



Caracterização química e mineralógica de resíduos de quartzitos para uso na indústria cerâmica

Marcondes Mendes de Souza¹, Elbert Valdiviezo², Franciné Alves da Costa³, José Farias⁴

¹Professor, M.Sc. Departamento de Recursos Naturais - IFRN/Natal-RN. e-mail: mmsouza2003@yahoo.com.br

²Professor Associado III, D.Sc. Unidade Acadêmica de Mineração e Geologia - UAMG/CTRN/UFMG. e-mail: elbert@dmg.ufcg.edu.br

³Professor Adjunto I, D.Sc. Departamento de Engenharia Mecânica - UFRN/Natal-RN. e-mail: facosta@ct.ufrn.br

⁴Laboratório de Processamento Mineral e de Resíduos - IFRN. e-mail: junluf_farias@hotmail.com

Resumo: Este trabalho tem por objetivo a caracterização química e mineralógica de amostras de rochas de quartzitos provenientes dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, visando ao seu uso potencial na formulação de peças para a indústria cerâmica. A adoção da alternativa de aproveitamento desses resíduos poderá não apenas diminuir o impacto ambiental da mineração de quartzitos, mas também possibilitará a agregação de valor para esses materiais, principalmente, para uso industrial. Na amostragem foram coletadas cinco amostras de quartzitos com colorações e tonalidades diferentes denominados de quartzito preto, quartzito verde, quartzito rosa, quartzito branco e quartzito dourado. Essas amostras foram caracterizadas pelos métodos de análise de fluorescência de raios X (FRX), e difração de Raios X (DRX). Os resultados indicaram que as amostras dos quartzitos dourado e rosa apresentaram a maior concentração de SiO₂ (acima de 90,0 %) e a menor concentração do óxido de ferro (Fe₂O₃), que foi de 1,36% e 1,61%, respectivamente. Esses quartzitos apresentam um potencial importante e poderá ser recomendada a realização de ensaios laboratoriais visando à sua utilização como matéria-prima para a formulação de massas cerâmicas.

Palavras-chave: caracterização, quartzitos, resíduos, revestimentos cerâmicos.

INTRODUÇÃO

Diversas empresas atuantes no Brasil, no setor de cerâmica, estão se reestruturando, em termos de adequação de seus processos, de forma a evitar o desperdício e, aos poucos, vêm adotando a reciclagem e o aproveitamento dos resíduos, como um fator positivo, não apenas para o meio ambiente, como também para atingir a autossustentabilidade. Diante desse panorama, os estudos e pesquisas que vêm sendo realizados visam apresentar soluções para a redução do impacto de suas atividades no meio ambiente, e o uso racional dos recursos naturais. Com isso, começaram a apresentar soluções, para alcançar o desenvolvimento sustentável e ao mesmo tempo, aumentar a lucratividade de seus negócios. É necessário ressaltar que é fundamental o reaproveitamento de alguns materiais considerados erroneamente como resíduos. Dar um destino nobre para os resíduos, sempre que possível, constitui na atualidade, um grande desafio para os pesquisadores que atuam no setor (Pereira, 2002).

A indústria cerâmica se destaca nesse contexto pelo seu potencial em coprocessar resíduos, e por outro lado, em função de possuir elevado volume de produção (Menezes *et al.*, 2002). Também se destaca o fato de que alguns resíduos, aliados às características físico-químicas da matéria-prima e às particularidades do processo produtivo, poderão possibilitar vantagens à indústria e ao processo, tais como, economia e diversificação da oferta de matérias-primas, redução do consumo de energia e, conseqüentemente, trazer redução de custos (Alves *et AL.*, 1998).

O termo *massa cerâmica* se define como uma mistura de matérias-primas preparadas para a fabricação de um produto cerâmico. A formulação de massas para a fabricação de produtos cerâmicos é uma etapa de pesquisa que requer a realização de vários testes até o desenvolvimento de uma massa cerâmica que possa ser fabricada e produzida industrialmente.

Uma massa cerâmica deve possuir características necessárias para possibilitar um aperfeiçoamento durante o processamento e para a obtenção das propriedades finais requeridas (Vieira *et al.*, 2001)). Na fabricação de peças cerâmicas é bastante comum a mistura de dois ou mais materiais para obtenção da composição da massa. Muitos métodos são utilizados para se desenvolver formulações de massas cerâmicas. A maioria desses métodos utiliza técnicas empíricas, e o



procedimento consiste basicamente na escolha das matérias-primas e da composição ou formulação. As massas cerâmicas são formuladas de acordo com alguns fatores, dependendo do tipo de processamento e produto final.

O aproveitamento dos quartzitos extraídos nos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte como rocha ornamental é uma atividade econômica que vem sendo empreendida em alguns municípios, como Várzea, Junco do Seridó e Juazeirinho. Neste estudo, amostras de quartzitos foram caracterizadas através de métodos de análise de fluorescência de raios X (FRX) e difração de Raios X (DRX), nos quais foi determinada a composição química e mineralógica dos quartzitos com colorações e tonalidades diferentes: quartzito preto, quartzito verde, quartzito rosa, quartzito branco e quartzito dourado, e em função desses resultados foram avaliados quais tipos apresentam potencial de aplicação para fabricação de massas cerâmicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O processo produtivo da massa cerâmica pode ser observado na Figura 1, que mostra o fluxograma geral do processo de fabricação, desde a etapa de beneficiamento da matéria-prima, caracterização da matéria-prima, formação da massa. Esta última consiste na mistura, em proporções determinadas dos ingredientes principais, tais como argila, quartzo, e feldspato. A função do resíduo de quartzito, objetivo principal do trabalho, é substituir parcial, ou totalmente, o quartzo, sem que isso acarrete qualquer mudança das propriedades da massa cerâmica. A próxima etapa é a conformação da massa, que consiste na prensagem e colagem, prévia à sinterização ou queima, etapa que é realizada a temperaturas acima de 1.000° C. Com a massa cerâmica preparada, as suas propriedades físico-mecânicas são determinadas e esses resultados são analisados no intuito de se avaliar a qualidade do produto final. Conforme foi mencionado, este estudo não contemplou a realização de todas as etapas do processo de fabricação da massa cerâmica, e tendo seu foco na avaliação da matéria-prima que conduza a tal finalidade.

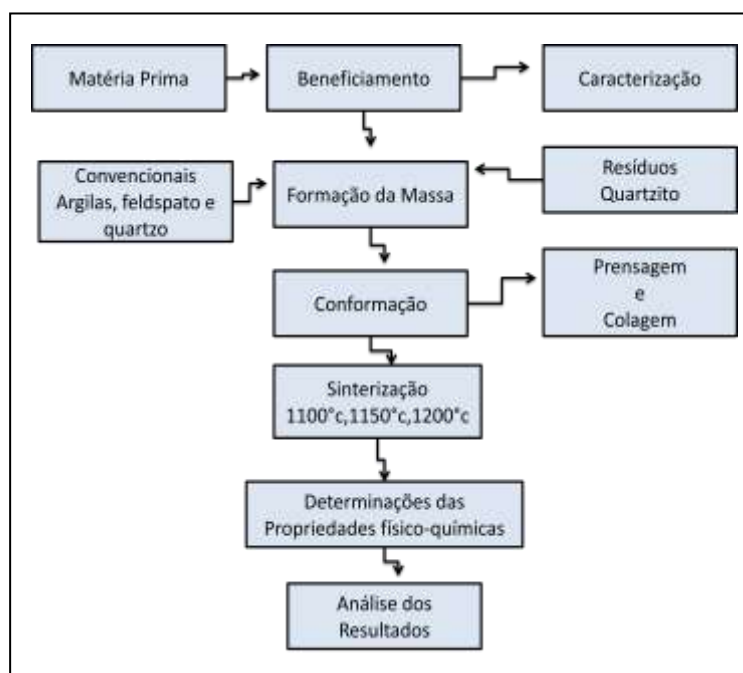


Figura 1 - Fluxograma geral do processo de fabricação de massas cerâmicas

Na preparação das amostras para a realização de ensaios laboratoriais foi adotada a seguinte metodologia. Para cominuição de cada amostra foram pesados cerca de 3 kg de cada material; em seguida foi colocada em sacos plásticos. As amostras foram todas fragmentadas até a obtenção de uma



granulometria adequada para a moagem. Essa etapa foi realizada utilizando-se um moinho de bolas de laboratório, no qual, foi colocada, junto ao material a ser moído, a quantidade de 10 bolas de diâmetro de 20 mm, e 30 bolas com diâmetro de 12 mm (sendo as bolas de alumina) durante um tempo de 40 (quarenta) minutos. Ao término da moagem o material foi peneirado até a obtenção de 100% de material passante na malha de 200#.

Com o material na granulometria adequada iniciou-se a homogeneização e quarteamento de cada amostra. Nessa etapa, o material foi colocado em uma lona, na qual o material era espalhado aos poucos de forma gradual e lenta formando uma pilha cônica, em seguida o material foi dividido em 4 (quatro) partes; duas delas, de lados opostos, foram retiradas, e as outras duas permaneceram para serem novamente homogeneizadas e quarteadas. Esse processo foi repetido 3 (três) vezes.

O material homogeneizado foi dividido em subamostras, sendo que, de cada uma delas se retirou uma massa de 5g, que foram destinados para os ensaios e determinações analíticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conhecimento da composição química e mineralógica dos quartzitos propiciou valiosos subsídios para a avaliação de seus usos específicos em cerâmica, quando usados em conjunto com o conhecimento de suas propriedades físico-químicas. As Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 mostram os resultados das análises de fluorescência de raios X correspondentes às amostras de quartzito branco, dourado, preto, rosa e verde, respectivamente.

A Tabela 1 mostra que o quartzito branco apresenta um teor de SiO_2 de 70,72%, enquanto que os teores de Al_2O_3 (12,19 %) e K_2O (9,79 %) são bastante significativos. Esse resultado mostrou que além do quartzo, outros minerais, embora em menor proporção, como a mica (moscovita) e o feldspato (microclínio) encontram-se no quartzito branco (Figura 2). A mica e o feldspato seriam os responsáveis pelos teores de alumínio e potássio na amostra. Observou-se que, com exceção do quartzito preto, o quartzito branco possui o menor teor de SiO_2 em relação às outras amostras. Quanto ao ferro, o quartzito branco contém 4,39 % de Fe_2O_3 , teor acima ao apresentado pelo quartzito rosa (0,98 % - Tabela 4), dourado (0,92 % - Tabela 2), e quartzito verde (2,87 % - Tabela 5). No entanto, o teor de ferro do quartzito branco é significativamente inferior ao do quartzito preto (25,33 % - Tabela 3). O teor de ferro bastante significativo no quartzito preto, deve-se principalmente, à presença de mica biotita (Figura 4). É conhecido que, o teor de ferro, contido no feldspato, ou em qualquer outro mineral, que componha a formulação da massa cerâmica deve ser minimizado ou excluído, devido a que o ferro influencia na alvura da massa, outorgando-lhe tonalidades escuras, não desejáveis para fabricação de produtos.

Tabela 1 – Análise de fluorescência de raios X da amostra de quartzito branco

Óxidos	Teores(%)
SiO_2	70.725
Al_2O_3	12.192
K_2O	9.795
Fe_2O_3	4.394
BaO	0.987
MgO	0.917
CaO	0.451
TiO_2	0.403
Rb_2O	0.090
SrO	0.030
Y_2O_3	0.017

Tabela 2 – Análise de fluorescência de raios X da amostra de quartzito dourado

Óxidos	Teores(%)
SiO_2	91.206



Al ₂ O ₃	5.025
K ₂ O	2.035
Fe ₂ O ₃	0.927
Cl	0.300
TiO ₂	0.219
W ₂ O ₃	0.169
ZrO ₂	0.049
CuO	0.027
MoO ₃	0.025
Au ₂ O	0.017

Tabela 3 – Análise de fluorescência de raios X da amostra de quartzito preto

Óxidos	Teores(%)
SiO ₂	44.315
Fe ₂ O ₃	25.332
Al ₂ O ₃	13.705
K ₂ O	5.018
CaO	3.960
MgO	3.877
TiO ₂	1.876
BaO	0.796
MnO	0.375
SrO	0.237
ZrO ₂	0.205
P ₂ O ₅	0.140
ZnO	0.074
Rb ₂ O	0.058
Y ₂ O ₃	0.032

Das cinco amostras estudadas, o quartzito dourado e o rosa foram as que apresentaram os maiores teores de SiO₂ (acima de 90 % - Tabela 2 e Tabela 4). Essas amostras possuem também os menores teores de Fe₂O₃. Esses quartzitos estão compostos por quartzo, mineral predominante, e por pequenas proporções de moscovita e feldspatos (microclínio e ortoclásio). Comparando-se a composição química e mineralógica, o quartzito dourado e o rosa apresentam-se como potencialmente indicados, em relação aos outros tipos de quartzitos, para serem usados nos ensaios laboratoriais de preparação da massa cerâmica.

Tabela 4 - Análise de fluorescência de raios X da amostra de quartzito rosa

Óxidos	Teores(%)
SiO ₂	91.348
Al ₂ O ₃	4.317
K ₂ O	1.910
Fe ₂ O ₃	0.988
SO ₃	0.774
Cl	0.402
TiO ₂	0.261

Tabela 5 - Análise de fluorescência de raios X da amostra de quartzito verde

Óxidos	Teores(%)
SiO ₂	81.212
Al ₂ O ₃	9.832



K ₂ O	5.526
Fe ₂ O ₃	2.874
TiO ₂	0.436
Cs ₂ O	0.060
Rb ₂ O	0.036
ZnO	0.025

Os difratogramas de DRX de todos os quartzitos analisados (Figura 2 a Figura 6) mostraram que o quartzo é o principal mineral que os compõe. As micas e os feldspatos encontram-se entre os minerais que também são importantes na composição desses quartzitos. Porém, ocupam um lugar menos importante em relação ao quartzo. Entre as micas, a mais comum é a moscovita, seguindo a biotita e a clorita (quartzito preto – Figura 4). Entre os feldspatos, destaca-se o microclínio, seguindo o ortoclásio (quartzito rosa – Figura 5), e a albita. O microclínio e o ortoclásio são feldspatos potássicos e a albita é um feldspato sódico. Nos difratogramas, o quartzo foi identificado através dos seus picos característicos situados nas posições correspondentes ao ângulo de Bragg - 2 θ . Em alguns difratogramas, foi observada também a presença de raias de menor intensidade, correspondentes provavelmente a outros minerais que não puderam ser identificados.

O quartzito branco apresenta essa tonalidade influenciada pelo microclínio, feldspato potássico, cuja coloração varia entre o branco e o bege claro. O quartzito dourado possui essa coloração em decorrência da moscovita com matizes dourados. O quartzito preto deve sua coloração à presença da biotita, uma mica escura com alta concentração de ferro. O quartzito rosa apresenta essa tonalidade em razão do mineral ortoclásio, que possui uma coloração rósea.

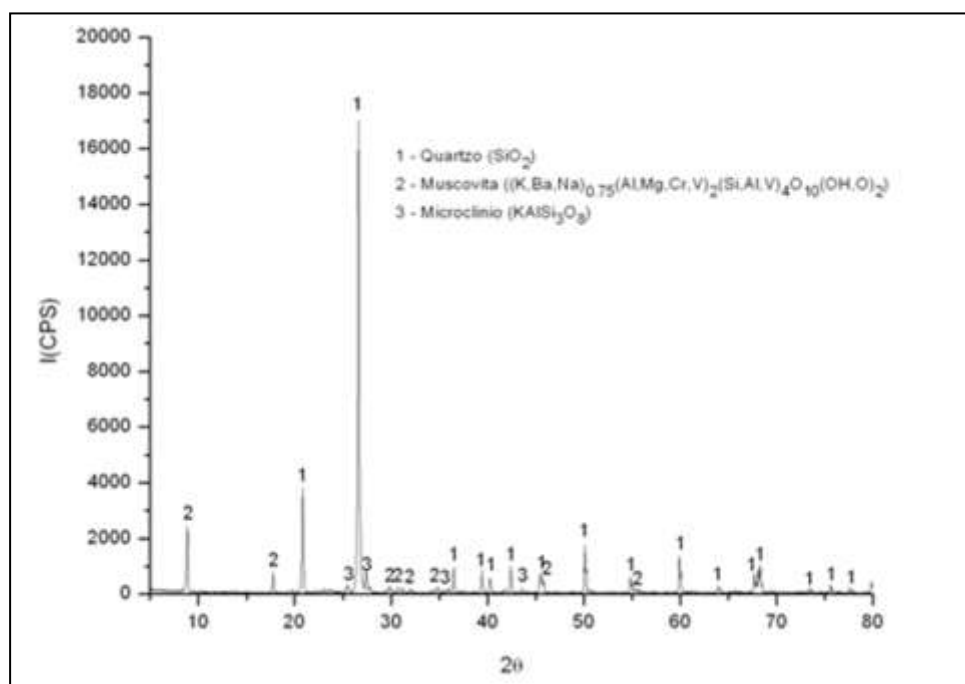


Figura 2 - Difratograma de raios X do quartzito branco

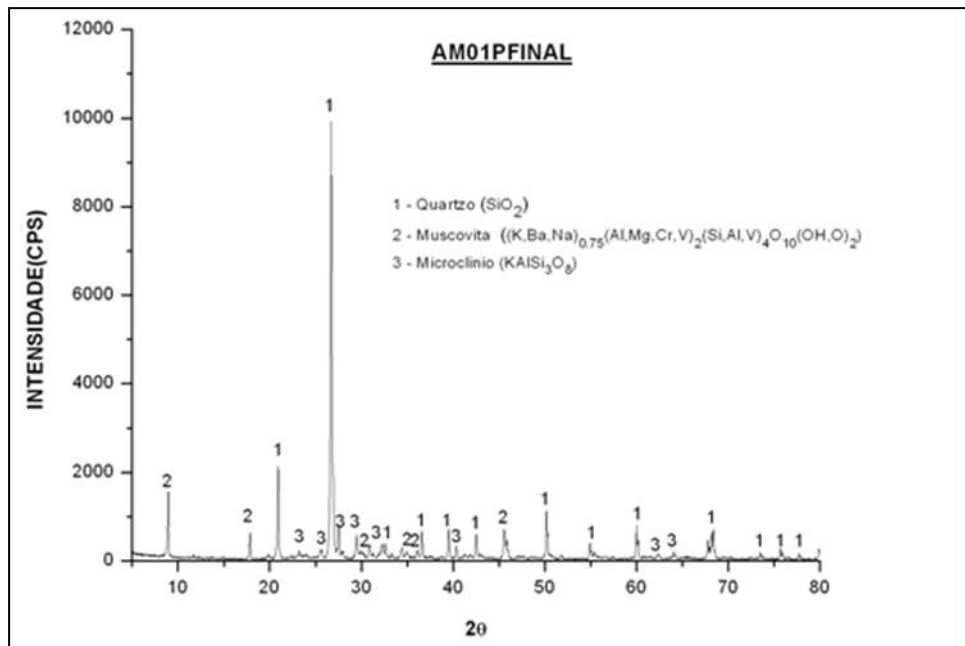


Figura 3 - Difratoograma de raios X do quartzito dourado

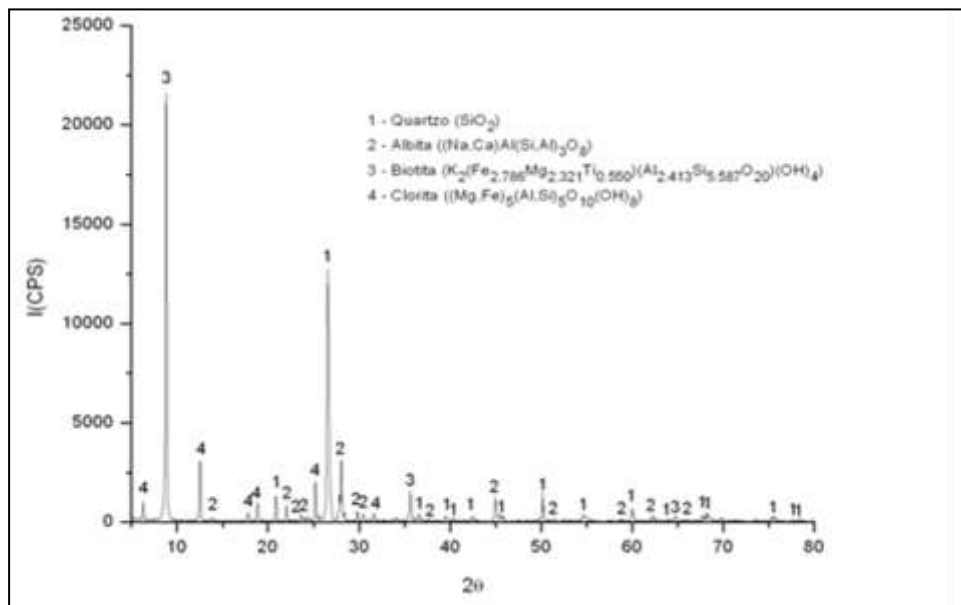


Figura 4 - Difratoograma de raios X do quartzito preto

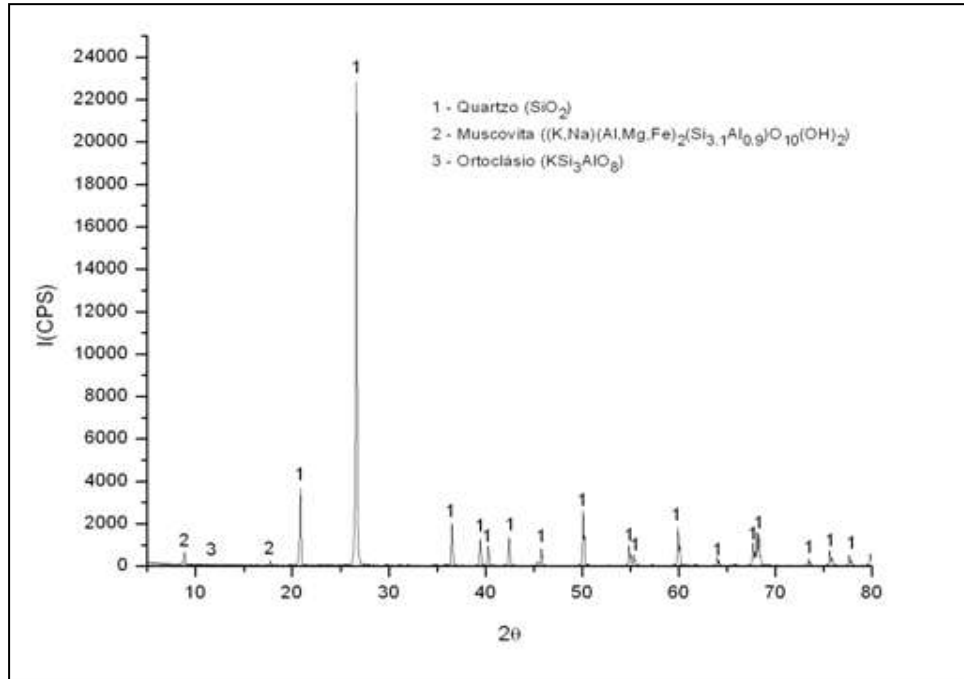


Figura 5 - Difratoograma de raios X do quartzito rosa

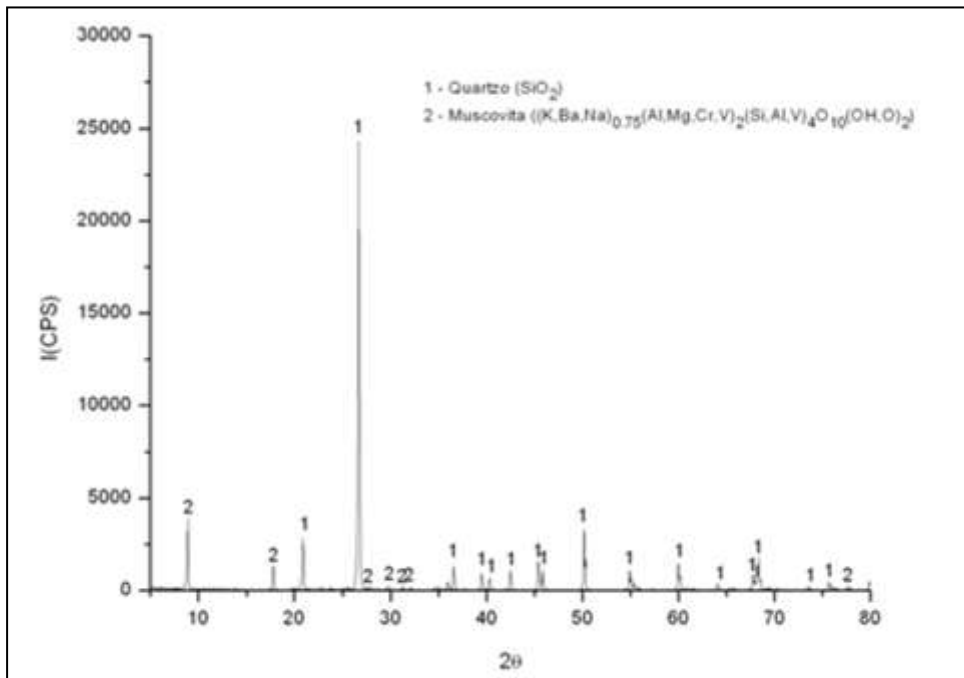


Figura 6 - Difratoograma de raios X do quartzito verde

CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que as amostras de quartzito dourado e rosa apresentaram a menor concentração do óxido de ferro (Fe_2O_3), que foi de 0,92% e 0,98%, respectivamente. Essas mesmas amostras apresentam também os maiores teores de SiO_2 , que foi de 91,20% e 91,34%, respectivamente. O quartzito rosa apresentou na sua composição química uma porcentagem de Al_2O_3 (4,31%), ligeiramente inferior, em relação ao quartzito dourado Al_2O_3 (5,02%). Os resultados de DRX



mostraram que o quartzo é o principal mineral que compõe todos os quartzitos estudados. As micas e os feldspatos encontram-se entre os minerais que também são importantes na composição desses quartzitos, porém, ocupam um lugar menos importante em relação ao quartzo. Entre as micas, a mais comum é a moscovita, seguida pela biotita e a clorita. Entre os feldspatos, destaca-se o microclínio, seguido pelo ortoclásio, e a albita. O quartzito branco, o preto e o verde, em função dos seus altos teores de Fe_2O_3 , não se recomendam para a fabricação de massas cerâmicas. Enquanto que o quartzito rosa e o dourado apresentam um potencial importante e poderão ser recomendados em ensaios laboratoriais como matéria-prima na preparação de massas cerâmicas.

REFERÊNCIAS

PEREIRA, R.L. 2002. **Resíduos Sólidos Industriais: Uma Fonte Alternativa na Elaboração de Materiais Cerâmicos de Baixa Densidade**. Tese de Mestrado em Engenharia de Materiais e Processos Avançados - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas – CCT, 106p.

MENEZES, R.R.; NEVES, G.A.; FERREIRA, H.C. 2002. **O Estado da Arte Sobre o Uso de Resíduos como Matérias-primas Cerâmicas Alternativas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 6, n. 2, p.303-313.

ALVES, W.A.; BALDO, J.B. 1998. **O Potencial da Utilização de um Resíduo Argiloso na Fabricação de Revestimento Cerâmico – Parte II**. Cerâmica Industrial, São Paulo, v.3, n.1-2, p.34-36.

VIEIRA, C.M.F.; MONTEIRO, S.N.; FILHO, J.D. 2001. **Formulação de Massa de Revestimento Cerâmico com Argilas Plásticas de Campos dos Goytacazes (RJ) e Tanguá (SP)**. Cerâmica Industrial, 6 (6) Novembro/Dezembro.