

# Caracterização de areias de quartzo do estado de Mato Grosso do Sul para aplicações industriais

## *(Characterization of quartz sands from the state of Mato Grosso do Sul, Brazil, for industrial applications)*

M. T. Souza<sup>1</sup>, F. R. Cesconeto, S. Arcaro, F. Raupp-Pereira, A. P. Novaes de Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PGMAT),  
Laboratório de Materiais Vitrocerâmicos (VITROCER), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)  
Campus Universitário - Trindade, Florianópolis, SC, Brasil 88040-900

<sup>1</sup>engmarcelosouza@hotmail.com

### Resumo

A mesorregião centro-norte do Estado de Mato Grosso do Sul oferece um grande potencial de uso por transformação industrial de areias de quartzo. Depósitos sedimentares coluvionares e fluviais de quartzo foram caracterizados a partir de 100 amostras analisadas do ponto de vista de suas propriedades químicas, físicas e mineralógicas. Os resultados revelaram teores relativamente elevados de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e reduzidos de óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Assim, 70% das amostras apresentaram mais que 90% de  $\text{SiO}_2$  e 63% menos que 1% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . As análises de tamanho de partículas indicaram tamanho médio entre 150 e 500  $\mu\text{m}$  para 90% das amostras. Desta forma, a viabilidade de utilização das areias de quartzo caracterizadas é discutida para a produção industrial de vidros.

**Palavras-chave:** areias de quartzo, caracterização, aplicações industriais.

### Abstract

The north-central region of the State of Mato Grosso do Sul, Brazil, offers great potential for the efficient and sustainable use of quartz sand, taking into account their occurrence in colluvial and fluvial sedimentary deposits and also its versatility in terms of abundance and mineral properties. Thus, 100 drilling points were defined and the samples characterized in terms of their chemical, physical and mineralogical properties. The main results showed that the characterized sands have relatively high contents of silica ( $\text{SiO}_2$ ) and low iron oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), that is, 70% of samples containing more than 90%  $\text{SiO}_2$  and 63% of samples containing less than 1%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Particle size analysis revealed an average particle size between 150 and 500  $\mu\text{m}$  for 90% of samples. Thus, the feasibility of using quartz sand for the production of glass is presented and discussed.

**Keywords:** quartz sands, characterization, industrial applications.

## INTRODUÇÃO

A areia de quartzo ou areia industrial é uma substância natural, coesiva e não plástica, proveniente da desagregação de rochas, com tamanho de partícula variando entre 60 e 2000  $\mu\text{m}$  e com alto teor de sílica ( $\text{SiO}_2 > 90\%$ ), na forma de quartzo. Quanto maior o teor de  $\text{SiO}_2$  na composição das areias, maior será sua pureza e, portanto, maior seu valor agregado. Além disso, é um dos materiais que possui maior diversificação em seu uso, devido à ocorrência comum e às suas propriedades, como dureza, estabilidade química e resistência a altas temperaturas [1-3]. As areias podem ser usadas na fabricação de vários tipos de produtos na indústria cerâmica como telhas, tijolos, vidros, revestimentos, isoladores elétricos, louças, sanitários, cimento e refratários; assim como na indústria do papel, de borracha e de metais (moldes de areia) [4].

As principais características de uma areia industrial, as quais definem a sua aplicação, são o tamanho das partículas e a pureza (composição química). A norma NBR 6502/93

estabelece três classificações quanto ao tamanho das partículas: areia fina (partículas com tamanhos entre 60 e 200  $\mu\text{m}$ ), areia média (partículas entre 200 e 600  $\mu\text{m}$ ) e areia grossa (entre 600 e 2000  $\mu\text{m}$ ) [5]. Areias grossas são utilizadas em grandes quantidades na indústria de fundição de metais e na construção civil para produção de concreto e argamassas. Areias médias podem ser utilizadas na indústria vidreira e na fabricação de fritas cerâmicas para produção de vidrados. Areias finas são utilizadas na indústria de tintas, plástico e borracha. Na maioria das aplicações industriais impurezas como minerais argilosos e hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) são indesejadas devido a seus efeitos deletérios, principalmente no que se refere ao desenvolvimento de cor [1]. As jazidas exploradas no estado de MS são utilizadas para a produção, normalmente, de peças de baixo valor agregado. Desta maneira, este artigo reporta resultados de trabalho de pesquisa relacionada à caracterização química, mineralógica e física de amostras de areia extraídas de locais previamente determinados em estudos geológicos definidos por um plano de amostragem. Os resultados das análises realizadas

mostraram uma alta concentração de quartzo nas amostras, as quais puderam ser empregadas para a produção de vidros.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Baseando-se no mapa geológico do estado de Mato Grosso do Sul, foram definidas cinco regiões geológicas para a extração de amostras de areias de quartzo em função das características de formação do solo. As formações geológicas relacionadas às regiões foram: Q1pc (Bacia do Pantanal), K2c (Grupo Caiuá Indiviso), K2sa (Formação Santo Anastácio), O3S1rv (Grupo Rio Ivaí) e NP3y4t (Suíte São Vicente). As siglas que nomeiam as regiões no mapa geológico do Estado de MS indicam características geológicas relacionadas às propriedades físicas e químicas das areias. Essas formações são originárias de arenitos muito antigos, de depósitos sedimentares fluviais e apresentam principalmente areia, silte e minerais argilosos em menor proporção, indicando, portanto, forte presença de quartzo [6-8].

Para localização exata dos pontos, incluindo latitude e longitude, foi utilizado um GPS (MAP® 78s marca Garmin) na coleta das cem amostras distribuídas nas cinco formações geológicas citadas e nove municípios: Rio Verde de Mato Grosso do Sul, Coxim, Silvolândia, Sonora, Pedro Gomes, Alcinoópolis, Costa Rica, Rio Negro e Corguinho. A Fig. 1 mostra o mapa geológico da região norte de MS com área aproximada de 70.000 km<sup>2</sup> [9] e respectivas formações geológicas com os municípios onde os pontos de extração foram definidos.

No procedimento de extração das amostras de areias em cada ponto de amostragem, foi utilizada enxada e pá

para a limpeza superficial de aproximadamente 0,3 m do material de capa (horizonte O). Com o cavocate foi feita abertura inicial do solo com uma profundidade de 1,5 m. Em seguida foi utilizado o trado tipo caneco para perfuração e coleta das amostras a uma profundidade de 3 a 4 m, sendo retirados aproximadamente 3 kg de amostra de areia em cada ponto de extração. Para a perfuração em locais mais rígidos, como na formação geológica O3S1rv, foi utilizada a picareta e a alabanca. Todas as amostras de areia extraídas foram caracterizadas na forma bruta, sem qualquer tipo de beneficiamento.

As distribuições de tamanho de partículas foram determinadas por meio de peneiras circulares de laboratório, segundo NBR 7217 [10] e as composições químicas por fluorescência de raios X (FRX) em um equipamento Bruker S2 Ranger, com tubo de Pd e potência de 50 W. Para a caracterização mineralógica foram realizadas análises por difração de raios X (DRX) em um equipamento Philips X'pert, radiação CuK $\alpha$ , ângulo de varredura 2 $\theta$  (3-80°) com passo 0,02°. Também foram realizadas análises espectrofotométricas para determinação da cor (espectrofotômetro X-Rite SP62V). A viabilidade preliminar de aplicação industrial das areias para a produção de um vidro tipo sódio-cálcico foi mostrada com uma amostra de areia de quartzo representativa, e composições de vidros comerciais analisadas e adotadas como material de referência. A Tabela I mostra a composição química da areia selecionada, dos vidros comerciais e da composição calculada para a produção do vidro em laboratório. Além da areia selecionada (Q3S1rv), foram utilizados, para compor a carga de matérias-primas do vidro formulado e preparado,

Tabela I - Composição química da areia selecionada, de vidros comerciais transparentes (garrafa e janela) e do vidro produzido em laboratório. P.F.: Perda ao Fogo.

[Table I - Chemical composition of the selected sand, transparent commercial glasses (bottle and window) and glass sand produced in laboratory. P.F.: Loss on ignition.]

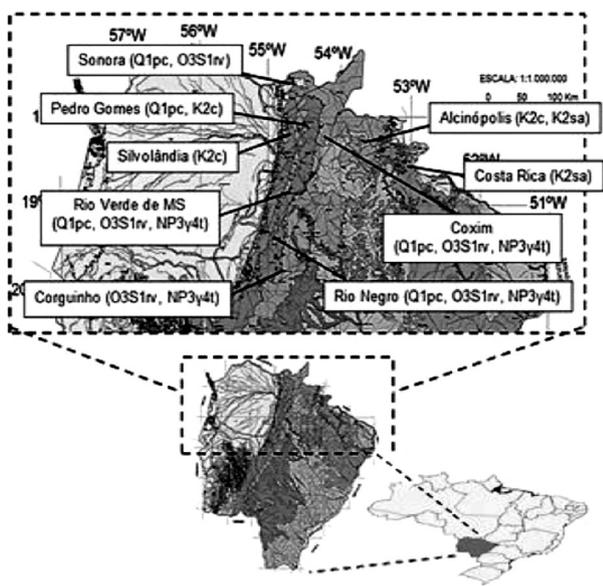


Figura 1: Mapa da localização das formações geológicas e dos municípios na região norte do Estado de Mato Grosso do Sul.

[Figure 1: Location map of the geological formations and cities in the northern region of Mato Grosso do Sul state, Brazil.]

Óxidos constituintes	Composição química (% massa)			
	Areia selecionada (O3S1rv)	Vidro comercial de garrafa	Vidro comercial de janela	Vidro produzido
SiO <sub>2</sub>	96,13	71,18	68,27	70,58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,48	2,17	2,04	2,55
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13	0,10	0,13	0,09
CaO		9,64	10,90	9,56
K <sub>2</sub> O	0,06	0,02	0,85	0,04
MgO			1,91	
Na <sub>2</sub> O		16,82	15,86	17,04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,02		0,01
TiO <sub>2</sub>	0,18	0,04	0,04	0,13

carbonato de sódio e de cálcio com elevada pureza (> 99%).

Para a produção de vidro em laboratório, as matérias-primas foram processadas em moinho excêntrico de porcelana durante 15 min. Posteriormente, foram fundidas em cadinho de platina (100 mL) em um forno tipo elevador (Jung CPM45) a 1550 °C com patamar de 2 h e taxa de aquecimento 10 °C/min. Após fusão, o líquido foi vazado em um molde de aço pré aquecido a 400 °C.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando-se a grande quantidade de amostras analisadas, a formação geológica e os municípios onde foram coletadas, os resultados das caracterizações físicas e químicas das areias foram agrupados em diagramas de caixa. O agrupamento das amostras quanto ao município de referência, considerando também a existência de areias com a mesma formação geológica em diferentes municípios, permitiu avaliar as características das areias por local específico de coleta.

As caixas no gráfico (Fig. 2), que classifica o tamanho médio de partícula pelas formações geológicas agrupadas por município de coleta, dividem o intervalo de distribuição desde o primeiro até o terceiro quartil, representando os 50% centrais dos valores da distribuição do tamanho de partículas. Já as linhas dos limites verticais das caixas representam os valores máximos e mínimos do tamanho de partículas, assim como a mediana é representada pela linha central. Os valores atípicos (“outliers”) são representados por asteriscos. A formação Q1pc (que abrange os municípios de Rio Verde de Mato Grosso do Sul, Coxim, Sonora, Rio Negro e Corguinho) apresentou maior tamanho médio de partícula, caracterizado pela recente formação geológica em

relação às demais, possivelmente pelo menor tempo de ação das correntes fluviais e aluviais.

As partículas com tamanhos maiores nas amostras coletadas nesses municípios são, em maioria, pertencentes à formação Q1pc. Esta formação é formada principalmente por depósitos coluvionares parcialmente laterizados, marcado pela presença de  $Fe_2O_3$  em sua composição (média de 1,1%). As formações K2c e K2sa apresentaram maior homogeneidade na distribuição de tamanhos, demonstrada pelas caixas com os 50% dos valores centrais.

As formações O3S1rv e NP3y4t também apresentaram valores atípicos (“outliers”) distante dos valores centrais, com uma variação da distribuição de tamanhos médios de partícula dos municípios com a formação geológica em questão. Esta característica da análise de distribuição do tamanho de partículas indica uma variação na composição mineralógica das amostras, possivelmente com presença, em maior concentração, de minerais de maior dureza, como feldspato e quartzo, originários de arenitos e granitos [11].

A Fig. 3 mostra os tamanhos médios de partícula das areias agrupados pelos municípios de referência. Observa-se que a maior parte dos tamanhos de partículas das areias, encontra-se basicamente na faixa de 200 a 500  $\mu m$ . Portanto, segundo a norma NBR 6502/93, podem-se classificar as areias em estudo como areias médias. As cidades de Sonora e Coxim apresentaram maior variação para o tamanho médio de partículas (de 260 a 490  $\mu m$  para os 50% dos valores centrais), com valores de distribuição de tamanho de partícula simétricos para Coxim e positivamente assimétricos para Sonora (mais próximos do limite superior).

As Figs. 4 e 5 mostram as quantidades de óxido de ferro nas composições das amostras de areia. A formação K2sa (Fig. 4), também parcialmente laterizada como a

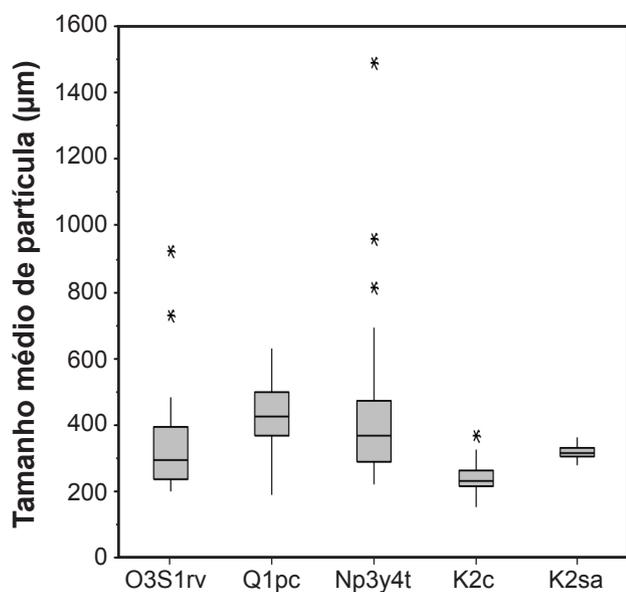


Figura 2: Tamanho médio de partícula das areias de quartzo agrupadas pela sua formação geológica.

[Figure 2: Average particle size of quartz sands grouped by geological formation.]

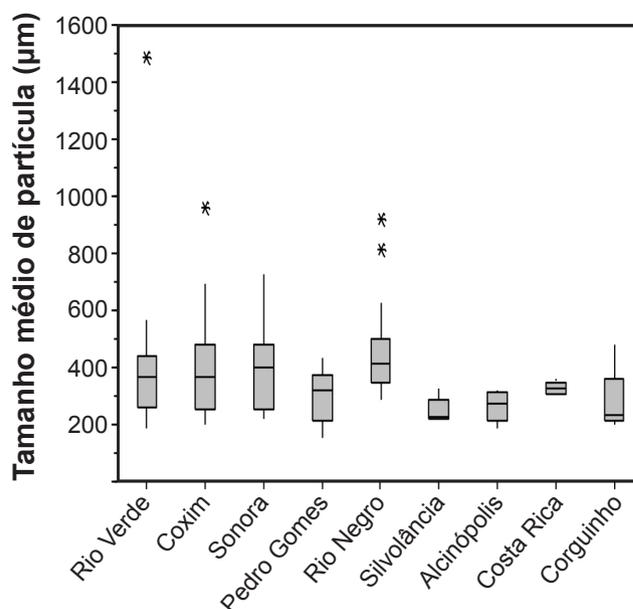


Figura 3: Tamanho médio de partícula das areias de quartzo agrupadas por município.

[Figure 3: Average particle size of the quartz sands grouped by municipality.]

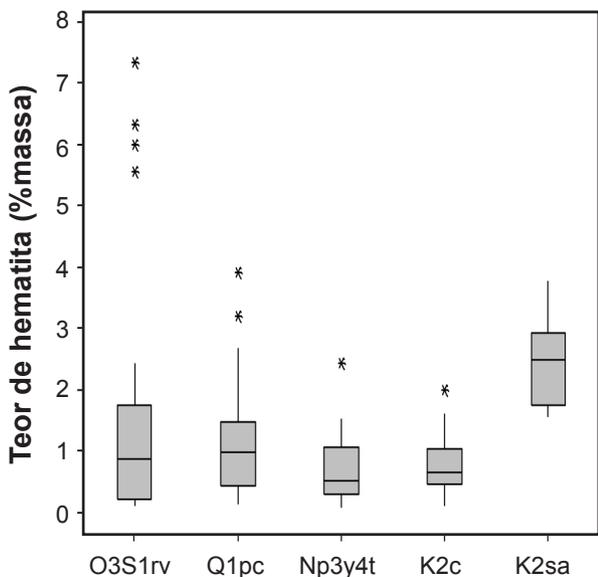


Figura 4: Percentual de hematita ( $Fe_2O_3$ ) nas amostras de areia de quartzo agrupadas pela formação geológica.  
 [Figure 4: Percentage of hematite ( $Fe_2O_3$ ) in samples of quartz sand grouped by geologic formation.]

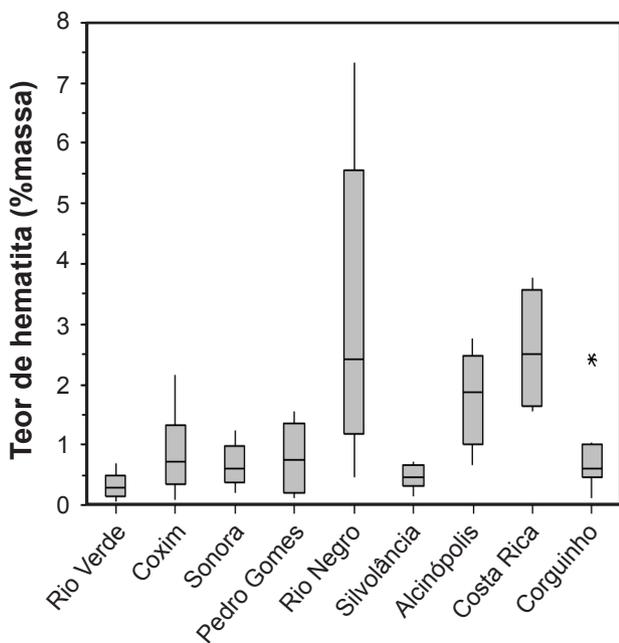


Figura 5: Percentual de hematita ( $Fe_2O_3$ ) nas amostras agrupadas por município.  
 [Figure 5: Percentage of hematite ( $Fe_2O_3$ ) in samples of quartz sand grouped by municipality.]

formação Q1pc, apresentou maiores concentrações de  $Fe_2O_3$  (média de 2,4%), assim como os municípios Alcinópolis e Costa Rica (Fig. 5). A localidade de Rio Negro, cujas formações geológicas presentes são Q1pc, O3S1rv e NP3y4t, apresentaram teores ainda maiores (média de 3% de  $Fe_2O_3$ ), com variações de 1,1 a 5,5% para os 50% centrais. Estes teores elevados de  $Fe_2O_3$ , apesar da formação K2sa não estar presente, podem ser explicados considerando-se que todos os outliers das formações Q1pc, O3S1rv e NP3y4t (7 amostras) fazem parte de um conjunto total de 15 amostras retiradas

desta localização, com destaque para as 4 amostras (outliers) presentes na formação O3S1rv com teor de  $Fe_2O_3 > 5\%$ .

Do total de amostras analisadas, 63% apresentaram teor de  $Fe_2O_3 \leq 1\%$  e 84% teor de  $Fe_2O_3 \leq 2\%$  (em massa). As formações com maior presença de minerais ferruginosos apresentam uma coloração marrom avermelhado. Teores maiores de  $Fe_2O_3$  resultam em areias com maior massa específica. Em muitos produtos cerâmicos a presença de óxido de ferro é baixíssima, principalmente quando se deseja transparência, como no caso de materiais vítreos, que apresentam teores abaixo de 0,1% em sua composição.

A Fig. 6 mostra os resultados da análise de espectrofotometria de algumas amostras das diferentes localidades. As amostras mais próximas da origem são as mais claras. À medida que os pontos deslocam-se para a coordenada cromática +a, tendem a cores marrom-avermelhadas, com tons mais escuros, mesclando com o amarelo da coordenada cromática +b. A Fig. 7 mostra os teores de  $Fe_2O_3$  das amostras analisadas (amostras indicadas na Fig. 6) colorimetricamente, evidenciando a influência deste óxido na coloração das amostras, principalmente nas mais escuras, como a 62, 89 e 84, referente às localidades de Rio Negro, Costa Rica e Alcinópolis.

As areias de Mato Grosso do Sul têm alta concentração de  $SiO_2$ , com 70% das amostras apresentando teores de sílica  $\geq 90\%$ , e 92% das amostras com teores de sílica  $\geq 85\%$ , como mostra a Fig. 8, agrupadas por município de referência.

As amostras com menor teor de  $SiO_2$ , em contrapartida, possuem uma tendência a possuir teores maiores de  $Al_2O_3$ , como mostra a Fig. 9, indicando maior presença de material argiloso, que possui tamanho médio de partícula bastante reduzido ( $< 2 \mu m$ ). Materiais argilosos são formados predominantemente por  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$ , e podem ou não conter  $Fe_2O_3$ . No entanto, os materiais argilosos são facilmente eliminados em processos de beneficiamento por

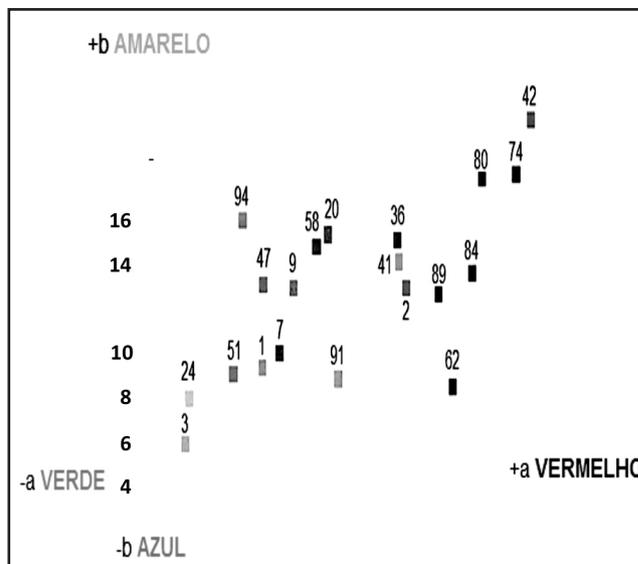


Figura 6: Coordenadas de cromaticidade a\*b\* de amostras de areia de diferentes municípios.  
 [Figure 6: Chromaticity coordinates a\*b\* of sand samples from different municipalities.]

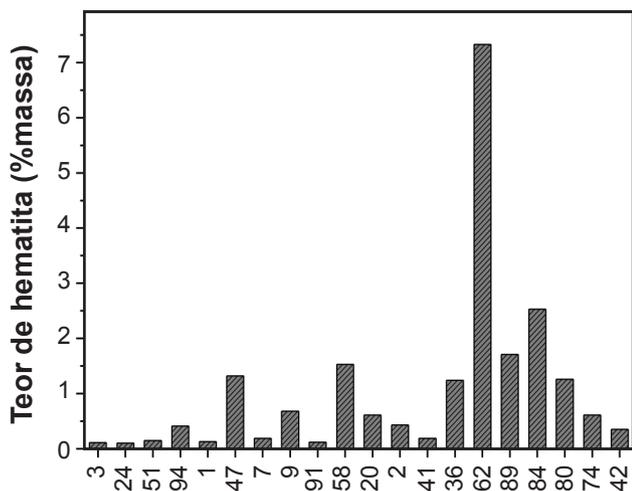


Figura 7: Percentual de hematita ( $Fe_2O_3$ ) de amostras de areia de diferentes municípios.

[Figure 7: Percentage of hematite ( $Fe_2O_3$ ) in samples of sand grouped by municipality.]

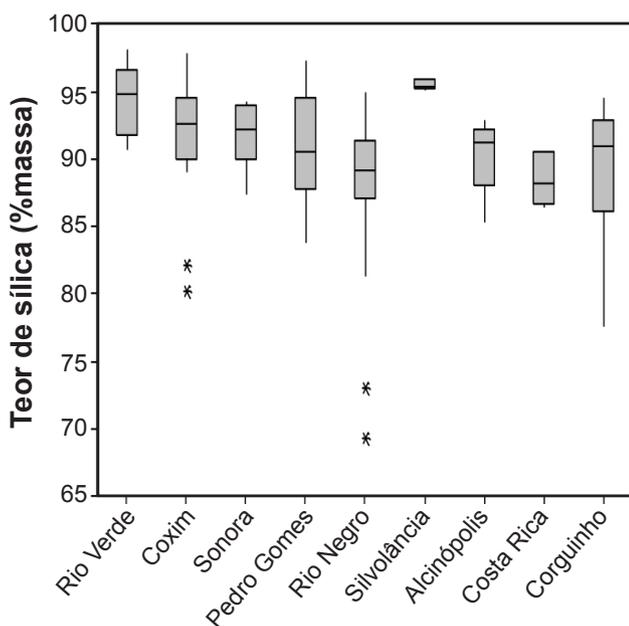


Figura 8: Percentual de sílica ( $SiO_2$ ) das amostras agrupadas por município.

[Figure 8: Percentage of silica ( $SiO_2$ ) of samples grouped by municipality.]

lavagem e peneiramento.

Do total de amostras analisadas, 42% apresentaram teor  $\geq 5\%$  de alumina ( $Al_2O_3$ ). O  $Al_2O_3$  geralmente atua como um óxido estabilizante (evita a cristalização), sendo utilizado em pequenas quantidades devido a sua alta refratariedade (ponto de fusão:  $\sim 2054$  °C). As localidades de Rio Verde e Silvolândia apresentaram as menores concentrações de  $Al_2O_3$ , com médias de 3,8 e 3,0%, respectivamente, indicando uma pequena quantidade de minerais argilosos e indiretamente também baixos teores de  $Fe_2O_3$ .

O  $SiO_2$  nas amostras de areia está principalmente na forma de quartzo e, em algumas amostras, na forma

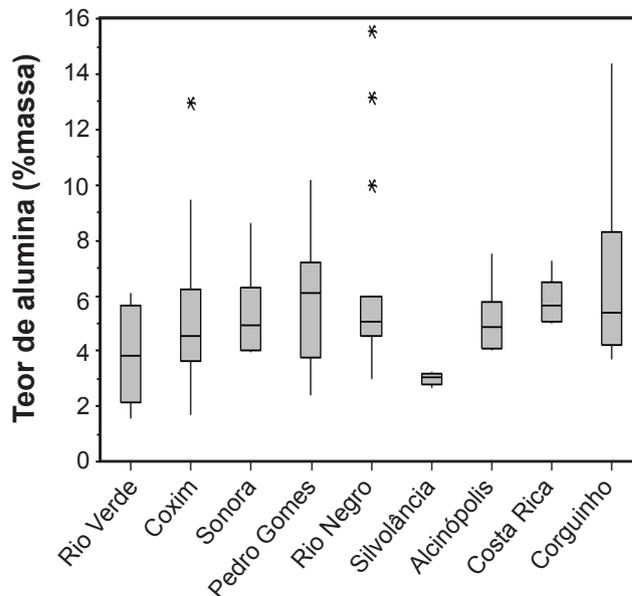


Figura 9: Percentual de alumina ( $Al_2O_3$ ) das amostras agrupadas por município.

[Figure 9: Percentage of alumina ( $Al_2O_3$ ) of samples grouped by municipality.]

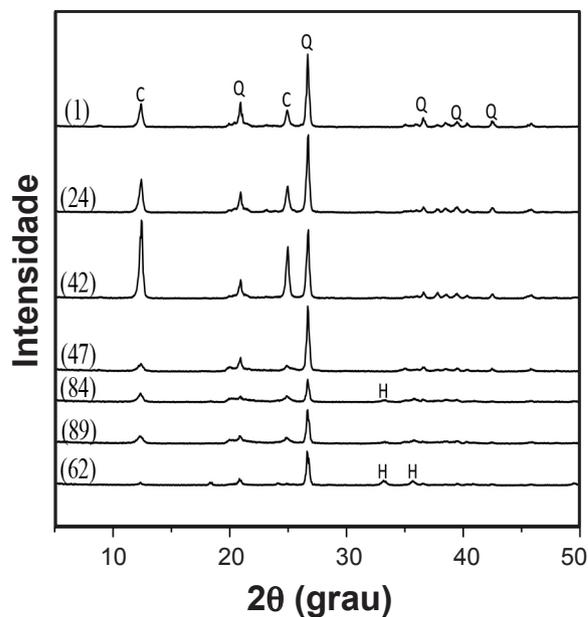


Figura 10: Difratoformas de raios X de algumas amostras de diferentes localidades. Q: Quartzo, C: Caulinita, H: Hematita.

[Figure 10: X-ray diffraction patterns of some samples from different locations. Q: Quartz, C: Kaolinite, H: Hematite.]

de alumino-silicatos (material argiloso), em pequenas quantidades, como a caulinita ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ). A Fig. 10 mostra os difratogramas de algumas amostras de areia, que, de modo geral, confirmam, através dos respectivos picos característicos, a presença de quartzo, da caulinita, bem como da hematita ( $Fe_2O_3$ ) em baixa intensidade referente à amostra 62 de Rio Negro, com 7,3% de óxido de ferro.

A Fig. 11 mostra um vidro com espessura de 6 mm, produzido laboratorialmente, a partir de uma amostra de

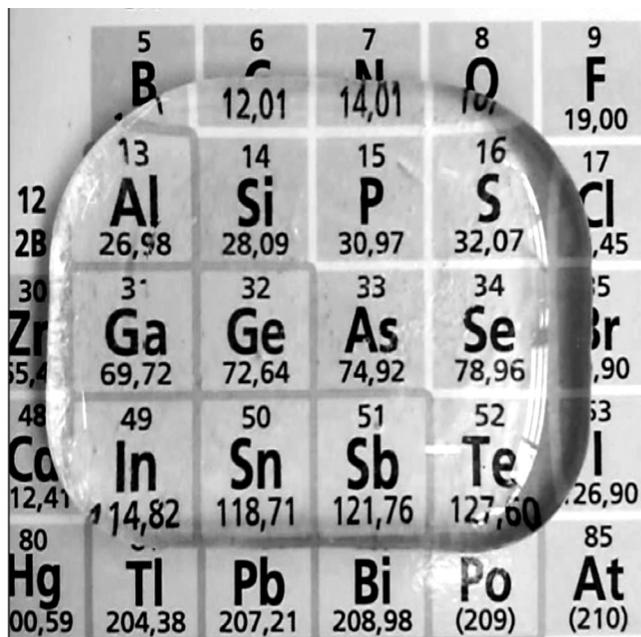


Figura 11: Vidro produzido em laboratório (sobre tabela periódica) a partir de uma amostra de areia de quartzo (amostra 1 de Rio Verde de Mato Grosso do Sul) com baixo teor de óxido de ferro (0,1%). [Figure 11: Glass produced in laboratory (on the periodic table) from a sample of quartz sand (sample 1 from Rio Verde de Mato Grosso do Sul) with low content of iron oxide (0.1%).]

areia (amostra 1 de Rio Verde de Mato Grosso do Sul). A amostra foi selecionada em função de suas características apresentadas, principalmente sua composição química e distribuição de tamanho de partícula [5-7], apresentando alto teor de  $\text{SiO}_2$  (teor de 96%) e baixo teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (teor de 0,1%) e tamanho médio de partícula de 245  $\mu\text{m}$ .

É possível observar a elevada transparência obtida com a composição formulada.

## CONCLUSÕES

As areias de quartzo localizadas na mesorregião centro-norte do estado de Mato Grosso do Sul têm potencial para serem utilizadas em diferentes aplicações industriais. A partir das análises de distribuição de tamanho de partícula, as areias foram classificadas como areias médias, segundo NBR 6502/95, com tamanho médio de partícula entre 150 e 500  $\mu\text{m}$ . Com teores elevados de  $\text{SiO}_2$  (92% das amostras com teor  $\geq 85\%$  de  $\text{SiO}_2$ ) em sua composição, também foram classificadas, quimicamente, como areias de quartzo, denominadas areias industriais, com destaque para as localidades de Rio Verde de Mato Grosso do Sul e Silvolândia as quais apresentaram areias com os maiores

teores de  $\text{SiO}_2$ . Quanto maior o teor de  $\text{SiO}_2$  na composição das areias, maior será sua pureza e, portanto, maior seu valor agregado. A partir dos resultados físicos e químicos, conclui-se que as areias de quartzo apresentam potencial para a fabricação de vidros planos e de vasilhames e também para fabricação de vidrados cerâmicos em diversos produtos, tais como sanitários, cerâmica branca, cerâmica de revestimento, isoladores elétricos, entre outros. As areias ainda apresentaram no estado de fornecimento (in natura), coloração variada, desde o branco até cores escuras avermelhadas, indicando a presença de óxido de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . A localidade de Rio Verde de Mato Grosso do Sul se destacou apresentando as areias com os menores teores de óxido de ferro.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os recursos financeiros fornecidos pelo CNPq para o desenvolvimento e execução deste trabalho de pesquisa, no âmbito do edital MCT/CT-Mineral/CNPq 44/2010 (Proc. 550283/2011-0).

## REFERÊNCIAS

- [1] A. B. Luz, F. F. Lins, CETEM (2008) 107, disponível em <http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2005-106-00.pdf>, acessado em 26/06/2014.
- [2] G. C. Ferreira, E. C. Daitx, Rev. Esc. Minas **56**, 1 (2003) 59.
- [3] E. Mason, S. K. Thompson, JCHAS **17** (2010) 6.
- [4] L. L. Davis, V. V. Tepordei, Bureau Mines **675** (1985) 15.
- [5] NBR 6502/93 (1995).
- [6] Ministério de Minas e Energia, CPRM, SIG, disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel\\_mato\\_grosso.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_mato_grosso.pdf)
- [7] L. A. Fernandes, A. M. Coimbra, Rev. Bras. Geo. **24**, 3 (1994) 164.
- [8] Serviço Geológico do Brasil - Mapa, (2006), disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa\\_mato\\_grosso\\_sul.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_mato_grosso_sul.pdf), acesso em 18/02/2014.
- [9] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - Área Territorial Oficial - Consulta por Unidade da Federação (2014), disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/principal.shtm>
- [10] NBR 7217 (1987).
- [11] M. J. Zdunczyk, M. A. Linkous, Min. Metall. Process. **2** (1994) 897. (Rec. 18/07/2014, Rev. 10/10/2014, Ac. 11/10/2014)