



CARACTERIZAÇÃO DE OCORRÊNCIA DE AREIA NO MUNICÍPIO DE CEARÁ-MIRIM/RN

COSTA, S.R. L¹ LEITE, J.Y.P.², MEIRA, L. D. A. S³,

^{1,2}Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), Laboratório de Tecnologia Mineral.

³Instituto Federal do Amapá (IFPA)

sarahlourencorc@gmail.com, jypleite@gmail.com – *in memoriam*, lidia.meira@ifap.edu.br

RESUMO

A areia é um termo designado para um recurso mineral que tem como predominância o mineral quartzo (SiO_2), podendo conter minerais pesados como ilmenita, monazita, magnetita, zirconita, entre outros. Devido a grande presença de quartzo em sua composição, a indústria metalúrgica faz uso do mineral para obter Silício de Grau Solar (SiGS) e Silício de Grau Metalúrgico (SiGM), dependendo de seu grau de pureza. Com o objetivo de caracterizar amostras de areia do município de Ceará-Mirim/RN, divididas em amostra vermelha, branca e bege, foram feitos ensaios de preparação de amostras, análise granulométrica, separação por meio denso com as três amostras, no entanto, a identificação mineralógica, caracterização química feita por fluorescência de raios – X e ensaios no Concentrador Espiral de Humphreys foram feitos apenas com a amostra bege, já que a mesma apresentou um maior percentual de minerais pesados em sua composição, tendo 2% de minerais pesados. Este trabalho apresenta uma rota de beneficiamento tanto para os minerais pesados quanto para o quartzo.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização, Areia, Ceará-Mirim, Minerais Pesados, Quartzo.

ABSTRACT

Sand is a term designated for a mineral resource that is predominantly quartz (SiO_2), and may contain heavy minerals such as ilmenite, monazite, magnetite, zirconite, among others. Due to the large presence of quartz in its composition, the metallurgical industry makes use of the mineral to obtain Solar Grade Silicon (SiGS) and Metallurgical Grade Silicon (SiGM), depending on its degree of purity. In order to characterize sand samples from the municipality of Ceará-Mirim/RN, divided into red, white and beige samples, sample preparation tests, particle size analysis, dense separation with the three samples were made, however, the Mineralogical identification, chemical characterization by X - ray fluorescence and Humphreys Spiral Concentrator assays were done only with the beige sample, since it presented a higher percentage of heavy minerals in its composition, having 2% of heavy minerals. This work presents a beneficiation route for both heavy minerals and quartz.

KEYWORDS: Characterization, Sand, Ceará-Mirim, Heavy Minerals, Quartz.

1. INTRODUÇÃO

O termo areia, quando usado para identificar um tipo de recurso mineral, designa um material granular, com tamanho em um intervalo definido (de 2 a 0,06 mm), de composição silicática, com predominância do mineral quartzo (Recuero, 2016), podendo conter minerais pesados em sua composição, como ilmenita, magnetita, zircão, monazita, entre outros. A areia é mais utilizada na área de construção civil, mas, devido a sua composição ter um elevado percentual de quartzo, este mineral pode ser empregado na indústria metalúrgica. A produção de areia, no ano de 2015, foi de 89,4 milhões de toneladas, nas quais as regiões sul e sudeste são as principais produtoras e contêm as principais empresas (Recuero, 2016).

O quartzo, é um dos minerais mais abundantes da crosta terrestre, é encontrado em praticamente todas as rochas, solos, areias e barros. O Brasil possui grandes reservas de quartzo (cristal de rocha), especialmente nos estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia (Mori, Santos, Sobral, 2007). A principal matéria-prima básica para obtenção do Silício de Grau Solar (SiGS) é o quartzo, que por meio de uma reação carbotérmica se obtém o silício grau metalúrgico (SiGM), este produto possui um teor de Si entre 98,70 e 99,50% (Soares, Sampaio, Silva, Amado, 2012). A pureza alcançada pelo SiGM produzido no Brasil (chegando até 99,5%) deve-se ao alto grau de pureza das matérias-primas utilizadas, entretanto, apesar de farta matéria-prima e fontes renováveis de energia, o Brasil exporta a maior parte da produção de SiGM (Guzzo, 2008). A Tabela 1, mostra alguns métodos de purificação de SiGM e uso do material purificado.

Tabela 1. Alguns métodos de purificação e uso do SGM. Fonte: Guzzo (2008).

Rota de Processamento	Nível de pureza	Aplicação
Lixiviação ácida seguida por fusão por feixe de elétrons ou por solidificação unidirecional.	Pureza intermediária: < 0,5% (peso) de impurezas	Indústrias químicas (silicone) e cerâmicas
Lixiviação ácida seguida de fusão na presença de Cl ₂ , O ₂ e/ou H ₂ ou solidificação unidirecional.	Alta pureza: < 50 ppm em impurezas metálicas	Células solares e sílica vítrea
Lixiviação ácida seguida de reação com HCl e posterior decomposição térmica de SiCl ₄ (ou SiHCl ₃).	Ultra pureza: < 1 ppb em impurezas metálicas	Silício monocristalino para semicondutores e sílica vítrea para fibras ópticas

Assim, o objetivo geral do trabalho foi o de caracterizar amostras de areia da região de Ceará Mirim – RN, por cores diferenciadas e cada uma contendo características diferentes, em busca de uma rota de beneficiamento para minerais pesados e para o quartzo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 450 kg de amostras no município de Ceará-Mirim, RN, classificadas nas cores vermelha, bege e branca.

A etapa de preparação das amostras contou com homogeneização e quarteamento para a retirada de alíquotas de 1,0 kg. Realizou-se ensaio de análise granulométrica a úmido com um conjunto de peneiras, da série Tyler, com abertura de 9, 14, 20, 28, 35, 48, 65, 80, 100, 150 e 200#. Foram feitos ensaios de densidade real, densidade aparente e ângulo de repouso, logo após foram retiradas alíquotas de 5 g de cada amostra para ensaio de separação por meio denso utilizando Bromofórmio, com densidade entre 2,69-2,71 g/cm³, fabricado pela Labsynth Ltda. Foram retiradas alíquotas de 7 g de flutuado e afundado, obtidas no ensaio de separação por meio denso, para uma análise química e mineralógica.

As análises química e mineralógica do afundado e flutuado foram enviadas para o Centro de Tecnologia Mineral – CETEM.

O Concentrador Espiral de Humphreys foi utilizado para ter conhecimento de quais frequências e percentuais de sólido a amostra obteve um melhor aproveitamento, verificou-se também a espessura das zonas de concentrado da amostra bege. Para definir qual o valor da massa do sólido utilizada no concentrador, foram utilizadas três variáveis de processo: densidade de polpa, massa de polpa e massa de sólido. Os percentuais de sólido usados durante os ensaios de processo com espiral concentrador foram de 10%, 20% e 25% de sólido na polpa.

O fluxo de massa no Concentrador Espiral foi controlado com o inversor de frequência o qual controlava a vazão de polpa e a frequência do motor da bomba que alimenta a espiral. Os ensaios foram utilizados frequências de 60, 55, 50 e 40 Hz para os 10%, 20% e 25% de sólidos.

Os procedimentos são descritos pelo fluxograma apresentado na Figura 1.

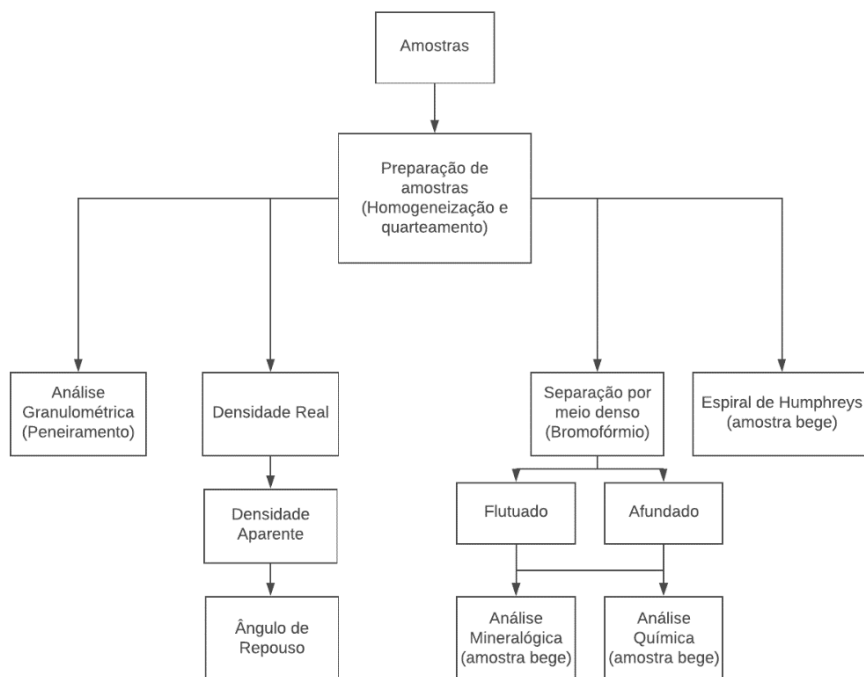


Figura 1. Fluxograma de caracterização das amostras de areia, enfatizando a amostra bege.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os ensaios de análise granulométrica, Figura 2, observa-se que a amostra vermelha apresenta um quantitativo considerável de argilominerais, por apresentar um percentual em torno de 9% na malha abaixo de 74 μm . Já as amostras branca e bege, percebe-se que o percentual retido na malha de 74 μm apresenta um percentual insignificante, 0,21% e 0,48%, respectivamente, comparado ao percentual da amostra vermelha. Segundo a NBR 7211/83, as três amostras foram classificadas como areia fina (entre 0,06 mm e 0,2 mm).

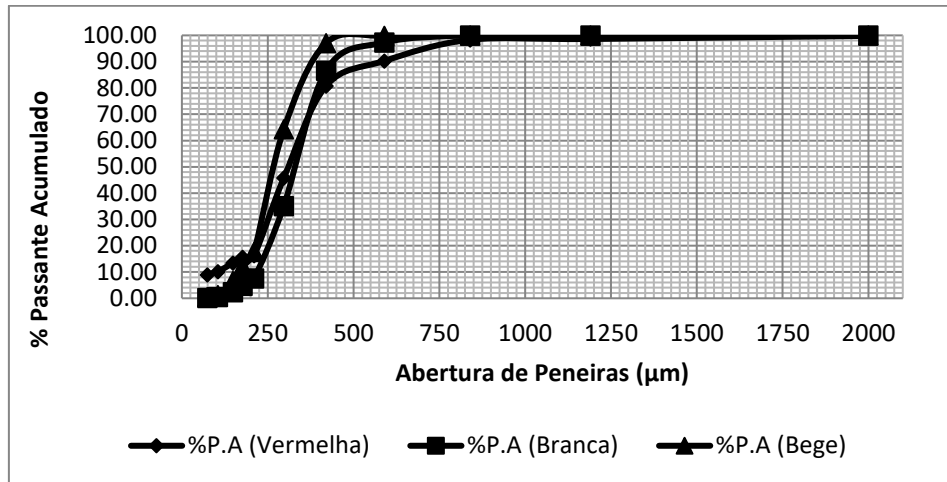


Figura 2. Análise granulométrica das amostras.

As densidades das amostras, determinadas por picnometria e proveta, além do ângulo de repouso e do resultado da separação por meio denso utilizando bromofórmio, são representadas na Tabela 2.

Tabela 2. Densidades das amostras, ângulo de repouso e percentual de minerais densos.

Amostra	Densidade real (g/cm^3)	Densidade aparente (g/cm^3)	Ângulo de repouso	%Minerais densos
Vermelha	2,56	1,6	31,53	0,6
Branca	2,7	1,65	31,62	1,0
Bege	2,74	1,42	30,85	2,0

Os dados de densidade real assemelham-se aos do quartzo, que foi descrito por Dana (1969) como $2,65 \text{ g}/\text{cm}^3$.

Nos resultados da separação por meio denso, a amostra bege foi a que apresentou maiores indícios de minerais pesados em sua composição.

Na análise mineralógica da amostra bege, Figura 3, o afundado, amostra 1, apresenta picos característicos dos minerais Ilmenita ($\text{Fe}^{2+}\text{TiO}_3$), Quartzo (SiO_2) e Hornblenda ($(\text{Na},\text{K})_{0-1}\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe}^{2+},\text{Fe}^{3+},\text{Al},\text{Ti})_5(\text{Si}_6\text{Al}_2)_8\text{O}_{22}(\text{OH},\text{O})_2$). Já o flutuado, amostra 2, apresenta, em sua totalidade, o mineral quartzo (SiO_2).

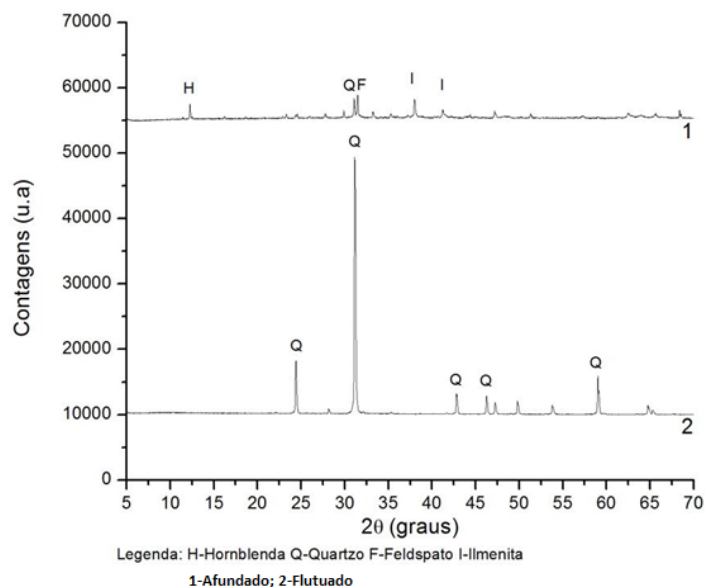


Figura 3. Análise mineralógica da amostra bege.

Para uma melhor detecção de elementos nas amostras, foi feita uma análise semiquantitativa (standardless) em espectrômetro por fluorescência de raios - x – (WDS-1), modelo AxiosMax (Panalytical). De acordo com a Tabela 3, os elementos ou compostos identificados na fluorescência da amostra 1 apresentam características de composição química dos minerais Monazita (SmPO_4) e Zirconita (ZrSiO_4). Já no flutuado, amostra 2, observa-se que o Quartzo (SiO_2) tem uma presença considerável em toda a amostra, tendo um percentual de 92%, podendo passar por um processo de beneficiamento para obtenção de Silício de Grau Metalúrgico, esse tendo uma pureza de 99,5%, segundo Guzzo (2008).

Tabela 3. Análise de fluorescência por raios-X.

Composição química	Amostra (%)		Composição química	Amostra (%)	
	AMS -01	AMS -02		AMS - 01	AMS - 02
Na_2O	0,38	0,2	TiO_2	29,8	< 0,1
MgO	2,5	< 0,1	Fe_2O_3	22,2	0,35
Al_2O_3	14,6	5,0	CeO_2	0,13	ND
SiO_2	19,8	92	Cr_2O_3	0,11	ND
P_2O_5	0,13	< 0,1	HfO_2	1,1	ND
K_2O	0,16	0,44	MnO	0,79	< 0,1
CaO	1,7	0,13	ZrO_2	5,6	1,9

A tabela 4 mostra os resultados obtidos para a realização dos ensaios no Concentrador Espiral feitos com a amostra bege.

Tabela 4. Resultados de densidade de polpa, massa de polpa, massa de sólido utilizadas na concentração gravítica.

%Sólido	Densidade de polpa	Volume de polpa (L)	Massa de Polpa (Kg)	Massa de Sólido (kg)
10%	1,07	25,6	27,39	2,74
20%	1,15	25,6	29,44	5,89
25%	1,19	25,6	30,46	7,62

Durante os ensaios, foi possível perceber que ao fazer a regulagem da frequência para 45 Hz, o motor não deu partida para os percentuais de sólidos superiores a 10% de sólidos, tendo em vista a elevada densidade de polpa.

Para a densidade de polpa de 25% de sólido na frequência 60 Hz apresentou duas divisões na banda do concentrado com diferentes espessuras, uma de 2 mm e a outra de 6 mm, tendo uma faixa de concentrado de 8 mm em sua totalidade.

A tabela 5 apresenta os resultados de formação das zonas de separação do concentrador espiral para as condições estudadas em função da frequência do motor de bombeamento de polpa e % de sólidos da alimentação do espiral.

Tabela 5. Comportamento das espessuras das zonas de concentrado no Espiral.

Frequência do motor da bomba (Hz)	Espessura do concentrado (mm)		
	Percentual de material		
	10%	20%	25%
60	3	4	2 + 6 = 8
55	1,5	2	3
50	3	1,5	1
45	1,5	0	0

A Figura 4 apresenta o comportamento da vazão da polpa da alimentação do Concentrador Espiral em função da espessura da banda do concentrado.

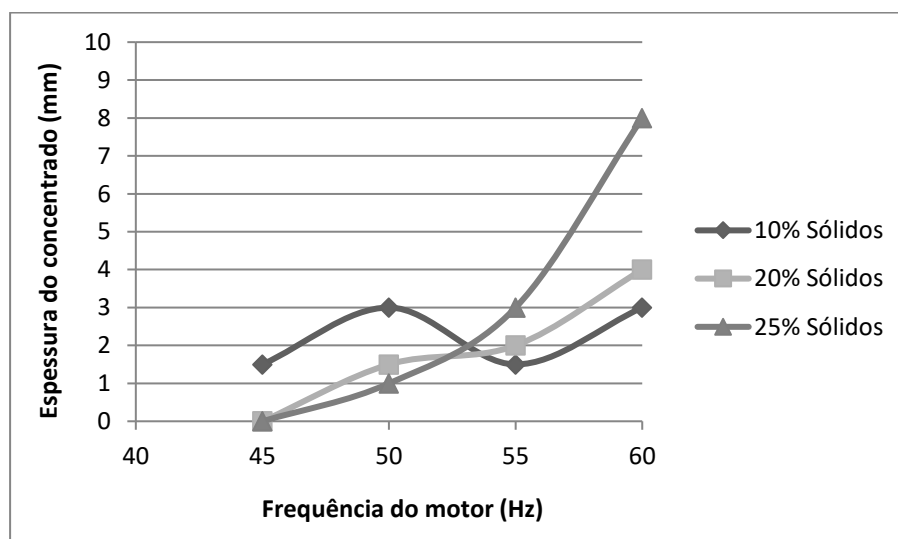


Figura 4. Comportamento da vazão da polpa da alimentação do Concentrador Espiral em função da espessura da banda do concentrado.

Após serem realizados os ensaios no concentrador espiral, foi visto que o melhor resultado de aproveitamento do concentrado foi na frequência de 60 Hz com 25% de material sólido, formando duas linhas do concentrado, uma com 2 mm e outra com 6 mm, totalizando 8 mm de concentrado. Pode-se observar que a espessura de concentrado de 3 mm se repete em três frequências diferentes e em dois percentuais de sólidos, sendo eles, as frequências de 50, 55 e 60 Hz e em percentuais de 25 e 10%. Tendo em vista que a maior recuperação de minerais pesados foi feita com percentual e frequência máxima.

4. CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados obtidos durante todo o processo de caracterização da ocorrência de areia, percebe-se que a amostra vermelha apresenta um notável percentual de argilominerais, já a amostra bege apresenta um quantitativo considerável de minerais densos como o mineral Ilmenita ($\text{Fe}^{2+}\text{TiO}_3$), e uma presença de minerais de Terras Raras como Monazita (SmPO_4). Observando os dados coletados em todo o ensaio de caracterização e separação, pode-se perceber a existência de minerais interessantes e a viabilidade de seu beneficiamento.

Se tratando do mineral Quartzo, observa-se que o mesmo está em um percentual de pureza de 92%, não chegando a uma escala adequada para ser tratado como silício de alta pureza e ser processado para um Silício de Grau Solar ou de Grau Metalúrgico, mas podendo obter bons resultados se o mesmo passar por processos de purificação.

5. AGRADECIMENTOS

À José Yvan Pereira Leite (*in memoriam*), pela orientação e pela oportunidade de fazer parte de uma equipe como o Laboratório de Tecnologia Mineral, por todo o apoio, conhecimento passado e por acreditar no potencial de toda a equipe. Muito obrigado, equipe do Laboratório de Tecnologia Mineral e LABPROM, por todo o suporte durante o processo de construção desse trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- DANA, James Dwight. Manual de mineralogia. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos - LCT, 1969.
- GUZZO, Pedro Luiz. In: LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Antonio Freitas. Rochas e Minerais Industriais. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. Cap. 31, Quartzo, p. 681-721.
- MORI, Vânia; SANTOS, Ronaldo Luiz Correa dos; SOBRAL, Luiz Gonzaga Santos. Metalurgia do silício: processos de obtenção e impactos ambientais. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.
- RECUERO, Júlio César. In: LIMA, Thiers Muniz; NEVEZ, Carlos Augusto Ramos. Sumário Mineral. 36. ed. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, 2016. Cap. 5, Areia para Construção, p. 26-27.
- SOARES, Lívia Gonçalves Leida; SAMPAIO, João Alvez; Silva, Fernanda Arruda N. G. da; AMADO, Roberto Salgado. Estudos de beneficiamento e caracterização de quartzo para obtenção de silício grau solar. In: Jornada de Iniciação Científica, CETEM. Proceedingsdo XX – Jornada de Iniciação Científica; 2012 July 26-27; Rio de Janeiro, Brasil.