C. A ADF 1 foi escolhida por não ter passado por nenhum tratamento; a ADF 2 passou apenas pela etapa de calcinação e apresentou um bom rendimento; as ADF 1A e 1C apresentaram pouca diferença de composição quando comparadas às que foram calcinadas antes do tratamento e, por envolverem um processo a menos, optou-se por trabalhar com elas. Já a ADF 1B2 apresentou um rendimento intermediário entre aquelas que foram moídas, porém possuiu uma coloração mais similar à areia virgem e, por este motivo, foi escolhida para a obtenção do vidro, com o objetivo de verificar se a cor da areia interfere na cor do vidro.

A segunda etapa consistiu na fusão dos vidros. Foi obtido um vidro de referência e cinco vidros com a areia descartada de fundição, um para cada areia escolhida na etapa anterior. A fusão ocorreu a 1550°C e a viscosidade do vidro permitiu que fossem facilmente vertidos no molde de grafite. A Fig. 1 apresenta as imagens dos vidros obtidos.

Observou-se que, a olho nu, a diferença na coloração dos vidros com a incorporação de ADF não é evidente. O ensaio de absorvância foi realizado com o intuito de verificar se a intensidade de absorção varia para cada vidro. Este ensaio foi realizado com o pó obtido da

fusão do vidro e, por ter sido utilizada a mesma quantidade de material, pode-se afirmar que uma maior intensidade de absorção corresponde a um material mais escuro.

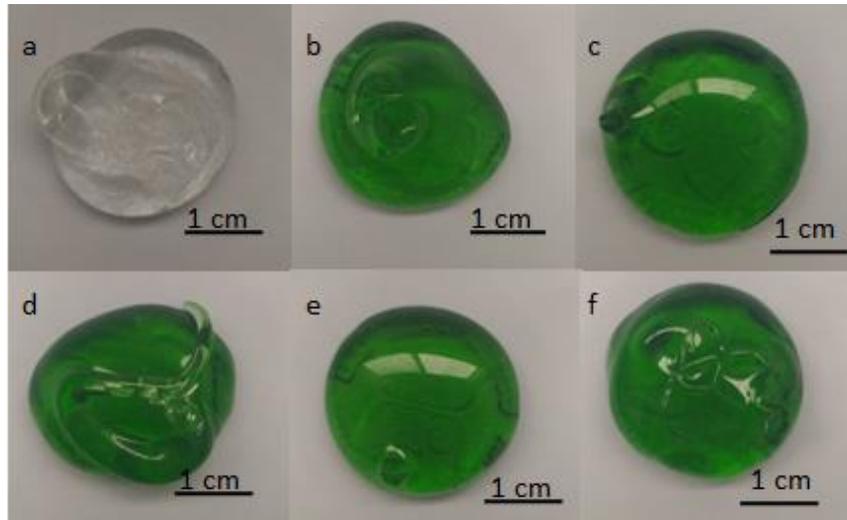
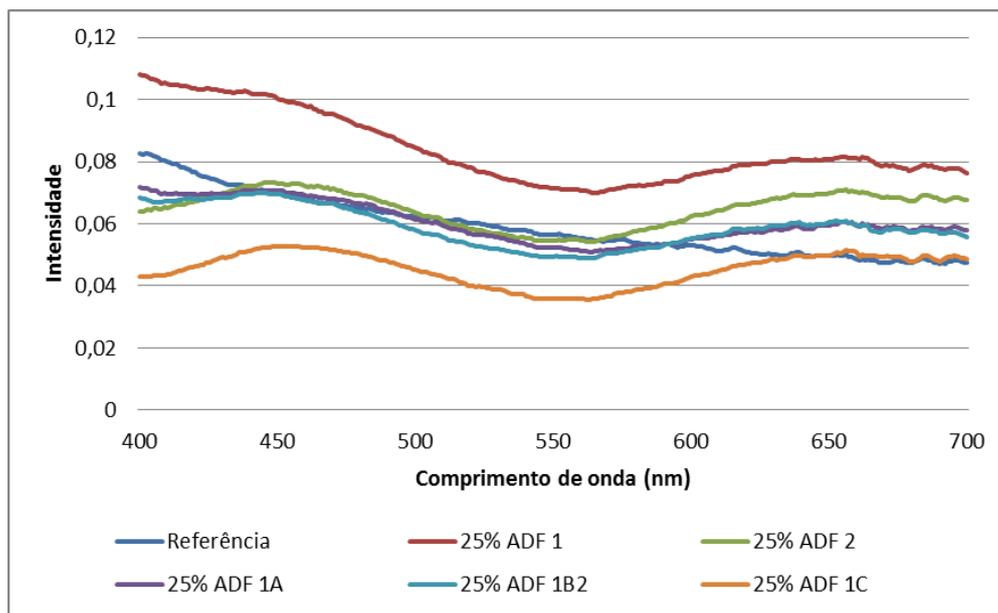


Figura 1: Vidros a) de referência; b) 25% de ADF 1; c) 25% de ADF 2; d) 25% de ADF 1A;; e) 25% de ADF 1B2; f) 25% de ADF 1C.

Por meio do gráfico 1 é possível observar que não houve picos de absorção para o vidro de referência. Para os demais, há um pico de absorção no comprimento de onda correspondente ao azul (450 nm) e outro no vermelho (650 nm), indicativo da coloração verde percebida <sup>(14)</sup>.

Gráfico 1: Análise de absorção para os vidros



A intensidade de absorção aumenta à medida que o teor de ferro da ADF aumenta. A areia sem tratamento é a que apresentou maior intensidade, já a ADF lavada, que apresentou o menor percentual de ferro dentre as escolhidas para obter o vidro, foi aquela que apresentou menor intensidade. Ou seja, apesar de não ser visível a olho nu, os tratamentos influenciaram discretamente na coloração dos vidros.

## CONCLUSÕES

A areia descartada de fundição (ADF) possui um elevado teor de sílica em sua composição o que a torna uma matéria prima potencial para a obtenção de vidros. Entretanto o percentual de ferro também é elevado, o que confere uma coloração esverdeada aos vidros.

O processamento da ADF não gerou novos passivos ambientais e reduziu discretamente o percentual de ferro presente na areia. Contudo esta redução se mostrou insuficiente para gerar um vidro como o de referência, ou seja, incolor.

Conclui-se que a substituição de 25% de sílica pela ADF é possível, entretanto o vidro produzido será verde. A redução da intensidade de tonalidade verde desenvolvida poderá ser alcançada pela redução do teor de areia descartada empregada, por resultar em redução do teor de ferro incorporado.

## REFERÊNCIAS

- (1) STAUDER, B.J., KERBER, H., SCHUMACHER, P. Foundry sand core property assessment by 3-point bending test evaluation. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 237, p. 188-196, 2016.
- (2) SIGH, G.SIDDIQUE, R. Effect of waste foundry sand (WFS) as partial replacement of sand on the strength, ultrasonic pulse velocity and permeability of concrete. *Construction and Building Materials*. v. 26, p. 416-422, 2012.
- (3) GURUMOORTHY, N., ARUNACHALAM, K. Micro and Mechanical Behavior of Treated Used Foundry Sand Concrete. *Construction and Building Materials*. v. 123, p. 184-190, 2016.
- (4) SIDDIQUE, R., KAUR, G., RAJOR, A. Waste Foundry Sand and its Leachate Characteristics. *Resources, Conservation and Recycling*. v. 54, p. 1027-1036, 2010.

- (5) SANTURDE, R. A., COZ, A., VIGURI, J. R., ANDRES, A. Recycling of foundry by-products in the ceramic industry: Green and core sand in clay bricks. *Construction and Building Materials*. v. 27, p. 97-106, 2012.
  - (6) CARNIN, R. L. **P.Reaproveitamento do resíduo de areia verde de fundição como agregado em misturas asfálticas.**2008, 152 p. (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba – PR.
  - (7) POLLI, E. **Incorporação Da Areia Descartada De Fundição (ADF) Na Fabricação De Vitrocerâmicos Do Sistema SiO<sub>2</sub> – CaO – MgO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.** 2014, 110 p. (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, Joinville – SC.
  - (8) QUIJORNAA, N., COZ, A., ANDRES, A., CHEESEMANB, C. Recycling of Waelz slag and waste foundry sand in red clay bricks. *Resources, Conservation and Recycling*. v. 65, p. 1-10, 2012.
  - (9) CHENG, J., XIAO, Z., YANG, K., WU, H. Viscosity, Fragility and Structure of Na<sub>2</sub>O – CaO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – SiO<sub>2</sub> Glasses of Increasing Al/Si ratio. *Ceramics International*, v. 39, p. 4055-4062, 2013
  - (10)AKERMAN, M. **Natureza, Estrutura e Propriedades do Vidro.** Centro Técnico de Elaboração do Vidro - Saint Gobain, 2000.
  - (11)CARTER, C. B., NORTON, M. G. **Ceramic Materials: Science and Engineering.** 2 ed. New York: Springer, 2013.
  - (12)NAVARRO, J. M. F. **El Vidrio.** Consejo Superior, de Investigaciones Científicas. Fundación Centro Nacional Del Vidrio. Madrid, 1991.
  - (13)BANSAL, N. P., DOREMUS, R. H. **Handbook of Glass Properties.** Academic Press INC, 1986.
- TILLEY, R. *Colour and the Optical Properties of Materials.* 2 ed. Wiley, 2010.

## USE OF WASTED FOUNDRY SAND (WFS) AS A PARTIAL SUBSTITUTE FOR SILICA IN A SODA LIME GLASS

### ABSTRACT

*The waste foundry sand (WFS) is the main waste generates in foundry industries. Studies in the literature suggest the use of WFS in different materials, such as concrete, brick or asphalt. This work aims to partially replace the silica of a soda-lime glass by the WFS. The waste foundry sand has in its composition elements such as iron and aluminum that can affect the*

*glass quality, which justifies the residue processing to reduce the impurity content. The treatments, that included mechanical agitation and thermal treatment, resulted in a slight decrease in the percent of iron with consequent increase of the silica content. After treatment, some sands were incorporated into the glass, that showed green color but with lower absorption intensity for the sand with less iron content. It was observed that it's possible to obtain glasses using WFS, however, there is difficulty in color controlling.*

*Key-words: waste foundry sand, WFS, glass, soda-lime*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a CAPES e a FAPESC pelo apoio financeiro.