

## CARACTERIZAÇÃO DE AREIAS DE QUARTZO PARA APLICAÇÕES INDUSTRIAIS

M.T. Souza\*, 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, 88040-900 Florianópolis, SC, Brasil

\*e-mail: engmarcelosouza@hotmail.com

### RESUMO

*A mesorregião centro-norte do Estado de Mato Grosso do Sul (MS) oferece um grande potencial para o uso eficiente e sustentável de areias de quartzo, levando-se em conta sua ocorrência em depósitos sedimentares coluvionares e fluviais e também sua versatilidade em termos de abundância e propriedades minerais. Assim, 100 pontos de perfuração foram definidos e as amostras obtidas caracterizadas do ponto de vista de suas propriedades químicas, físicas e mineralógicas. Os resultados mostraram que as areias apresentaram teores relativamente elevados de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e baixos de óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), isto é, 70% das amostras contendo mais que 90% de  $\text{SiO}_2$  e 63% das amostras contendo menos que 1% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . As análises granulométricas revelaram um tamanho médio de partículas entre 150 e 500  $\mu\text{m}$  para 90% das amostras. Desta forma, a viabilidade de utilização das areias de quartzo analisadas, para a produção de vidros, é apresentada e discutida.*

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

### INTRODUÇÃO

A areia de quartzo ou areia industrial é uma substância natural, coesiva e não plástica, proveniente da desagregação de rochas, com granulometria variando entre 60 e 2000 $\mu\text{m}$  e um alto teor de sílica ( $\text{SiO}_2 > 90\%$ ), na forma de quartzo. 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.<sup>(1,2,3)</sup> As areias podem ser usadas na fabricação de variados 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 da metalúrgica.

As principais características de uma areia industrial, as quais definem a sua aplicação, é a granulometria (tamanho das partículas) e pureza (composição química). A norma NBR 6502/93 estabelece três classificações quanto ao tamanho das partículas: areia fina (partículas com tamanho entre 60 e 200  $\mu\text{m}$ ), areia média

(partículas entre 200 e 600 µm) e areia grossa (entre 600 e 2000 µm).<sup>(8)</sup> 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 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) são indesejadas devido a seus efeitos deletérios, principalmente no que se refere a desenvolvimento da cor.

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 demonstraram uma alta concentração de quartzo nas amostras das areias, o que permitiu a utilização destas para a produção de vidros.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Baseando-se no mapa geológico do estado de Mato Grosso do Sul, foram definidas as 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 siglas utilizadas e que nomeiam as regiões mais indicadas foram: Q1pc (Bacia do Pantanal), K2c (Grupo Caiuá Indiviso), K2sa (Formação Santo Anastácio), O3S1rv (Grupo Rio Ivaí) e NP3y4t (Suíte São Vicente).

As siglas relacionadas às 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.<sup>(4,5,6)</sup>

Para localização exata dos pontos, incluindo latitude e longitude, foi utilizado um GPS (MAP® 78s marca Garmin). Foi retirado um total de 100 amostras distribuídas nas cinco formações geológicas citadas, localizadas em nove municípios: Rio Verde de Mato Grosso do Sul, Coxim, Silvolândia, Sonora, Pedro Gomes, Alcinópolis, Costa Rica, Rio Negro e Corguinho. A amostragem realizada na região norte do estado de Mato Grosso do Sul abrange uma área aproximada de 70.000 km<sup>2</sup>. A Figura 1 mostra um mapa referente às formações geológicas e os respectivos municípios onde os pontos de extração foram definidos.

Para realização da extração das amostras de areias foram utilizados instrumentos de escavação, como: pá, picareta, trado tipo caneco manual para areia de até 2" de diâmetro e 4 hastes de 1 m cada, alabanca, cavocate e enxada. Em cada ponto de extração, utilizando enxada e pá, foi realizada uma limpeza superficial de aproximadamente 0,3 m para retirada do material de capa (horizonte O). Com o cavocate foi feita a 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 retirado 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.

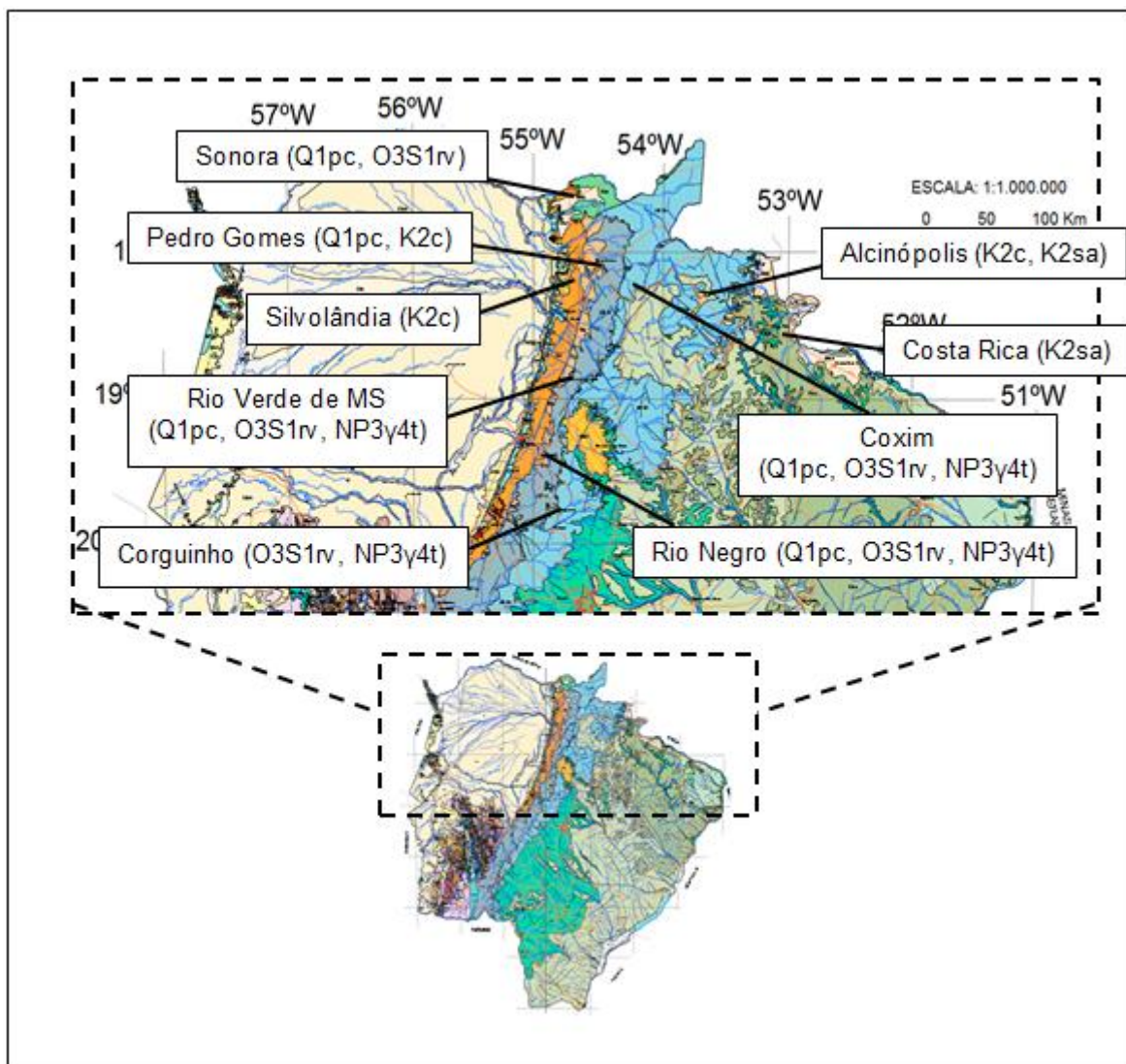


Figura 1. Mapa da localização das formações geológicas e dos municípios no região norte do Estado de Mato Grosso do Sul.

As distribuições granulométricas foram determinadas por meio de peneiras circulares de laboratório, segundo NBR 7217<sup>(7)</sup> e as composições químicas por fluorescência de raios X (FRX) em um equipamento Bruker, modelo S2 Ranger, com tubo de paládio e potência de 50 W. Para a caracterização mineralógica foram realizadas análises por difração de raios X (DRX) em um equipamento Philips, modelo X'pert, radiação CuK $\alpha$ , ângulo de varredura 2 $\theta$  (3 - 80°) com passo de 0,02°. Também foram realizadas espectrofotometrias para determinação da cor (espectrofotômetro portátil X-Rite, modelo SP62V). A viabilidade de aplicação industrial das areias, de modo preliminar, foi demonstrada utilizando-se uma amostra de areia de quartzo representativa da formação geológica O3S1rv, para produção de um vidro tipo sódio-cálcico. Essa tipologia de vidro é muito utilizada na fabricação de vidros planos e de vasilhames. Vidros comerciais também foram analisados e adotados como material de referência para produção deste vidro em laboratório. A Tabela 1 mostra a composição química da areia selecionada, dos vidros comerciais e da composição calculada para a produção do vidro de laboratório. Para além da areia selecionada (Q3S1rv), foram utilizados carbonato de sódio e de cálcio com elevada pureza (>99%).

Tabela 1. Composição química da areia selecionada, de vidros comerciais transparentes (garrafa e janela) e de vidro de laboratório produzido. P.F.: Perda ao Fogo.

Óxidos constituintes	Composição química (% massa)			
	Materiais preparados ou analisados			
	Areia selecionada (O3S1rv)	Vidro comercial de garrafa	Vidro comercial de janela	Vidro produzido
SiO <sub>2</sub>	96,25	70,57	67,59	70,26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,48	2,15	2,02	2,54
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13	0,10	0,13	0,09
CaO	-	9,56	10,79	9,52
K <sub>2</sub> O	0,06	0,02	0,84	0,04
MgO	-	-	1,89	-
Na <sub>2</sub> O	-	16,68	15,70	16,96
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
P.F.	0,79	0,33	0,57	0,55

Para a produção de vidro em laboratório, as matérias-primas foram misturadas em moinho gira jarros de porcelana durante 15 minutos, posteriormente, fundidas em cadinho de platina em um forno elevador de laboratório (Jung, modelo CPM45) a 1550°C com patamar de 2 h e taxa de aquecimento de 10 °C/min. Após fusão, o líquido foi vazado em um molde de aço preaquecido a 400°C.

## RESULTADOS

Considerando-se a grande quantidade de amostras analisadas, os resultados das caracterizações físicas e químicas das areias foram agrupados em diagramas de caixa considerando-se a formação geológica e município onde foram coletadas. 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, sem perder a referência característica da sua formação geológica.

As caixas no gráfico (Figura 2), que classifica o tamanho médio de partícula pelas formações geológicas agrupadas por cidade coletada, 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 linha central representa a mediana. Os asteriscos representam os valores atípicos ("outliers"). 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 possivelmente pela recente formação geológica em relação às demais, apresentando, portanto, 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, demonstrado 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.

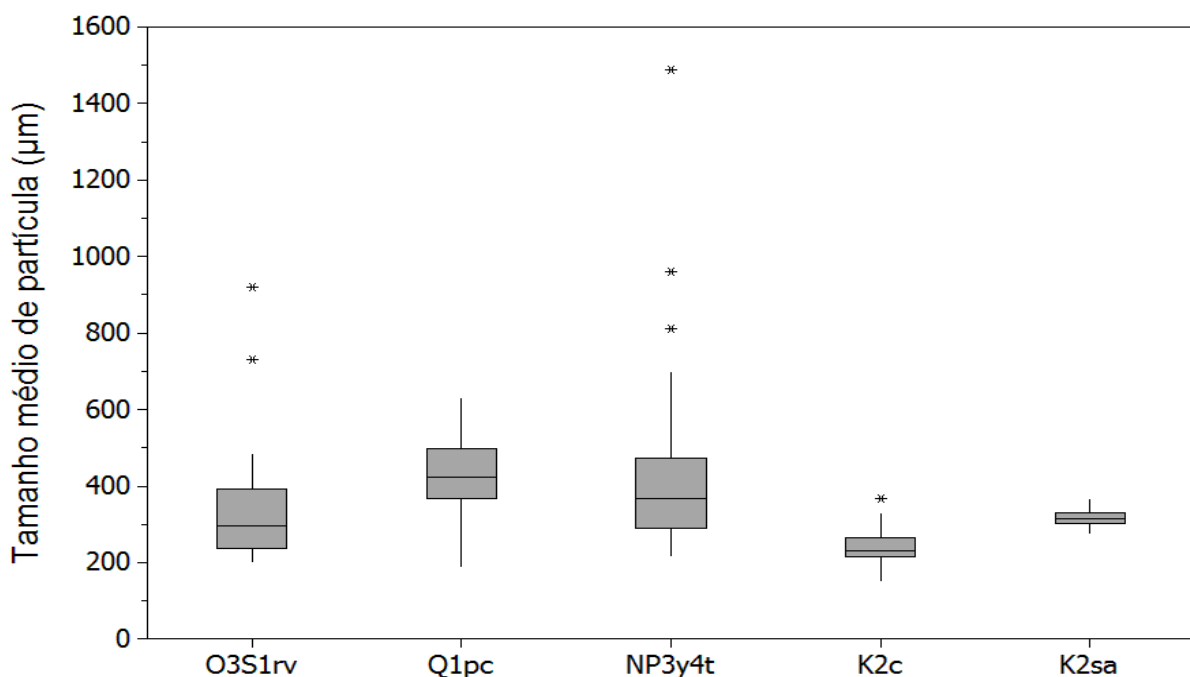


Figura 2. Tamanho médio de partícula das areias de quartzo agrupadas pela sua formação geológica.

A Figura 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, pode-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 simétrico para Coxim e positivamente assimétrico para Sonora (mais próximo do limite superior).

Para fabricação de vidros planos e de vasilhames, por exemplo, podem-se utilizar tamanhos de partícula próximos de 1000  $\mu m$ , já que partículas maiores normalmente resultam em porções de material não fundido, originando defeitos.<sup>(9)</sup>

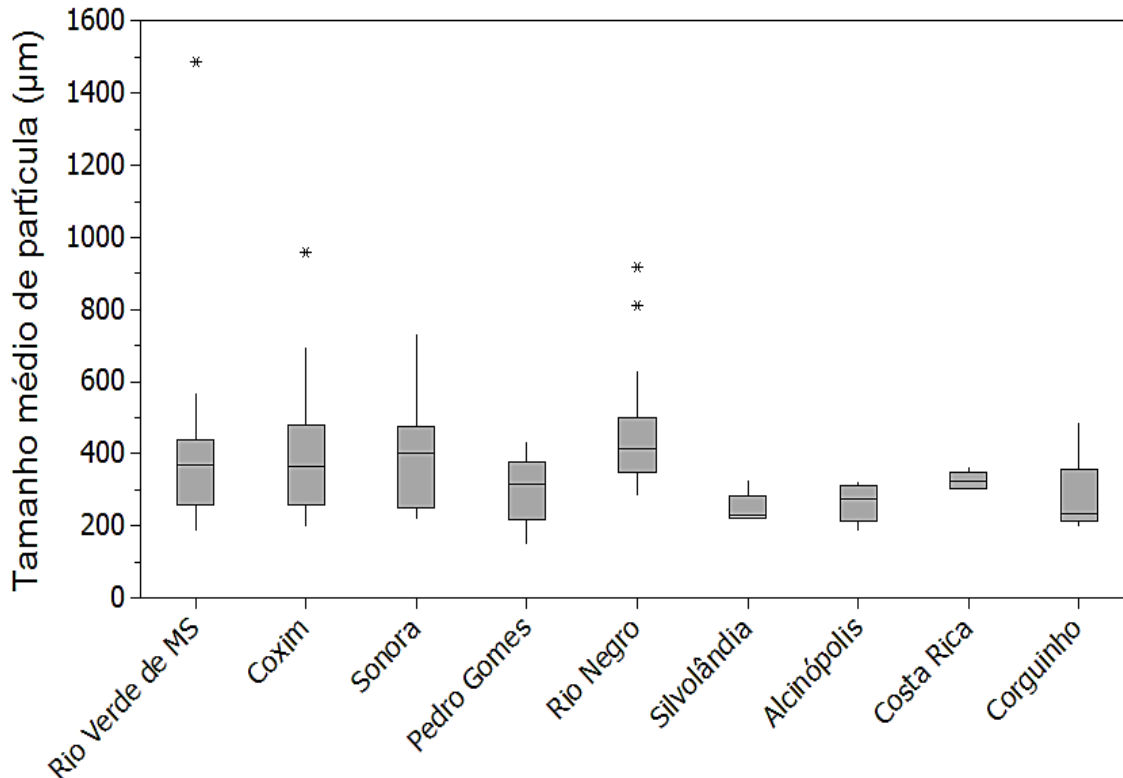


Figura 3. Tamanho médio de partícula das areias de quartzo agrupadas por município.

As Figuras 4 e 5 mostram as quantidades de óxido de ferro nas composições das amostras de areia, agrupadas pelas suas formações geológicas e pelos municípios de referência, respectivamente. A formação K2sa (Figura 4), também parcialmente laterizada como a formação Q1pc, apresentou maiores concentrações de  $Fe_2O_3$  (média de 2,4%), assim como os municípios Alcínioópolis e Costa Rica (Figura 5). A localidade de Rio Negro, cujas formações geológicas presentes são Q1pc, O3S1rv e NP3γ4t, 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 NP3γ4t (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. 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.

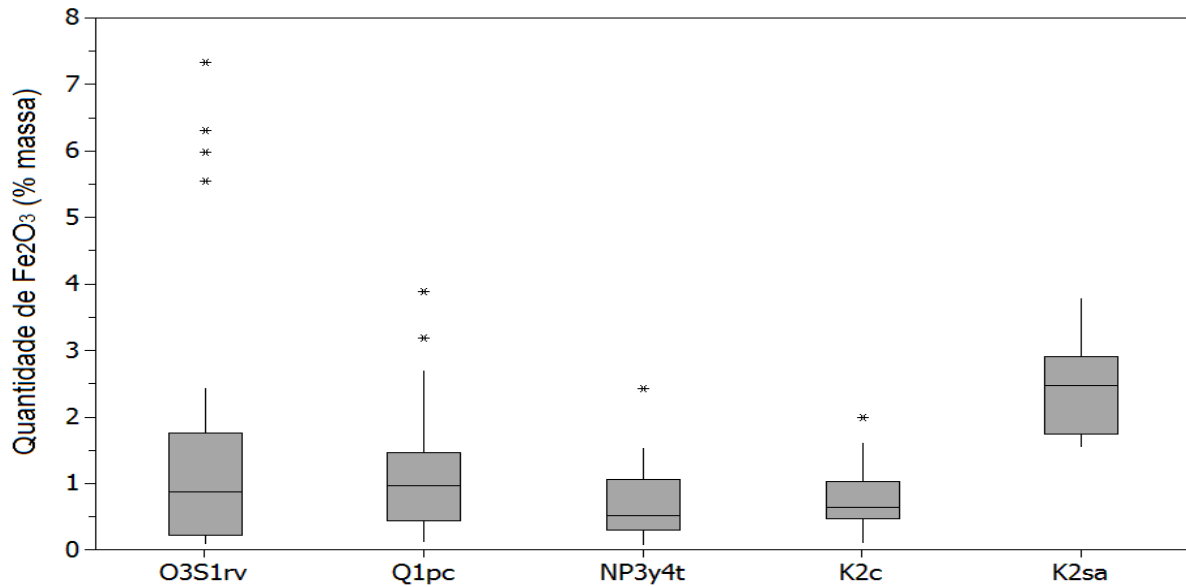


Figura 4. Percentual de hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) nas amostras de areia de quartzo agrupadas pela formação geológica.

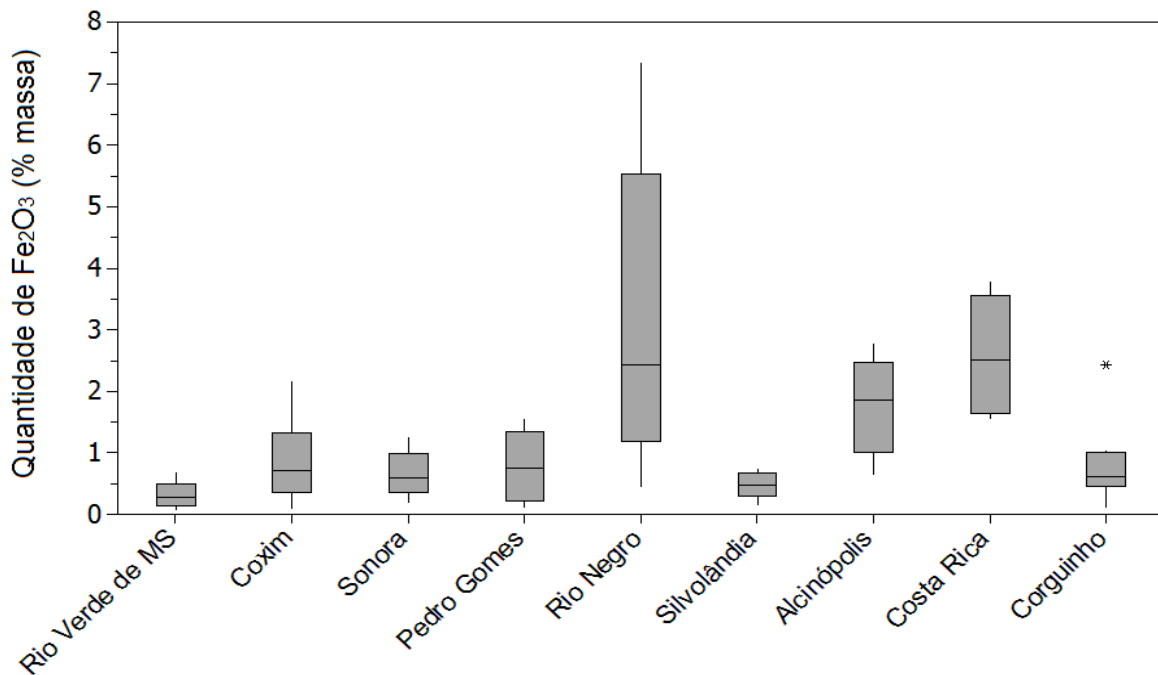


Figura 5. Percentual em massa de hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) nas amostras agrupadas por município.

A Figura 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, mesclando com o amarelo da coordenada cromática +b. A Figura 7 mostra os teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  das amostras analisadas (amostras indicadas na Figura 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 Alcinoópolis, também em destaque na Figura 5.

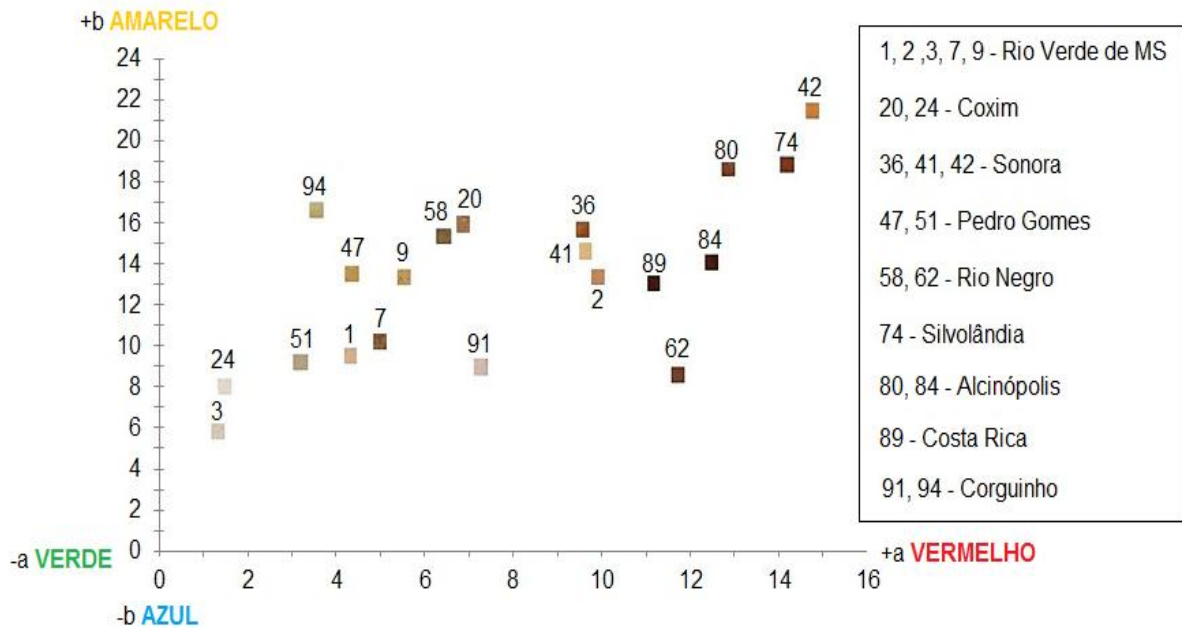


Figura 6. Coordenadas de cromaticidade a\*b\* de amostras de areia de diferentes municípios.

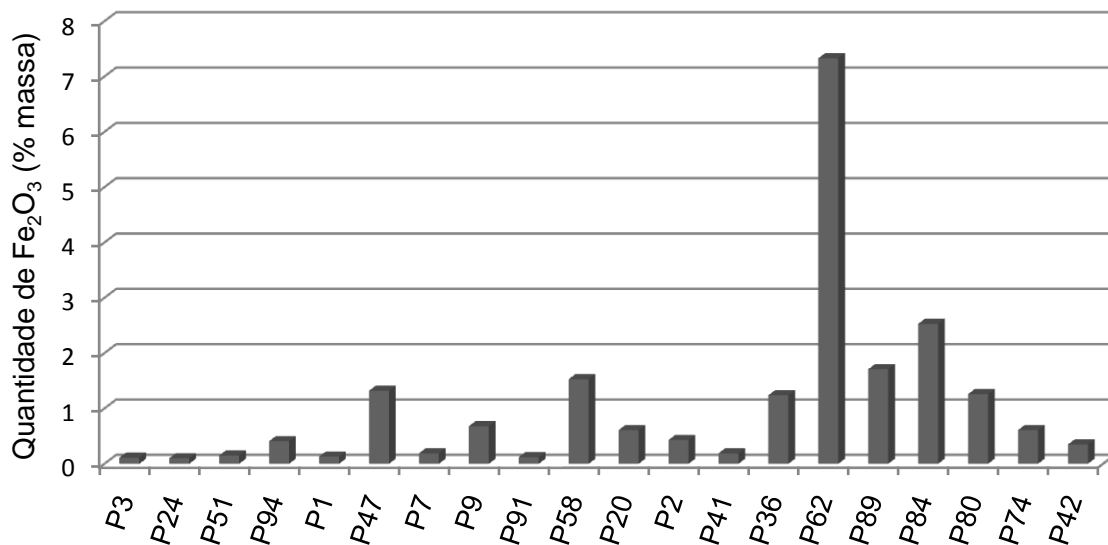


Figura 7. Quantidade de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de amostras de diferentes municípios (vale legenda da Figura 6).

Quanto maior o teor de SiO<sub>2</sub> presente na composição das areias, maior será sua pureza e, portanto, maior seu valor agregado. As areias de Mato Grosso do Sul têm alta concentração de SiO<sub>2</sub>, com 70% das amostras apresentando teores de sílica ≥90%, e 92% das amostras com teores de sílica ≥85%, como mostra a Figura 8, agrupadas por município de referência. Todas as areias estudadas foram classificadas como areias de quartzo, ou areias industriais, destacando-se as localidades de Rio Verde de Mato Grosso do Sul e Silvolândia as quais apresentam possuem areias com os maiores teores de SiO<sub>2</sub>.



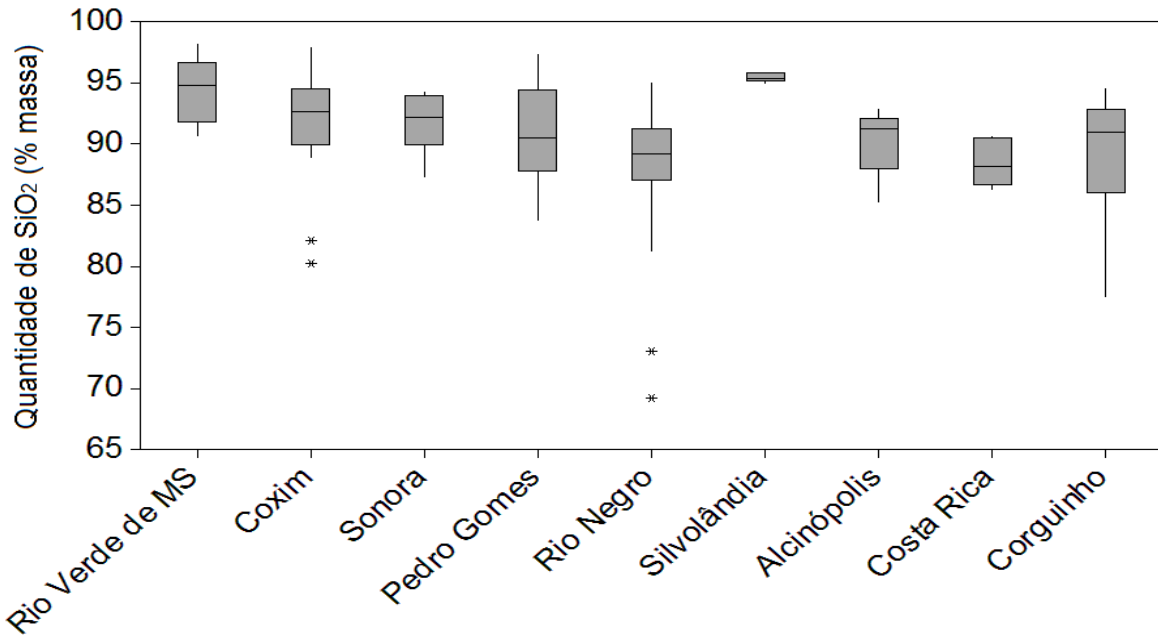


Figura 82. Percentual em massa de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) das amostras agrupadas por cidade.

As amostras com menor teor de  $\text{SiO}_2$ , em contrapartida, possuem uma tendência a possuir teores maiores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , como mostra a Figura 9, indicando maior presença de material argiloso, que possui tamanho médio de partícula bastante reduzido ( $< 2 \mu\text{m}$ ). Materiais argilosos são formados predominantemente por  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , e podem ou não conter  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . No entanto, os materiais argilosos são facilmente eliminados em processos de beneficiamento por lavagem e peneiramento.

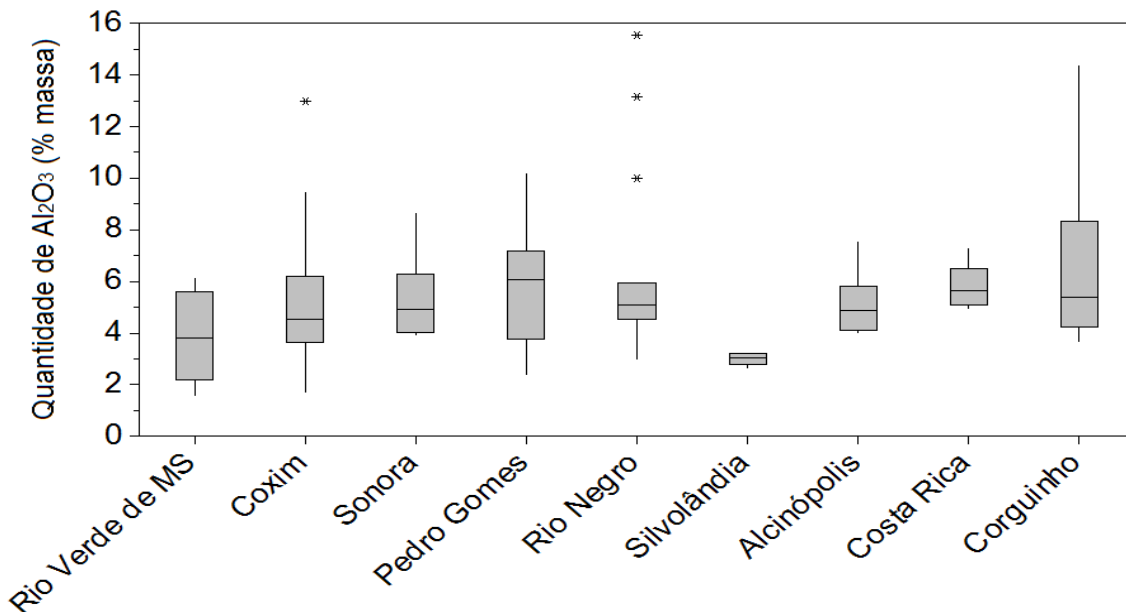


Figura 93. Percentual em massa de alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) das amostras agrupadas por cidade.

A alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) é mais refratária (ponto de fusão:  $\sim 2054^\circ\text{C}$ ) que o  $\text{SiO}_2$  (ponto de fusão:  $\sim 1713^\circ\text{C}$ ), podendo, portanto, originar fases cristalinas durante o processo

de fabricação de vidros. Do total de amostras analisadas, 42% apresentaram teor  $\geq 5\%$  de  $Al_2O_3$ . 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 baixo teores de  $Fe_2O_3$ .

O  $SiO_2$  presente nas amostras de areia está principalmente na forma de quartzo e, em algumas amostras, na forma de aluminosilicatos (material argiloso), em pequenas quantidades, como a caulinita ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ). A Figura 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.

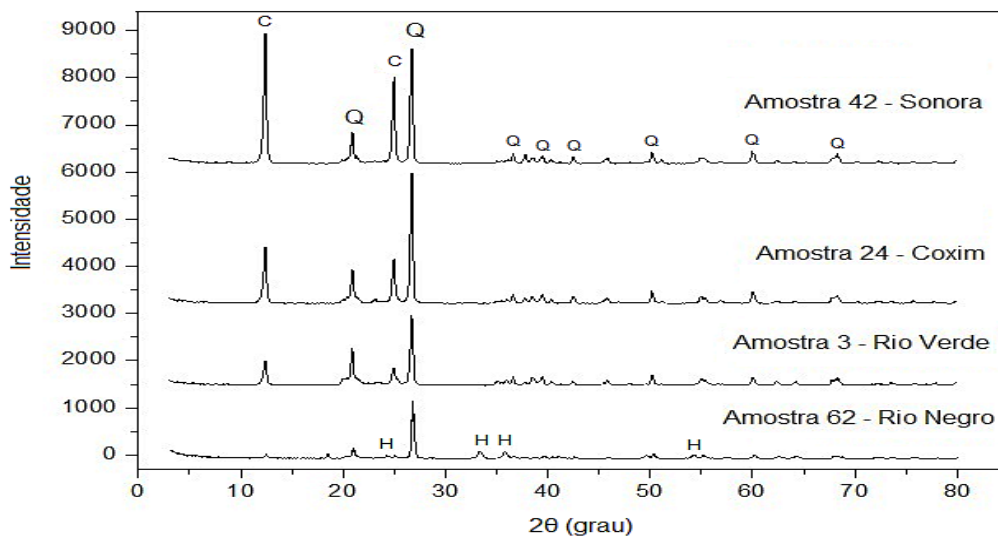


Figura 40. Difratogramas de raios X de algumas amostras de diferentes localidades. Q: Quartzo, C: Caulinita, H: Hematita.

A Figura 11 mostra um vidro com espessura de 6 mm fabricado laboratorialmente a partir da utilização de uma amostra de areia selecionada (no estado de fornecimento) com maior grau de pureza. É possível observar a elevada transparência obtida com a composição formulada.

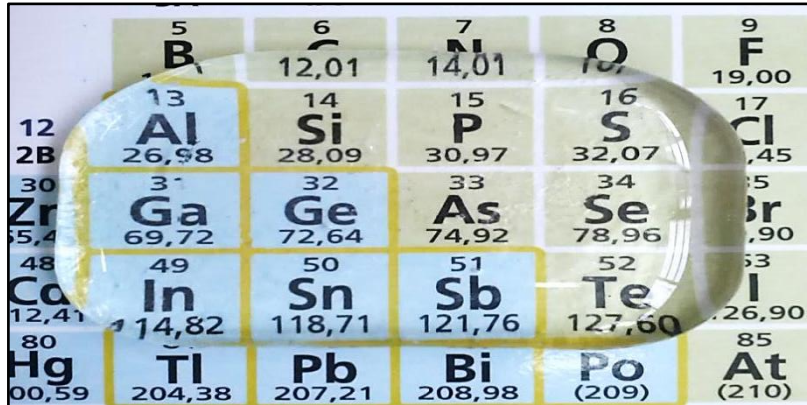


Figura 51. Vidro produzido em laboratório (sobre tabela periódica) a partir de uma amostra de areia de quartzo (amostra 1 de Rio Verde de Mato Grosso do Sul) com baixo teor de óxido de ferro (0,1%).

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostraram que 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 granulométricas, 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. A partir dos resultados físicos e químicos, conclui-se que as areias de quartzo apresentam potencial especificamente 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 estudo, no âmbito do edital MCT/CT-Mineral/CNPq Nº 44/2010.

## REFERÊNCIAS

- (1) LUZ, A.B; LINS, F.F. Areia Industrial. Centro de Tecnologia Mineral-CETEM. Rio de Janeiro. Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações, cap. 5, p.103-123. 2008.
- (2) FERREIRA, G.C.; DAITX, E.C. A mineração de areia industrial na Região Sul do Brasil. REM. R. Esc. Minas, Ouro Preto, v.56, n.1, p.59-65, 2003
- (3) MASON, E.; THOMPSON, S.K. A brief overview of crystalline silica. Journal of Chemical Health & Safety. 2010.
- (4) MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Geologia e recursos minerais do Estado de Mato Grosso do Sul. Sistema de Informações Geográficas – SIG. Mapas geológicos estaduais. 2004.
- (5) FERNANDES, L.A.; COIMBRA, A.M. O Grupo Caiuá (Ks): Revisão estratigráfica e contexto deposicional. Revista Brasileira de Geociências, v. 24, n. 3, p. 164-176. 1994.
- (6) SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Mapa geológico do Estado de Mato Grosso do Sul. 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.
- (7) NBR 6502/93: Rochas e solos. Rio de Janeiro. 1995.
- (8) MENDONÇA, C.F.A.; Arantes, V.L.; Ortega, F.S.; Albers, A.P.F. Influência da Granulometria da Areia na Fusibilidade do Sistema SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O-CaO. São Paulo. Revista Univap, vol. 13, n. 24, p.364-367. 2006.
- (9) NBR 7217: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

## CHARACTERIZATION OF QUARTZ SANDS FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS

### ABSTRACT

The north-central region of the State of Mato Grosso do Sul 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 (SiO<sub>2</sub>) and low iron oxide (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), that is, 70% of samples containing more than 90% SiO<sub>2</sub> and 63% of samples containing less than 1% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Particle size analysis revealed an average particle size between 150 and 500 µm 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.