

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MINAS

OCORRÊNCIA, DISTRIBUIÇÃO E
VARIABILIDADE GRANULOMÉTRICA DA
ARGILA CAULIM NOS PEGMATITOS DAS
REGIÕES DE EQUADOR-RN E JUNCO DO
SERIDÓ-PB

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA -
CAMPUS II PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO
DE MESTRE EM ENGENHARIA DE MINAS.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: LAVRA DE MINAS
ALUNO: JOÃO BATISTA MONTEIRO DE SOUSA
ORIENTADOR: PROF. TUMKUR RAJARAO GOPINATH - Ph.D

CAMPINA GRANDE/PB
1997



S725o Sousa, Joao Batista Monteiro de
Ocorrencia, distribuicao e variabilidade granulometrica da argila caulim nos pegmatitos das regioes de Equador-RN e Junco do Serido-PB / Joao Batista Monteiro de Sousa. Campina Grande, 1997.
168 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia de Minas) - Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e Tecnologia.

1. Argila de Caulim - 2. Argila de Caulim - 3. Argila de Caulim - I. Gopinath, Tumkur Rajarao, Dr. II. Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB) III. Título

CDU 622.01(043)

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO
ALUNO
JOÃO BATISTA MONTEIRO DE SOUSA

TÍTULO: "OCORRÊNCIA, DISTRIBUIÇÃO E VARIABILIDADE
GRANULOMÉTRICA DA ARGILA CAULIM NOS PEGMATITOS DAS
REGIÕES DE EQUADOR-RN E JUNCO DO SERIDÓ-PB "

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APROVADA EM: 29/ 12/ 97


COMISSÃO EXAMINADORA:

ASSINATURA:

DR. TUMKUR RAJARAO GOPINATH

DR. WALTER KLAUSS SCHUCKMANN

DR. AARÃO DE ANDRADE LIMA







CAMPINA GRANDE, 29 DE DEZEMBRO DE 1997.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas esforçadas que, como eu, tenham enfrentado e transposto tantos obstáculos na escada da vida.

Aos meus pais e irmãos, como incentivo à luta pela vida, no trabalho dignificante, à perseverança construtiva, à coragem que não esmorece, ao amor que revive.

Ninguém dá unicamente aquilo que entrega ou cede em benefício dos semelhantes. Cada criatura, através de leis inalteráveis, quer governar a vida, e é obrigada a dar de si própria:

- O pensamento;
- A palavra;
- O gesto;
- O trabalho;
- A saúde; e
- O amor

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo presente maravilhoso que me foi dado que é a vida.

À direção Geral e a Coordenação de Geologia e Mineração da Escola Técnica Federal do Rio Grande do Norte, nas pessoas dos professores: Francisco das Chagas de Mariz Fernandes e Paulo Roberto Leiros de Souza.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), à Universidade Federal da Paraíba, aos organismos que, sabiamente, lutam pela manutenção e crescimento da educação, ciência e tecnologia do nosso país, atributos capazes de resolver a maioria dos nossos problemas.

Agradecimentos especiais ao prof. Ph.D. Tumkur Rajarao Gopinath, pela orientação, conhecimento e sugestões sem o qual seria impossível este trabalho.

Reconhecimentos especiais aos amigos, prof. Julio Cesar de Pontes, prof. Alexandre Magno Rocha da Rocha, ao bolsista de iniciação científica Homero José Loureiro Sarmento, ao meu sobrinho Claudio Sérgio de Souza Dantas e Edgar Romeo Herrera de Figueiredo pela inestimável participação, sagacidade e colaboração no tocante a este assunto. Gostaria ainda de externar meus sinceros agradecimentos ao professor Dr. Aarão de Andrade Lima pelo seu apoio e dedicação a pesquisa científica.

Aos meus familiares que souberam compreender e aceitar minha ausência sobretudo a minha mãe, Ecrian Monteiro de Sousa, que foram tão importantes no desempenho deste trabalho.

Aos demais funcionários e professores do Departamento de Engenharia de Minas da UFPB, pelo companheirismo e ao atendimento sempre cordial aos nossos pleitos. A todos nosso, reconhecimento e sinceros agradecimentos.

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo investigar a maneira de ocorrência, a granulometria, o rendimento e a pureza de caulim dos pegmatitos da Província Pegmatítica da Borborema nas regiões de Junco do Seridó-PB e Equador-RN. Essas variáveis foram analisadas considerando intervalos granulométricos obtidos de peneiramento a úmido das amostras dos garimpos de pegmatitos da região. A exploração de caulim procede-se sem nenhum plano sistemático de lavra e segurança, e a argila oriunda desses depósitos são utilizadas em diversos segmentos da indústria nacional. Os pegmatitos podem ser classificados em tipos heterogêneos e homogêneos baseado no zoneamento de minerais das rochas.

O caulim foi beneficiado utilizando as peneiras de 200, 325, 400 e 500 mesh e as frações retidas nas peneiras foram quantificadas para gerar parâmetros estatísticos através de histogramas, diagramas de barras e regressão. Os dados obtidos foram utilizados para executar uma análise comparativa de rendimento de argila entre os pegmatitos investigados. Os pegmatitos que estão sendo explorados foram agrupados segundo ocorrência geográfica e tipos de pegmatitos para a análise.

A recuperação de caulim varia segundo a sua localização e natureza de pegmatito. O rendimento de argila tende a ser maior nos pegmatitos heterogêneos devido a presença de zonas de feldspatos transformados em caulim. As impurezas de mica e quartzo são relativamente baixas. Nos pegmatitos homogêneos, onde o feldspato ocorre disseminado junto com quartzo e mica, o rendimento é relativamente baixo com grande quantidade de impurezas.

As partículas de caulim são extremamente finas e passam na sua totalidade pela peneira de 500 mesh. Sericita e quartzo são encontrados como impurezas nas frações argilosas abaixo de 325 mesh. A caracterização de minerais nas frações finas pela difração de raios-X mostrou que a quantidade relativa de sericita e quartzo diminui com a diminuição de tamanho das partículas. No caulim de granulometria inferior a 500 mesh ocorre somente traços de impurezas de sericita e quartzo.

ABSTRACT

The purpose of this research is to investigate the occurrence, size distribution, yield and purity of the kaolin clay in the pegmatites from the Pegmatite Province of Borborema in the regions of the Junco do Serido-PB and Equador-RN. These variables were analysed considering various size intervals obtained by wet sieving of the samples collected from pegmatites that are being explored in the region. The exploration of the kaolin from pegmatites proceed without a systematic mine planning and mine safety and the clay mined from these deposits are used in various national industries. The pegmatites that are being explored can be classified in to heterogeneous and homogeneous types based on mineral zoning observed in the rocks.

The kaolin clay fraction was separated from the rocks using the sieves of 200, 325, 400 and 500 mesh and the fractions retained in the sieves were quantified to generate statistical parameters through histograms, bar diagrams, and regression analysis. The data obtained was used to execute a comparative analysis between the pegmatites in regard to the yield of the clay. The pegmatites that are being explored were grouped according to geographic occurrence and nature of the pegmatite to do the analysis.

Recovery of the kaolin from the rocks vary according to the localization of the pegmatites. Yield of kaolin in the heterogeneous pegmatites is very high because of the presence of zones of pure feldspar which have altered to kaolin. Here the quartz and mica impurities are relatively less. In the homogeneous pegmatites where feldspar occur disseminated with quartz and mica the kaolin yield is relatively less and tend to have more impurities.

The kaolin particles are very fine grained in nature and all the clay pass through the sieve of 500 mesh. Sericite and quartz occur as impurities in the clay fraction below 325 mesh. The X-ray diffraction analysis showed that the sericite and quartz content diminishes with size and in the kaolin of below 500 mesh only small traces of these impurities were observed.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
SUMÁRIO	iv
LISTA DE SÍMBOLOS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
1 - INTRODUÇÃO	01
1.1 - APRESENTAÇÃO	01
1.2 - OBJETIVOS DA PESQUISA	02
1.3 - JUSTIFICATIVA	02
1.4 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
2 - GEOLOGIA REGIONAL	05
2.1 - GENERALIDADES	05
2.2 - LITOESTRATIGRAFIA	06
2.2.1 - EMBASAMENTO ARQUEANO	06
2.2.2 - ESTRATIGRAFIA DO PROTEROZÓICO	07
2.2.3 - CRONOLOGIA DOS EVENTOS TECTONO-METAMÓRFICOS E MAGMÁTICOS	09
2.3 - A PROVÍNCIA PEGMATÍTICA DA BORBOREMA SERIDÓ	10
2.3.1 - GENERALIDADES	10
2.3.2 - ÁREA DE OCORRÊNCIA E SITUAÇÃO GEOLÓGICA	11
2.3.3 - CLASSIFICAÇÃO	11
2.3.3.1 - PEGMATITOS HOMOGÊNEOS	13

2.3.3.2 - PEGMATITOS HETEROGÊNEOS	13
2.3.3.3 - PEGMATITOS MISTOS	14
2.3.4 - GÊNESE	16
3 - IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E INDUSTRIAL DO CAULIM	16
4 - REVISÃO DA LITERATURA	18
4.1 - MINERALOGIA DOS CAULINS	18
4.2 - GÊNESE E DEPÓSITOS DE CAULIM	19
4.2.1 - CAULIM PRIMÁRIO	19
4.2.2 - CAULINS SECUNDÁRIOS	21
4.2.3 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS DEPÓSITOS DE CAULIM	22
4.3 - PROPRIEDADES DOS CAULINS	24
4.3.1 - MINERALOGIA	24
4.3.2 - FORMA E TAMANHO DE PARTÍCULAS	25
4.3.3 - ALVURA	26
4.3.4 - pH	26
4.3.5 - PROPRIEDADES REOLÓGICAS	26
4.3.5.1 - FLOCULAÇÃO	26
4.3.5.2 - DISPERSÃO	27
4.3.5.3 - VISCOSIDADE	28
4.3.5.4 - VARIAÇÃO DA VISCOSIDADE	28
4.4 - USOS DO CAULIM	30
4.5 - SUPRIMENTO E DEMANDA DE CAULIM	33
4.5.1 - PRODUÇÃO E RESERVAS MUNDIAIS	33
4.5.2 - PRODUÇÃO E RESERVAS NACIONAIS	35
4.5.3 - DEMANDA DE CAULIM	39
4.5.4 - TENDÊNCIAS DE MERCADO	43
4.5.5 - MATERIAIS COMPETITIVOS	44
4.5.6 - NOVOS PROJETOS NO BRASIL	46
4.6 - ASPECTOS DE LAVRA E BENEFICIAMENTO DO CAULIM	47
4.6.1 - LAVRA	47
4.6.2 - RELAÇÃO DOS DEPÓSITOS COM O BENEFICIAMENTO	48

5 - METODOLOGIA	51
5.1 - PESQUISA DE CAMPO	51
5.2 - OCORRÊNCIAS E GARIMPOS EXISTENTES NA REGIÃO	54
5.3 - PESQUISA DE LABORATÓRIO	57
5.3.1 - ESCOLHA DO TIPO DE SEPARAÇÃO GRANULOMÉTRICA ...	57
5.3.2 - MÉTODO DE SEPARAÇÃO A ÚMIDO	58
5.4 - RESULTADOS OBTIDOS	59
5.4.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A GEOLOGIA	59
5.4.2 - ASPECTOS GERAIS DA LAVRA	61
5.4.3 - BENEFICIAMENTO	64
5.5 - CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DOS PEGMATITOS.....	66
5.5.1 - INTRODUÇÃO	66
5.5.2 - PREPARAÇÃO DOS ESPÉCIMES PARA CARACTERIZAÇÃO DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS.....	68
6 - ANÁLISES E INTERPRETAÇÕES.....	81
6.1 - ANÁLISE GLOBAL DE TODAS AS AMOSTRAS DOS PEGMATITOS	82
6.1.1 - ANÁLISE DE FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE 200 E -500 MESH	82
6.1.2 - FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE -200 A -500 MESH	83
6.2 - ANÁLISE DE PEGMATITOS DAS REGIÕES DE EQUADOR - RN E JUNCO DO SERIDÓ -PB	95
6.2.1 - REGIÃO DE EQUADOR - RN	95
6.2.1.1 - ANÁLISE DE FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE 200 E -500 MESH	95
6.2.1.2 - FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE -200 A -500 MESH	96
6.2.2 - REGIÃO DE JUNCO DO SERIDÓ - PB	108
6.2.2.1 - ANÁLISE DE FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE 200 E -500 MESH	108
6.2.2.2 - FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE -200 A -500 MESH	109
6.3 - ANÁLISES DE PEGMATITOS HOMOGÊNEOS E HETEROGÊNEOS .	121
6.3.1 - PEGMATITOS HOMOGÊNEOS.....	121

6.3.1.1 - ANÁLISE DE FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE 200 E -500	
MESH	121
6.3.1.2 - FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE -200 A -500 MESH	122
6.3.2 - PEGMATITOS HETEROGÊNEOS	135
6.3.2.1 - ANÁLISE DE FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE 200 E -500	
MESH	135
6.3.2.2 - FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE -200 A -500 MESH	136
7 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	148
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	152
ANEXOS	160
(1) Rendimentos percentuais globais de todas as amostras dos pegmatitos(Situação I - Inclui todas as malhas);	
(2) Rendimentos percentuais globais de todas as amostras dos pegmatitos(Situação II - Exceto +200#)	161
(3) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos de Equador - RN (Situação I - Inclui todas as malhas);	
(4) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos de Equador - RN (Situação II - Exceto +200#)	162
(5) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos de Junco do Seridó - PB (Situação I - Inclui todas as malhas);	
(6) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos de Junco do Seridó - PB (Situação II - Exceto +200#)	163
(7) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos homogêneos de Equador - RN e de Junco - PB (Situação I - Inclui todas as malhas);	
(8) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos homogêneos de Equador - RN e de Junco - PB (Situação II - Exceto +200#)	164
(9) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos heterogêneos de Equador - RN e de Junco - PB (Situação I - Inclui todas as malhas);	
(10) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos heterogêneos de Equador - RN e de Junco - PB (Situação II - Exceto +200#)	165
(11) Distâncias Interplanares de Caulinita, Sericita e Quartzo	166

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
#	Mesh
Rpm	Rotação por minuto
Cp	Centipoison
Cm	Centímetro
° C	Grau Celsius
%	Porcentagem
t	Tonelada
et. al.	Outros autores
US\$	Dólar
Km	Quilômetro
µm	Microns
AT	Alto do Tanquinho
EF	Alto da Favela
EALG	Alto do Giz
AP	Alto da Pitombeira
TSIG	Alto do Sítio Grota
AJ	Alto do Jacú
JSC	Alto da Serra Carneira
ESR	Alto da Serra Redonda
AT2	Alto do Tanquinho II
ACM	Alto do Cavalo Morto
JVV	Alto da Várzea Vassoura
JAAZ	Alto de Antônio Zezé
ACAJ	Alto da Cajazeiras
JAC	Alto do Chorão
JALD	Alto da Aldeia
JAN	Alto da Noruega
JODC	Alto do Olho D'água de Cima
SODB	Alto do Olho D'água de Baixo
JALD2	Alto da Aldeia II
+200#	Retido em 200#
+325#	Retido em 325#
+400#	Retido em 400#
+500#	Retido em 500#
-500#	Passante em 500#
D.P.	Desvio Padrão
Wp	Largura do Pilar
C	Caulim
Q	Quartzo
S	Sericita
Ma	Milhões de anos

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Produção e Reservas Mundiais de Caulim - 1994.	34
TABELA 2	Produção Brasileira de Caulim - 1995.	36
TABELA 3	Reservas Brasileiras de Caulim - 1995.	37
TABELA 4	Produção Brasileira , por Empresa, nos Últimos Dois Anos.	38
TABELA 5	Estimativa do Consumo Mundial de Caulim.	39
TABELA 6	Usos Domésticos e Exportação de Caulim nos Estados Unidos.	40
TABELA 7	Perfil do Consumo Brasileiro de Caulim Beneficiado (1991).	42
TABELA 8	Implantação de novos Projetos para Produção de Caulim.	46
TABELA 9	Localização das Ocorrências dos Pegmatitos, Equador-RN.	55
TABELA 10	Localização das Ocorrências dos Pegmatitos, Junco -PB.	56
TABELA 11	Sumário Estatístico Global de Todas os Pegmatitos das Regiões de Equador -RN e Junco do Seridó-PB (Situação I).	94
TABELA 12	Sumário Estatístico Global de Todos os Pegmatitos das Regiões de Equador-RN e Junco do Seridó- PB (Situação II).	94
TABELA 13	Sumário Estatístico da Região de Equador-RN (Situação I).	107
TABELA 14	Sumário Estatístico da Região de Equador-RN (Situação II).	107
TABELA 15	Sumário Estatístico da Região de Junco -PB (Situação I).	120
TABELA 16	Sumário Estatístico da Região de Junco -PB (Situação II).	120
TABELA 17	Sumário Estatístico do Pegmatito Homogêneo das Regiões de Equador -RN e Junco do Seridó - PB (Situação I).	134
TABELA 18	Sumário Estatístico do Pegmatito Homogêneo das Regiões de Equador -RN e Junco do Seridó - PB (Situação II).	134
TABELA 19	Sumário Estatístico do Pegmatito Heterogêneo das Regiões de Equador -RN e Junco do Seridó -PB (Situação I).	147
TABELA 20	Sumário Estatístico do Pegmatito Heterogêneo das Regiões de Equador- RN e Junco do Seridó -PB (Situação II).	147

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Mapa Geológico Simplificado da Região do Seridó, NE do Brasil.	05
Figura 2 -	Mostra um Quadro de Diversas Propostas de Colunas Estratigráficas Para o Grupo Seridó.	08
Figura 3 -	Mapa de Localização da Província Pegmatítica da Borborema - Seridó-RN / PB.	12
Figura 4 -	Classificação Estrutural dos Pegmatitos, Segundo JOHNSTON E ROLFF (1945).	15
Figura 5 -	Principais Depósitos de Caulins do Brasil.	23
Figura 6 -	Distribuição Geográfica dos Principais Depósitos Mundiais de Caulim.	23
Figura 7 -	Tipos de Escoamento Viscoso (CORREIA et. al., 1976).	29
Figura 8 -	Perfil de Consumo Doméstico de Caulim nos Estados Unidos.	41
Figura 9 -	Perfil do Consumo Brasileiro de Caulim no Ano de 1991.	42
Figura 10 -	Caulim Vendido ou Usado Para Usos Domésticos nos Estados Unidos.	43
Figura 11 -	Fluxograma do Circuito de Beneficiamento a Seco.	50
Figura 12 -	Mapa de Localização dos Pegmatitos das Regiões de Equador-RN e Junco do Seridó-PB.	52
Figura 13 -	Vista Parcial da Área de Ocorrência em Equador-RN, onde se observa na entrada do garimpo o Pegmatito Alterado (Caulim).	53
Figura 14 -	Vista Parcial da Área de Garimpo de Junco do Seridó-PB, onde se observa o Pegmatito Alterado (Caulim).	53
Figura 15 -	Vista Parcial do Decantador de Antônio Leal, Equador-RN.	65
Figura 16 -	Tanque de Decantação do Decantador Antônio Leal, Equador-RN.	65
Figura 17 -	Análise de Difratograma de Raios-X da amostra JAC (Junco do Seridó-PB).	
	(A) Fração +325 mesh (B) Fração +400 mesh	69
	(C) Fração +500 mesh (D) Fração -500 mesh	70

- Figura 18** - Análise de Difratoograma de Raios-X da amostra JVV (Junco do Seridó-PB).
- | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|
| (A) Fração +325 mesh | (B) Fração +400 mesh | 71 |
| (C) Fração +500 mesh | (D) Fração -500 mesh | 72 |
- Figura 19** - Análise de Difratoograma de Raios-X da amostra JAAZ (Junco do Seridó-PB).
- | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|
| (A) Fração +325 mesh | (B) Fração +400 mesh | 73 |
| (C) Fração +500 mesh | (D) Fração -500 mesh | 74 |
- Figura 20** - Análise de Difratoograma de Raios-X da amostra EALG (Equador-RN).
- | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|
| (A) Fração +325 mesh | (B) Fração +400 mesh | 75 |
| (C) Fração +500 mesh | (D) Fração -500 mesh | 76 |
- Figura 21** - Análise de Difratoograma de Raios-X da amostra AT (Equador-RN).
- | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|
| (A) Fração +325 mesh | (B) Fração +400 mesh | 77 |
| (C) Fração +500 mesh | (D) Fração -500 mesh | 78 |
- Figura 22** - Análise de Difratoograma de Raios-X da amostra EF (Equador-RN).
- | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|
| (A) Fração +325 mesh | (B) Fração +400 mesh | 79 |
| (C) Fração +500 mesh | (D) Fração -500 mesh | 80 |
- Figura 23** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os Pegmatitos do RN e PB. **84**
- | | |
|--------------------------------------|--|
| (A) Gráfico de Barras para +200 mesh | |
| (B) Histograma de +200 mesh | |
- Figura 24** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os Pegmatitos do RN e PB. **85**
- | | |
|--------------------------------------|--|
| (A) Gráfico de Barras para +325 mesh | |
| (B) Histograma de +325 mesh | |
- Figura 25** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os Pegmatitos do RN e PB. **86**
- | | |
|--------------------------------------|--|
| (A) Gráfico de Barras para +400 mesh | |
| (B) Histograma de +400 mesh | |

- Figura 26** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os Pegmatitos do RN e PB. **87**
(A) Gráfico de Barras para +500 mesh
(B) Histograma de +500 mesh
- Figura 27** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os Pegmatitos do RN e PB. **88**
(A) Gráfico de Barras para - 500 mesh
(B) Histograma de - 500 mesh
- Figura 28** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os Pegmatitos do RN e PB. **89**
(A) Gráfico de Barras para - 200 mesh
(B) Histograma de - 200 mesh
- Figura 29** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os Pegmatitos do RN e PB. **90**
(A) Gráfico de Barras para +325 mesh
(B) Histograma de +325 mesh
- Figura 30** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os Pegmatitos do RN e PB. **91**
(A) Gráfico de Barras para +400 mesh
(B) Histograma de +400 mesh
- Figura 31** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os Pegmatitos do RN e PB. **92**
(A) Gráfico de Barras para +500 mesh
(B) Histograma de +500 mesh
- Figura 32** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os Pegmatitos do RN e PB. **93**
(A) Gráfico de Barras para - 500 mesh
(B) Histograma de - 500 mesh
- Figura 33** - Gráfico de Correlação (- 500# x +200#) **94**
- Figura 34** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os Pegmatitos de Equador-RN. **97**
(A) Gráfico de Barras para +200 mesh
(B) Histograma de +200 mesh

- Figura 35** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 98 Pegmatitos de Equador-RN.
(A) Gráfico de Barras para +325 mesh
(B) Histograma de +325 mesh
- Figura 36** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 99 Pegmatitos de Equador-RN.
(A) Gráfico de Barras para +400 mesh
(B) Histograma de +400 mesh
- Figura 37** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 100 Pegmatitos de Equador-RN.
(A) Gráfico de Barras para +500 mesh
(B) Histograma de +500 mesh
- Figura 38** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 101 Pegmatitos de Equador-RN.
(A) Gráfico de Barras para - 500 mesh
(B) Histograma de - 500 mesh
- Figura 39** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 102 Pegmatitos de Equador-RN.
(A) Gráfico de Barras para - 200 mesh
(B) Histograma de - 200 mesh
- Figura 40** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 103 Pegmatitos de Equador-RN.
(A) Gráfico de Barras para +325 mesh
(B) Histograma de +325 mesh
- Figura 41** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 104 Pegmatitos de Equador-RN.
(A) Gráfico de Barras para +400 mesh
(B) Histograma de +400 mesh
- Figura 42** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 105 Pegmatitos de Equador-RN.
(A) Gráfico de Barras para +500 mesh
(B) Histograma de +500 mesh

- Figura 43** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 106 Pegmatitos de Equador-RN.
(A) Gráfico de Barras para - 500 mesh
(B) Histograma de - 500 mesh
- Figura 44** - Gráfico de Correlação (- 500# x + 200#) 107
- Figura 45** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 110 Pegmatitos de Junco do Seridó-PB.
(A) Gráfico de Barras para +200 mesh
(B) Histograma de +200 mesh
- Figura 46** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 111 Pegmatitos de Junco do Seridó-PB.
(A) Gráfico de Barras para +325 mesh
(B) Histograma de +325 mesh
- Figura 47** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 112 Pegmatitos de Junco do Seridó-PB.
(A) Gráfico de Barras para +400 mesh
(B) Histograma de +400 mesh
- Figura 48** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 113 Pegmatitos de Junco do Seridó-PB.
(A) Gráfico de Barras para +500 mesh
(B) Histograma de +500 mesh
- Figura 49** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 114 Pegmatitos de Junco do Seridó-PB.
(A) Gráfico de Barras para -500 mesh
(B) Histograma de -500 mesh
- Figura 50** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 115 Pegmatitos de Junco do Seridó-PB.
(A) Gráfico de Barras para - 200 mesh
(B) Histograma de - 200 mesh
- Figura 51** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 116 Pegmatitos de Junco do Seridó-PB.
(A) Gráfico de Barras para +325 mesh
(B) Histograma de +325 mesh

- Figura 52** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 117 Pegmatitos de Junco do Seridó-PB.
(A) Gráfico de Barras para +400 mesh
(B) Histograma de +400 mesh
- Figura 53** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 118 Pegmatitos de Junco do Seridó-PB.
(A) Gráfico de Barras para +500 mesh
(B) Histograma de +500 mesh
- Figura 54** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Todos os 119 Pegmatitos de Junco do Seridó-PB.
(A) Gráfico de Barras para - 500 mesh
(B) Histograma de - 500 mesh
- Figura 55** - Gráfico de Correlação (- 500# x +200#) 120
- Figura 56** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos 124 Homogêneos do RN e PB.
(A) Gráfico de Barras para +200 mesh
(B) Histograma de +200 mesh
- Figura 57** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos 125 Homogêneos do RN e PB.
(A) Gráfico de Barras para +325 mesh
(B) Histograma de +325 mesh
- Figura 58** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos 126 Homogêneos do RN e PB.
(A) Gráfico de Barras para +400 mesh
(B) Histograma de +400 mesh
- Figura 59** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos 127 Homogêneos do RN e PB.
(A) Gráfico de Barras para +500 mesh
(B) Histograma de +500 mesh
- Figura 60** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos 128 Homogêneos do RN e PB.
(A) Gráfico de Barras para - 500 mesh
(B) Histograma de - 500 mesh

- Figura 61** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homogêneos do RN e PB. **129**
(A) Gráfico de Barras para - 200 mesh
(B) Histograma de - 200 mesh
- Figura 62** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homogêneos do RN e PB. **130**
(A) Gráfico de Barras para +325 mesh
(B) Histograma de +325 mesh
- Figura 63** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homogêneos do RN e PB. **131**
(A) Gráfico de Barras para +400 mesh
(B) Histograma de +400 mesh
- Figura 64** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homogêneos do RN e PB. **132**
(A) Gráfico de Barras para +500 mesh
(B) Histograma de +500 mesh
- Figura 65** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homogêneos do RN e PB. **133**
(A) Gráfico de Barras para - 500 mesh
(B) Histograma de - 500 mesh
- Figura 66** - Gráficos de Correlação (- 500# x +200#) **134**
- Figura 67** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB. **137**
(A) Gráfico de Barras para +200 mesh
(B) Histograma de +200 mesh
- Figura 68** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB. **138**
(A) Gráfico de Barras para +325 mesh
(B) Histograma de +325 mesh
- Figura 69** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB. **139**
(A) Gráfico de Barras para +400 mesh
(B) Histograma de +400 mesh

- Figura 70** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB. **140**
(A) Gráfico de Barras para +500 mesh
(B) Histograma de +500 mesh
- Figura 71** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB. **141**
(A) Gráfico de Barras para - 500 mesh
(B) Histograma de - 500 mesh
- Figura 72** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB. **142**
(A) Gráfico de Barras para - 200 mesh
(B) Histograma de - 200 mesh
- Figura 73** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB. **143**
(A) Gráfico de Barras para +325 mesh
(B) Histograma de +325 mesh
- Figura 74** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB. **144**
(A) Gráfico de Barras para +400 mesh
(B) Histograma de +400 mesh
- Figura 75** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB. **145**
(A) Gráfico de Barras para +500 mesh
(B) Histograma de +500 mesh
- Figura 76** - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB. **146**
(A) Gráfico de Barras para - 500 mesh
(B) Histograma de - 500 mesh
- Figura 77** - Gráfico de Correlação (- 500# x + 200#) **147**

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - APRESENTAÇÃO

O Nordeste vem desenvolvendo recentemente um programa que visa utilizar o grande potencial de recursos industriais existentes nas províncias mineralógicas da região, principalmente em estados como: Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Piauí sem esquecer o aproveitamento racional dos mesmos.

A atividade da mineração é, indiscutivelmente, um dos agentes catalisadores de desenvolvimento e interiorização e, como tal, assume relevante papel no contexto econômico - social de uma região.

A atividade da mineração de pequeno porte, tal como mineração de caulim, nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, como de resto do Nordeste, é tida como de subsistência por ser efetuada em regiões onde a agropecuária torna-se deficiente, em vista da ausência de solos férteis e dos efeitos das variações climáticas imperantes.

Esses fatores influenciam a não fixação do homem na lavoura, levando-o a recorrer à extração de minérios ou a migração urbana durante o período de estiagem. Observando-se o problema por outro ângulo, dado ao fato de que a atividade da mineração de pequeno porte é carente de estímulos, verifica-se que, no período invernos, uma parcela considerável da população, deslocada para a pequena mineração, retorna à atividade agrícola.

Esta intermitência, é bem menos acentuada na região em apreço, visto que apesar de trabalhar sob condições precárias e com baixo nível de rendimento, uma parte da população encontra na exploração do caulim uma fonte de renda constante que serve de sustentáculo aos seus familiares, independente das condições climáticas.

1.2 - OBJETIVOS DA PESQUISA

Investigar a metodologia de lavra, a maneira de ocorrência e granulometria de caulins em pegmatitos nas regiões de Equador/RN e Junco/PB.

Pesquisar as malhas de 200, 325, 400 e 500 mesh, com o intuito de definir a variabilidade e o rendimento de caulins nos pegmatitos. Os resultados podem servir para o direcionamento de alguns garimpos para atender a demanda nacional de acordo com suas características próprias.

Caracterizar a pureza de caulim em diversas malhas granulométricas.

1.3 - JUSTIFICATIVA

Os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte possuem um imenso potencial caulífero proveniente dos pegmatitos da "Província Pegmatítica da Borborema", que estão sendo explorados e industrializados para utilização em diversos segmentos da indústria nacional, com bons resultados, mas, cuja a produção não satisfaz a demanda da indústria brasileira, o que obriga o país a continuar importando diversos tipos de caulins.

Conhecimento sobre a distribuição das várias jazidas infocando o rendimento de caulim nas malhas de 200, 325, 400 e 500 mesh, que são malhas comercializáveis, a níveis de produção na fabricação de papel, tintas, borrachas, remédios e etc.

Necessidade de definir estatisticamente as percentagens de caulim existentes nas malhas de 200, 325, 400 e 500 mesh, para que seja feita uma estimativa de reserva em cada Jazida.

1.4 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os trabalhos existentes sobre a geologia de caulim, geologia regional de ocorrência de caulim, geoestatística, lavra e beneficiamento são relacionados neste trabalho. Os levantamentos feitos demonstram que não existe trabalho sobre a pesquisa sistemática de granulometria de caulim nas jazidas dos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Encontra-se na literatura técnica brasileira um número apreciável de estudos tecnológicos sobre as argilas e caulins que ocorrem nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, em contraste com um número reduzido de trabalhos sobre as argilas e caulins que ocorrem em outros estados.

Os processos de formação da argila caulim podem contribuir para a distribuição granulométrica e pureza de caulim nas jazidas primárias ou secundárias VELDE(1992). Portanto, foram pesquisados os trabalhos relacionados a formação de caulim bem como a parte sobre metodologia adotada na análise tecnológica da substância SOUSA-SANTOS(1976) , apresenta detalhadamente a geologia e tecnologia de caulim, bem como a metodologia dos ensaios para diversas aplicações industriais da argila caulim. No trabalho sobre o caulim do Nordeste OLIVEIRA E SILVA(1973) fala sobre as aplicações industriais do caulim bem como os problemas inerentes na exploração dessa região. Ainda OLIVEIRA E SILVA(1973), oferece explicações sobre origem de caulim nos pegmatitos da região de Junco, PB. Estudo detalhado no campo e estudos petrográficos de pegmatitos e caulim na região de Junco levou GOPINATH (1989,1990) concluir que o caulim , resultado de alteração hidrotermal dos feldspatos e dos pegmatitos, não se encontram totalmente alterados. O feldspato para se transformar pela ação do intemperismo em caulinita, deve passar pela forma de muscovita ou sericita como uma fase intermediária. A alteração de feldspato envolve um gel amorfo constituído por sílica e alumina hidratadas que se cristalizam em caulinita, (BATES , 1952; GASTUCHE et. al., 1962; BRINDLEY et. al., 1961). Nas condições hidrotermais, a síntese de caulinita é favorecida.

Os estudos termodinâmicos de GARRELS et. al. (1959), mostrou que o ortoclásio passa pela fase de serecita antes de formar a caulinita. A alteração de feldspatos nas experiências de laboratório mostrou que o mineral passa pela fase de caulinita "mal cristalizada" (OBERLIN et. al. , 1959; GASTUCHE, 1959). A desilicificação de caulinita pode resultar na formação de gibsite assim formando depósitos de argila aluminosas como no caso de Suzano, Rio Tietê e do triângulo mineiro (GUIMARÃES et. al., 1948; ANGELERI et. al., 1962).

A alteração química de feldspato durante o intemperismo é uma reação envolvendo troca de íons na interface de feldspato e a solução PETROVIC (1976). No clima úmido os feldspatos são expostos continuamente à água acompanhado de lixiviação de alcalis que facilitam formação de hidróxido de alumínio ou um silicato de alumínio (GARRELS et. al., 1965; HESS, 1966; LOUGHBROUGH, 1969; BIRKLAND, 1974). O primeiro silicato de alumínio formado durante o intemperismo é a haloisita ou alofano (PARHAM, 1969; HEM et. al.1973). As condições úmidas permitem a formação da caulinita (Sudeste dos E.U.A) e esmectita nas condições semi-áridas (Oeste dos E.U.A).

Encontram-se vários trabalhos sobre a formação e ensaios tecnológicos de caulim. Alguns dos trabalhos que trata esses assuntos são: BRINDLEY et. al (1961), ANGELERI et. al (1962), BATES et. al. (1961), FERREIRA et. al (1971), FERREIRA (1972), SANTOS(1973), SILVA (1991), WATSON(1982), SILVA et. al (1984), BRISTOW(1987), e LOUGHBROUGH(1993).

2 - GEOLOGIA REGIONAL

2.1 - GENERALIDADES

Inicialmente descrita por pioneiros como CRANDALL (1910) e MORAES (1924), a região Seridó tem sido objeto de freqüente atuação na literatura geológica brasileira. Na década de 60 notabilizaram-se as proposições e debates sobre sua estratigrafia, sobressaindo-se os trabalhos de EBERT (1969) e FERREIRA e ALBUQUERQUE (1969). A partir de contribuições de RIES e SHACKLETON (1977) e JARDIM DE SÁ (1977,78), foi dado ênfase a sua evolução tectono - metamórfica.

A geologia da região é dominada por uma seqüência de rochas supracrustais (metassedimentos e metavulcânicas), metamorfizadas nas fácies xisto verde a anfibolito, denominada "Grupo" ou "Complexo Seridó", de idade proterozóica inferior. Esta unidade repousa sobre um embasamento gnaíssico arqueano, "Complexo Caicó", e ambos são cortados por uma sucessão de rochas graníticas proterozóicas, onde as mais antigas foram gnaíssificadas durante a orogênese Transamazônica. Os corpos mais jovens, com texturas melhor preservadas, constituem a maioria dos maciços mapeados na região, sendo de idade Brasiliana (Figura 1).

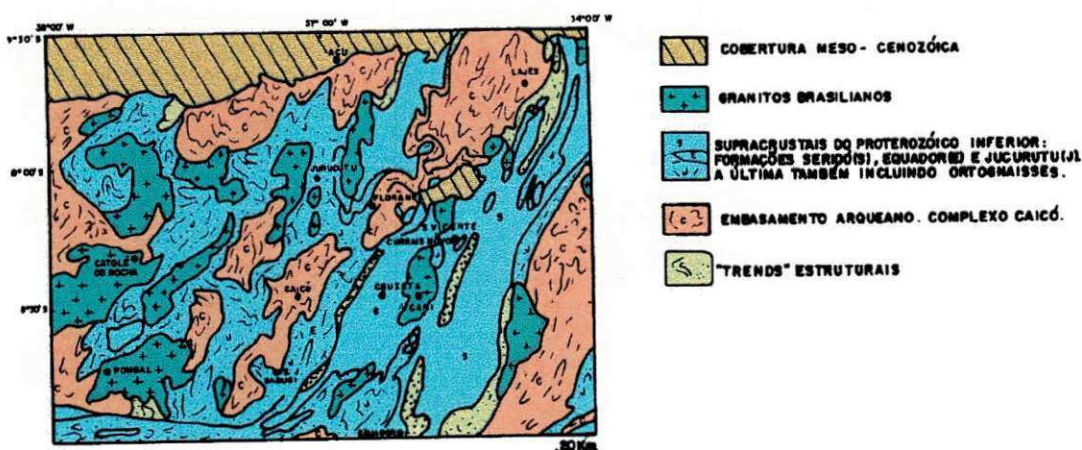


Figura 1 - Mapa Geológico simplificado da região do Seridó, NE do Brasil.

2.2 - LITOESTRATIGRAFIA

2.2.1 - EMBASAMENTO ARQUEANO

A noção de um complexo de embasamento é antiga na literatura da região, porém com diversas proposições quanto a sua extensão (JARDIM DE SÁ e SALIM 1980). Assim, alguns autores propuseram uma grande extensão para o mesmo, nele incluindo litotipos "Seridó" em alto grau, principalmente da Formação Jucurutu e Ortognaisses "G₂" (FERREIRA e ALBUQUERQUE 1969, p. ex.). Outros autores, por sua vez, restringiram a qualificação de embasamento os núcleos de migmatitos e ortognaisses (EBERT 1969). Nessas proposições iniciais, o componente litológico foi o fator dominante na consideração, desconhecendo-se os imprescindíveis critérios estratigráficos e estruturais, os quais foram utilizados inicialmente por JARDIM DE SÁ (1978).

Para o embasamento arqueano tem sido proposto termos tais como Grupos Caicó e Pré-Caicó (FERREIRA e ALBUQUERQUE, op. cit.), Complexo Caicó e Grupo S. Vicente (EBERT 1969, 70), Grupo S. Vicente e Grupo Caicó (HACKSPACHER e SÁ 1984; HACKSPACHER et. al. 1990; DANTAS et. al. 1991) e Complexo Caicó (TORRES et. al. 1973; SANTOS 1973; JARDIM DE SÁ 1978, 84; JARDIM DE SÁ et. al. 1988, 91).

Segundo a proposição de JARDIM DE SÁ (1984), as associações lito-estratigráficas do Complexo Caicó são:

- Seqüência de origem vulcanossedimentar, incluindo gnaisses quartzo - feldspáticos (leptinitos) e biotíticos, gnaisses xistosos com muscovita + biotita, biotita anfibólio gnaisses, gnaisses quartzíticos e anfibolíticos, anfibolitos, calciossilicáticas e magnetita anfibolitos.
- Ortognaisses tonalíticos a anfibolitos a graníticos, perfazem o segundo tipo de associação, correspondendo aos granitóides "G₁" de JARDIM DE SÁ et. al. (1981).

2.2.2. - ESTRATIGRAFIA DO PROTEROZÓICO

A estratigrafia na região Seridó é um assunto bastante debatido por diversos geólogos da UFRN, UFCE, UFPE, CPRM, EFRN, CDM/RN, CDRM/PB, etc. JARDIM DE SÁ e SALIM (1980) fizeram uma revisão das diversas propostas de diferentes colunas estratigráficas, bem como, seu significado em face à complexa história estrutural da área (Figura 2). Estes autores concluíram por uma subdivisão tríplice das supracrustais em uma unidade gnáissica inferior (Fm. Jucurutu), um quartzito intermediário (Fm. Equador) e micaxistos no topo (Fm. Seridó). Trabalhos posteriores de LIMA et. al. (1980) e HACKSPACHER e OSÓRIO (1981) colocam em dúvidas o posicionamento do Quartzito Equador, posicionado pelos mesmos na base da seqüência supracrustal (Figura 2). O argumento de LIMA et. al. (op. cit.) e HACKSPACHER e OSÓRIO (op. cit.) estaria na sucessão das camadas nas serras das Umburamas e Queimadas, onde o Quartzito Equador ocupa o núcleo de um antiforme. JARDIM DE SÁ e SALIM (op. cit.) argumentaram que as rochas sotopostas ao quartzito não afloram nessas serras, todavia, no seu prolongamento para Norte (Serra do Feiticeiro), observa-se claramente um espesso pacote de gnaisses (Formação Jucurutu) abaixo do mesmo. ARCHANJO E SALIM (1986) propõe uma subdivisão do Grupo Seridó em grupos Jucurutu e Seridó, tomando como base seções geológicas na Serra das Umburamas, Feiticeiro e Cruzeiro da Maniçoba e acrescenta a coluna de JARDIM DE SÁ e SALIM (1980) à Formação Parelhas, a qual originalmente foi proposta por EBERT (1969,70). JARDIM DE SÁ et. al. (1991) rebate esta proposta argumentando que nas seções geológicas escolhidas por esses autores, é impossível propor um empilhamento estratigráfico, haja visto, nestes locais ocorreu um forte retrabalhamento por cisalhamento tangencial.

ARCHANJO e SALIM (1986)	JARDIM DE SÁ e SALIM (1980) JARDIM DE SÁ (1984/1988)	LIMA et. al., (1980) HACKSPACHER e OSÓRIO(1981)
SERIDÓ	SERIDÓ	SERIDÓ
PARELHAS	EQUADOR	JUCURUTU
EQUADOR	JUCURUTU	EQUADOR
JUCURUTU	-----	-----
-----	-----	CAICÓ
CAICÓ - SÃO VICENTE	CAICÓ	PRÉ - CAICÓ

Figura 2 - Mostra um quadro de diversas propostas de colunas estratigráficas para o Grupo Seridó.

Segundo JARDIM DE SÁ (1984) é esta a litoestratigrafia do Grupo Seridó do topo para a base.

- Formação Seridó (topo): é dominada por micaxistos, com quartzitos, mármore, anfibolitos e calciossilicáticas subordinadas.
- Formação Equador (intermediária): é principalmente constituída de quartzitos (puros, muscovíticos e feldspáticos) e metaconglomerados, este último mono a diamictos.
- Formação Jucurutu (basal): é constituída de litotipos alternantes em escala métrica a decamétrica, incluindo anfibolitos, mármore, quartzitos, micaxistos, calciossilicáticas, metavulcânicas máficas a félsicas, formações ferríferas e intercalados em biotita gnaisses e gnaisses quartzo - feldspáticos.

2.2.3 - CRONOLOGIA DOS EVENTOS TECTONO-METAMÓRFICOS E MAGMÁTICOS

Com base em modelos de padrões de interferência de dobras e critérios outros de superposição, foram definidos uma sucessão de fases de deformação, associado com eventos metamórficos, os quais foram reconhecidos por diversos autores para o Grupo Seridó (JARDIM DE SÁ 1978, 84; MINNIGH e HACKSPACHER 1979; SALIM et.al. 1979; HACKSPACHER et. al. 1981;. MARTINS DE SÁ e LEGRAND 1983; LEGRAND e MARTINS DE SÁ 1986; (LIMA et. al. 1980). Posteriormente esses eventos foram agrupados de acordo com o seu significado cinemático (JARDIM DE SÁ e MARTINS SÁ 1987; JARDIM DE SÁ et. al. 1987; JARDIM DE SÁ, 1988; MACEDO et. al. 1991; JARDIM DE SÁ et. al. 1991).

A tectônica mais antiga, de caráter tangencial, gerou inicialmente uma foliação (S_1) de baixa penetratividade, sendo esta fortemente deformada e transposta segundo uma xistosidade ou bandamento gnaíssico (S_2 ou $S_1 + S_2$). As dobras F_2 associadas, são recumbentes isoclinais geradas durante um evento de cisalhamento tangencial, onde foram acompanhadas por condições de metamorfismo de fácies xisto verde a anfíbolito em regime de pressões baixas a intermediárias. Associado a este evento tectônico ocorreram intrusões de granito augen - gnaisses, leucogranito ortognaisses e tipos subordinados de pegmatitos. Estas são sintectônicas, ocorrendo sob forma de "sheets" ou grandes corpos diapíricos, em algumas instâncias são paralelos às foliações S_2 ou S_{1+2} e foram denominados de granitóides " G_2 "(JARDIM DE SÁ et. al.1981). Estas intrusões freqüentemente se posiciona na base da seqüência supracrustal, no embasamento ou na interface de ambos. Em termos geocronológicos foi definida uma isócrona para os leucogranitos (" G_2 ") que fornecem uma idade de 2068 Ma, $R_0 = 0,7119 \pm 0,0039$. Este resultado indica que a deformação tangencial é de idade Transamazônica, com a deposição das supracrustais (Grupo Seridó) datando do proterozóico inferior (MACÊDO et. al. 1984; JARDIM DE SÁ et. al. 1987).

A suíte de granitóides mais jovem, denominada "G₃"(JARDIM DE SÁ et. al.1981), é predominantemente sin - tectônica com respeito a uma deformação dúctil em regime transcorrente. A deformação é representada por dobras e foliações (F₃, S₃) que podem ter sido afetadas posteriormente por eventos menos importantes retrogressivos (F₄, F₅). O metamorfismo associado apresenta condições de fácies xisto verde e anfibolito, em baixas pressões, com isógradas restritamente relacionadas a aportes termais dos granitóides "G₃"(LEGRAND e MARTINS SÁ 1986; LIMA 1980; LEGRAND e FRANÇA 1989). Os tipos cedo - tectônicos são representados por uma série diorítica rica em potássio (≈760 Ma), seguido por granitos porfiríticos tipo I (670 - 550 Ma) e depois por granitos equigranulares do tipo S (570-510 Ma) - (JARDIM DE SÁ et. 1987, HACKSPACHER et. al. 1987; JARDIM DE SÁ 1988). Os tipos pós-tectônicos são representados por pegmatitos (BRITO NEVES 1974; JARDIM DE SÁ 1984) e segundo datações Rb-Sr apresentam uma idade no intervalo de 510-480 Ma e foram denominados "G₄"(JARDIM DE SÁ et. al. 1981).

2.3 - A PROVÍNCIA PEGMATÍTICA DA BORBOREMA - SERIDÓ

2.3.1 - GENERALIDADES

As principais informações sobre as rochas pegmatíticas e mineralizações correlatas no planalto da Borborema datam do século passado, através de pesquisadores estrangeiros que passaram pela região. Nos trabalhos pioneiros de CRANDALL (1910) e MORAES (1924), Já fazem referência aos pegmatitos.

A intensidade pela procura de minerais estratégicos para a II Grande Guerra mobilizou não só o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), como também a Comissão Americana de Compras, motivando a vinda de técnicos da U.S. Geological Survey que, juntamente com os pesquisadores do DNPM, estudaram dezenas de pegmatitos nesta província.

2.3.2 - ÁREA DE OCORRÊNCIA E SITUAÇÃO GEOLÓGICA

"A Província Pegmatítica Borborema" foi a denominação sugerida por SCORZA (1944) para área de domínio dos pegmatitos abrangendo parte dos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Na verdade a área principal de ocorrência pegmatítica comporta parte da borda ocidental do planalto da Borborema e a região fisiográfica do Seridó, daí a sugestão de denominá-la "Província Borborema-Seridó". A maior incidência de pegmatitos ocorre segundo uma divisão NNE-SSW que vai do município de Juazeirinho/PB até próximo ao município de Lajes/RN, perfazendo 200 Km de extensão (Figura 3).

Geologicamente os pegmatitos ocorrem como diques tardia pós tectônicos, relacionados à orogênese Brasileira, sendo intrusivos na maioria das vezes em unidades de micaxistos, quartzitos e gnaisses do Grupo Seridó e, em proporções menores, na seqüência gnaíssico - migmatítica do embasamento (Complexo Caicó).

2.3.3 - CLASSIFICAÇÃO

Têm sido propostas diversas classificações para os pegmatitos da Província Borborema-Seridó sendo as mais aceitas as propostas por ROLFF (1945) e JOHNSTON Jr.(1945), que dão ênfase a estrutura interna dos pegmatitos, propondo uma subdivisão dos mesmos em pegmatitos "homogêneos", "heterogêneos" e "mistos".

2.3.3.1 - PEGMATITOS HOMOGÊNEOS

Em geral estes pegmatitos apresentam direções preferenciais N-S e E-W para aqueles supostamente estéreis. Apresentam formas tabulares, medindo quilômetros de extensão e larguras inferiores a 5 metros, e geralmente não possuem mineralizações em Ta-Nb, Be, Li, Sn etc. (Figura 4).

2.3.3.2 - PEGMATITOS HETEROGÊNEOS

Em geral apresentam direções NNE-SSW, com formas lenticulares, com comprimento não ultrapassando 700 metros e largura não superior a 2 metros. É composto basicamente de quatro zonas dispostas simetricamente em relação ao centro do pegmatito , a saber:

- Zona I - Possui geralmente uma espessura inferior a um (01) metro e caracteriza-se pela abundância de muscovita em placas bem desenvolvidas, associadas principalmente ao quartzo e algum feldspato. Os minerais acessórios mais comuns são schorlita, cassiterita, e esporadicamente granada (Figura 4).
- Zona II - Possui a mesma granulação, composição e estrutura de um pegmatito homogêneo, inclusive a freqüência de intercrescimento gráfico de quartzo e feldspatos (Figura 4).
- Zona III - Esta zona é caracterizada pela presença de megacristais de microclina pertítica (dimensões métricas), com mineralizações em turmalina, granada, espodumênio, berilo e suas variedades (água-marinha, morganita, heliodoro), tantalita e outros (Figura 4).

Zona IV - É constituída por núcleo de quartzo maciço (róseo, leitoso, hialino, cinza, azul, etc.), disposto simetricamente ou não em relação ao corpo pegmatítico, a maioria dos minerais acessórios são encontrados no núcleo ou no contato deste com a zona III (Figura 4).

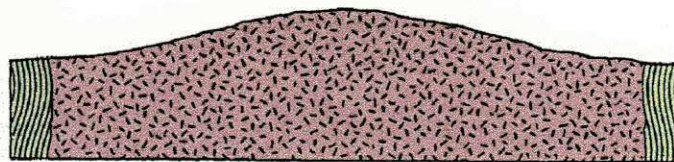
Vale salientar que o esquema mostrado é genérico, e na verdade, são poucos os pegmatitos que apresentam todas as zonas, o que é visto na maioria das vezes é um zoneamento incompleto.

2.3.3.3 - PEGMATITOS MISTOS

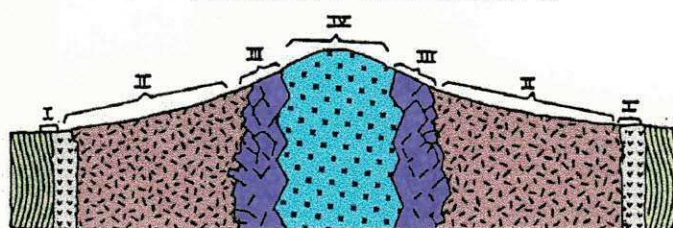
Estes são tipos intermediários entre os tipos "homogêneos" e "heterogêneos", apresentando bolsões de quartzo, em vez de núcleos bem individualizados. Em torno destes bolsões de quartzo a granulação dos minerais aumenta bastante, bem como os cristais de k-feldspatos passam a predominar (semelhante à zona III dos heterogêneos). Geralmente apresentam uma direção E-W e são mineralizados em Li, Sn, Ta e Be, ROLFF (op.cit.); subdividiu-os em 04 (quatro) sub-classes:

- Litíferos (espodumênio, ambligonita, lepidolita, zinwaldita e principalmente, cassiterita disseminada);
- Cupríferos (minérios primários e secundários de cobre da região de Pedra Branca);
- Tantalíferos (tantalatos acompanhados ou não de lazulita e apatita);
- Glucíníferos (berilos mostrando incidência ao gigantismo em núcleos individualizados de quartzo).

PEGMATITO HOMOGÊNEO



PEGMATITO HETEROGÊNEO



Esboço generalizado do pegmatito mostrando as zonas I a IV

PEGMATITO MISTO

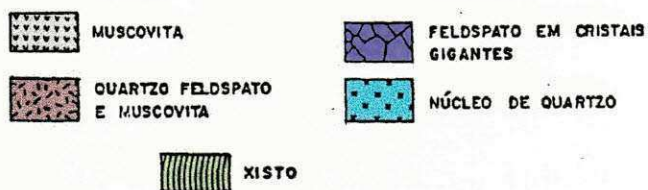
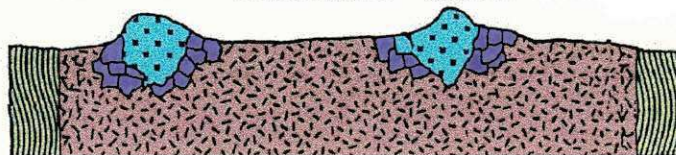


Figura 4 - Classificação estrutural dos pegmatitos, segundo JOHNSTON Jr e ROLFF(1945).

2.3.4 - GÊNESE

A maioria das idéias convergem para hipóteses ígneo-hidrotermais, das quais destaca-se a proposta de JOHNSTON (op. cit.), o qual atribui a origem destes pegmatitos a granitóides correlatos aos "G₃" (JARDIM DE SÁ, 1981), de uma forma geral. Este autor fala que os pegmatitos homogêneos e heterogêneos evoluíram de um mesmo magma e a sua formação resultou do preenchimento progressivo de uma cavidade, isto é, das paredes para o centro. Estas cavidades seriam provocadas por movimentos ocasionais de injeções graníticas. Já ROLFF (op. cit.) evidencia que a gênese dos pegmatitos estaria dividida em duas fases: magmática (formação dos minerais principais) e metassomática - pneumatolítica - hidrotermal (albitização, minerais econômicos e o núcleo de quartzo).

Colaborando com as idéias de ROLFF (1945), estão as de pesquisadores tal como AMARAL (1966), ROY e MADON (1966) que atribuem às mineralizações uma natureza pneumatolítica-metassomática-hidrotermal.

CORREIA NEVES (1981) observando os "negativos" dos cristais de berilo, em forma de tronco de pirâmide, crescendo numa atitude "perpendicular" ao corpo pegmatítico, dentro da zona intermediária em alguns pegmatitos, e a extrema regularidade estrutural destes, propõe uma origem dos pegmatitos a partir de uma cristalização fracionada em um sistema praticamente fechado.

3 - IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E INDUSTRIAL DO CAULIM

O caulim, por suas propriedades químicas e físicas, apresenta um vasto campo de utilização e pode ser considerado como um dos mais sofisticados minerais industriais WATSON (1982). As suas aplicações industriais mais importantes são: papel, tintas, fibras de vidro, refratários, cerâmica, borrachas, plásticos, cimentos, inseticidas, farmacêutica, alimentar, catalisadores, absorventes, cosméticos, abrasivos, produtos químicos e detergentes. No Brasil, o caulim é um dos minerais industriais que mais se sobressaem em termos de volume, valor, qualidade e com um mercado exportador em fase de crescimento LOUGHBROUGH (1993).

Depósitos de caulim existem em vários países do mundo; no entanto, são poucas as jazidas de boa qualidade e com volume adequado para suportar uma escala de produção competitiva. Os EUA, Inglaterra e Ex - União Soviética dominam a produção de caulim beneficiado. A seguir vêm o Brasil e a Coréia do Sul produzindo caulim de boa qualidade, com níveis de produção similares (DAVID, 1982; SILVA, 1991; PRASADA et. al., 1991).

O caulim ainda é o mineral de maior uso na indústria de papel, tanto como carga quanto como cobertura. A sua participação no mercado total de papel se reduziu a menos de 60%, em função do rápido crescimento da utilização de carbonato de cálcio moído ou precipitado, em aplicações como carga, em especial no papel sem cobertura. Isto só foi possível devido às mudanças dos processos de produção de papel, da rota "ácida" para a "alcalina" (LOUGHBROUGH, 1993; DAVID, 1990).

Tem se observado entre os grandes produtores mundiais de caulim (English China Clay, Engelhard, Georgia Kaolin, CADAM, etc.), uma tendência geral, no sentido de introduzir no mercado, cada vez mais, produtos de melhor qualidade e como os custos de transportes continuam crescendo, há motivação (EUA e Canadá) para definição de depósitos e de desenvolvimento de minas de caulim o mais próximo possível do mercado consumidor (McVEY, 1989; MURRAY, 1988).

Para manter o caulim mais competitivo, prevê-se que, nesta década de 90, muitos depósitos de caulim já conhecidos estarão sendo reavaliados, do ponto de vista de melhoria ou introdução de novos processos, para aumentar a alvura e diminuir a viscosidade e abrasividade.

Quanto ao Brasil, o cenário que se mostra é que, pela disponibilidade de caulins de boa qualidade, estes deverão continuar a ser utilizados na indústria de papel, como carga e cobertura. O carbonato de cálcio precipitado é mais caro (mais de US\$ 400,00/t) e por isso dificilmente concorrerá com o caulim (US\$ 100,00/t), na indústria de papel.

Quanto ao carbonato de cálcio natural, mesmo que exista no país disponibilidade de reservas de boa qualidade, haverá necessidade de moagem e micronização, o que contribuirá para onerar os custos de produção, tornando mais difícil a competição com o caulim. Por outro lado, os calcários mais puros do Estado do Espírito Santo estão sendo moídos e em fase de teste no mercado, para carga de papel; no entanto o índice de abrasividade tem estado ligeiramente acima dos níveis requeridos.

4 - REVISÃO DA LITERATURA

4.1 - MINERALOGIA DOS CAULINS

Os termos "Kaolin" e "Kaolinita" tiveram origem na localidade conhecida como "Kau-ling" (significando colina alta), na província de Jiangxi, hoje República Popular da China. No século XVIII, missionários e exploradores europeus fazem referência a uma argila branca, obtida naquela localidade, que era usada pelos chineses para fazer porcelana. A caulinita, silicato hidratado de alumínio, é um argilo-mineral branco e o termo caulim é usado tanto para denominar a rocha que contém a caulinita quanto o produto resultante do beneficiamento da mesma. Os caulins produzidos nos depósitos primários no Sudoeste da Inglaterra são também chamados de "China Clay" (BRISTOW, 1987; DANA, 1970).

Segundo GRIM (1958), define-se caulim como sendo uma rocha constituída de material argiloso, com baixo teor de ferro, cor branca ou quase branca. Os caulins são silicatos de alumínio hidratados, cuja composição química aproxima-se de $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, contendo outros elementos como impureza.

Dentre os grupos de argilo - minerais e seus constituintes, encontra-se o da caulinita, que inclui: caulinita; haloisita - $4H_2O$; haloisita - $2H_2O$ ou metahaloisita; alofano; nacrita, diquita, folerita, anauxita, colirita e tuesita SANTOS et. al. (1959).

A caulinita é um silicato de alumínio hidratado, expresso pela fórmula química $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$. A haloisita e a metahaloisita são variedades polimorfas da caulinita, com diferentes sistemas de cristalização.

Há uma classificação, na indústria cerâmica, para as argilas cauliniticas, que leva em consideração seu grau de cristalinização e impurezas:

- Plásticos, com impureza de ilita;
- Flint, variedade bem cristalizada e pura;
- Semi-flint;
- Flint modular, conteúdo boehmita e diásporo; as duas últimas variedades são altamente refratárias, não plásticas e são denominadas de "fire-clays" e;
- "ball-clays", variedades de caulinita/halosita muito puras, com elevada plasticidade, adesividade e resistência mecânica natural seca.

A halosita apresenta a mesma composição química da caulinita; e, no entanto, a sua forma mais rara, tendo uma camada adicional de moléculas d'água ($4H_2O$) e, por isso, desidratando-se facilmente. Esse mineral, ao ser aquecido a $100^{\circ}C$, perde a camada adicional de molécula d'água e volta à forma normal caulinita/haloisita BRISTOW (1987). Através de microscópio eletrônico de transmissão é possível identificar a haloisita, pelo seu hábito tubular. Para certas aplicações cerâmicas, a presença da haloisita apresenta vantagens; no entanto, em outras, como cobertura de papel, é extremamente prejudicial.

4.2 - GÊNESE E DEPÓSITOS DE CAULIM

Os caulins são resultantes da alteração de silicatos de alumínio, particularmente dos feldspatos e podem ocorrer em dois tipos de depósitos: primário ou residual (eluvial) e secundário.

4.2.1 - CAULIM PRIMÁRIO

Os caulins primários são resultantes da alteração de rochas "in situ", e de acordo com sua origem são classificados segundo BRISTOW (1987) em: intemperizados, hidrotermais e solfataras.

a) INTEMPERIZADO

Este tipo de depósito ocorre em região de clima tropical (quente e úmido), cujas condições físico-químicas favorecem a decomposição dos feldspatos e de outros alumino-silicatos presentes em granitos e rochas metamórficas. Até mesmo outras argilas e folhelhos podem também ser alterados para uma mistura constituída de caulinita e quartzo. Do ponto de vista do processo, o que ocorre é hidratação de um silicato anidro de alumínio anidro de alumínio, seguido de remoção de álcalis, conforme a reação:

Feldspato Potássico + Água = Caulinita + sílica + hidróxido potássico



b) HIDROTHERMAL

Neste tipo de depósito, a alteração da rocha ocorre pela circulação de fluidos quentes, provenientes do interior da crosta (ou água juvenil). Para que haja circulação desse fluido (água quente) é necessário que a rocha tenha porosidade e permeabilidade adequada. Os granitos são as "rochas - mãe" mais comuns na formação dos depósitos hidrotermais de caulins primários. Os depósitos de caulim em St. Austell, no sul da Inglaterra, são aceitos como um tipo de caulim primário, proveniente da alteração (hidrotermal) de granitos.

c) "SOLFATARA"

Neste tipo de depósito as rochas são alteradas pela ação de emanções vulcânicas ácidas, constituídas de vapores ou d'água, ricos em enxofre. Esse tipo de depósito é característico das imediações de Roma, Itália. Devido à presença do enxofre, normalmente na forma nativa, é comum a formação da caulinita em grande quantidade. Nas rochas vulcânicas o quartzo encontra-se com granulometria fina, comparável à da caulinita, sendo portanto extremamente difícil a sua remoção por uma simples separação granulométrica, o que torna o produto rico em quartzo e, portanto, abrasivo. O principal uso do caulim "solfataras" dá-se na fabricação do cimento branco, onde a presença da sílica e sulfato, mesmo em altos teores, não afeta as características do produto final.

4.2.2 - CAULINS SECUNDÁRIOS

Segundo SANTOS et. al. (1959), os caulins secundários são formados pela deposição de materiais transportados por correntes de água doce. As várias origens geológicas do caulim resultam em diferenças notáveis na composição mineralógica, principalmente nos componentes não argilo - minerais. Os caulins secundários apresentam teores menores de quartzo e mica, mas têm contaminação de óxido de ferro e titânio, que podem alterar a cor branca original BRISTOW (1987). Outro efeito que também merece registro é a granulometria mais fina dos argilo - minerais.

Segundo BRISTOW (1987), os caulins secundários são classificados em 3 grupos: caulins sedimentares, areias cauliniticas e argilas plásticas, refratárias e silicosas.

a) CAULIM SEDIMENTAR

O caulim sedimentar cuja característica é a alta percentagem de caulinita, normalmente acima de 60% resulta após o beneficiamento, em um produto com especificações adequadas à indústria de papel.

b) AREIA CAULÍNÍTICA

Os caulins extraídos deste tipo de material contêm menos de 20% de caulinita, e normalmente a areia rejeitada no processo de beneficiamento é destinada à construção civil.

c) ARGILAS PLÁSTICAS, REFROTÁRIAS E SILICOSAS

As argilas plásticas ("ball clays") são constituídas essencialmente de caulinita com a presença de illita e material carbonoso. São usadas principalmente na indústria cerâmica. A argila refratária tem uma composição química similar às argilas plásticas, no entanto vem associada à gibsita e haloisita. Quanto maior o teor de alumina de uma argila refratária, maior a sua refratariedade. Esta diminui com a presença de impurezas do tipo ferro e CaO.

A argila silicosa ("Flint Clay") é composta de caulinita contendo ferro e outros componentes escorificantes. Geralmente são bastante refratárias e em algumas situações podem suportar condições mais adversas do que as argilas ordinárias de base refratária.

4.2.3 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS DEPÓSITOS DE CAULIM

Os principais depósitos de caulim brasileiros estão localizados nos estados do Amapá, Pará, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Norte e Paraíba (Figura 5).

Os depósitos mundiais de caulim mais importantes situam-se na Georgia e Carolina do Sul (EUA), Reino Unido, na Criméa (ex-URSS) e República da Coréia, dentre outros países (Figura 6).

Depósitos primários são típicos de Cornwall (Inglaterra) e Shangai (China) - variedade hidrotermal; da Criméa (ex-URSS) e da Galícia (Espanha) - tipo intemperizado; do Brasil; (Equador-RN; Mogi das Cruzes-SP)-intemperizado.

Depósitos secundários são comuns na Georgia e Carolina do Sul, EUA e Jari(AP) e Rio Capim(PA), Brasil - caulim sedimentar. No Oeste da Alemanha e Guadalajara (Espanha) são conhecidos como areias cauliniticas.



Figura 5- Principais depósitos de caulim do Brasil

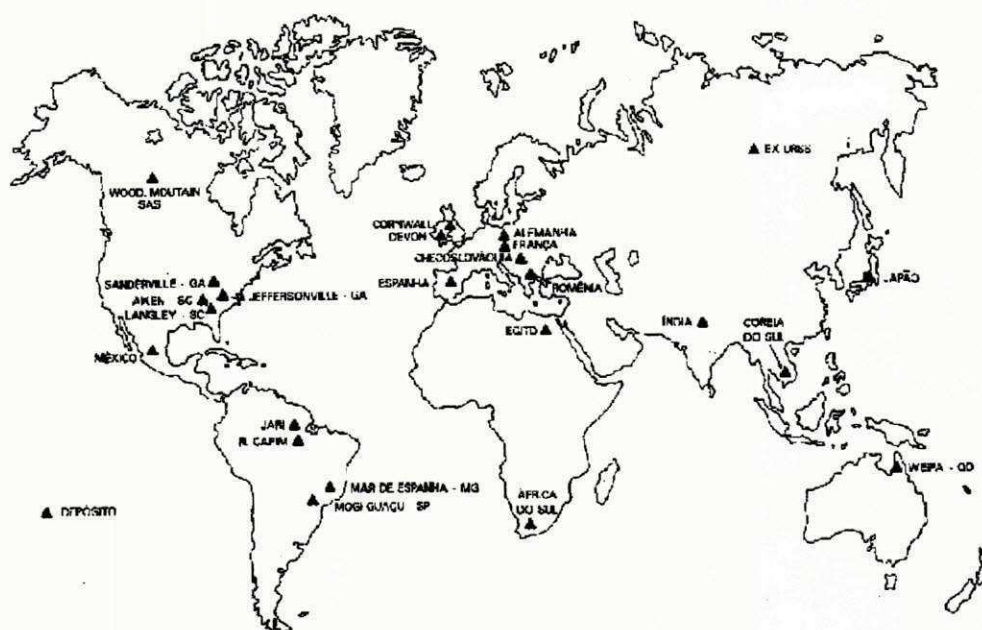


Figura 6- Distribuição geográfica dos principais depósitos mundiais de caulim

4.3 - PROPRIEDADES DOS CAULINS

Segundo MURRAY (1986), o caulim tem um vasto campo de aplicação em função de suas características tecnológicas:

- É quimicamente inerte;
- É branco ou quase branco;
- Tem capacidade de cobertura quando usado como pigmento e reforçador para as aplicações de carga;
- Possui baixa condutividade térmica e elétrica;
- É macio e pouco abrasivo, e
- Competitivo do ponto de vista de preços com os materiais alternativos.

Para avaliar o potencial de aplicação industrial de um caulim é necessário realizar uma caracterização tecnológica. No entanto, existe uma série de testes específicos que pode dar uma boa indicação das propriedades mais importantes do caulim, principalmente quando esse se destina ao uso de carga e cobertura (PRASADA et. al.1991; MURRAY, 1986 e SENNET , 1978). São apresentadas, a seguir, as propriedades mais importantes a serem determinadas, para avaliar as diferentes aplicações do caulim.

4.3.1 - MINERALOGIA

Segundo MURRAY (1980), os constituintes mineralógicos do caulim são uma informação muito importante para apontar os seus usos potenciais. A presença de quartzo, cristobalita, alunita, esmectita, illita, muscovita, biotita, clorita, gibsita, feldspato, anatásio, pirita e haloisita poderão afetar o beneficiamento e os possíveis usos do caulim. A presença de esmectita e/ou alunita no caulim, causa alta viscosidade; haloisita causa também alta viscosidade e diminui a opacidade, que dá o poder de cobertura do caulim; o quartzo, quando presente em granulometria muito fina e portanto, difícil de ser removido durante o beneficiamento, provoca uma alta abrasão.

4.3.2 - FORMA E TAMANHO DE PARTÍCULAS

A forma e a distribuição de tamanho das partículas do caulim são muito importantes para os seus usos comerciais.

Constituem-se em fatores importantes no controle de propriedades tais como alvura, viscosidade, opacidade e brilho. Estas afetam as propriedades mecânicas, ópticas e de impressão sobre uma folha de papel onde se usou o caulim como carga ou cobertura PRASADA et. al., (1991) e JEPSON (1984).

O tamanho da partícula é expressa em diâmetro esférico equivalente e é determinado, normalmente, por métodos de sedimentação, a partir de uma suspensão defloculada em água, usando a lei de Stokes. A forma das partículas de caulim tem uma influência muito grande no seu uso. Por exemplo, os caulins mais adequados para cobertura de papel são aqueles constituídos de: placas hexagonais de caulinita, de morfologia lamelar e contorno regular (PRASADA et. al., 1991).

4.3.3 - ALVURA

A alvura de um caulim é considerada uma das propriedades físicas mais importantes e determina o seu potencial de aplicação. Quanto maior a alvura de um caulim, de uma maneira geral, maior o seu valor agregado (MURRAY, 1986).

Os valores padrão de alvura do caulim são determinados medindo-se a reflectância difusa de luz de um determinado comprimento de onda, normalmente 457nm e comparado com uma medida padrão considerando de alvura 100%, usualmente o óxido de magnésio. A presença no caulim de minerais do tipo mica, turmalina e óxido de titânio (TiO_2) contribui substancialmente para a absorção da luz, tal qual ocorre com os óxidos de ferro hidratados que recobrem as partículas de caulinita (STOCH et. al., 1979).

As propriedades ópticas são funções da reflexão da luz, sendo portanto importante conhecer os parâmetros que influenciam a alvura.

Segundo FERRON et. al. (1990), existem 3 fatores, no caso do caulim, que influenciam a reflexão da luz:

- Grau de contaminação pelas impurezas coloridas;
- Distribuição granulométrica do mineral; e
- Tamanho e forma das partículas.

4.3.4 - pH

Segundo MURRAY (1980), os caulins, antes de serem beneficiados, apresentam, em polpa, um pH entre 4,5 e 6,5. Um pH elevado indica a presença de sais solúveis, os quais se não forem removidos podem causar problemas em várias aplicações .

4.3.5 - PROPRIEDADES REOLÓGICAS

Segundo PRASADA et. al., (1991) e MURRAY (1980), as propriedades de escoamento das suspensões água/caulim são muito importantes, tanto a baixa quanto a alta taxa de cisalhamento. As suspensões são preparadas a uma dada percentagem de sólidos e medida a viscosidade a baixa e alta taxa de cisalhamento. A reologia de baixo cisalhamento parece ser controlada, principalmente, pela área de superfície, onde a viscosidade aumenta com a diminuição do tamanho das partículas. A reologia de alto cisalhamento parece ser controlada, fortemente, pelo empilhamento das partículas .

4.3.5.1 - FLOCULAÇÃO

O termo floculação descreve o fenômeno de agregação de partículas finas a partir de uma suspensão, com o auxílio de substâncias poliméricas. Estas substâncias podem ser polímeros naturais (ex. amido) e sintéticos (ex. poliácridomida). Coagulação e floculação são usadas indiferentemente por muitos autores e a "International Union of Pure and Applied Chemistry - IUPAC", em reconhecimento a isto, tem deixado os pesquisadores livres para usar a sua terminologia.

Coagulação, mais precisamente, é o fenômeno onde a agregação é causada por sais do tipo Na Cl, $Al_2(SO_4)_3$ etc. (YARAR, 1991).

A floculação do caulim com sulfato de alumínio é normalmente usada nas usinas de beneficiamento, na fase de espessamento, anterior à filtração.

Segundo SENNET e YOUNG (1978), através de um controle cuidadoso do ambiente iônico, mina suspensão de caulim, é possível manter a caulinita defloculada ou dispersa e fazendo-se ao mesmo tempo com que as impurezas de anatásio permaneçam floculadas. Com esta floculação seletiva é possível a remoção do anatásio, resultando num aumento da alvura do caulim.

Segundo LETTERMAN et. al. (1983), tem sido investigada a relação do pH e da concentração de íons sulfato, sobre a eficiência de coagulação de caulim, quando se usa sulfato de alumínio. A presença de certos íons, particularmente ânions, altera o pH ótimo da coagulação, o período de reação a dosagem ótima do coagulante e a quantidade de coagulante residual no efluente.

4.3.5.2 - DISPERSÃO

Segundo YARAR (1991) e HEALAY (1978), na prática industrial do beneficiamento do caulim predomina o processo via úmida, a dispersão do caulim em água é a primeira etapa do beneficiamento. Normalmente esta dispersão é feita entre 40 e 45% de sólidos, com o uso de dispersante do tipo hexametáfosfato de sódio, ajustando-se o pH entre 6,5 e 7,5.

Partículas em uma polpa argilosa podem permanecer suspensas por tempo longo, resultando numa suspensão estável, ou sedimentar lenta ou rapidamente, tendo-se nesse caso coagulação ou floculação. A estabilidade de uma suspensão é o estado de equilíbrio que se deseja numa dispersão. Neste caso tem-se a repulsão eletrostática entre as partículas, cujo fenômeno é dominado pela energia de superfície espessura da dupla camada e efeitos potenciais da absorção específica influenciada pelo pH e concentração de sais e íons complexantes.

Para se ter uma suspensão estável é necessário que a soma das energias atrativas e repulsivas entre as partículas seja suficientemente elevada para gerar um resultado líquido de energia repulsiva.

4.3.5.3 - VISCOSIDADE

Segundo PRASADA et. al. (1991); MURRAY (1980, 1986) e LIMA et. al. (1991), as propriedades de escoamento da folha do caulim são muito importantes e devem ser conhecidas, porque nas principais aplicações industriais, tais como: revestimento de papel e tinta, o caulim é usado na forma de polpa. A viscosidade do caulim é medida numa suspensão aquosa, a 70% de sólidos (Norma Tapp I), utilizando viscosímetro Brookfield para baixo cisalhamento (20 rpm) e viscosímetro Hércules para alto cisalhamento (700 rpm). Os caulins precisam apresentar viscosidade baixa (50 - 150Cp) para cobertura de papel, porque a polpa (tinta) à base de caulim, quando aplicada à superfície do papel, deve escoar facilmente, evitando estrias, manchas etc. Os caulins destinados ao uso como revestimento também precisam ser facilmente bombeados e para tal devem apresentar baixa viscosidade a alto cisalhamento.

4.3.5.4 - VARIAÇÃO DA VISCOSIDADE

As principais variáveis que influenciam a viscosidade do caulim são a área de superfície, a forma e o empilhamento das partículas. A presença de contaminantes e sais solúveis tem um efeito adverso sobre a viscosidade. Minerais que se expandem em contato com a água, do tipo esmectita, montmorilonita, vermiculita, montronita, saponita, pectonita, e illita, são também prejudiciais ao caulim quando este se destina à indústria de papel como cobertura (PRASADA et. al., 1991 e GINN et. al., 1984). Idealmente, o caulim deveria apresentar escoamento newtoniano, ou seja, mesma viscosidade em diferentes velocidades de agitação. O que na prática ocorre é que a maioria das argilas tem comportamento dilatante, ou seja, a viscosidade aumenta com a agitação (figura 7) (PRASADA et. al., 1991 e MURRAY, 1980).

Alguns caulins argentinos têm alvura adequada para serem usados como cobertura de papel, no entanto, a viscosidade é muito alta. Estudos de laboratório realizados por GALAZZO et.al., (1986) mostraram que, um tratamento com cátions de Na^+ , para balancear as forças atrativas (Van der Waals) e repulsivas (eletrostáticas), gera uma barreira de energia que diminui a viscosidade da suspensão, a níveis de um caulim usado como cobertura.

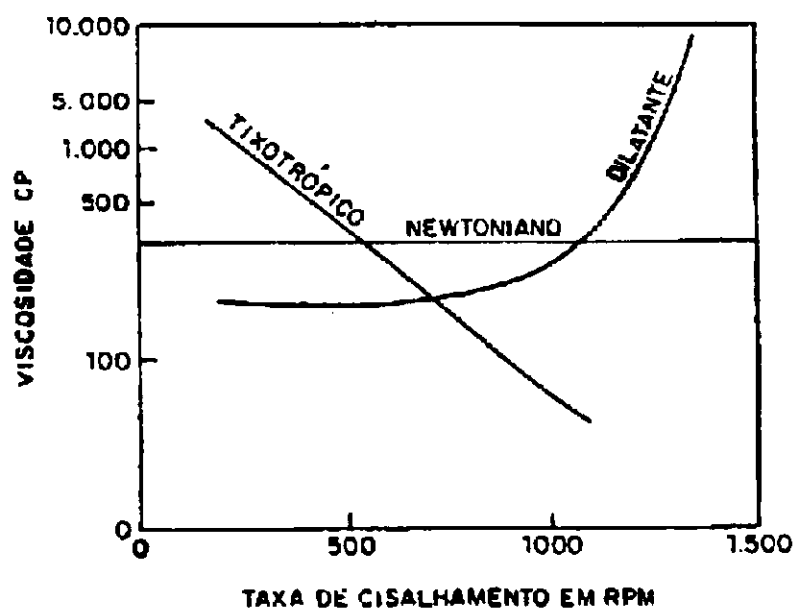


Figura 7 - Tipos de Escoamento Viscoso (CORREIA et. al. , 1976)

4.4 - USOS DO CAULIM

Segundo PRASADA et. al. (1991), CORREIA et. al. (1976) e LOUGHBROUGH (1993), o caulim é uma matéria prima mineral bastante utilizável. Suas propriedades de alvura, maciez, inércia química, granulometria fina (<44um), o tornam adequado para um grande número de aplicações industriais, sendo as mais importantes: papel, cerâmica, fibra de vidro, tinta, plástico, borracha.

INDÚSTRIA DE PAPEL

Segundo McVEY et. al. (1989), as principais propriedades requeridas dos minerais para a indústria de papel são: alvura, opacidade, baixa densidade, baixo índice de abrasão, distribuição granulométrica, baixa viscosidade (50 a 150 cp) quando destinado a cobertura e, pH compatível com o processo.

Na indústria de papel, o caulim é usado como um extensor, diminuindo assim o uso de materiais mais caros do tipo Óxido de Titânio (TiO_2) ou como cobertura para tornar a superfície do papel macia. É também usado como carga funcional, visando melhorar a aparência do papel, opacidade, receptividade à tinta e impermeabilidade (GRIM, 1958).

CERÂMICA

Segundo MURRAY (1980), para as aplicações em cerâmica, requerem-se especificações relacionadas a: plasticidade, cor, ponto de vitrificação (ICE), retração linear e resistência mecânica à deformação.

O caulim é o principal componente na maioria das peças cerâmicas. É usado na produção de louça sanitária, porcelana doméstica, porcelana elétrica, cerâmica de piso, cerâmica de parede, etc.. Alguns caulins são calcinados a $1400^{\circ}C$, moídos e classificados para a obtenção de um produto usado na fabricação de peças de forno e moldes de fundição (JEPSON, 1984).

Os produtores de caulim tiveram que se adaptar às inovações tecnológicas que introduziram mudanças no processo de fabricação da cerâmica. Isto tem resultado em modificações nas características e proporções do caulim incorporado às misturas ("blends"), fornecidos pelos produtores. Segundo LOUGHBROUGH (1993), nas fundições sob pressão. Os produtores de caulim tiveram que aumentar a permeabilidade da peça cerâmica, aumentando a proporção de caulim grosseiro e incorporando menos material ultrafino para acelerar o desaguamento.

FIBRA DE VIDRO

Segundo PRASADA et. al. (1991), o uso de caulim em fibra de vidro deve-se, principalmente, a uma de suas características químicas. O caulim permanece estável quando aquecido a 537°C , onde se inicia a desidroxilação, perdendo sua água. Este fenômeno não é prejudicial ao produto envolvido no processo. A temperatura de 927°C , a desidroxilação se completa e a fibra de vidro funde e reage com o caulim para formar um vidro de maior ponto de fusão. A liberação seqüencial da água, bem como a fusão fibra de vidro/caulim, faz com que o produto mantenha a sua forma, fazendo dessa combinação um dos materiais mais resistentes ao fogo.

Existem 3 tipos de fibra de vidro: fibra de vidro para isolamento (lã de vidro); fibra de vidro óptica e fibra de vidro para reforço. Esta é também conhecida como fibra de vidro para têxtil, fibra de vidro de filamento contínuo e fibra de vidro para isolamento elétrico. Segundo RUSSEL (1991) o caulim é somente usado na manufatura de fibra de vidro de filamento contínuo, onde participa numa composição entre 26 a 28% da carga.

TINTA

Segundo LOUGHBROUGH (1993), a principal função do caulim em tintas à base de solvente é agir como um extensor do Óxido de Titânio (TiO_2), onde é usado na forma calcinada. Por outro lado, em tintas à base de água, os caulins são usados como pigmento extensor funcional, para mudar a natureza da tinta. Os caulins grosseiros dão um acabamento fosco à tinta, enquanto os caulins finos um acabamento brilhante. Os caulins calcinados proporcionam melhor opacidade e integridade de película e são usados geralmente em tintas à base de água e tintas para rodovia.

PLÁSTICO

Segundo O'DRISCOLL (1993), existem mais de 500 tipos de plásticos para diversas aplicações. As cargas minerais são usadas em mais de 20 tipos de plásticos, no entanto, apenas quatro tipos (polipropileno-PP; poliamida-PA; poliéster termoplástico - TÍPES e cloreto de polivinil - PVC) atingem 90% do consumo das cargas minerais. O caulim é usado, principalmente, em nylon, poliolefinas, poliuretano, pvc, polietileno insaturado e poliéster termoplástico .

Segundo LOUGHBROUGH (1993), a função do caulim na manufatura do plástico é prover um acabamento liso, ocultar as fibras, reduzir a contração e o fissuramento durante a cura. O caulim também é usado como modificador reológico e como carga funcional é capaz de melhorar as propriedades mecânicas, elétricas e térmicas. O caulim é normalmente incorporado na forma hidratada ou calcinada e seu principal mercado é como carga no recobrimento de cabos de PVC.

BORRACHA

Segundo PRASADA et. al. (1991), o uso de caulim para borracha é similar ao uso industrial para fibra de vidro, plásticos e adesivos. A principal vantagem do caulim para borracha é o seu baixo custo. O caulim endurece e reforça borracha quando esta é submetida ao devido tratamento. O caulim é normalmente usado em borrachas claras utilizadas na confecção de brinquedos e carpetes.

4.5 - SUPRIMENTO E DEMANDA DE CAULIM

4.5.1 - PRODUÇÃO E RESERVAS MUNDIAIS

A produção de caulim beneficiado é dominada pelos Estados Unidos, Reino Unido e República da Coreia.

O Brasil e a República da Coreia produzem caulim de boa qualidade e encontram-se em processo de aumento da produção.

A tabela 1 apresenta dados da oferta mundial de caulim - 1994 (Reservas e Produção).

Segundo LOUGHBROUGH (1993), no ano de 1992, a recessão na maioria dos mercados consumidores, resultou numa quebra de produção mundial de caulim para cerca de 23 milhões de toneladas.

TABELA 1 - PRODUÇÃO E RESERVAS MUNDIAIS DE CAULIM - 1994

PAÍSES	RESERVAS ⁽¹⁾		PRODUÇÃO ⁽²⁾	
	10 ³ t	%	10 ³ t	%
BRASIL	1.700.000	14,17	953	4,18
E.U.A	8.500.000	70,83	8.770	38,47
REINO UNIDO	300.000	2,50	2.654	11,64
REP. DA CORÉIA	50.000	0,42	2.600	11,40
C.E.I.	1.000.000	8,33	800	3,51
CHINA	200.000	1,67	700	3,07
OUTROS PAÍSES	250.000	2,08	6.323	27,53
TOTAL	12.000.000	100,0	22.800	100,0

Fontes: DNPM - DEM (MURRAY, 1993)

Notas: (1) Reservas totais estimadas, 1989 (exceto Brasil, 1992);

(2) Produção mundial, 1994.

Os dados disponíveis estimam as reservas mundiais de caulim em torno de 12 bilhões de toneladas, concentradas nos Estados Unidos, Brasil, C.E.I. e Reino Unido com aproximadamente 96% do total (MURRAY, 1993).

A oferta mundial de caulim, em 1994, segundo o British Geological Survey (World Mining Statistics), atingiu 22,8 milhões de toneladas, liderada pelos Estados Unidos, com 8,77 milhões, seguindo-se o Reino Unido, a Coréia e o Brasil. Esses quatro países foram responsáveis por 66% da oferta mundial.

Vê-se que o Brasil ocupa a segunda posição mundial em reservas de caulim, com participação de 14,1%, enquanto ocupa a quarta posição na produção mundial, com participação de 4,2%.

4.5.2 - PRODUÇÃO E RESERVAS NACIONAIS

O caulim é produzido em diversas unidades da federação destacando-se os estados do Amapá, São Paulo e Minas Gerais (Tabela 2).

A produção bruta em 1995 foi quase de 2 milhões de toneladas, das quais a maior parte foi tratada nas usinas de beneficiamento, quando mais de 1.067.000 t de caulim dos tipos "coating" e "filler", o que representa crescimentos de 12,2% e 12,3%, respectivamente em relação ao ano anterior .

Em 1995, a CADAM - Caulim da Amazônia S.A. , no Amapá manteve-se como o maior produtor, com aproximadamente 640.000 t de caulim beneficiado, respondendo por quase 60% do total produzido. São Paulo produziu aproximadamente 27% (285.000 t) , através, principalmente, da ECC do Brasil Mineração Ltda., e da Empresa de Mineração Horu Ltda. Em Minas Gerais, destacaram-se a Empresa de Caolim Ltda. e Mineração Caolinita Ltda., com 67% das 100.000 t produzidas. Os demais estados produtores de caulim beneficiado são o Rio Grande do Sul, Paraíba e Paraná.

A produção beneficiada gerou um valor em torno de 115 milhões, o que significa um acréscimo de mais de 10% comparado a 1994.

Os depósitos de caulim do Jari - AP e Rio Capim - PA, de alta qualidade para a indústria de papel, representam cerca de 80% das reservas nacionais (Tabela 3).

TABELA 2 - PRODUÇÃO BRASILEIRA DE CAULIM - 1995

LOCAL	Produção Bruta (t)	Produção Beneficiada (t)
AMAPÁ	807.702	632.771
SÃO PAULO	585.073	289.441
MINAS GERAIS	269.639	100.638
PARANÁ	117.452	1.379
SANTA CATARINA	77.827	-----
RIO GRANDE DO SUL	62.879	30.028
PARAÍBA	27.456	11.652
BAHIA	4.733	-----
PERNAMBUCO	3.264	-----
PIAUI	1.200	1.200
RIO GRANDE DO NORTE	525	-----
TOTAL	1.957.750	1.067.109

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro (1996) DNPM - DEM

TABELA 3 - RESERVAS BRASILEIRAS DE CAULIM - 1995

LOCAL	Medida (t)	Indicada (t)	Inferida (t)
AMAPÁ	245.016.701	115.783.000	
MINAS GERAIS	8.935.520	4.665.627	2.390.346
PARÁ	262.455.260	296.220.300	259.358.178
PARANÁ	14.442.635	10.877.556	15.466.261
PERNAMBUCO	1.497.570	3.061.250	232.500
PARAÍBA	198.959	114.000	19.000
BAHIA	42.761.080		
CEARÁ	138.065		
GOIÁS	16.606.401	9.945.994	51.564.500
PIAUÍ	3.292.004	1.125.043	774.696
RIO DE JANEIRO	348.834	28.942	
RIO GRANDE DO NORTE	991.286	727.000	
RIO GRANDE DO SUL	10.230.029	5.334.462	8.402.642
SANTA CATARINA	31.785.807	7.917.409	5.978.272
SÃO PAULO	37.818.388	23.850.803	27.778.254
TOTAL	676.518.539	479.651.386	371.964.649

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro (1996) DNPM - DEM

Segundo LOUGHBROUGH (1993) e O'DRISCOLL (1992), os outros produtores de caulim que se destacam no país são a English China Clay do Brasil Mineração Ltda. - ECC e a Empresa de Mineração Horu Ltda. Ambas estão localizadas em Mogi das Cruzes - SP e atendem somente ao mercado interno. A ECC fornece o seu produto na forma de polpa, destinado ao segmento de carga de papel e a Horu atende aos mercados de cerâmica, fertilizantes e fibra de vidro. Na tabela 4, estão apresentados os principais produtores brasileiros de caulim.

TABELA 4 - PRODUÇÃO BRASILEIRA, POR EMPRESA, NOS ÚLTIMOS DOIS ANOS LOUGHBROUGH (1993)

EMPRESA	LOCAL	USO	Produção (10 ³ t)	
			1992	1993
CADAM	AP	cobertura de papel	442,0	530,0
ECC	SP	carga de papel	118,0	140,0
HORI	SP	cerâmica fibra de vidro	71,1*	71,1*
EMPRESA DE CAULIM S. A	MG	carga e cerâmica	64,1	70,5
CAULIM AZZI	MG	carga para tinta e papel	16,7	12,0
CAULISA	PB	carga de cobertura de papel	63,0	80,0
UBM	PB	carga de papel e cerâmica	12,0	15,0
TALCO OURO BRANCO	PB	carga para tinta	6,0	7,0
PRODUÇÃO TOTAL			792,9	925,6

* ano de 1990

4.5.3 - DEMANDA DE CAULIM

É bastante difícil levantar dados do consumo mundial de caulim, porque a maioria dos países não divulga essas informações. A partir da produção, exportação e importação, é possível estimar o consumo mundial de caulim em duas dezenas de milhões de toneladas (tabela 5). No período de 1982 a 1986 o consumo aumentou de 17,1 para 20,8 milhões de toneladas.

TABELA 5 - ESTIMATIVA DO CONSUMO MUNDIAL DE CAULIM.

REGIÃO	1982	1983	1984	1985	1986
América do Norte	4878	5630	6301	6191	6917
Europa Ocidental	4946	4479	5112	5302	5313
Ásia / Austrália	1727	1744	1916	2076	2239
América Latina	1035	1056	982	1228	1144
África / Oriente Médio	461	440	511	464	469
Países do Leste Europeu	4148	4249	4448	4607	4723
TOTAL	17196	17598	19271	19896	20805

Fonte: ROSKILL (1988) - citado por O'DRISCOLL (1992)

Segundo HEALEY (1978), cerca de 50% do caulim produzido no mundo destina-se à indústria de papel. Nos Estados Unidos, o maior produtor mundial de caulim, esse percentual é de 54% (tabela 6 e figura 8).

TABELA 6 - USOS DOMÉSTICOS E EXPORTAÇÃO DE CAULIM NOS ESTADOS UNIDOS.

U S O	(t CURTA)
D O M É S T I C O	
Cobertura de papel	2.737.396
Carga de papel	1.631.224
Cerâmica e refratário	1.324.565
Fibra de vidro e isolantes	508.246
Tijolo	410.326
Tinta	324.465
Borracha	224.197
Louça sanitária	26.847
Plástico	61.332
Outros Usos	860.966
EXPORTAÇÃO	
	t (CURTA)
Cobertura de papel	1.208.145
Carga de papel	325.602
Borracha	98.093
Tinta	34.236
Outros	125.236
TOTAL	9.891.135

Fonte: Minerals Yearbook, vol. 1, (1988).

A produção de caulim beneficiado da CADAM, para 1993, foi de 530 mil toneladas. Cerca de 90% dessa produção destinou-se ao mercado internacional, representando cerca de U\$ 40 milhões em divisas para o país.

O mercado consumidor da CADAM tem apresentado a seguinte distribuição: Europa (60%), Japão (26%), Brasil (10%) e Argentina (4%).

O consumo brasileiro de caulim beneficiado no ano de 1991 ficou em torno de 400 mil toneladas e cerca de 50% desse valor, destinou-se à indústria de papel. (tabela 7 e figura 9).

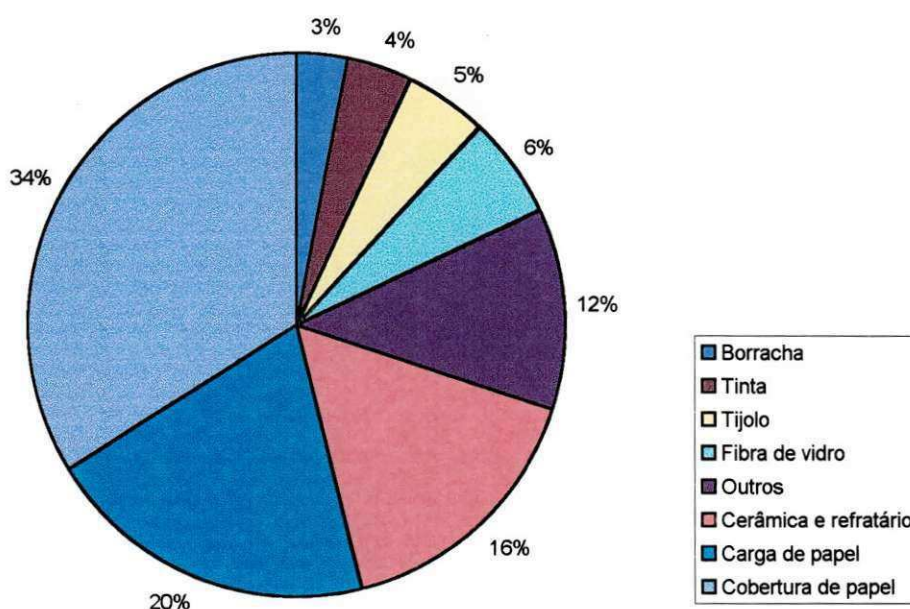


Figura 8 - Perfil de Consumo Doméstico de Caulim nos Estados Unidos.

Fonte: (SARKIS-1988) citada por O'DRISCOLL (1993).

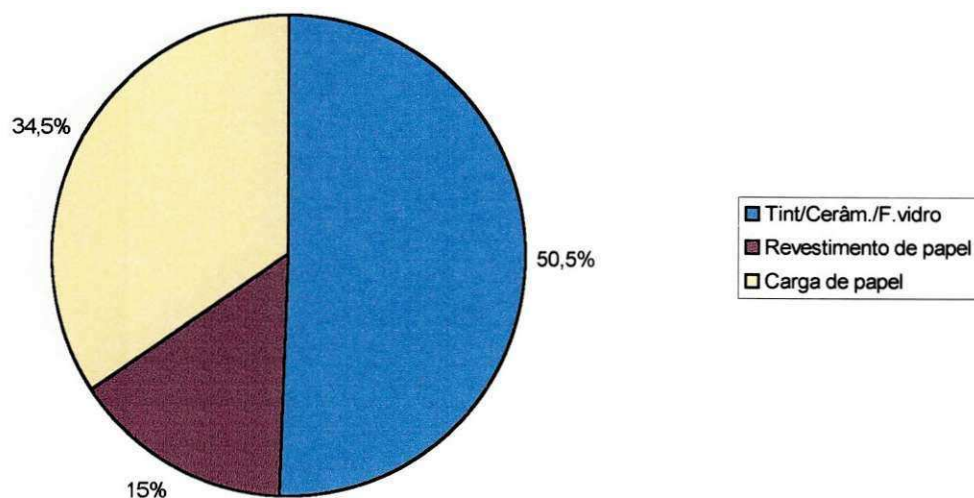


Figura 9 - Perfil do Consumo Brasileiro de Caulim no Ano de 1991.

Fonte: Sumário Mineral 1992/DNPM.

TABELA 7 - PERFIL DO CONSUMO BRASILEIRO DE CAULIM BENEFICIADO, NO ANO DE 1991.

	10^3 t / ano	% Peso
Revestimento de Papel	60	15,0
Carga de Papel	138	34,5
Cerâmica		50,5
Tinta		
Fibra de Vidro	202	
Defensivo Agrícola		
Catalizador		
	400	100,0

Fonte: Sumário Mineral 1992 DNPM.

4.5.4 - TENDÊNCIAS DE MERCADO

Segundo CAHEN et. al. (1990), a aplicação mais importante do caulim é na indústria de papel. No entanto vem se observando, principalmente na Europa, um crescimento na substituição parcial do caulim, pelo carbonato de cálcio, em virtude deste conferir ao papel melhor alvura, opacidade, lisura e maior capacidade de absorção de tinta. Esse crescimento da utilização do carbonato de cálcio vem se dando, em razão da mudança do processo de produção do papel da rota ácida para a alcalina.

Nos últimos anos, o caulim vem apresentando, nos EUA, uma demanda praticamente estabilizada para os segmentos refratário, borracha e cerâmico. No entanto, para a indústria de papel, a demanda vem crescendo de maneira significativa (Figura 10).

Segundo LOUGHBROUGH (1993), apesar da queda no consumo mundial, a partir de 1992, em função da recessão nos principais mercados consumidores, vem se constatando um comércio vigoroso internacional para caulins de alvura elevada, destinados à cobertura de papel e caulins com características adequadas para cerâmica especiais.

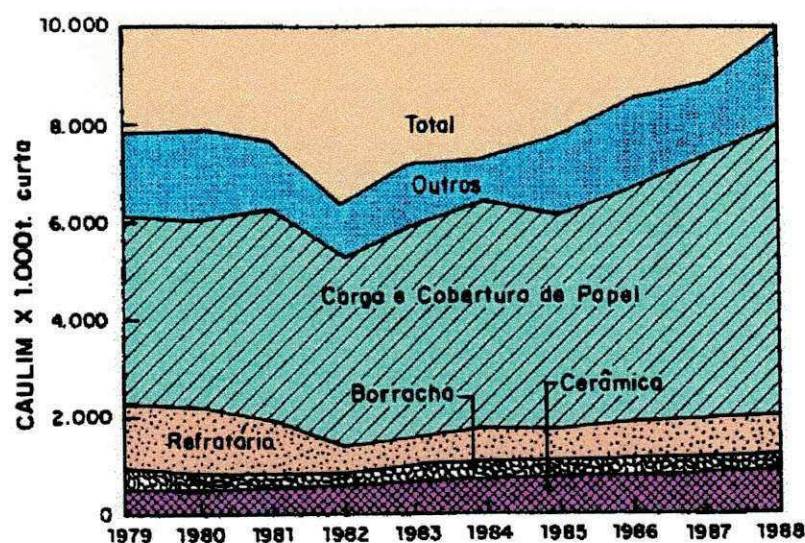


Figura 10 - Caulim vendido ou usado nos EUA para usos domésticos

Fonte: Minerals Yearbook (1988).

4.5.5 - MATERIAIS COMPETITIVOS

Os principais materiais alternativos ao caulim são: carbonato de cálcio, talco, gesso e mica.

O caulim é o mineral de maior uso na indústria de papel, tanto como carga como cobertura, porém, a sua participação no mercado total segundo SINGH et. al. (1991) se reduziu a menos de 60%, devido ao rápido crescimento da utilização do carbonato de cálcio como carga, decorrente da mudança dos processos de produção de papel da rota "ácida" para "alcalina".

No ano de 1989, segundo GALAZZO et. al. (1986), os insumos minerais utilizados na fabricação do papel tiveram o seguinte perfil de distribuição:

- **Europa**

Caulim: 55%;

CaCO₃ natural: 33%;

Talco: 10%;

Outros: (TiO₂, CaCO₃ precipitado) : 2%.

- **Estados Unidos**

Caulim: 82%;

CaCO₃ (natural e precipitado): 11%;

Outros (TiO₂, silicatos sintéticos): 7%

- **Brasil**

Caulim: quase 100%;

Outros: TiO₂, CaCO₃, gesso.

Segundo VELHO et. al. (1992), o talco não chega a se configurar como um concorrente do caulim, apesar de muito usado como carga em indústrias de papel no Japão, Finlândia, França e Espanha. Como componente de cobertura ainda se encontra em fase de estudos, em virtude de possuir três características desvantajosas ao processo de produção de papel :

- Hidrofobia - dificuldade de formação de suspensões com alta concentração de sólidos.
- Oleofilia - possibilidade do talco desestabilizar os agentes de retenção;
- Aerofilia - aprisionamento de bolhas de ar nas suas partículas, reduzindo a quantidade de meio dispersante (água) e conferindo um comportamento dilatante à suspensão.

A utilização da mica e do gesso vem sendo estudada na indústria de papel, com resultados promissores. A Serrana S.A . de Mineração Departamento de Engenharia de Minas EPUSP desenvolveram o processo de tratamento do fosfogesso - um resíduo da solubilização de concentrado de apatita na indústria de fertilizantes - tendo obtido uma carga mineral "nobre", já em uso por algumas indústrias de papel no Estado de São Paulo. A demanda desse gesso purificado é da ordem de 24 mil t/a (VALERY et. al. , 1992). Existe na Espanha uma fábrica que utiliza gesso como carga de papel (VELHO et. al. , 1992).

No Brasil, considera-se que, pela disponibilidade de caulins de boa qualidade, estes deverão continuar a ser utilizados na indústria de papel, como carga e cobertura; carbonato de cálcio precipitado é atualmente mais caro (>US\$400,00 / t) e por isso dificilmente concorrerá, como o caulim (US\$ 100,00 / t) nestes patamares de preço, na indústria de papel; quanto ao carbonato de cálcio natural, mesmo que existisse no país disponibilidade de reservas de boa qualidade (baixo índice de impurezas), haveria necessidade de moagem e micronização, o que contribuiria certamente para onerar os custos de produção, tornando-o menos competitivo com o caulim.

4.5.6 - NOVOS PROJETOS NO BRASIL

Nos próximos cinco anos, está prevista a implantação de novos projetos para produção do caulim do Rio Capim (tabela 8), através do Pará Pigmento S. A, (Associação Mendes Junior / AKW), bem como a expansão da CADAM no Jari.

TABELA 8 - IMPLANTAÇÃO DE NOVOS PROJETOS PARA PRODUÇÃO DE CAULIM.

EMPRESA	LOCAL	PRODUÇÃO (T/ANO)
CVRD / CADAM (1ª ETAPA - 1995)	R. Capim - PA	500.000
CVRD / CADAM (2ª ETAPA - 1997)	R. Capim - PA	500.000
M. JÚNIOR / AKW	R. Capim - Pa	500.000
CADAM (EXPANSÃO - 1995)	Jari - PA	300.00
	TOTAL	1.800.000

A aplicação da CADAM e os novos projetos em implantação deverão elevar a capacidade brasileira de produção em 1,8 milhões t / ano a partir de 1997. Isto somado à capacidade de produção já instalada (1993) de 925 mil t/ano resulta numa produção de caulim beneficiado, colocando o Brasil, possivelmente como terceiro produtor mundial, mudando, assim, substancialmente sua posição no mercado internacional.

4.6 - ASPECTOS DE LAVRA E BENEFICIAMENTO DO CAULIM

4.6.1 - LAVRA

A maioria das minas de caulins do mundo utiliza o método de lavra a céu aberto. Os custos de produção e as condições precárias de sustentação, na maioria dos depósitos de caulim, tornam o método de lavra subterrânea proibitivo, a não ser que se trate de um caulim de propriedades especiais (PRASADA et. al. , 1991 e MURRAY, 1986).

A lavra do caulim geralmente se vem fazendo em pequena escala. Dois fatores fundamentais dificultam a lavra em grande escala; o tamanho da jazida e em alguns casos a seletividade da lavra.

A seletividade da lavra industrial de beneficiamento do caulim praticamente é inevitável. A baixa produtividade da operação e caráter de quase artesanato, intimamente relacionado com a extração dos caulins de elevado índice de alvura, são um obstáculo sério ao aumento da escala de produção.

A relação estéril / minério varia com o tipo do minério e o método de lavra empregado.

No minério de decomposição de granitos, a relação média estéril/ minério atinge até 1:10 a lavra é sempre feita a céu aberto.

Nos pegmatitos, essa relação para a lavra subterrânea não chega a 3 por 1 e na lavra a céu aberto, atinge a faixa de 3 a 4 por 1.

Para ambos os casos, a recuperação na lavra é em média 70%.

Os métodos de lavra dependem da natureza, da forma e do tamanho do depósito. As minas de caulim de Devon e Cornwall, na Inglaterra, utilizam usualmente o método de lavra a céu aberto, com desmonte hidráulico, (durante o qual já se tem uma pré-concentração) de modo a evitar o manuseio excessivo de material estéril. O caulim resultante da pré-concentração e em forma de polpa é bombeado até a usina de beneficiamento (PRASADA et. al. , 1991 e TRAWINSKI et. al. , 1980).

Segundo TRAWINSKI e EISENLOHR (1980), os caulins da Geórgia - EUA são desmontados com escavadeiras desagregados em grandes agitadores ("blungers") móveis e a seguir, já na forma de polpa bombeados, para a unidade de pré-beneficiamento, na própria mina, onde o caulim é desareado em classificadores de arraste ou hidroclassificadores.

A mina de caulim da CADAM, do Morro do Felipe, situada à margem do rio Jari - AP, utiliza o método de lavra a céu aberto e o desmonte com o auxílio de "moto-scaper". A seguir o caulim é desagregado em agitadores ("blungers") em série, desareado em hidroclassificadores, e transportado por mineroduto, que atravessa o rio Jari, para a usina de tratamento, no estado do Pará, distante 4 Km da mina (TRAWINSKI et. al., 1980).

➤ 4.6.2- RELAÇÃO DOS DEPÓSITOS COM O BENEFICIAMENTO

As características tecnológicas de um caulim começam a se delinear com a decomposição do feldspato e de outros alumino-silicatos presentes nas rochas que lhe dão origem. Na formação de depósitos hidrotermais de caulins primários, os granitos são as "rochas-mãe" mais comuns. No caso desses granitos apresentarem, por exemplo, baixo conteúdo em biotita, tanto melhor, pois assim será menor o efeito da liberação do ferro sobre a coloração (avermelhada) do caulim, durante o processo de caulinização (BRISTOW, 1987). As diversas origens geológicas do caulim resultam em diferenças notáveis na sua composição mineralógica. Os depósitos secundários de caulins apresentam teores mais baixos de quartzo e mica, no entanto têm contaminação de óxido de ferro e titânio, que podem alterar a cor branca original (SANTOS et. al., 1959; BRISTOW, 1987).

O beneficiamento de caulim está relacionado diretamente com a história geológica (gênese) do depósito. Dessa forma, para eleger as rotas de processos, é indispensável um bom conhecimento da composição mineralógica do caulim, da natureza do depósito, como também das características do produto a ser obtido. Igualmente ao beneficiamento de outras matérias primas minerais, o beneficiamento do caulim inicia-se com a liberação das espécies presentes, minerais de minério (caulinita e haloisita) e ganga, para a seguir proceder à sua separação (PRASADA et. al. 1991; TRAWINSK, 1980).

Todos os caulins destinados à indústria de papel, tanto para carga quanto para cobertura, necessitam de beneficiamento, porque no seu estado natural, dificilmente um depósito reúne as especificações requeridas pelo mercado, a não ser que se proceda a uma lavra seletiva. Existem dois métodos básicos de beneficiamento de caulim: a seco e a úmido (MURRAY, 1986).

BENEFICIAMENTO A SECO

São poucas as operações unitárias que envolvem o beneficiamento a seco: cominuição, secagem, pulverização e classificação pneumática (Figura 11). Dessa forma, o produto final resultante reflete a qualidade do caulim natural processado. A simplicidade do processo, via seca, resulta em um produto de mais baixa qualidade e menor valor agregado do que aquele obtido pelo processo a úmido.

BENEFICIAMENTO A ÚMIDO

Este é um pouco mais complexo do que o beneficiamento a seco. A primeira etapa consiste em desintegrar o caulim em seus componentes naturais, por dispersão em água com agitação, de maneira a permitir a separação da caulinita, de outras impurezas (quartzo, mica, feldspato), através de classificação. Esta etapa é denominada de desareamento e a fração grossa, acima de 44 μm , é descartada como rejeito.

A fração menor que 44 μm , é submetida a um fracionamento através de ciclones, hidroclassificadores e centrífugas. Nesta operação, ao mesmo tempo em que o caulim é ajustado às características granulométricas requeridas, há um ganho na alvura do produto, resultante da remoção de impurezas do tipo óxidos de ferro e titânio, contidos na fração grossa.

A seguir, dependendo das características do caulim e do produto a ser obtido, tem-se uma etapa de separação magnética de alto gradiente, seguida de lixiviação química.

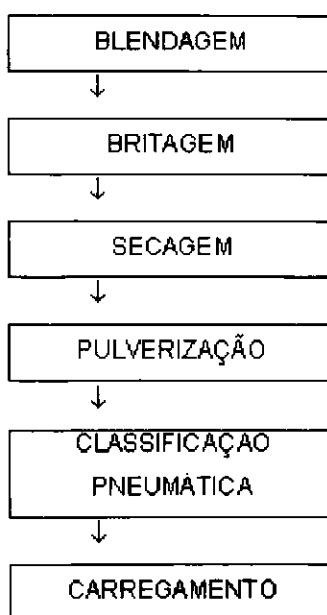


Figura 11 - Fluxograma do circuito de beneficiamento a seco.

5 - METODOLOGIA

5.1- PESQUISA DE CAMPO

O reconhecimento da área a ser trabalhada se deu entre os meses de outubro e dezembro de 1996 com visita direta ao campo, localizado nos municípios vizinhos de Equador - RN e Junco do Seridó - PB (Figura 12), serviu de balizamento para o estudo de pesquisa, onde os pegmatitos produtores de caulim são explorados.

Inicialmente, percorremos toda área para um breve reconhecimento geológico às vezes até de difícil acesso. Após esse reconhecimento, foram coletadas amostras em todas as banquetas ou garimpos e foram feitas entrevistas com garimpeiros, para fins de informações a cerca de produção, modo de extração, dimensões, tipo de caulim e atitudes dos pegmatitos etc.

Em cada área pesquisada foram feitos os seguintes levantamentos:

- No campo, as áreas de Equador-RN (Figura 13) e Junco do Seridó-PB (Figura 14) foram localizadas através de equipamento via satélite (GPS) e localizadas no mapa topográfico;
- Foram selecionadas 19 (Dezenove) áreas para um estudo mais detalhado (Tabelas 9 e 10).

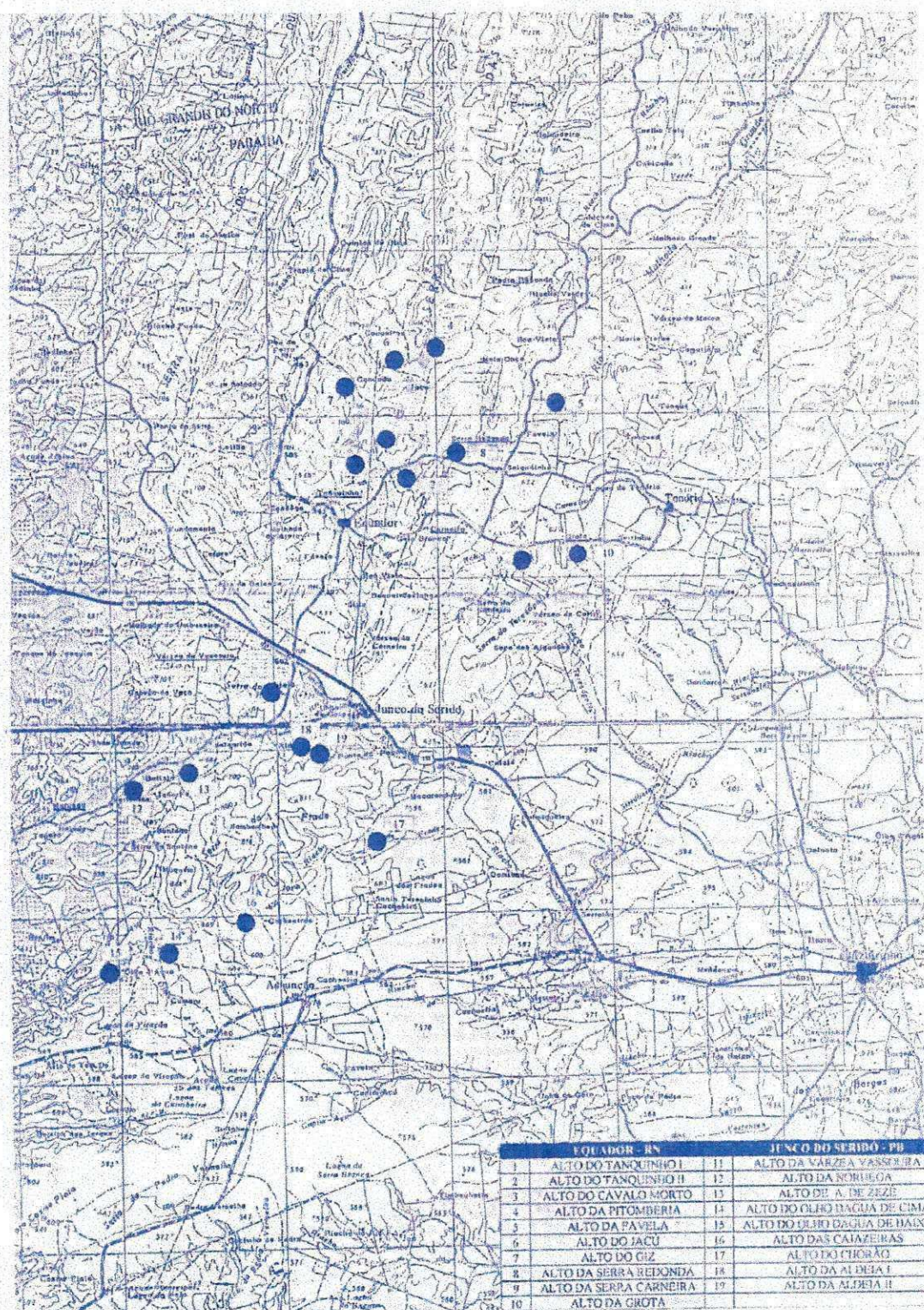


Figura 12 - Mapa de localização dos pegmatitos das regiões de Equador-RN e Junco do Seridó-PB.



Figura 13 - Vista parcial da área de ocorrência em Equador - RN, onde se observa, na entrada do garimpo, o pegmatito alterado (caulim).



Figura 14 - Vista parcial da área de garimpo de Junco do Seridó - PB onde se observa o pegmatito alterado (caulim).

5.2- OCORRÊNCIAS E GARIMPOS EXISTENTES NA REGIÃO

Foram detectadas 19 (Dezenove) áreas produtoras de caulim no sistema de garimpos entre os dois municípios já citados (Figura 12, tabela 9 e 10). A extração de argila se processa de maneira rudimentar onde são abertas galerias verticais até se chegar aos filões mineralizados de argila. A profundidade das galerias varia entre 5 e 80 metros, a largura fica entre 1,20 e 2,50 metros e o comprimento pode chegar a 300 metros.

Algumas áreas produtoras se encontram no mesmo corpo pegmatítico, como é o caso do Alto do Tanquinho, e o restante em filões distintos.

O sistema de transporte da argila até a superfície é o mesmo em todos os garimpos; através de uma corda, roldana e balde, o material é levado até a superfície, esse sistema é também usado na locomoção dos garimpeiros para a sub-superfície.

**TABELA 9 - LOCALIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DOS PEGMATITOS
(EQUADOR-RN)**

Alto do Tanquinho	
Localização :	Amostra trabalhada : AT 3-6
Direção do corpo : N 50°	Altitude :
Profundidade : 15 metros	Comprimento : 37 metros
Largura : 5 metros	Pegmatito: Heterogêneo (Zona III)
Alto da Favela	
Localização: 06°54'28,1" 36°40'22,2"	Amostra trabalhada : EF 2-1
Direção do corpo : N 34° W	Altitude : 718 metros
Profundidade : 14 metros	Comprimento : 20 metros
Largura : 1,10 metros	Pegmatito: Heterogêneo (Zona III)
Alto do Giz	
Localização: 06°54'22,8" 36°43'25,1"	Amostra trabalhada : EALG 1-2
Direção do corpo : N 30°	Altitude : 659 metros
Profundidade : 80 metros	Comprimento : 300 metros
Largura : 10 metros	Pegmatito: Heterogêneo (Zona III)
Alto da Pitombeira	
Localização : 06°53'41,3" 36°41'40"	Amostra trabalhada : AP 1-1
Direção do corpo : 175° N	Altitude :
Profundidade : 36 metros	Comprimento : 15 metros
Largura : 5 metros	Pegmatito: Heterogêneo (Zona III)
Alto do Sítio Grotá	
Localização : 06° 57'54,0" 36° 38'59,1"	Amostra trabalhada : TSIG 4-1
Direção do corpo : E-W	Altitude :
Profundidade : 8 metros	Comprimento : 15 metros
Largura : 10 metros	Pegmatito: Homogêneo
Alto do Jacú	
Localização :	Amostra trabalhada : AJ 1-1
Direção do corpo : N 160°	Altitude :
Profundidade : 8 metros	Comprimento : 8 metros
Largura : 3 metros	Pegmatito: Homogêneo
Alto da Serra Carneira	
Localização : 06° 57'11,4" 36°40'14,4"	Amostra trabalhada : JSC 1-2
Direção do corpo : E-W	Altitude :
Profundidade : 8 metros	Comprimento : 8 metros
Largura : 2 metros	Pegmatito: Heterogêneo (Zona III)
Alto da Serra Redonda	
Localização : 06° 55'43,3" 36° 41'26,8"	Amostra trabalhada : ESR 1-1
Direção do corpo : N - S	Altitude :
Profundidade :	Comprimento :
Largura :	Pegmatito: Heterogêneo (Zona III)
Alto do Tanquinho II	
Localização :	Amostra trabalhada : AT2 1-2
Direção do corpo : N 70°	Altitude :
Profundidade : 7 metros	Comprimento : 15 metros
Largura : 2 metros	Pegmatito: Homogêneo
Alto do Cavalo Morto	
Localização : 06°55'20,5" 36° 42'22,8"	Amostra trabalhada : ACM 1-1
Direção do corpo : N 100°	Altitude :
Profundidade : 8 metros	Comprimento : 15 metros
Largura : 5 metros	Pegmatito: Homogêneo

**TABELA 10 - LOCALIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DOS PEGMATITOS
(JUNCO DO SERIDÓ - PB)**

Alto da Várzea Vassoura	
Localização: 06°59'17,4" - 36°44'20,4"	Amostra trabalhada : JVV 1-2
Direção do corpo : N 45° L	Altitude : 561 metros
Profundidade : 25 metros	Comprimento : 25 metros
Largura : 1,5 metros	Município : Junco do Seridó - PB
Alto de Antônio de Zezé (Sítio João Ferreira)	
Localização : 07°00'36" - 36°45'51,4"	Amostra trabalhada : ZAAZ 4-1
Direção do corpo : N 80°	Altitude :
Profundidade : 12 metros	Comprimento : 10 metros
Largura : 3 metros	Município : Junco do Seridó
Alto das Cajazeiras	
Localização: 07°03'12,3" -36°44'55,8"	Amostra trabalhada : ACAJ 1-1
Direção do corpo : N 67° O	Altitude : dados incompletos
Profundidade : dados incompletos	Comprimento : dados incompletos
Largura : dados incompletos	Município : Junco do Seridó - PB
Alto do Chorão	
Localização :	Amostra trabalhada : JAC 1-2
Direção do corpo : LESTE - OESTE	Altitude :
Profundidade : 22 metros	Comprimento : 15 metros
Largura : 2,5 metros	Município : Junco do Seridó
Alto da Aldeia	
Localização: 07°00'34,8" -36°43'52,0"	Amostra trabalhada : JAALD 1-1
Direção do corpo : N 26° O	Altitude : 722 metros
Profundidade : 13 metros	Comprimento : 10 metros
Largura : 3 metros	Município : Junco do Seridó
Alto da Noruega	
Localização: 07°00'53,8" 36°46'49,8"	Amostra trabalhada: JAN 1-1
Direção do corpo: 20° N	Altitude: 637 metros
Profundidade: 12 metros	Comprimento: 25 metros
Largura: 6 metros	Pegmatito: Homogêneo
Alto do Olho D'água de Cima	
Localização: 07°03'30,1" 36°46'11,5"	Amostra trabalhada: JODC 1-1
Direção do corpo: N 30° W	Altitude: 479 metros
Profundidade: 7 metros	Comprimento: 15 metros
Largura: 22 metros	Pegmatito: Homogêneo
Alto do Olho D'água de Baixo	
Localização: 07°04'06" 36°47'7,9"	Amostra trabalhada: SODB 2-2
Direção do corpo: E - W	Altitude: 661 metros
Profundidade: 15 metros	Comprimento: 10 metros
Largura: 10 metros	Pegmatito: Homogêneo
Alto da Aldeia II	
Localização: 07°00'43,6" 36°43'36,5"	Amostra trabalhada: JALD2 1-1
Direção do corpo: N 260°	Altitude: 685 metros
Profundidade: 13 metros	Comprimento: 40 metros
Largura: 10 metros	Pegmatito: Heterogêneo (Zona III)

5.3 - PESQUISA DE LABORATÓRIO

As amostras coletadas na fase de trabalho de campo foram selecionadas e analisadas para a distribuição de diâmetros das partículas de argila caulim.

A análise granulométrica foi executada através das seguintes operações adaptadas com modificações feitas no trabalho de SOUZA SANTOS (1976): pesagem, secagem, pesagem novamente, britagem, separação granulométrica (a seco e a úmido), decantação (no tratamento a úmido), secagem (no tratamento a úmido).

5.3.1 -ESCOLHA DO TIPO DE SEPARAÇÃO GRANULOMÉTRICA

Foram realizados dois testes de separação granulométrica, um a seco e outro a úmido na Amostra AT 2-4 (Equador - RN), escolhida aleatoriamente entre as demais, com o objetivo de escolher o método que produzir-se maior quantidade de caulim passado na peneira de 200 mesh, os resultados e procedimentos estão descritos abaixo:

- **Separação a Seco**

Foram separadas 649,50 gramas de amostra de caulim (AT 2-4) e colocadas numa seqüência de peneiras (20, 48, 100 e 200 mesh) e colocadas num vibrador elétrico, foram obtidos em porcentagem os seguintes resultados:

- Quantidade de amostra bruta 100,00 %
- Fração maior do que 200 mesh 87,80 %
- Fração menor do que 200 mesh 10,90 %
- Quantidade perdida no manuseio 1,30 %

- Separação a úmido

Neste método foram separadas 506,00 gramas de caulim da amostra AT 2-4, depois de pesada, a quantidade de caulim foi molhada com aproximadamente 2 litros de água, a solução devidamente mexida foi então passada nas peneiras de 20, 48, 100 e 200 mesh. Os resultados em porcentagem são os seguintes:

- Quantidade de amostra bruta 100,00 %
- Fração maior do que 200 mesh 76,70 %
- Fração menor do que 200 mesh 22,69 %
- Quantidade perdida no manuseio 0,61 %

- Conclusão

Pelos resultados acima obtidos, observamos que o método de separação a úmido produziu uma quantidade de caulim passado na peneira de 200 mesh bem maior do que o método a seco, portanto, a separação a úmido foi a escolhida para ser utilizada nas demais amostras.

5.3.2 - MÉTODO DE SEPARAÇÃO A ÚMIDO

Em todas as amostras foram realizadas as seguintes operações de separação a úmido para análise granulométrica, adaptadas para as nossas necessidades utilizando os seguintes passos:

- 1º) Pesagem ;
- 2º) Secagem em estufa a 70°C durante 24 horas ;
- 3º) Pesagem novamente ;
- 4º) Desagregação dos torrões de pegmatito com água, feito com as mãos num balde de polietileno:
- 5º) Peneiramento utilizando as peneiras de 20, 48, 100, 200, 325, 400 e 500 mesh ;
- 6º) Secagem e pesagem do material retidos nas peneiras ;
- 7º) Decantamento do material que passou na peneira de 500 mesh em baldes de polietileno durante aproximadamente 24 horas:
- 8º) Drenagem da água utilizando uma mangueira ;
- 9º) Secagem em estufa a 110° C ;
- 10º) O material é então embalado e pesado e,
- 11º) Com as devidas frações granulométricas definidas, é calculada as proporções.

5.4 - RESULTADOS OBTIDOS

São descritos os resultados obtidos nas áreas de lavra e beneficiamento.

Na área de lavra os resultados dizem respeito a aspectos técnicos e sugestões para a melhoria dos métodos de lavra adotados presentemente nos garimpos. Na área de beneficiamento foi visitado o decantador de Antônio Leal (Equador-RN).

5.4.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A GEOLOGIA

Informações que poderão ser úteis na melhoria dos métodos de lavra de pegmatitos cauliníferos de Equador-RN e Junco do Seridó-PB.

Devido à complexidade do assunto, apenas os aspectos da geologia dos pegmatitos cauliníferos de Junco do Seridó e Equador serão essenciais ao planejamento da lavra.

De acordo com as observações de campo, o caulim de Junco do Seridó-PB e Equador-RN ocorrem nas zonas superiores de pegmatitos heterogêneos ou homogêneos. A uma certa profundidade da superfície, bastante variável de um pegmatito ao outro, ocorre a transição gradual do caulim para o feldspato não alterado. Nos garimpos visitados foi observado a existência de caulim até uma profundidade de 30 metros do topo do pegmatito, ocorrendo a partir desta profundidade a transição para o feldspato.

A parte alterada da zona II dos pegmatitos heterogêneos, e a parte alterada dos pegmatitos homogêneos, de acordo com a Figura 04, constituem o chamado "caulim de sal"; enquanto que a porção alterada da zona III dos pegmatitos heterogêneos constituem o localmente denominado de "caulim de veio".

O "caulim de sal" é formado principalmente por grãos de quartzo, muscovita e caulim, com uma granulação uniforme entre grãos variando de 1 milímetro à 5 centímetros. Este tipo de material apresenta menor teor de caulim, com um rendimento geralmente inferior a 40%. Sua resistência mecânica é bastante baixa, podendo-se desagregar facilmente.

Já o "caulim de veio" é formado principalmente por caulim, com um rendimento geralmente de 80%. O quartzo e a mica aparecem disseminados em granulação fina, ocorrendo também fragmentos grosseiros no núcleo de quartzo.

Algumas vezes a transição entre o "caulim de sal" e o "caulim de veio" é gradual (Figura 04). Outras vezes a transição do caulim para o feldspato com a profundidade impede o aparecimento do "caulim de veio" nos níveis inferiores dos pegmatitos heterogêneos.

As encaixantes consistem de quartzitos com estratificação sub-horizontal, mergulhando de 5° à 20° em geral.

A potência dos pegmatitos em forma de veios varia de 3 a 6 metros, com raras exceções podendo atingir até 14 metros ; enquanto que, a dimensão no sentido longitudinal pode chegar a mais de 1000 metros. Possivelmente a persistência de alguns dos pegmatitos caulíferos de Junco do Seridó e Equador podem atingir a ordem de 70 metros, entretanto, acredita-se que o caulim dificilmente ocorrerá abaixo de 50 metros de profundidade do topo do pegmatito.

5.4.2 - ASPECTOS GERAIS DA LAVRA

Praticam-se ambas as lavras subterrâneas e a céu aberto para o caulim de Junco do Seridó-PB e Equador-RN. Ao que se pode constatar os garimpos dão preferência à lavra subterrânea para evitar a remoção do capeamento, cuja a espessura varia bastante de uma jazida para outra; mas o valor representativo seria de 5 metros.

Nos garimpos as atividades de desagregação e carregamento do caulim são realizadas manualmente, com o uso de picaretas e pás. Nos garimpos subterrâneos os transportes de nível são realizados com carros de mão, e o transporte vertical até a superfície é feito por roldanas manuais, o que torna sem atratividade a lavra de caulim a mais de 20 metros de profundidade, mesmo havendo material de boa qualidade em níveis abaixo.

Outro aspecto que merece menção é a necessidade das drenagens para alguns garimpos e minas. Algumas jazidas tem que ser abandonadas devido às infiltrações de água. Dependendo do volume de água infiltrada em algumas jazidas, poderia ser justificada a utilização de motobombas para drenagem, de forma a evitar a depredação das reservas.

No que se refere à lavra subterrânea, foram observados diversos casos de abatimentos da superfície causados pelos colapsos dos pilares de caulim. Aqui pode-se verificar condições de insegurança, pois a lavra é feita sem levar em consideração às características particulares de cada pegmatito, relativamente às propriedades mecânicas do caulim, das encaixantes, e do capeamento bem como a profundidade dos trabalhos, a presença de água subterrânea, e a potência da jazida. Quase sempre, devido às inundações em fases posteriores à lavra, as escavações realizadas para a exploração subterrânea do caulim entram em colapso completo, acarretando o abatimento da superfície, com a destruição do solo e continuada erosão.

O método de lavra utilizado na região é o de câmaras abertas com lavra descendente "Underband open stopes". O acesso ao caulim pode ser por poço vertical ou galeria de nível, dependendo da topografia. A lavra se processa por fatias descendentes, cada fatia tem em torno 1,50 a 2,00 metros de altura, sendo o caulim desalojado por meio de picaretas (LIMA et. al., 1985).

A lavra descendente prossegue até uma profundidade geralmente inferior a 30 metros. Problemas relacionados a infiltração de água, diminuição da produtividade do trabalho, instabilidade da escavação ou compactação excessiva do caulim, impedem a lavra abaixo de 30 metros, e desta forma, apenas um nível é usado na lavra.

As fases de pesquisa, desenvolvimento e lavra não são praticadas seqüencialmente pelos garimpeiros, visto que, a lavra é iniciada sem ter tido informações sobre a profundidade e a continuidade do pegmatito.

Um dos fatores que influenciam relativamente nas boas qualidades geomecânicas do caulim é a ausência de fraturamentos. A não utilização de explosivos para o desmonte, também, favorece muito a estabilidade, porque evita o fraturamento e vibrações na rocha. Também a forma de arco que os garimpeiros dão ao teto durante a escavação do caulim, contribui bastante para evitar desmoronamentos.

A estabilização da capa "hanging wall" é conseguida pelos pilares de proteção, que tem geralmente em torno de 10 metros de comprimento (W_p) na direção longitudinal do pegmatito, para uma câmara com 30 metros de comprimento. Neste caso tem-se uma recuperação de 75% do caulim, exceto a reserva não recuperada nos níveis inferiores do pegmatito, devido aos fatores já mencionados.

A largura dos pilares é de grande importância na estabilidade da capa. Os valores adotados variam muito, dependendo da espessura de capeamento e da resistência do caulim. Como uma regra geral, e na falta de conhecimento mais detalhado presentemente, pode-se recomendar uma largura pelo menos igual à potência da camada (LIMA et. al., 1985).

Dados levantados no campo mostram uma certa dispersão quanto à produtividade da lavra manual, dependendo da consistência do caulim, da profundidade da lavra e da habilidade dos garimpeiros.

Na lavra subterrânea com acesso por galerias de nível, a equipe de trabalho é composta de dois operários e com acesso por poço vertical, um trabalhador adicional opera a roldana.

Para o caulim de pequena resistência, geralmente o "caulim de sal", uma equipe de 2 a 3 operários, dependendo do tipo de acesso, pode desagregar e carregar sobre caminhões de 15 toneladas por dia (2 caminhões). Para caulins de maior consistência esta produtividade cai para 10 toneladas por dia.

Para a lavra subterrânea com acesso por poço, a produtividade vai até 8 metros de profundidade, para o "caulim de sal" que é em torno de 15 toneladas por dia, caindo para 10 toneladas por dia para o "caulim de veio".

A lavra manual além de baixo custo tem a vantagem adicional de ser mais seletiva, evitando a contaminação do caulim com materiais impregnados de óxido de ferro, e fornecendo um produto de maior teor e alvura. Ao mesmo tempo a lavra manual não causa o fraturamento dos pilares e do teto por explosivos. Finalmente, a lavra manual tem a vantagem de empregar a mão-de-obra da região e de consumir poucos recursos energéticos.

Devido ao baixo custo do caulim, a lavra dos pegmatitos caulíferos comporta poucos gastos com sistemas de suporte e estabilização das escavações, drenagem, ventilação, perfuração e desmonte, etc. Entretanto, mesmo para lavra manual deve-se procurar reduzir as condições de insegurança do trabalho pela racionalização de métodos e planejamento da lavra.

5.4.3 - BENEFICIAMENTO

Nas instalações de beneficiamento Antônio Leal - Equador (RN), na qual recebe o nome de Decantador, o processo usado é rudimentar e basicamente consta das seguintes etapas (Figura 15):

- O caulim é inicialmente paleado para dentro de um desagregador (batedor) onde é adicionado água;
- Posteriormente com o caulim já desagregado é feita uma classificação através de uma peneira fixa de 200#. Nesta classificação o "over flow" é considerado rejeito e o "under flow" é deixado em tanques para decantação (Figura 16), onde é retirado o excesso de água após o caulim sedimentar e, em seguida o caulim em forma de torta é seco em fornos, que posteriormente é triturado e classificado.



Figura 15 - Vista parcial do decantador de Antônio Leal, Equador - RN

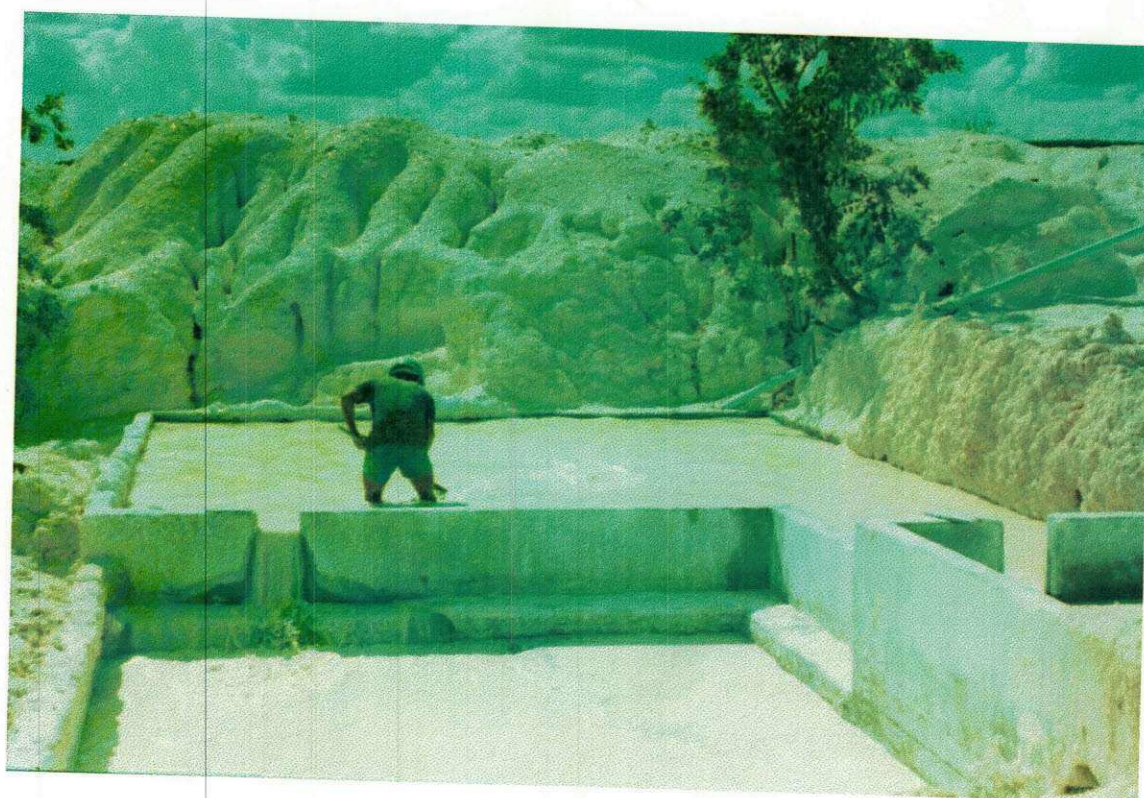


Figura 16 - Tanque de decantação do decantador Antônio Leal , Equador - RN.

5.5 - CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DOS PEGMATITOS

5.5.1 - INTRODUÇÃO

É de grande importância tecnológica a identificação de minerais, tais como as argilas pelo método de difração de raios-X, que é chamado diagrama de pó. O diagrama de pó pode ser obtido usando-se a câmara de pó, obtendo-se um difratograma de raios-X registrado em uma fita de filme fotográfico ou então utilizando-se um goniômetro com contador Geiger e registra gráfico, obtendo-se então um difratograma de raios-X (AZÁROFF et. al. , 1958).

A classificação dos argilominerais está toda baseada em considerações cristalográficas estruturais e na composição química. Com o difratógrafo de raios-X com registro gráfico, a difração de raios-X pode, no caso de argilominerais, ser utilizada como substituto (quase completo) da composição química, usando transformações térmicas e tratamentos químicos simples dos argilominerais para identificação das fases cristalinas formadas devido a esses tratamentos.

A qualidade do caulim utilizado nas indústrias é função de diversas propriedades ou características desse mineral. Algumas das propriedades de importância são: alvura, maciez, forma e tamanho das partículas, viscosidade, brilho, pureza mineralógica e outras.

O caulim oriundo de alteração de feldspatos nos pegmatitos é relativamente mais puro do que o caulim de origem sedimentar, devido aos processos geológicos inerentes na formação de cada um deles.

Neste estudo achou-se importante fazer uma análise mineralógica das diversas faixas granulométricas com o objetivo de conhecer as impurezas existentes em cada fração.

As frações utilizadas foram 325, 400 e 500 mesh (retidas) e passante de 500 mesh, e o material dessas frações granulométricas foi analisado com difratometria de raios-X do Laboratório do Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará.

Entre um total de 19 amostras analisadas, com difratometria de raios-X, foram selecionadas 6 amostras representativas para ilustrar a natureza mineralógica da fração argilosa do pegmatito.

Os principais minerais identificados nessas amostras são caulinita, sericita e quartzo. Nas amostras da fração + 325 mesh estão presentes todos estes três minerais, com caulinita sendo relativamente predominante (Figuras 17 a 22). Em algumas amostras a quantidade de sericita varia, permanecendo em pequena proporção como se observa nas figuras 17 a 21, na fração de +325 mesh. O mesmo comportamento, isto é, presença de sericita e quartzo é detectado nas frações retidas nas peneiras de 400 e 500 mesh .

Entretanto, nas frações passantes de 500 mesh, no qual concentra-se grande quantidade de argila, há uma redução considerável de sericita e ausência de quartzo (Figuras 18, 19 e 21). Em outras amostras mesmo na fração passante de 500 mesh há uma persistência de sericita junto com o quartzo no caulim (Figuras 17, 20 e 22).

Essa análise demonstra que a pureza do caulim aumenta consideravelmente nas frações abaixo de 500 mesh nos pegmatitos. Em relação as impurezas de sericita e quartzo há uma diminuição significativa nas frações mais finas, tornando assim, o material com o mais elevado grau de pureza.

5.5.2 - PREPARAÇÃO DOS ESPÉCIMES PARA CARACTERIZAÇÃO DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS

Para o trabalho foram selecionadas 6 amostras dentro de um total de 19, utilizando-se o difratógrafo de raios-X do Laboratório do Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará. As amostras selecionadas foram:

- **Junco do Seridó - PB:**

JVV 1-1; JAC 1-2; JAAZ 1-1.

- **Equador - RN:**

AT 1-1; EF 2-1; EALG 1-1.

Obteve-se então, difratograma de raios-X para todas as espécimes, com registros de gráficos (Figuras 17A a 22D). Eles mostram os resultados de acordo com as granulometrias de +325, +400, +500 e -500 mesh. Segue no Anexo 11 quadros de distâncias interplanares de caulinita, sericita e quartzo (BROWN, 1961).

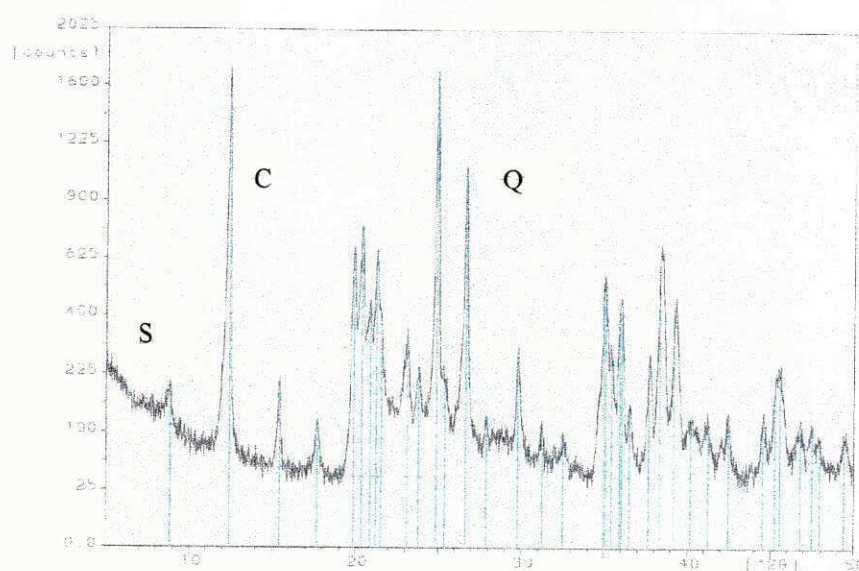


Figura 17 (A)

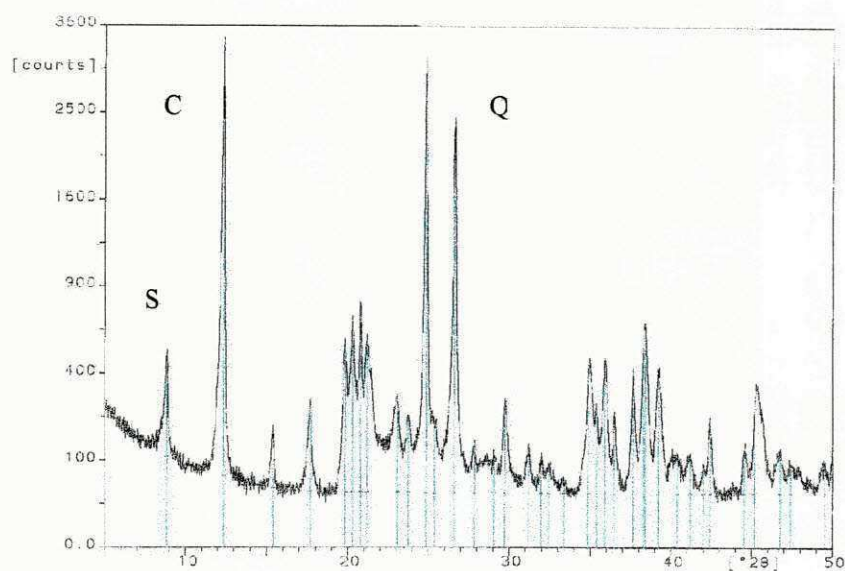


Figura 17 (B)

Figura 17- Análise de difratograma de raios-X da amostra JAC
(Junco do Seridó)-PB

- (A) Fração +325 mesh;
- (B) Fração +400 mesh.

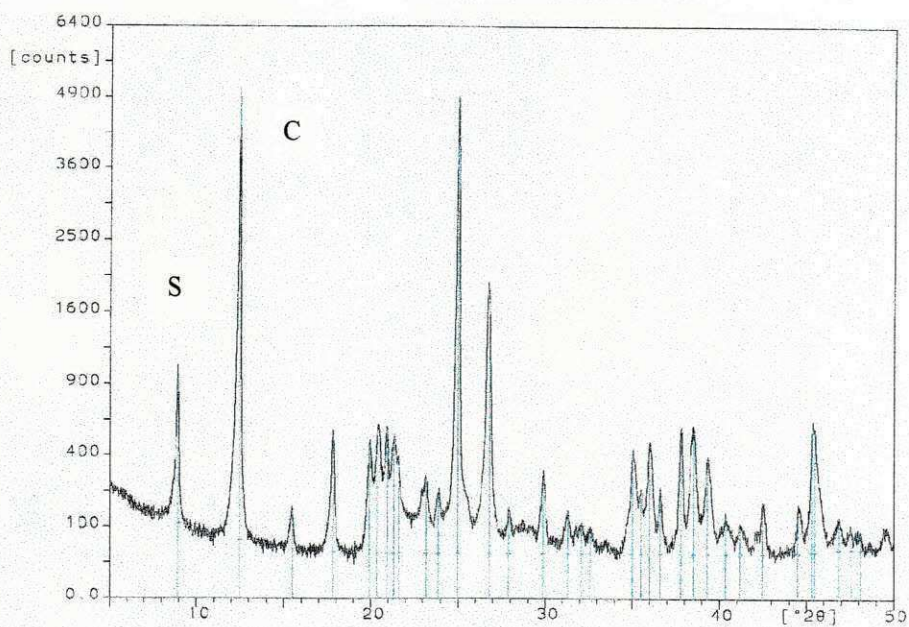


Figura 17 (C)

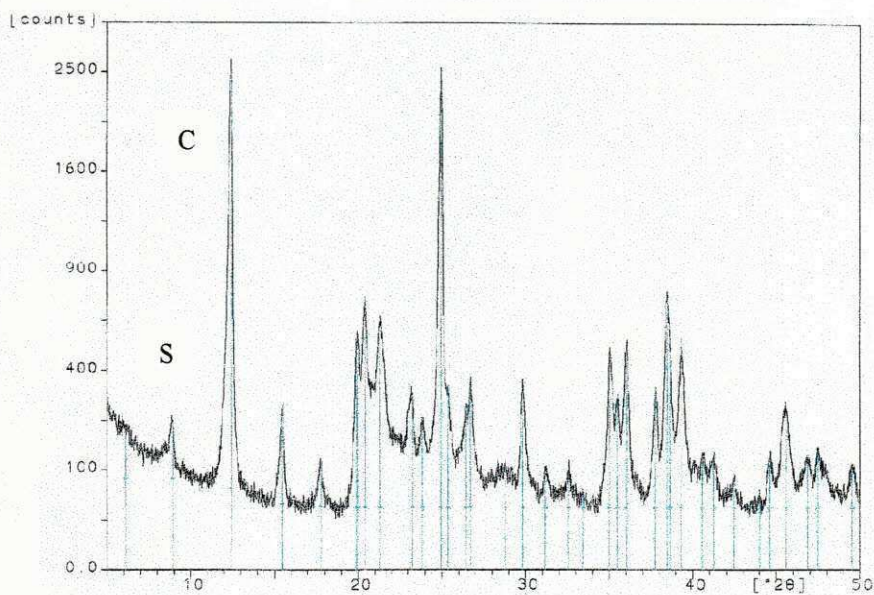


Figura 17 (D)

Figura 17- Análise de difratograma de raios-X da amostra JAC
(Junco do Seridó)

(C) Fração +500 mesh;
(D) Fração -500 mesh

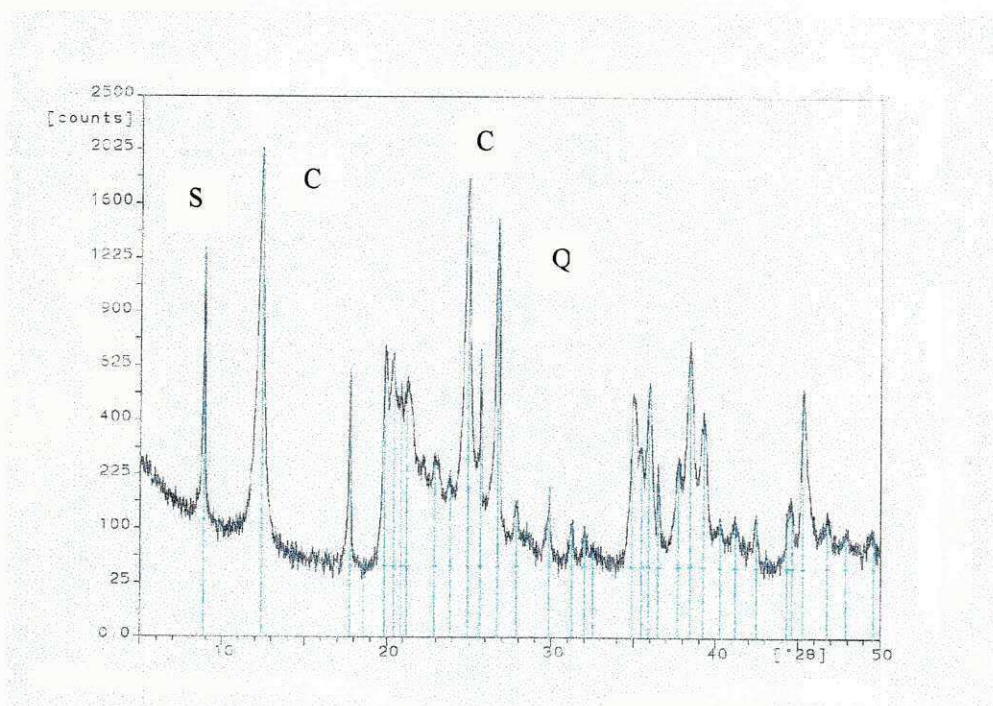


Figura 18 (A)

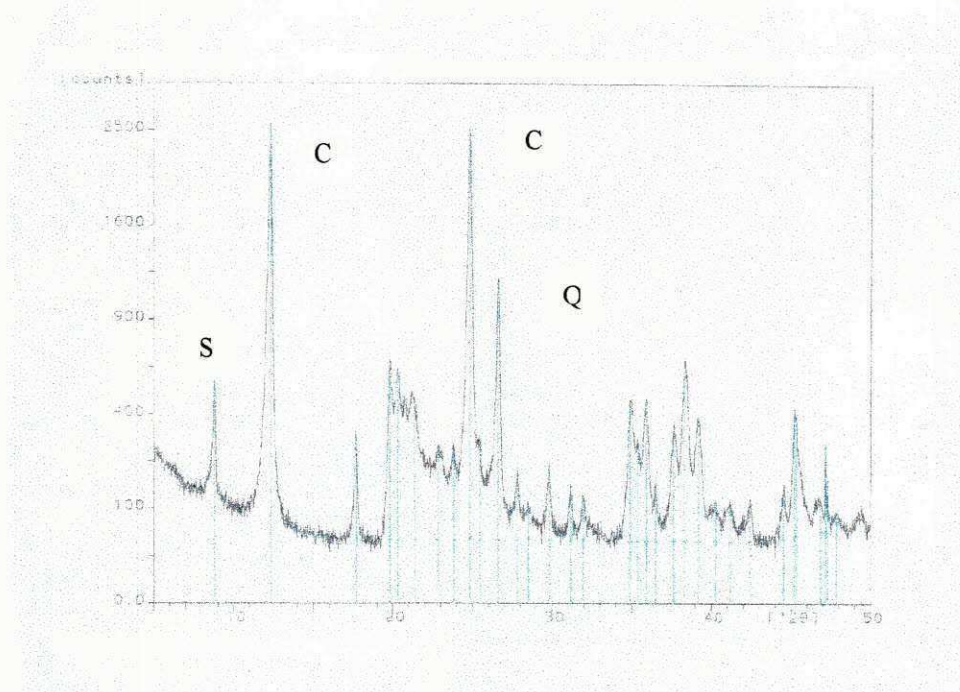


Figura 18 (B)

Figura 18 - Análise de difratograma de raios-X da amostra JVV (Junco do Seridó-PB).

- (A) Fração +325 mesh;
- (B) Fração +400 mesh.

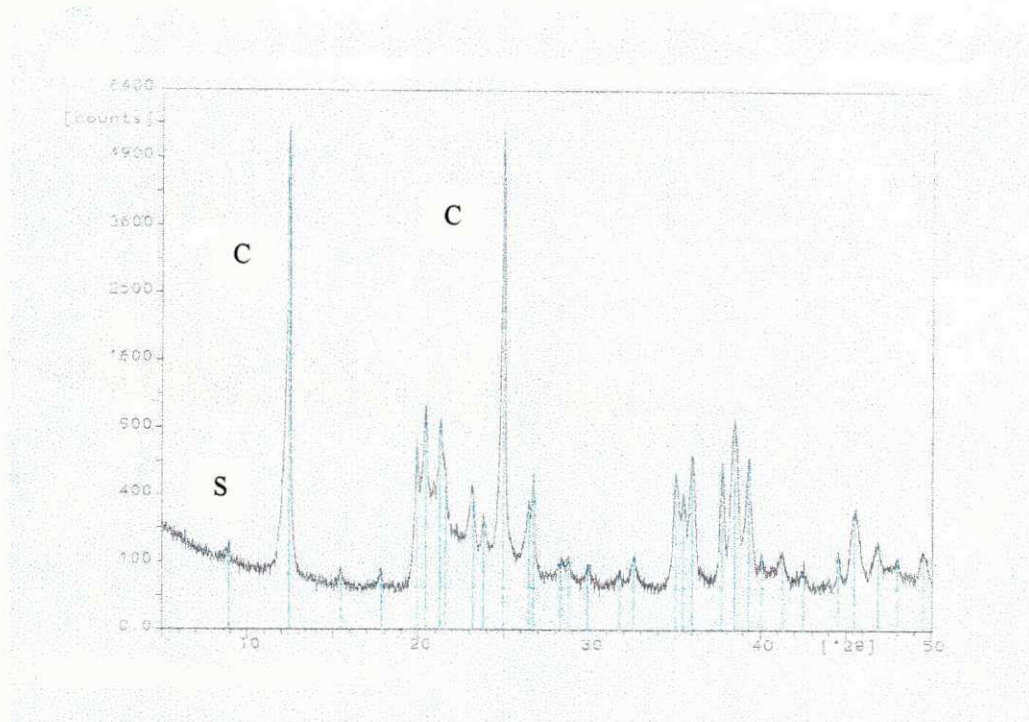


Figura 18 (C)

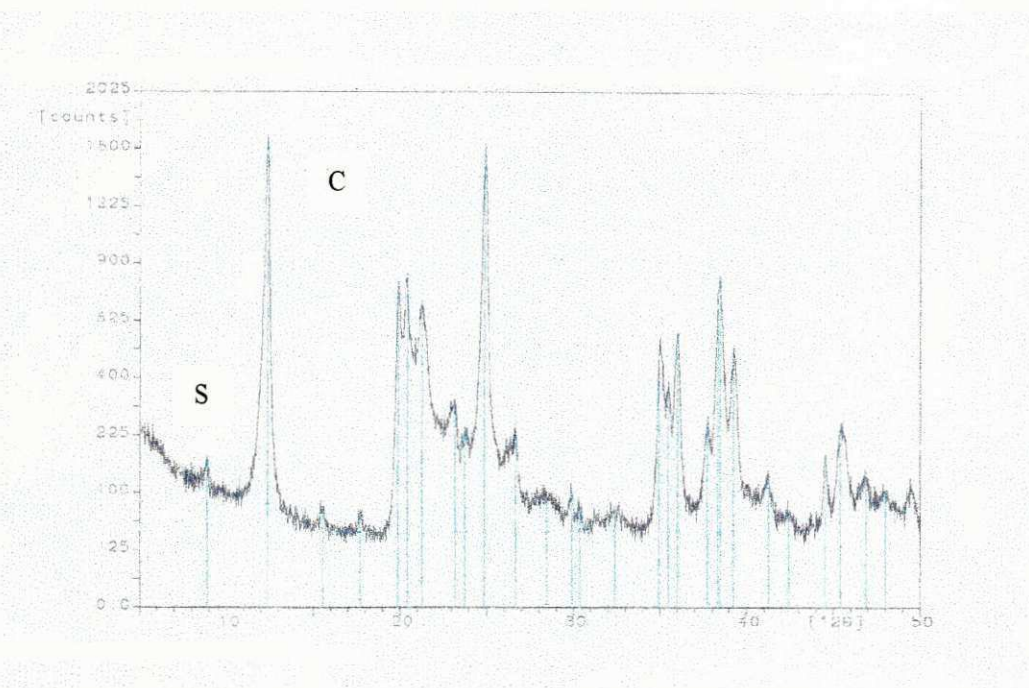


Figura 18 (D)

Figura 18 - Análise de difratograma de raios-X da amostra JWV (Junco do Seridó-PB).

- (C) Fração +500 mesh;
- (D) Fração -500 mesh.

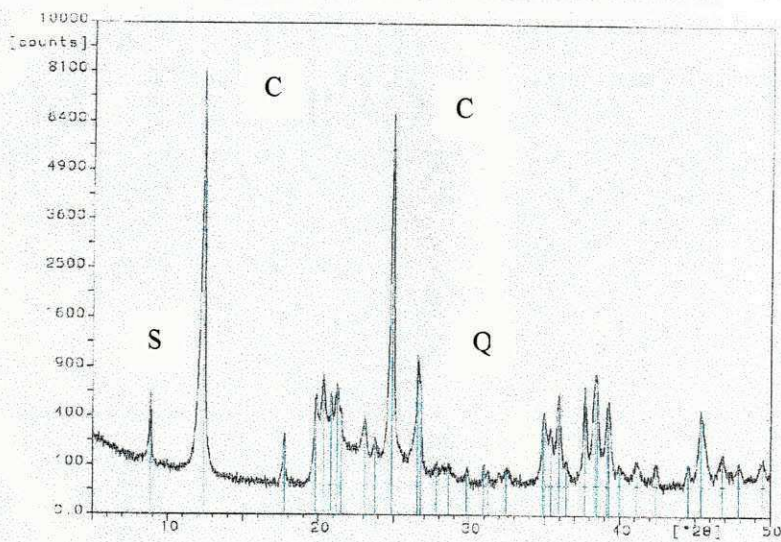


Figura 19 (A)

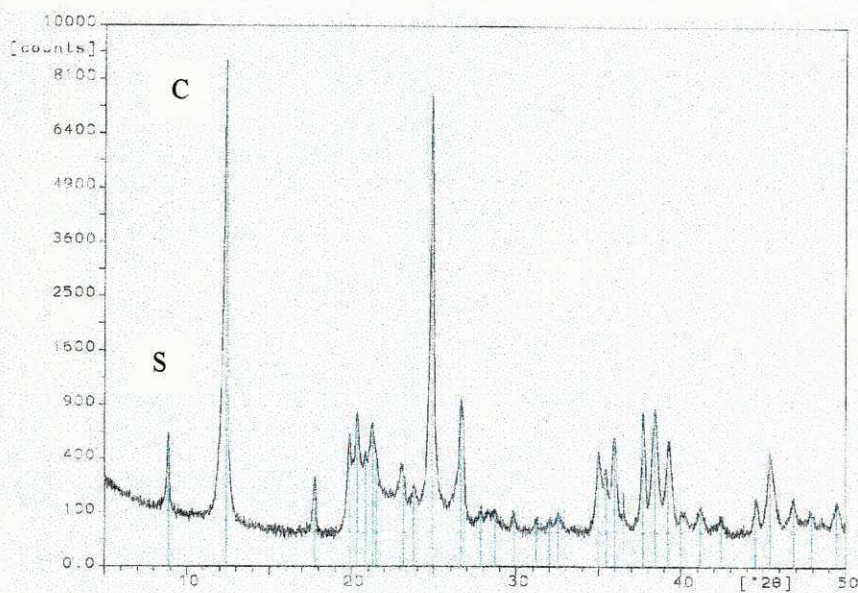


Figura 19 (B)

Figura 19- Análise de difratograma de raios-X da amostra JAAZ
(Junco do Seridó-PB)

- (A) Fração +325 mesh;
- (B) Fração +400 mesh.

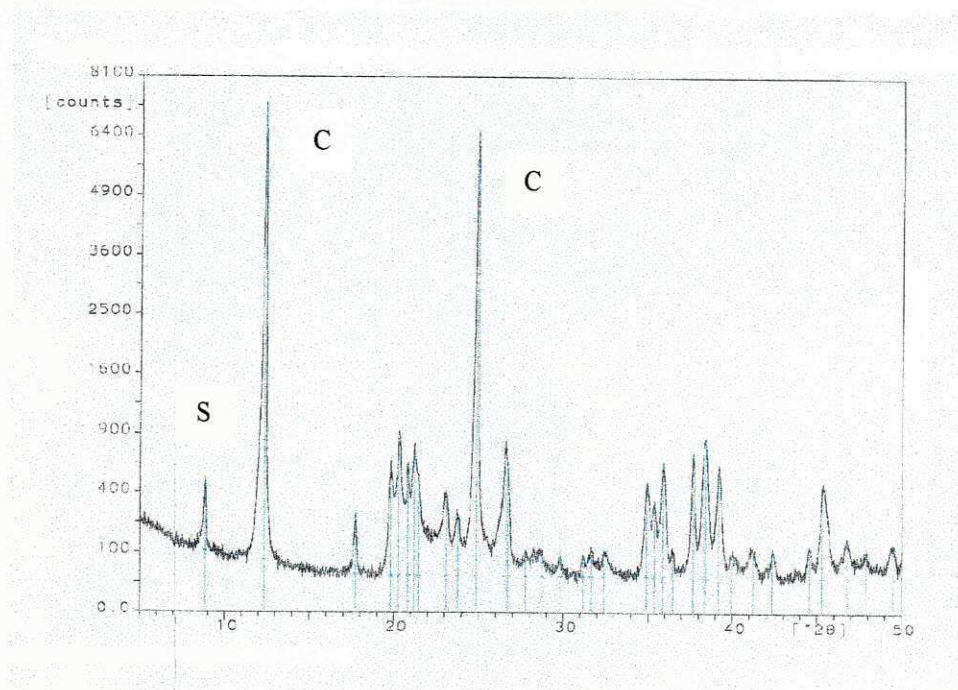


Figura 19 (C)

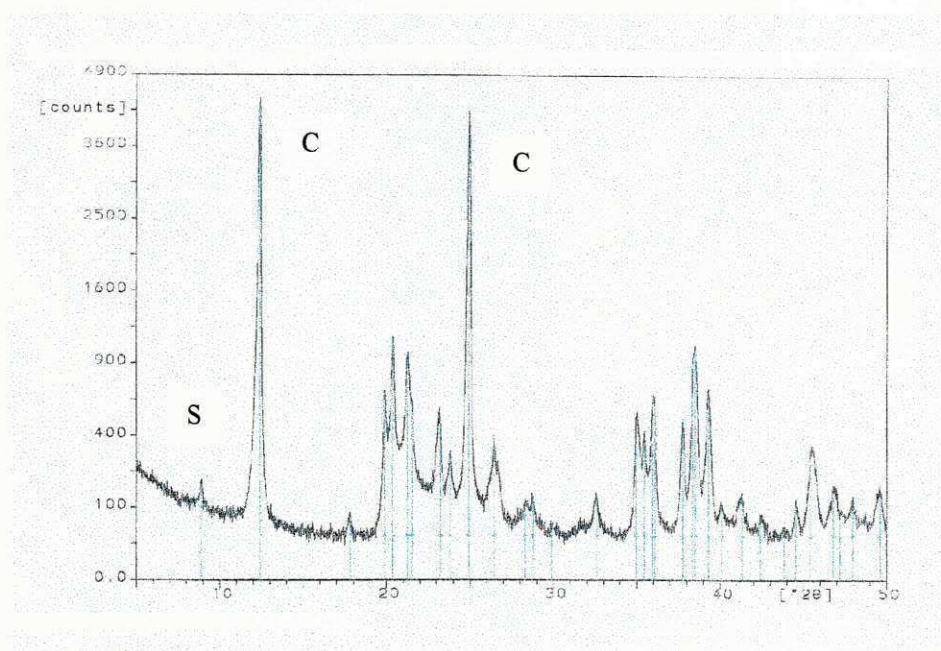


Figura 19 (D)

Figura 19- Análise de difratograma de raios-X da amostra JAZZ
(Junco do Seridó-PB)

- (C) Fração +500 mesh;
- (D) Fração -500 mesh.

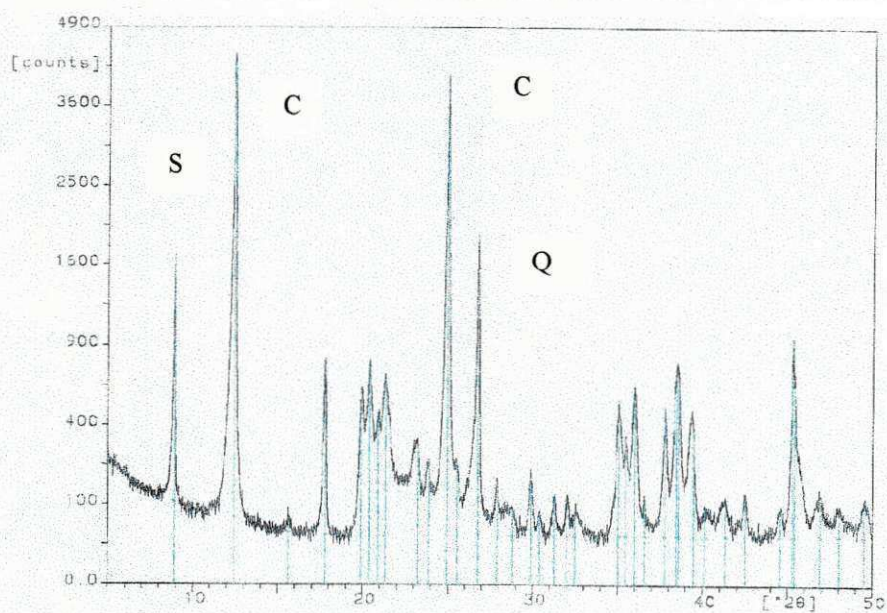


Figura 20 (A)

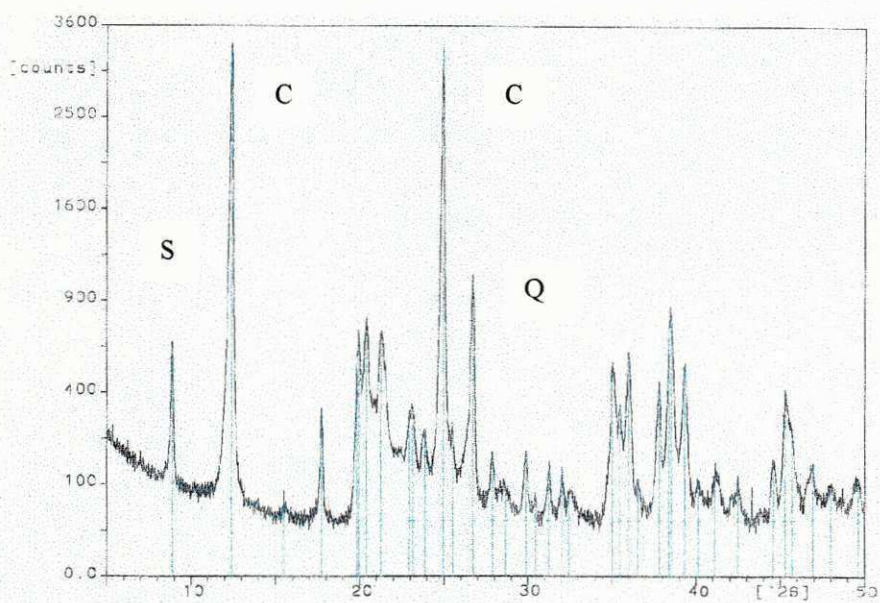


Figura 20 (B)

Figura 20- Análise de difratograma de raios-X da amostra EALG (Equador-RN)

- (A) Fração +325 mesh;
- (B) Fração +400 mesh.

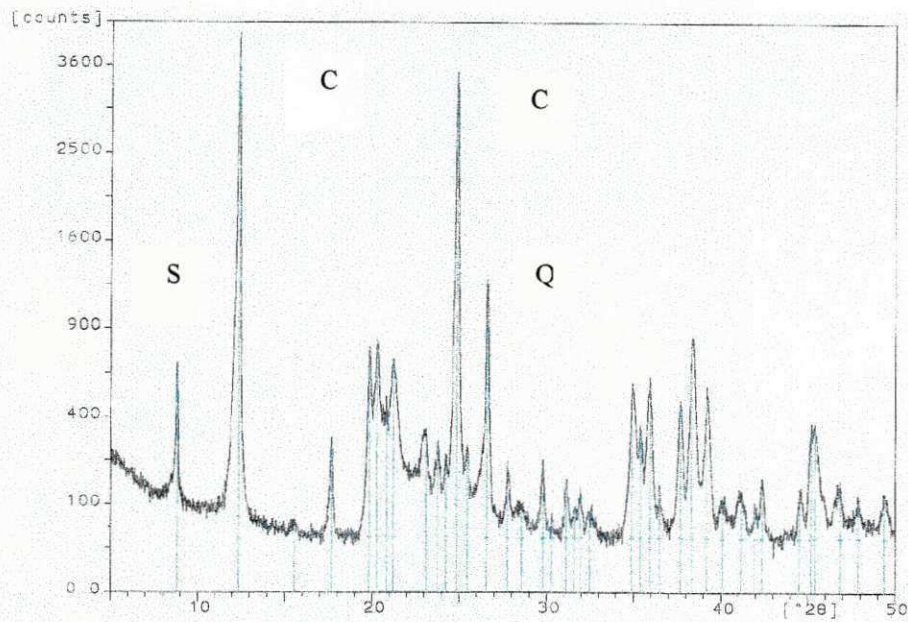


Figura 20 (C)

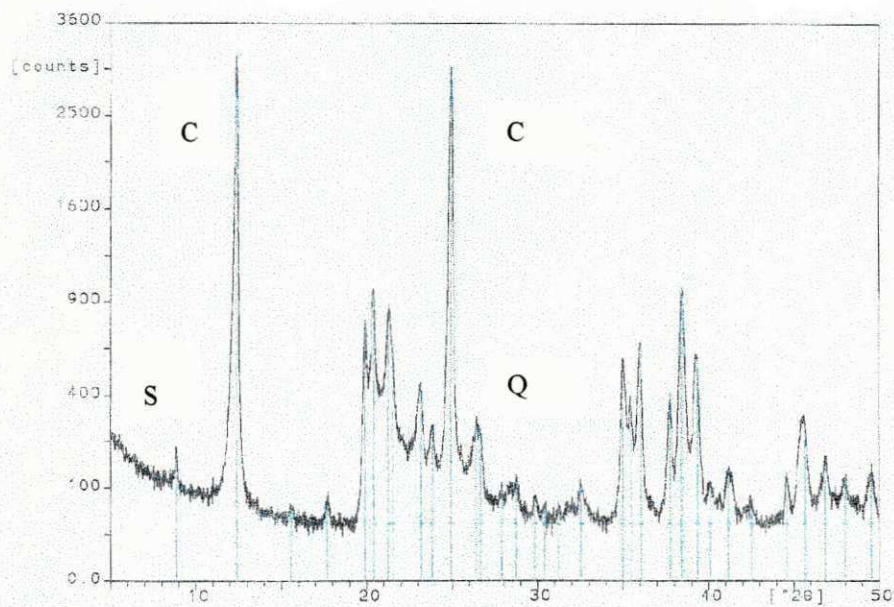


Figura 20 (D)

Figura 20 - Análise de difratograma de raios-X da amostra EALG (Equador-RN)

- (C) Fração +500 mesh;
- (D) Fração -500 mesh.

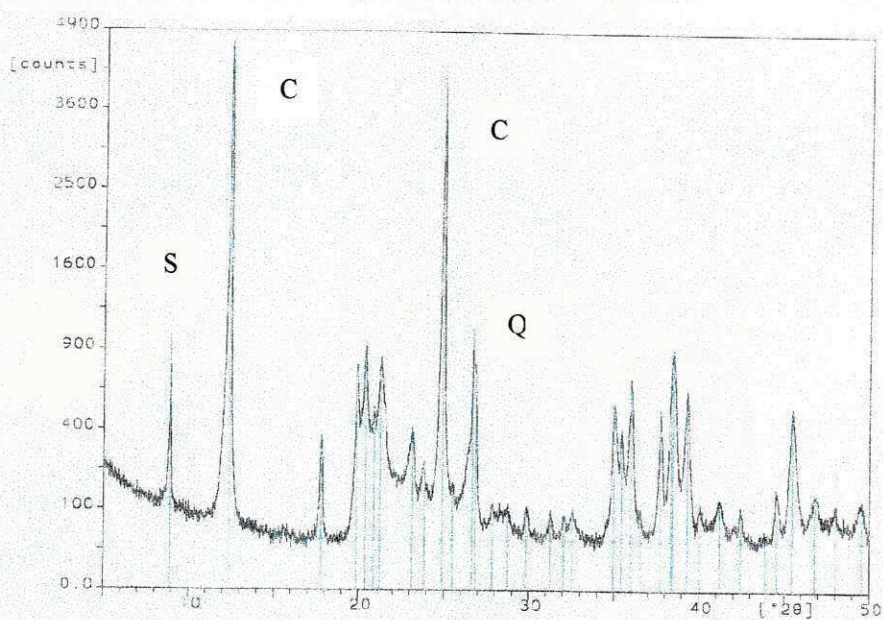


Figura 21 (A)

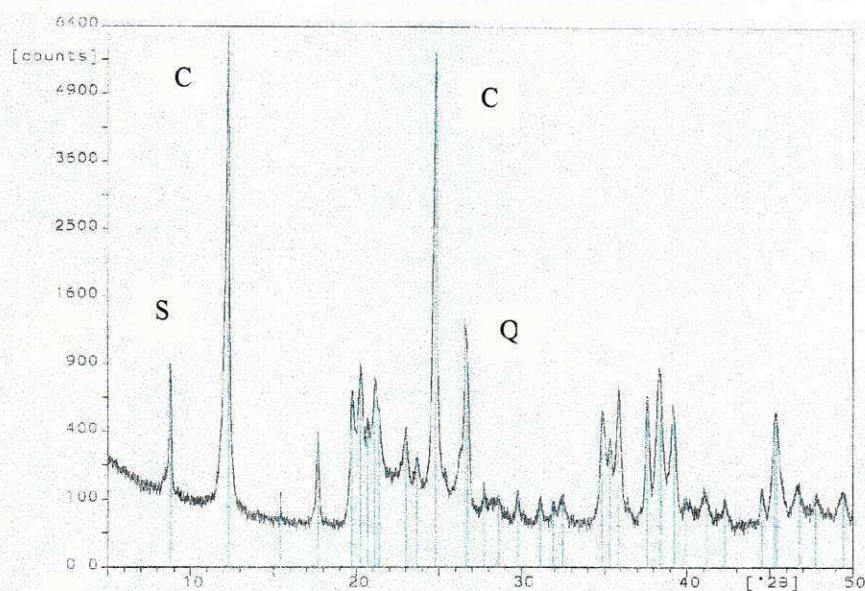


Figura 21 (B)

Figura 21- Análise de difratograma de raios-X da amostra AT-A (Equador-RN)

- (A) Fração +325 mesh;
- (B) Fração +400 mesh.

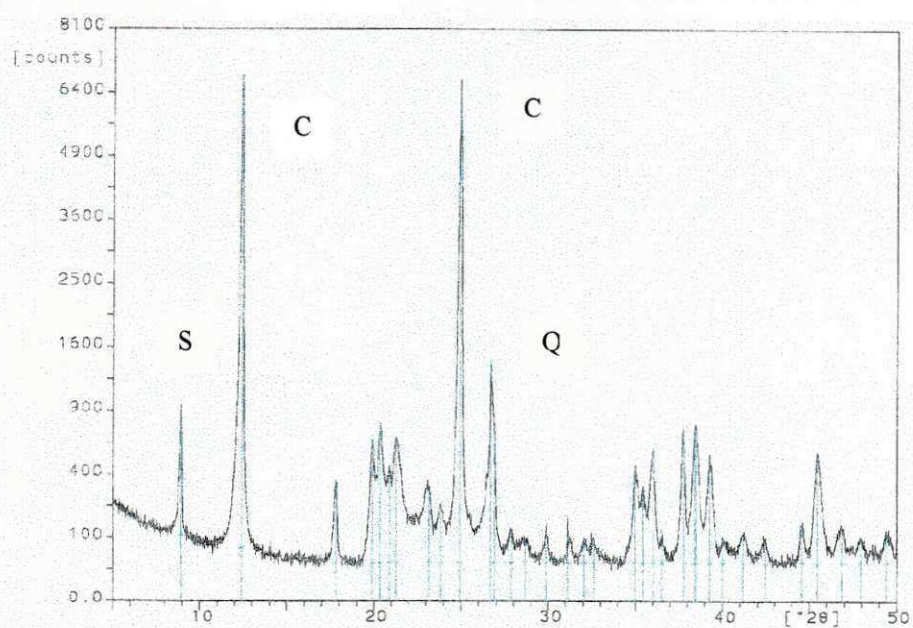


Figura 21 (C)

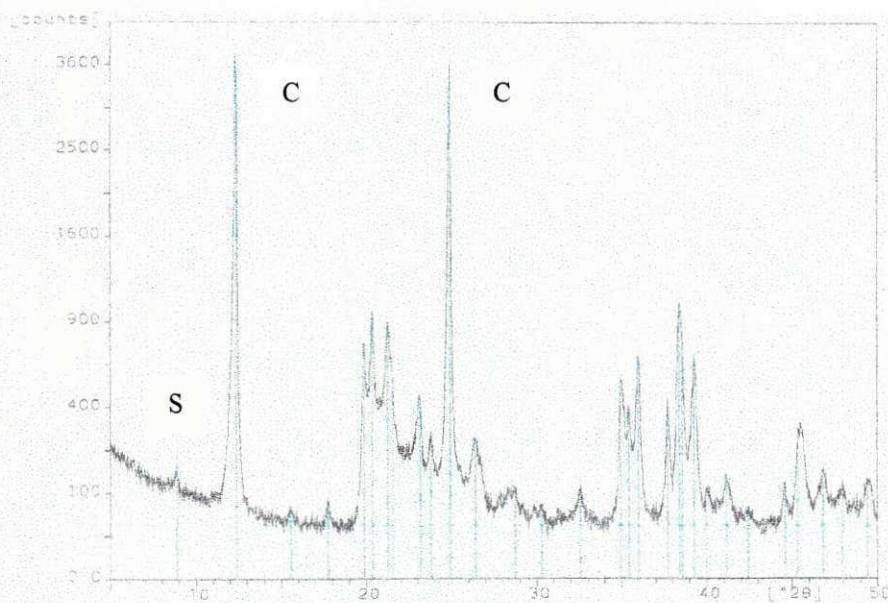


Figura 21(D)

Figura 21- Análise de difratograma de raios-X da amostra AT-A (Equador-RN)

- (C) Fração +500 mesh;
- (D) Fração -500 mesh.

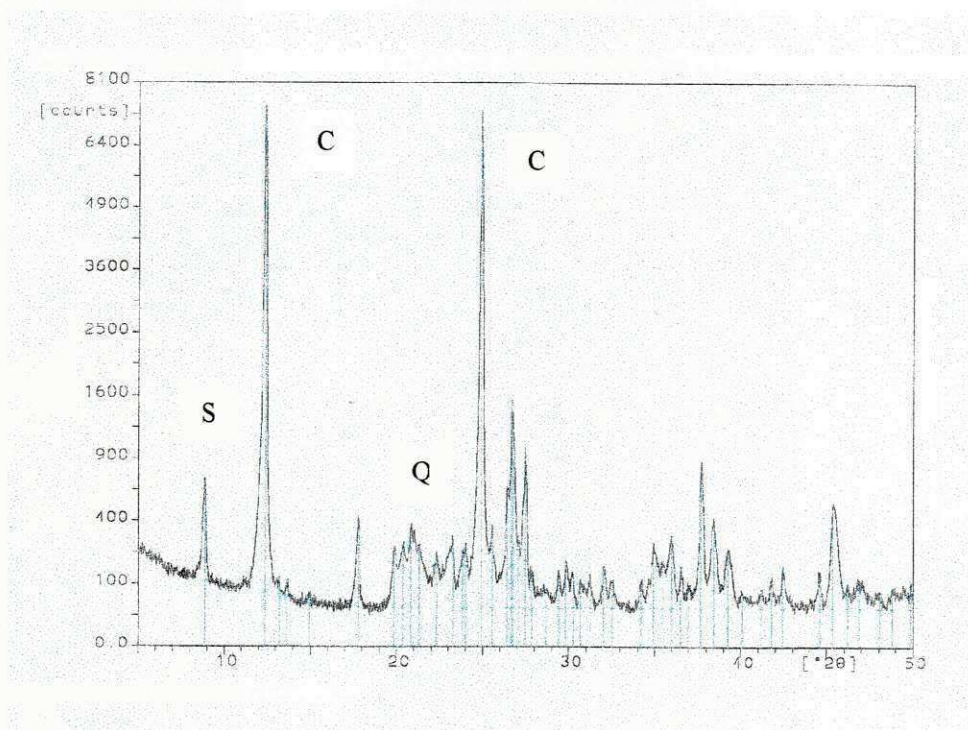


Figura 22 (A)

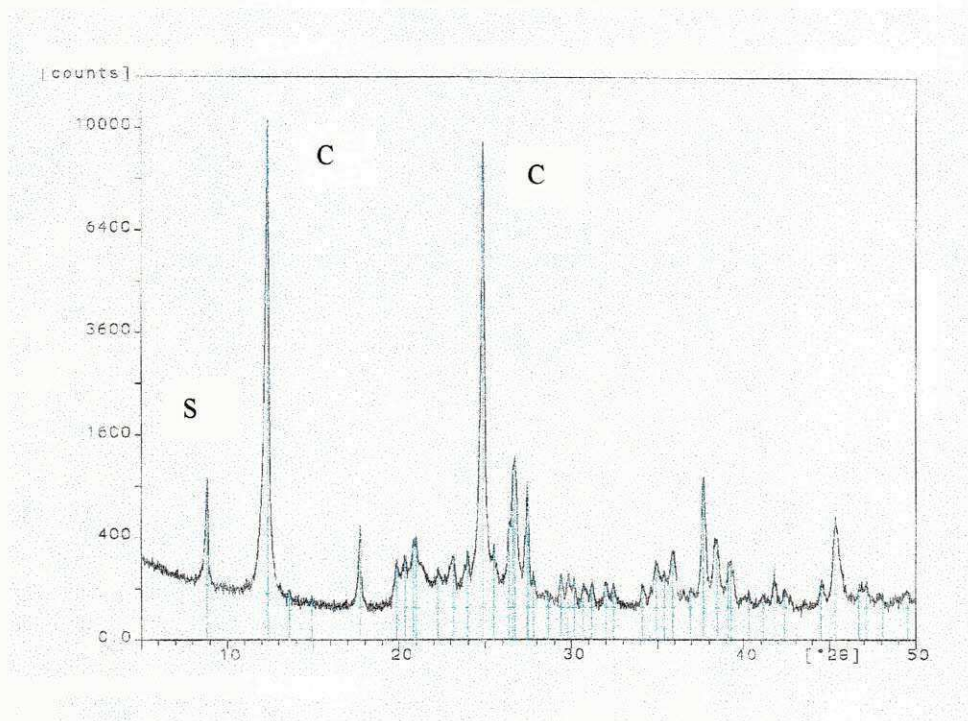


Figura 22 (B)

Figura 22- Análise de difratograma de raios-X da amostra EF-A (Equador-RN)

- (A) Fração +325 mesh;
- (B) Fração +400 mesh.

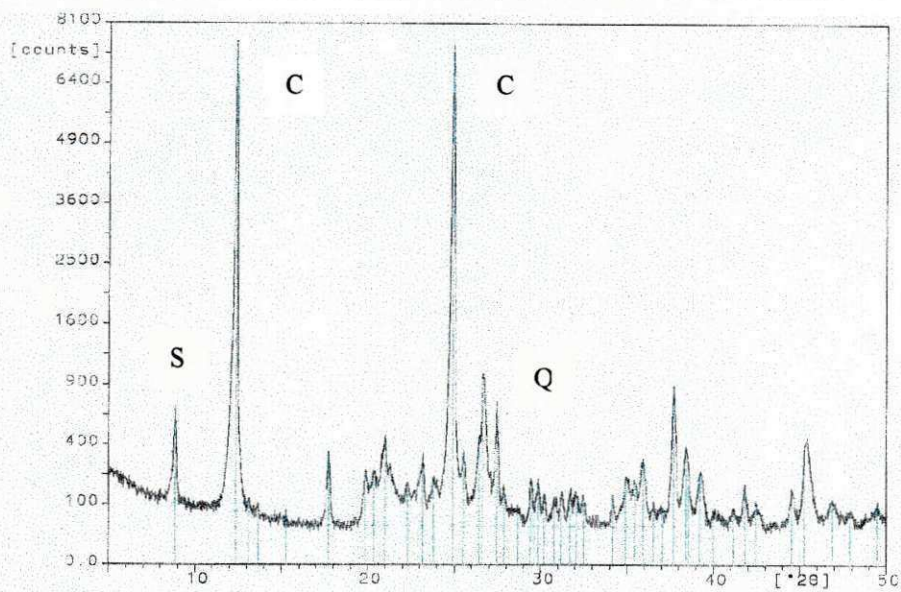


Figura 22 (C)

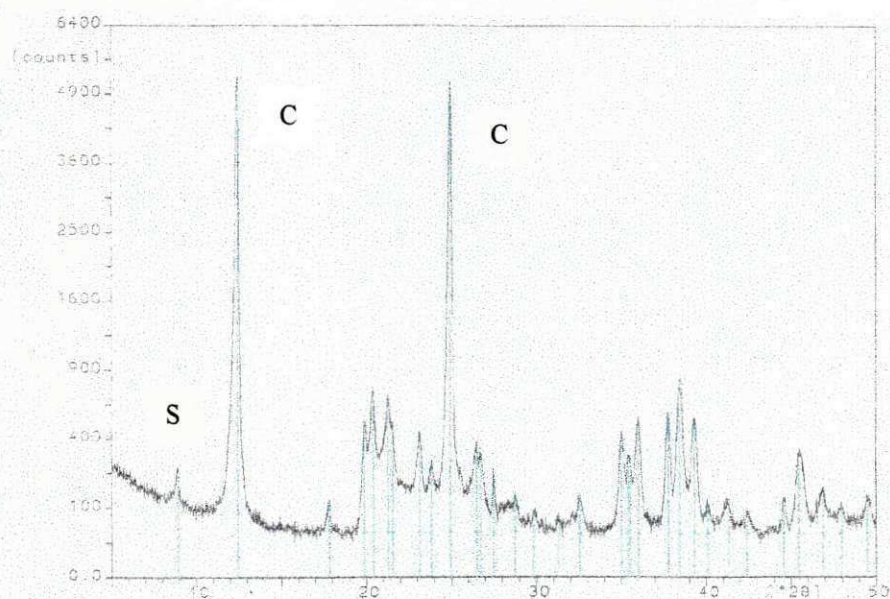


Figura 22 (D)

Figura 22 - Análise de difratograma de raios-X da amostra EF-A (Equador-RN)

- (C) Fração +500 mesh;
- (D) Fração -500 mesh.

6- ANÁLISES E INTERPRETAÇÕES

As amostras de pegmatitos com diversas frações granulométricas obtidas das peneiras 200, 325, 400 e 500 mesh, foram utilizadas para elaborar ou gerar dados estatísticos através do programa STATISTICA® for Windows® (Release 5.1 - 97) , tais como gráficos de barras, histogramas, regressão e tabelas de descrição de parâmetros estatísticos. Isto será utilizado para fazer as interpretações e análises sobre as distribuições relativas de argila e outros componentes dos pegmatitos.

Todos os pegmatitos estudados foram classificados em três grupos, para ser feita uma análise comparativa do rendimento de caulim entre tipos e áreas de ocorrências desses pegmatitos.

- 1 - Análise global de todas as amostras dos pegmatitos;
- 2 - As amostras foram agrupadas em dois grupos seguindo as áreas: Equador-RN e Junco do Seridó-PB; e
- 3 -As amostras foram agrupadas em dois grupos seguindo os tipos de pegmatitos: homogêneo e heterogêneo.

6.1 - ANÁLISE GLOBAL DE TODAS AS AMOSTRAS DOS PEGMATITOS

Todas as amostras obtidas de todas as banquetas ou garimpos de pegmatitos das regiões de Equador-RN e Junco do Seridó-PB, foram conjuntamente pesquisadas para se ter uma visão geral do comportamento de várias frações granulométricas nessas amostras.

6.1.1 - ANÁLISE DE FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE 200 E - 500 MESH

As malhas granulométricas investigadas são de 200, 325, 400 e 500 mesh. Os rendimentos ou materiais retidos e passantes nessas faixas são dados na tabela 11 e anexo 1. Na malha granulométrica de 200 mesh, observou-se que a média retida é de 43,54% com valor mínimo de 3,02% e valor máximo de 86,44% (Tabela 11). O material retido na malha de 200 mesh é composto principalmente de quartzo e mica.

A figura 23A mostra claramente a distribuição global na fração retida na malha de 200 mesh em todas as amostras analisadas. Aqui se vê um rendimento de partículas grosseiras na maioria das amostras, com poucas variações extremas.

A distribuição estatística dessa fração apresenta-se como uma curva normal (Figura 23B).

As frações granulométricas retidas em 325, 400 e 500 mesh apresentam um rendimento muito baixo com a média variando de 1,21 a 2,71%.

Nos histogramas e distribuição de barras pode-se observar que poucas ou algumas amostras tem quantidade retida elevada (Figuras 24A a 26B).

As curvas de frequência dessas frações apresentam-se de forma assimétrica positiva com a frequência maior ficando no lado de baixa porcentagem de material.

Foi observado que grande parte do material peneirado passou pela malha de 500 mesh, onde a média fica em torno de 50,57% com mínimo de 9,58% e máximo de 95,92% (Tabela 11).

Na figura 27A observa-se que o rendimento da argila caulim varia bastante entre amostras, porém a quantidade de caulim permaneceu acima do nível desejado.

A natureza de distribuição de -500 mesh aproxima-se da distribuição normal (Figura 27B).

6.1.2 - FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE - 200 A - 500 MESH

As frações retidas nas malhas de 325, 400 e 500 mesh, e passante em 500 mesh foram recalculadas para 100%, com o objetivo de comparar essas faixas granulométricas entre si (Figuras 29A a 32B; Tabela 12 e anexo 2).

Nota-se que a fração argilosa caulim concentra-se na fração passante de 500 mesh (Figura 32A), com média de 88,68%, valor mínimo de 46,22% e valor máximo de 99,58% (Tabela 12).

A figura 32A mostra a quantidade de passante na malha de 500 mesh, sendo uma distribuição mais uniforme entre todas as amostras.

A natureza de distribuição dessa fração é mais assimétrica negativa, devido ao rendimento ficar maior na maioria das amostras (Figura 32B).

O rendimento de caulim depende da quantidade de material não-argiloso como quartzo e mica. Observou-se que nas frações entre 325 e 500 mesh há presença de sericita e outros minerais. Para examinar se existe alguma relação entre o material retido em 200 mesh e passante em 500 mesh, foi feita uma análise de regressão (Figura 33). Aqui se vê que há uma correlação boa entre essas duas frações, onde o coeficiente de correlação é $r = -0,97$.

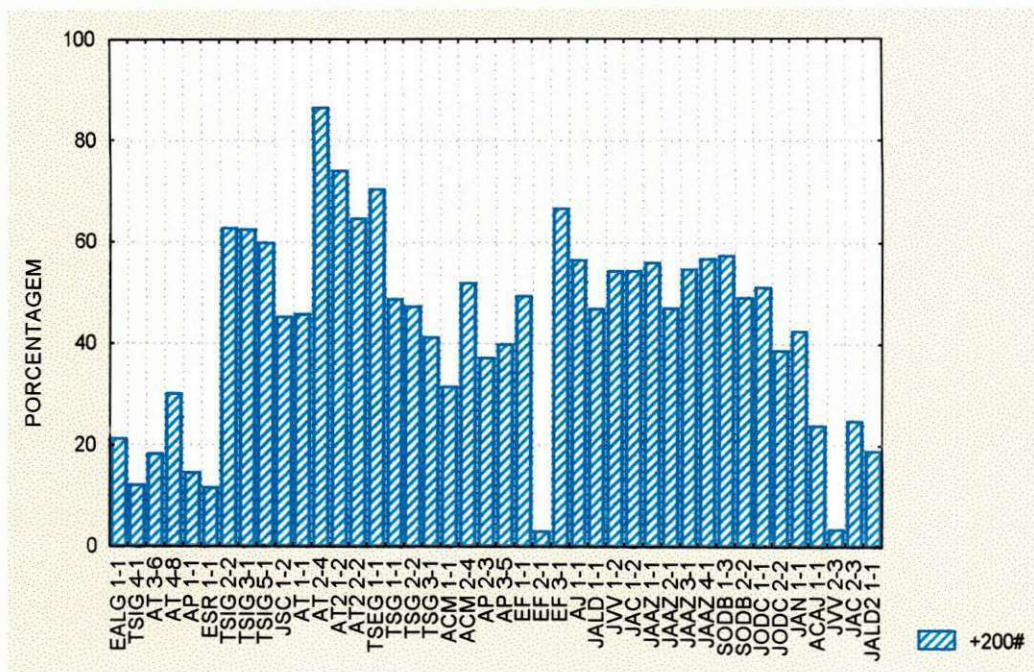


Figura 23 (A)

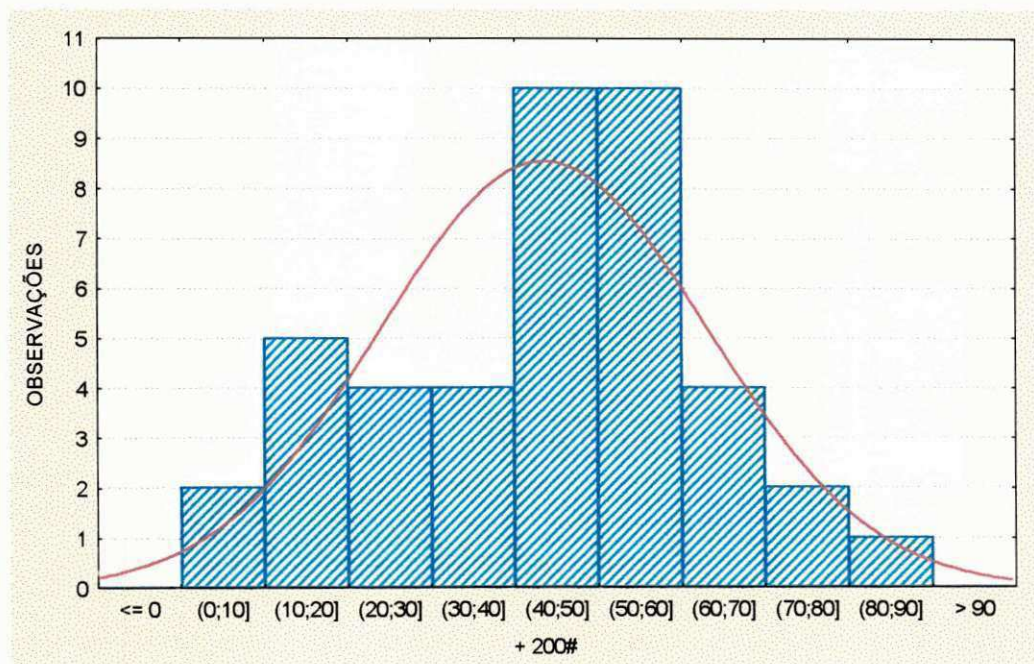


Figura 23 (B)

Figura 23 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos do RN e PB.

- (A) Gráfico de Barras para +200#;
- (B) Histograma de +200#.

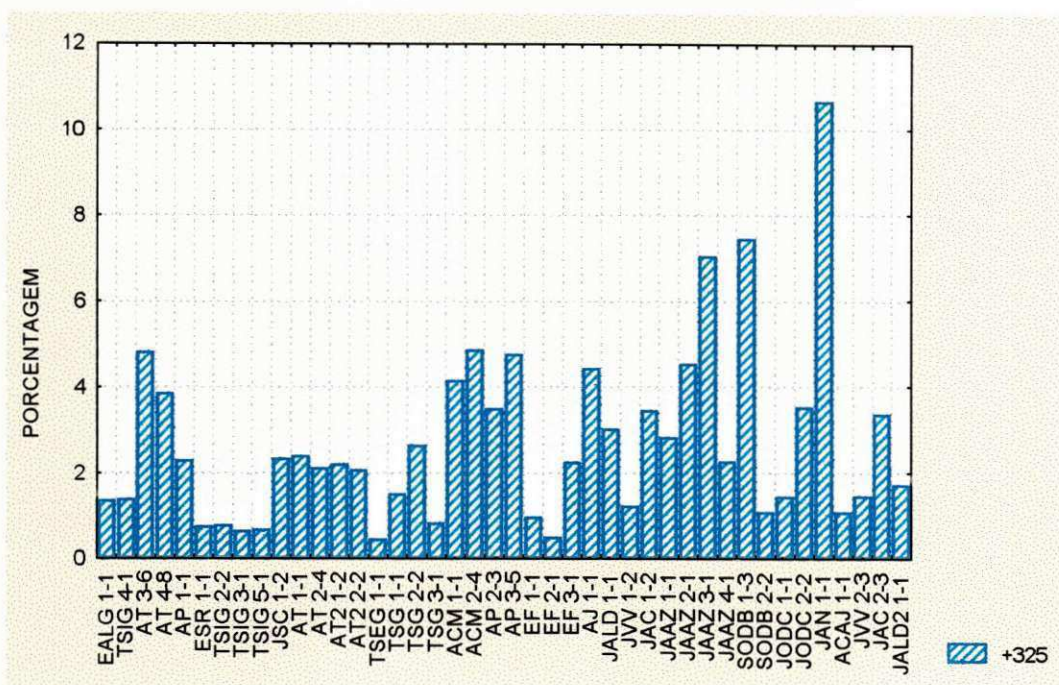


Figura 24 (A)

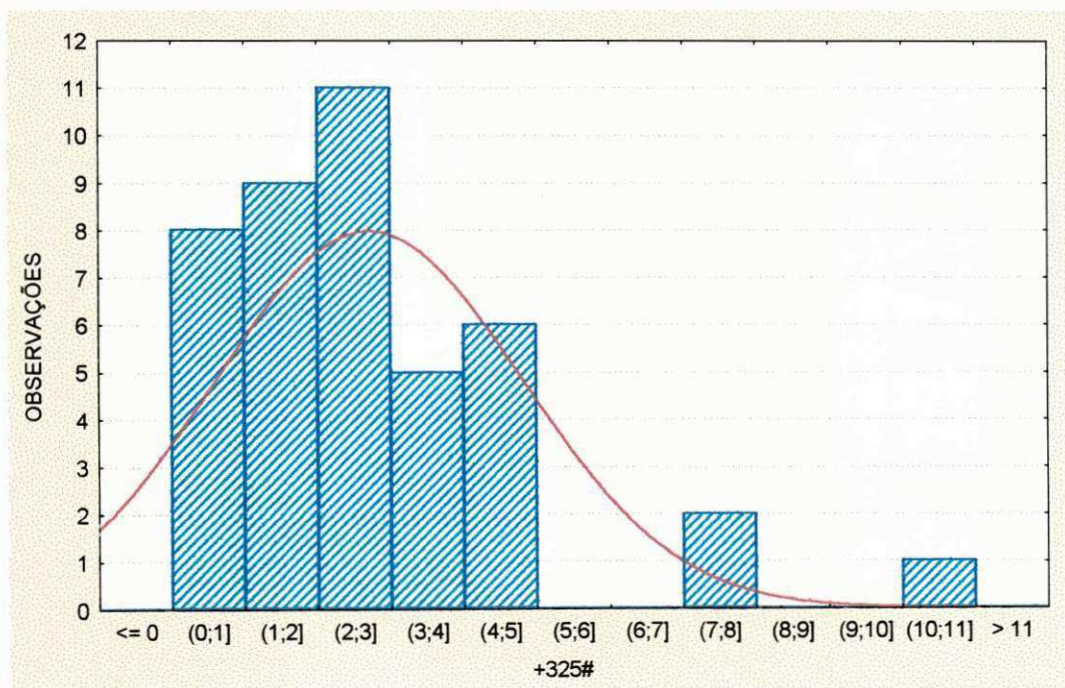


Figura 24 (B)

Figura 24 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos do RN e PB.

(A) Gráfico de Barras para +325#;

(B) Histograma de +325#.

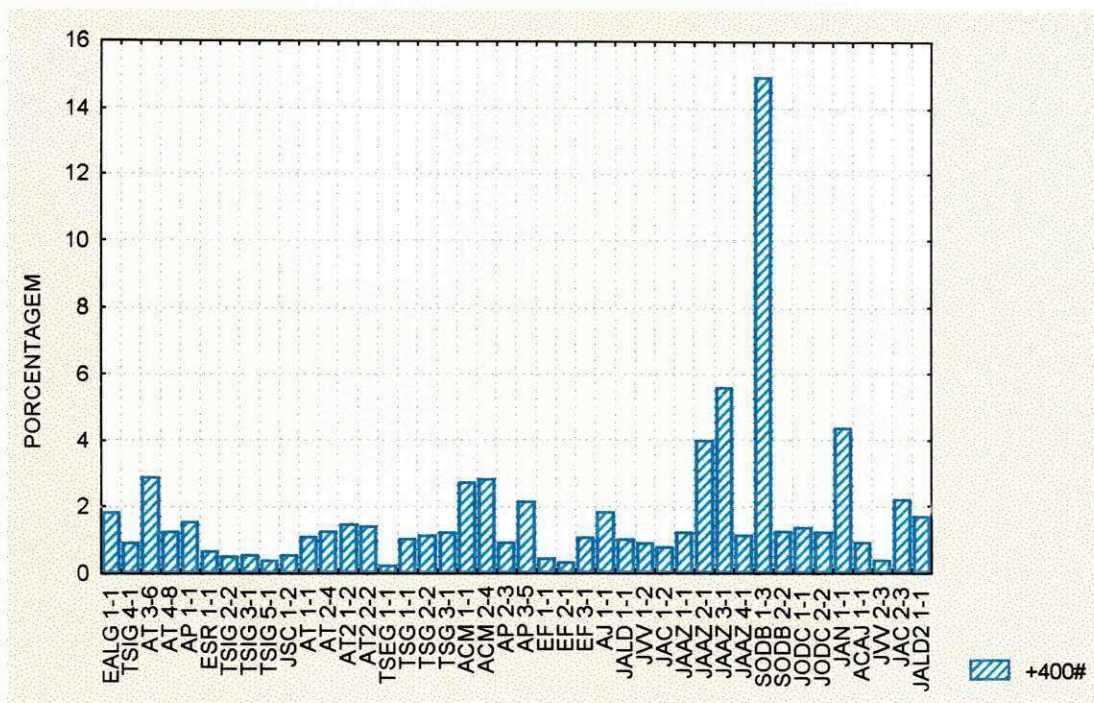


Figura 25 (A)

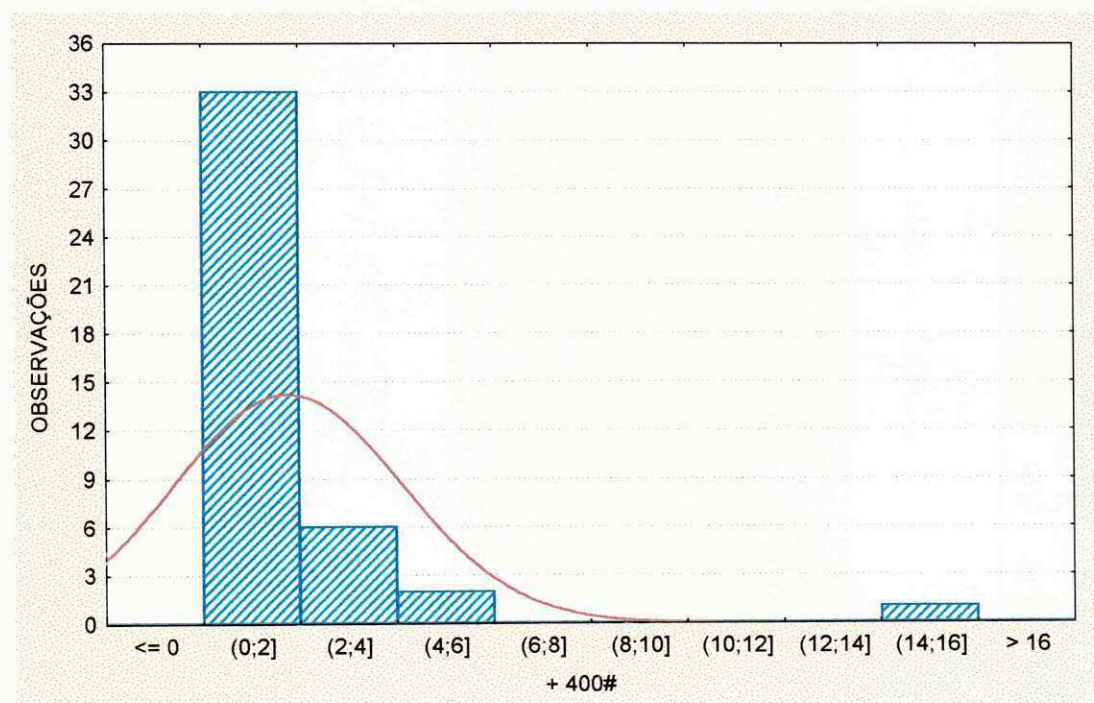


Figura 25 (B)

Figura 25 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos do RN e PB.

- (A) Gráfico de Barras para +400#;
 (B) Histograma de +400#.

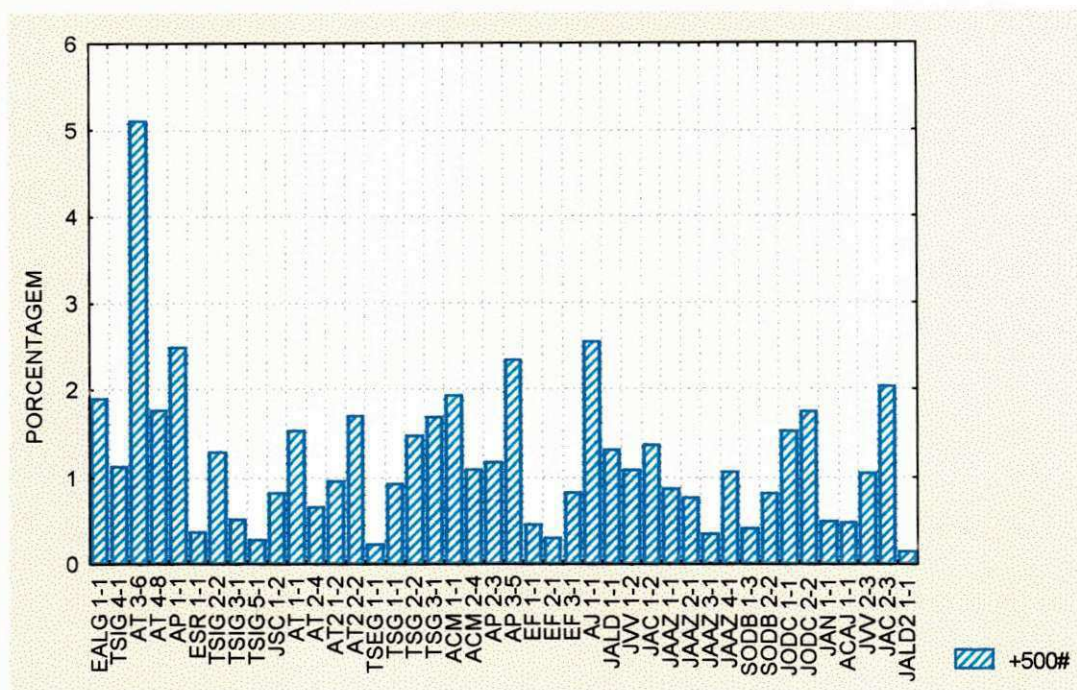


Figura 26 (A)

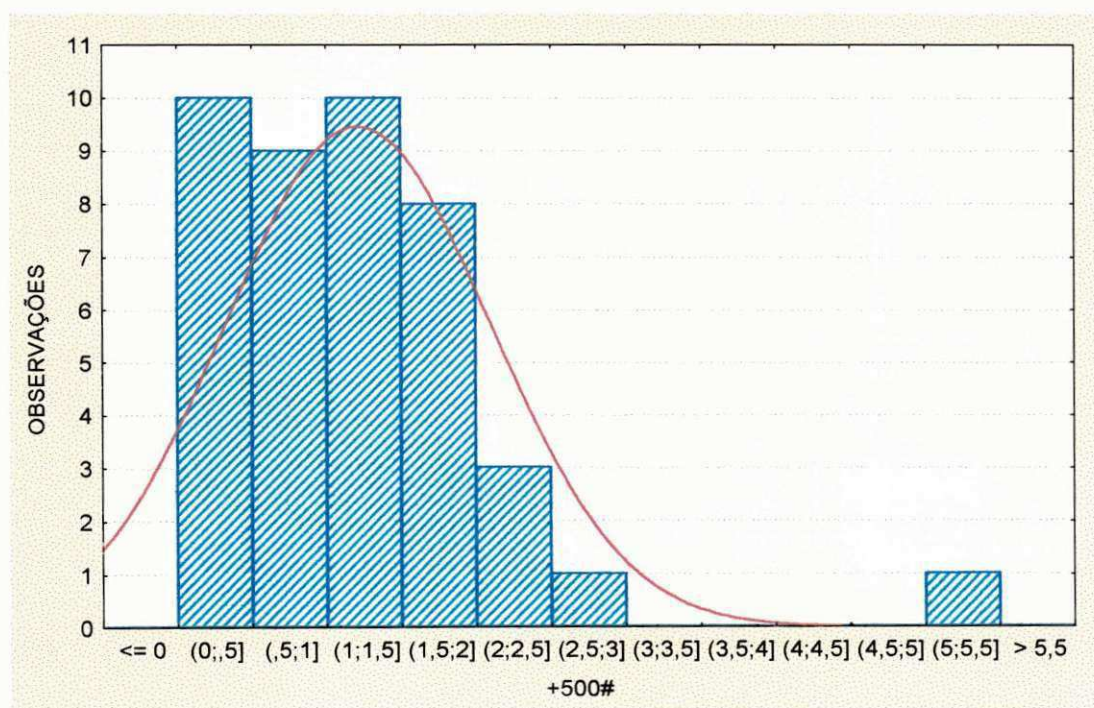


Figura 26 (B)

Figura 26 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos do RN e PB.

- (A) Gráfico de Barras para +500#;
 (B) Histograma de +500#.

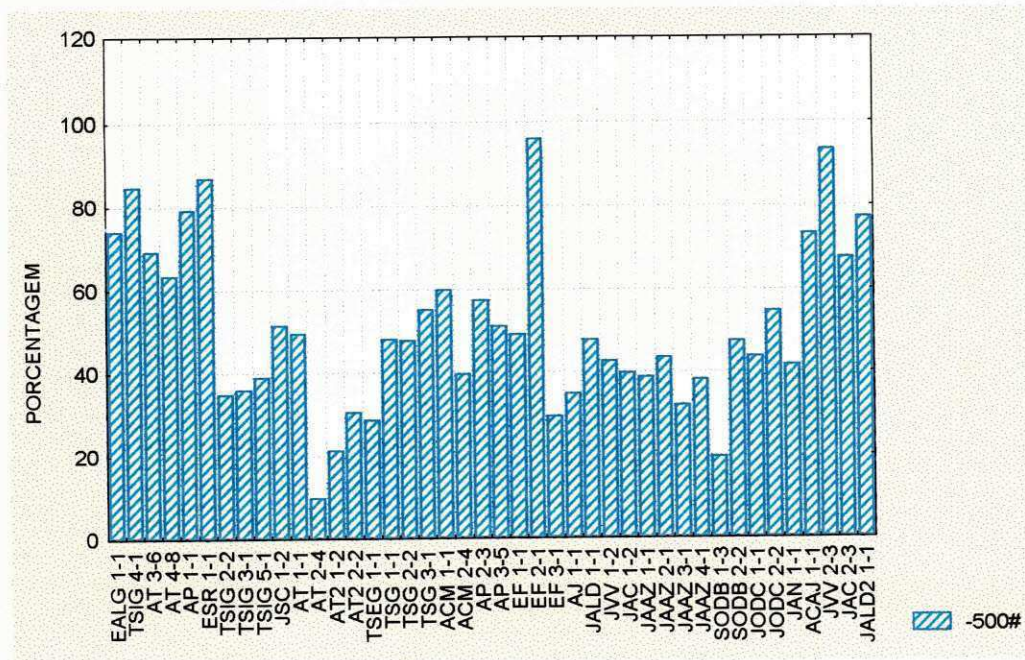


Figura 27 (A)

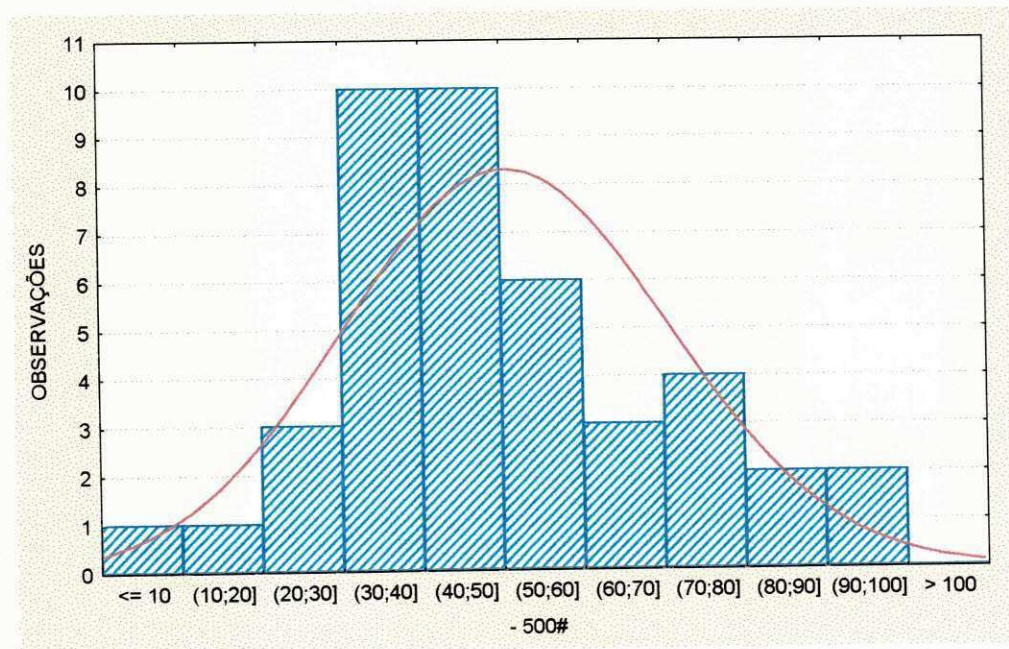


Figura 27 (B)

Figura 27 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos do RN e PB.

- (A) Gráfico de Barras para -500#;
 (B) Histograma de -500#.

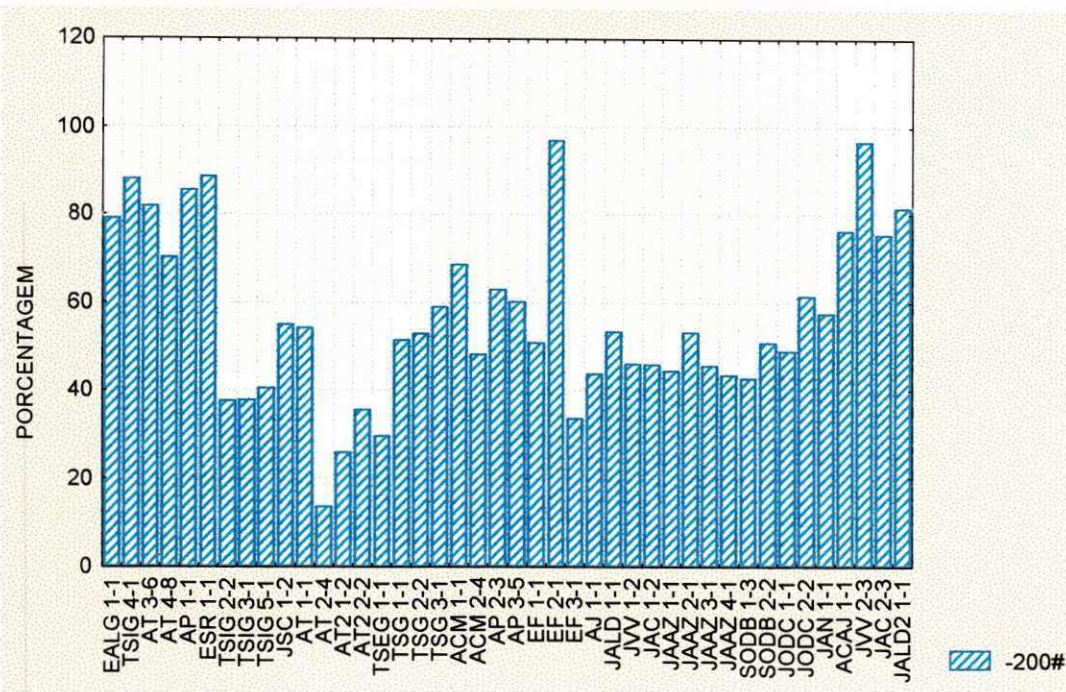


Figura 28 (A)

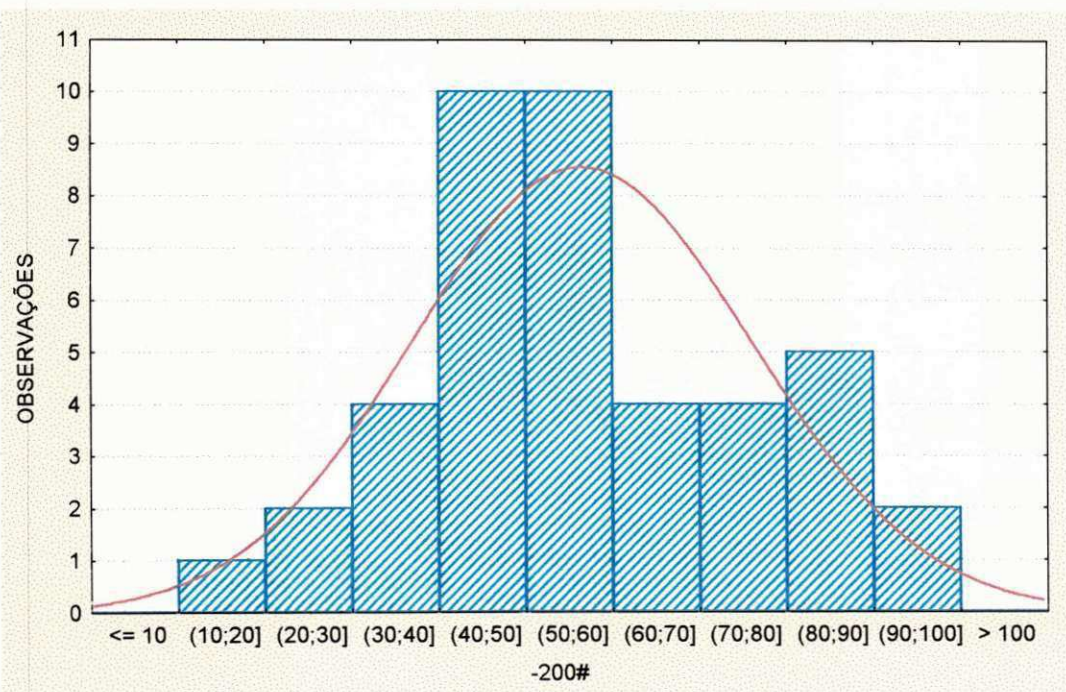


Figura 28 (B)

Figura 28 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos do RN e PB.

- (A) Gráfico de Barras para -200#;
 (B) Histograma de -200#.

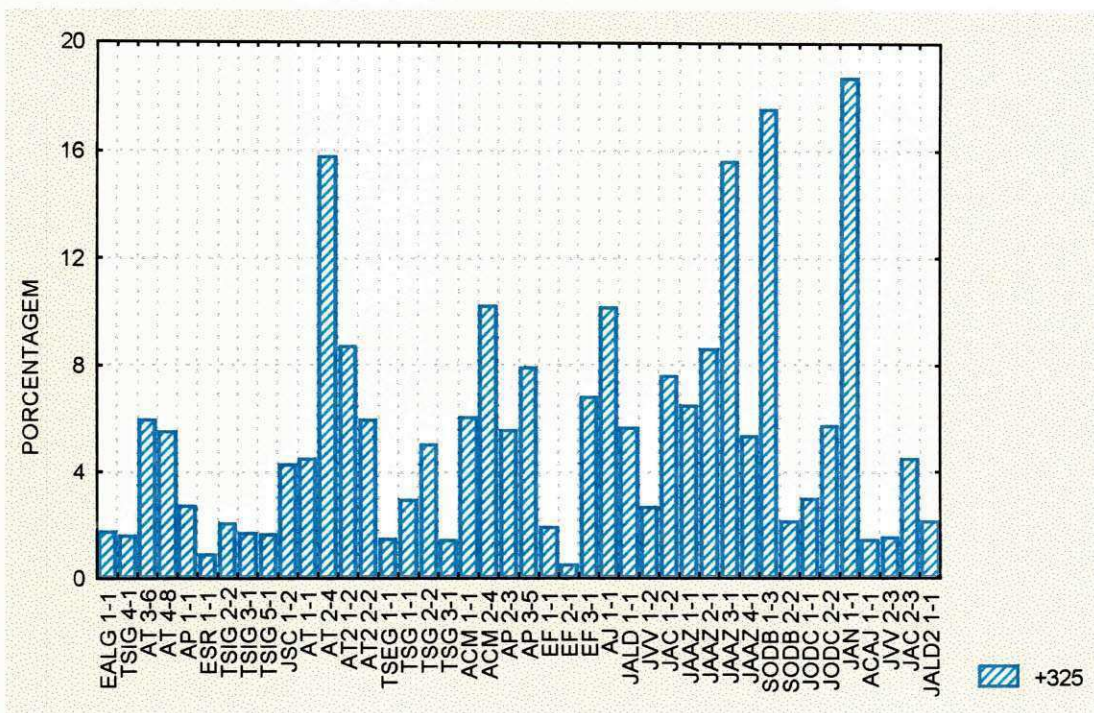


Figura 29 (A)

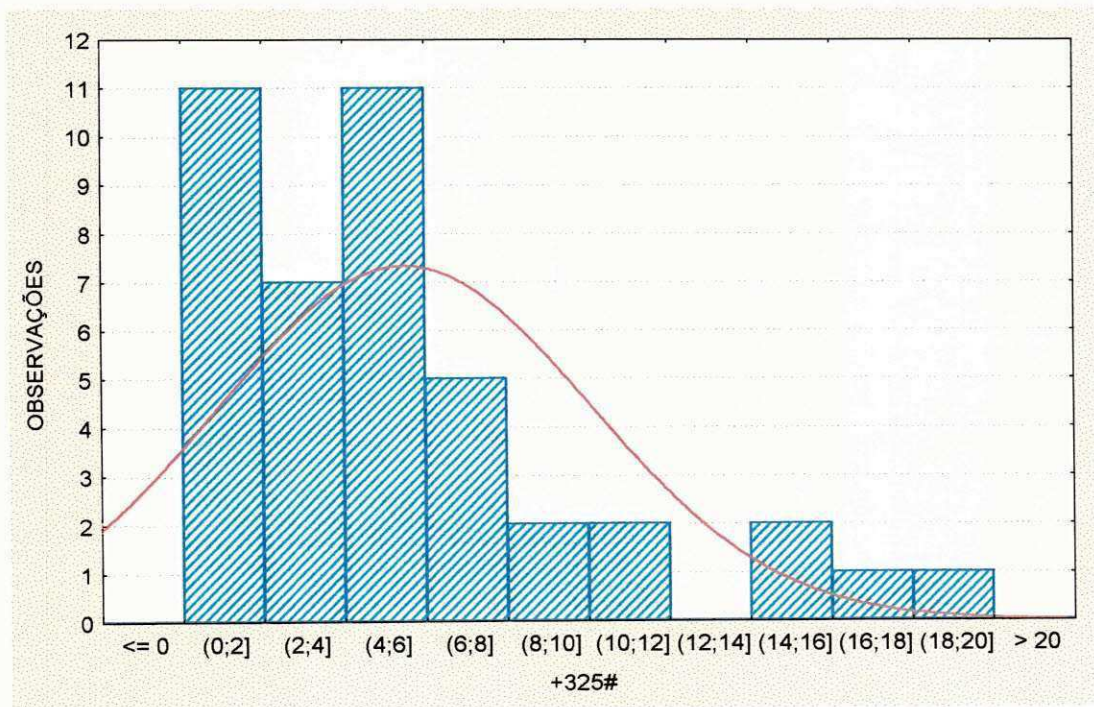


Figura 29 (B)

Figura 29 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos do RN e PB.

- (A) Gráfico de Barras para +325#;
- (B) Histograma de +325#.

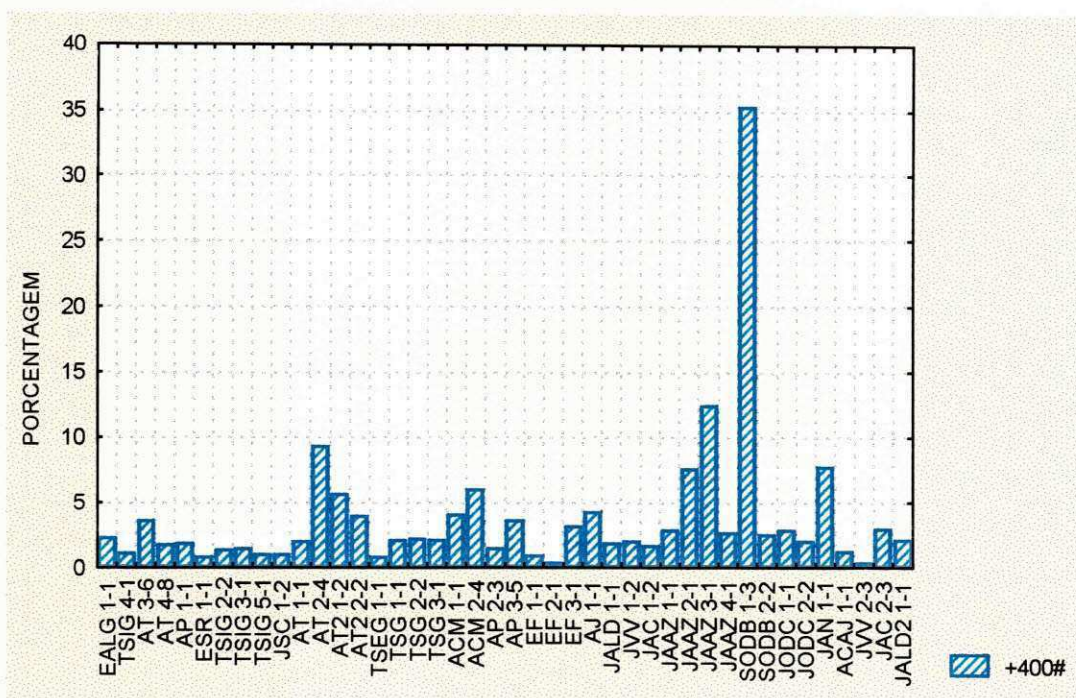


Figura 30 (A)

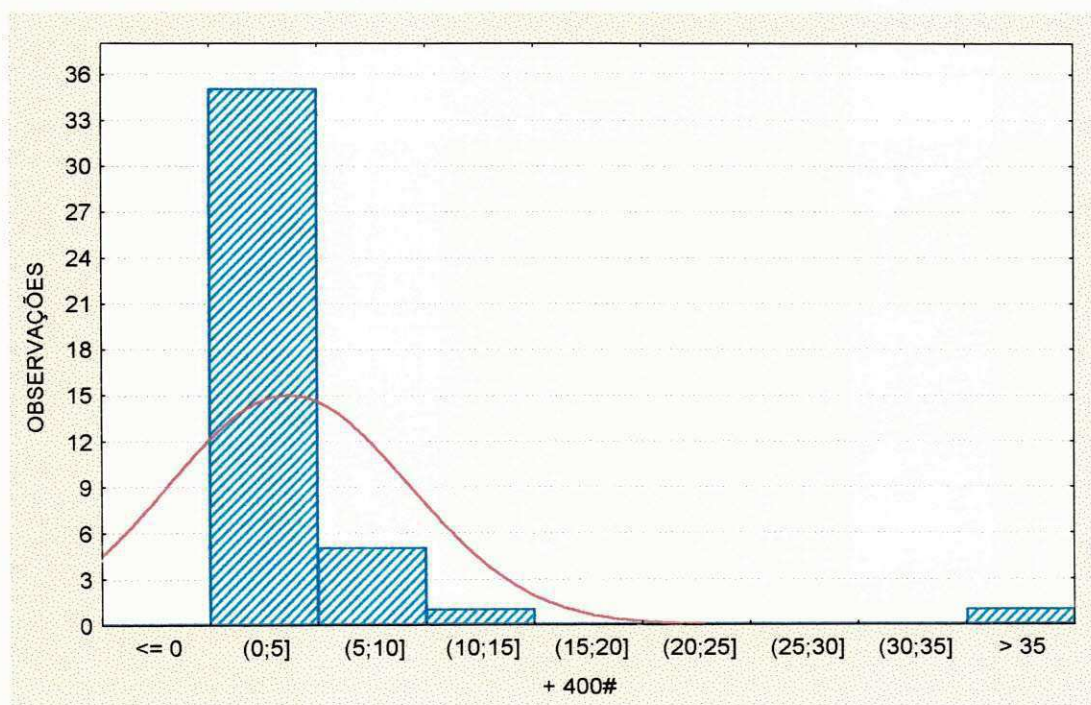


Figura 30 (B)

Figura 30 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos do RN e PB.

(A) Gráfico de Barras para +400#;

(B) Histograma de +400#.

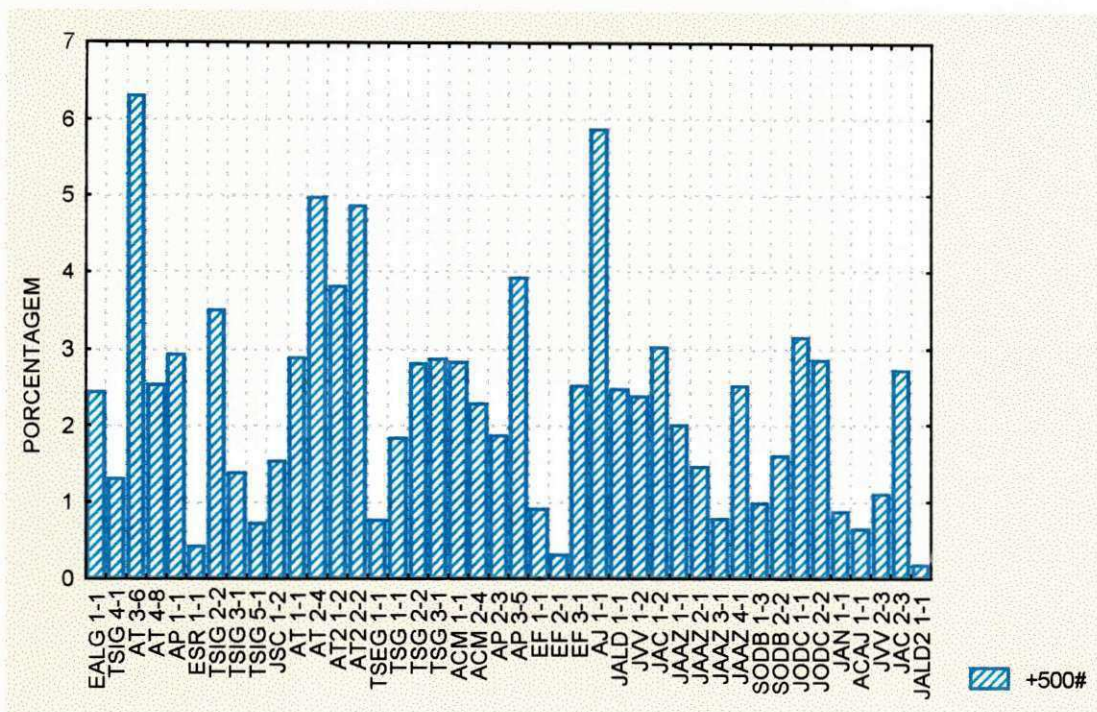


Figura 31 (A)

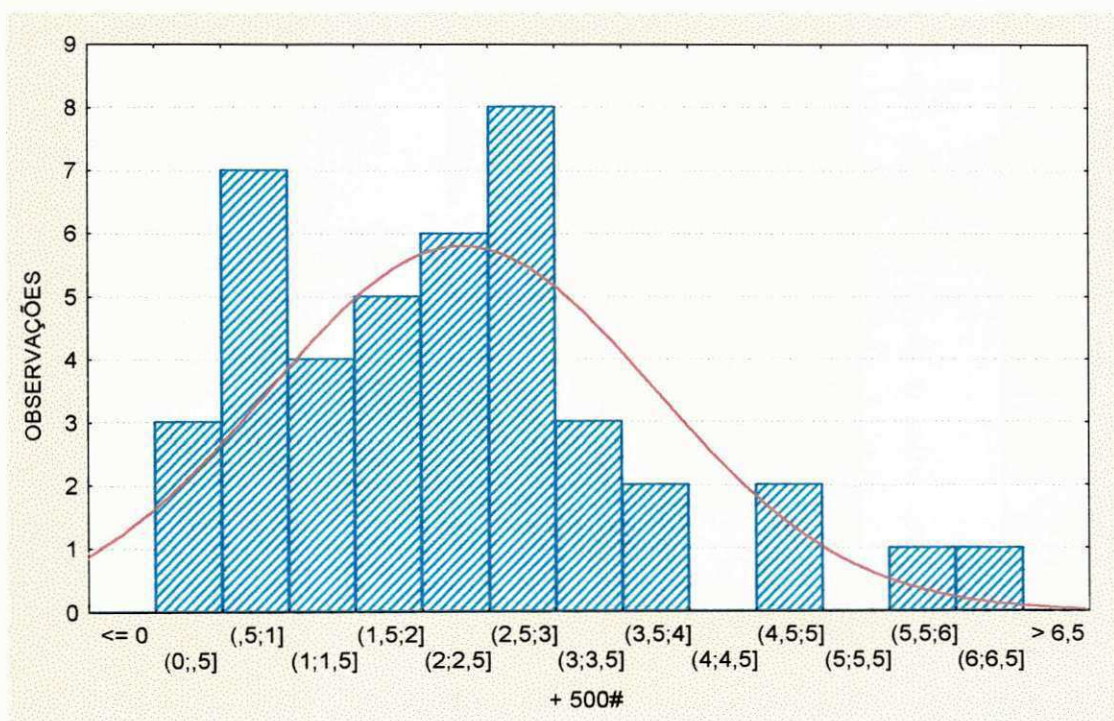


Figura 31 (B)

Figura 31 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos do RN e PB.

- (A) Gráfico de Barras para +500#;
- (B) Histograma de +500#.

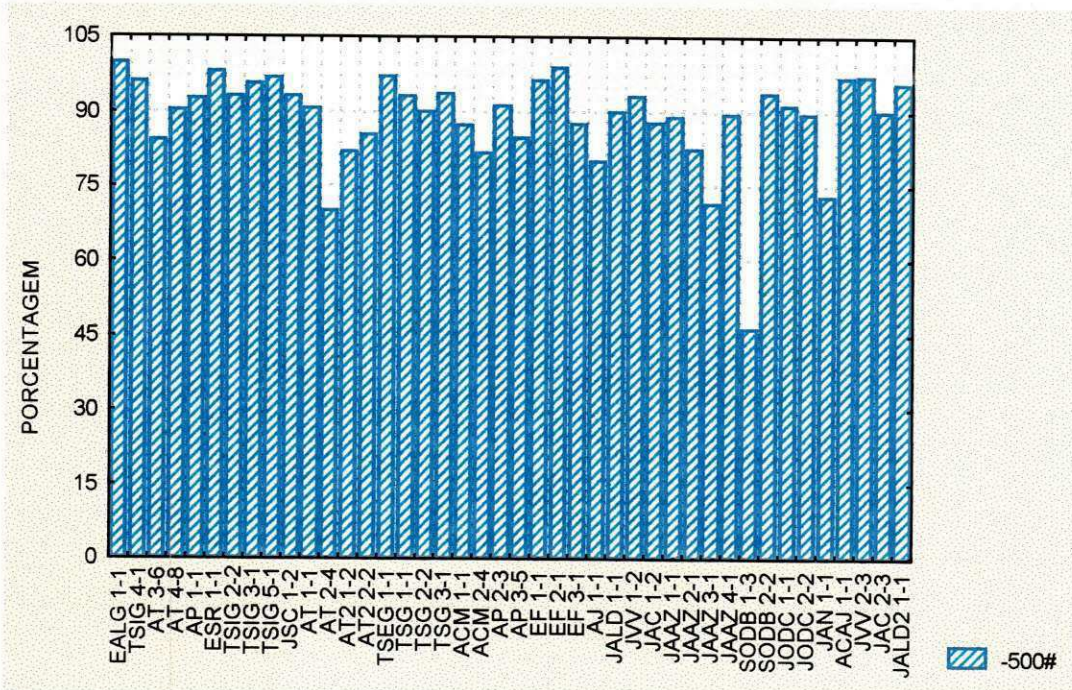


Figura 32 (A)

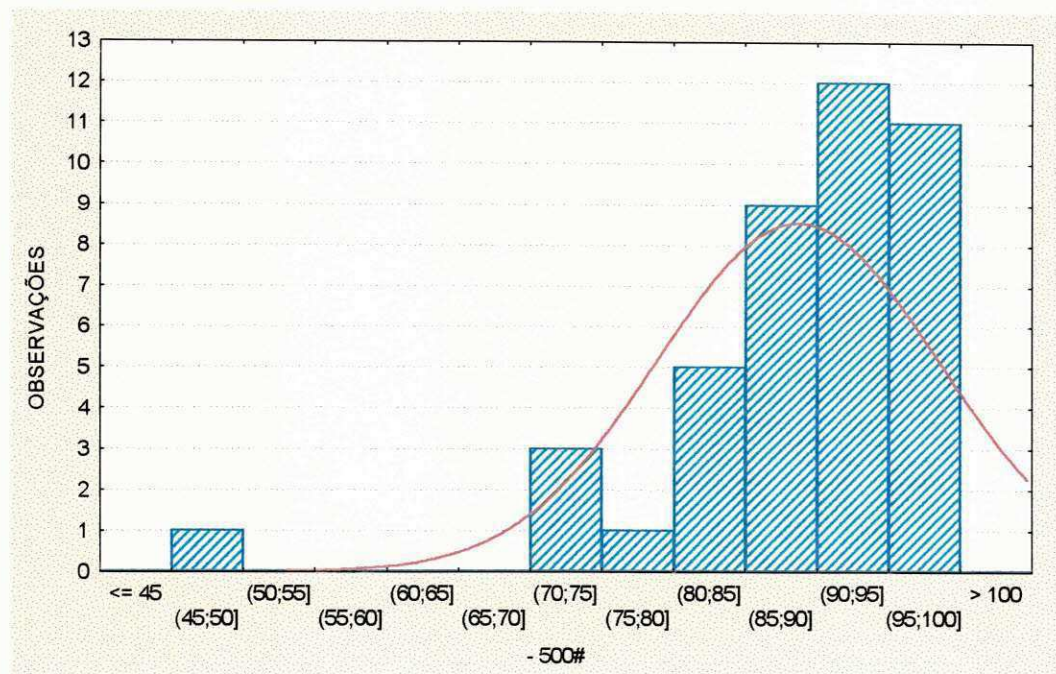


Figura 32 (B)

Figura 32 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos do RN e PB.

- (A) Gráfico de Barras para -500#;
- (B) Histograma de -500#.

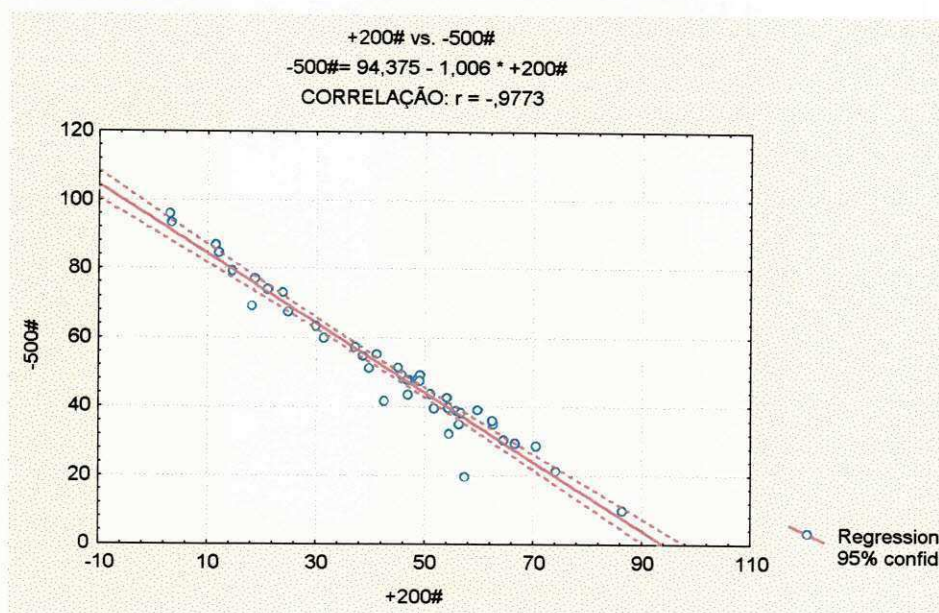


Figura 33 - Gráfico de Correlação (-500# x +200#)

TABELA 11 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO GLOBAL DE TODAS AS AMOSTRAS DE PEGMATITOS DE EQUADOR-RN E JUNCO DO SERIDÓ-PB (SITUAÇÃO I).

FRAÇÕES		DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA			
MESH	N AMOSTRAS	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO PADRÃO
+200	42	43,54	3,02	86,44	19,62
+325	42	2,71	0,42	10,66	2,10
+400	42	1,76	0,21	14,93	2,36
+500	42	1,21	0,14	5,11	0,89
-500	42	50,57	9,58	95,92	20,19

TABELA 12 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO GLOBAL DE TODAS AS AMOSTRAS DE PEGMATITOS DE EQUADOR-RN E JUNCO DO SERIDÓ-PB (SITUAÇÃO II).

FRAÇÕES		DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA			
MESH	N	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	D. P.
+325	42	5,49	0,48	18,71	4,57
+400	42	3,66	0,30	35,29	5,58
+500	42	2,30	0,17	6,30	1,44
-500	42	88,68	46,22	99,58	9,80

6.2 - ANÁLISE DE PEGMATITOS DAS REGIÕES DE EQUADOR-RN E JUNCO DO SERIDÓ-PB

6.2.1 - REGIÃO DE EQUADOR-RN

6.2.1.1 - ANÁLISE DE FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE 200 E - 500 MESH.

Foram analisadas 26 amostras de pegmatitos da região de Equador-RN, nas frações granulométricas 200, 325, 400 e 500 mesh. Os sedimentos ou materiais retidos e passantes nessas faixas são dados na tabela 13 e anexo 3. Na malha granulométrica de 200 mesh, observa-se que a média retida é de 44,25%, com mínimo de 3,02% e máximo de 86,44% (Tabela 13). Os minerais retidos na malha de 200 mesh, são quase sempre quartzo e mica. A figura 34A mostra bem nitidamente que há uma variação na distribuição de material passante em torno de 5,75%. Nota-se, que há um rendimento de partículas grosseiras na maioria das amostras, com pequenas variações extremas.

A forma, estatística dessa fração apresenta-se com uma distribuição de frequência aparentemente simétrica, portanto, tende a ser multimodal (Figura 34B).

As frações granulométricas retidas nas malhas 325, 400 e 500 mesh apresentam um rendimento de retidos muito baixo, com poucas variações, onde a média varia de 1,36% a 2,23% (tabela13). Nos histogramas de distribuição e diagramas de barras, pode-se observar que há muito pouco material retido nessas malhas (Figuras 35A a 37B).

A curva de frequência dessa fração apresenta-se de forma assimétrica positiva (Figura 37B), com a frequência maior ficando no lado da baixa porcentagem de material retido.

Foi observado, também, que a maioria do material peneirado passou pela malha de 500 mesh (Figura 38A), onde a média ficou em torno de 50,94%, com mínimo de 9,58% e máximo de 95,92% (Tabela 13).

Na figura 38A, observa-se que o rendimento de argila caulim variou bastante entre as amostras, porém, a quantidade de caulim permaneceu acima do nível desejado.

O histograma de distribuição -500 mesh apresenta-se de forma pouca assimétrica positiva (Figura 38B) com a tendência para bimodal com as modas situando-se em 30 - 40% e 50 - 60%.

6.2.1.2 - FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE - 200 A - 500 MESH.

A quantidade do material retido nas peneiras 325, 400 e 500 varia muito entre as amostras demonstrando que as impurezas embora pequenas, dependem muito da natureza dos pegmatitos (Figura 39A a 43B). A variabilidade manifestada através da distribuição multimodal na sua distribuição, foram recalculadas para 100%, com um único objetivo, comparar essas faixas granulométricas, o retido entre si, eliminando as partículas não-argilosas que estão retidas na malha de +200 mesh (Tabela 14 e anexo 4). Observa-se que a fração argilosa caulim concentra-se na fração passante de 500 mesh (Figura 43A), com valores máximos de 99,58%, média de 90,33% e mínimo de 70,01% (Tabela 14) e mostram exatamente a quantidade de material passante na malha de -500 mesh, tendo uma distribuição quase que uniforme em relação a todos as outras amostras.

A natureza de distribuição dessa fração é assimétrica negativa, (Figura 43B) onde a maioria das amostras contém alta concentração de material passante e poucas com material retido.

O rendimento de caulim depende da quantidade de material não-argiloso como quartzo e mica. Observa-se que nas frações de 325 e 500 mesh há presença de sericita e outros minerais não argilosos.

Foi feita também, uma análise de regressão entre o material retido na malha de +200 mesh e passante em 500 mesh (Figura 44). Nota-se que há uma correlação muito boa entre essas duas frações, onde o coeficiente de correlação $r = - 0,99$.

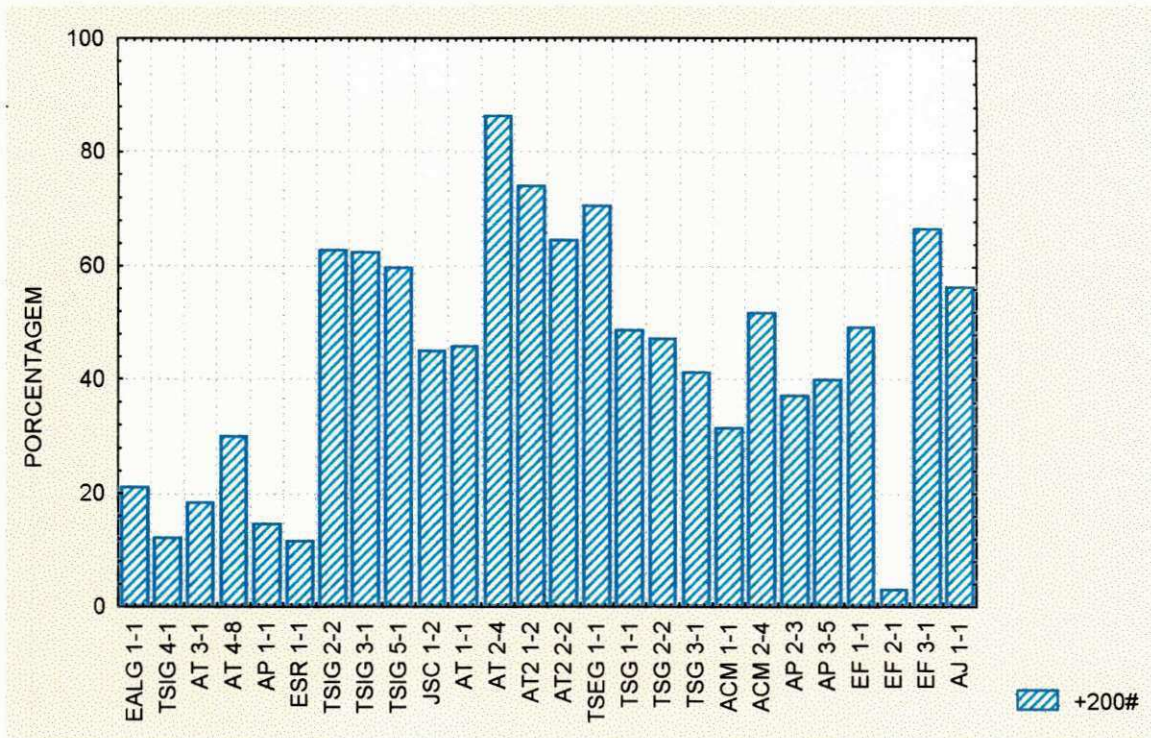


Figura 34 (A)

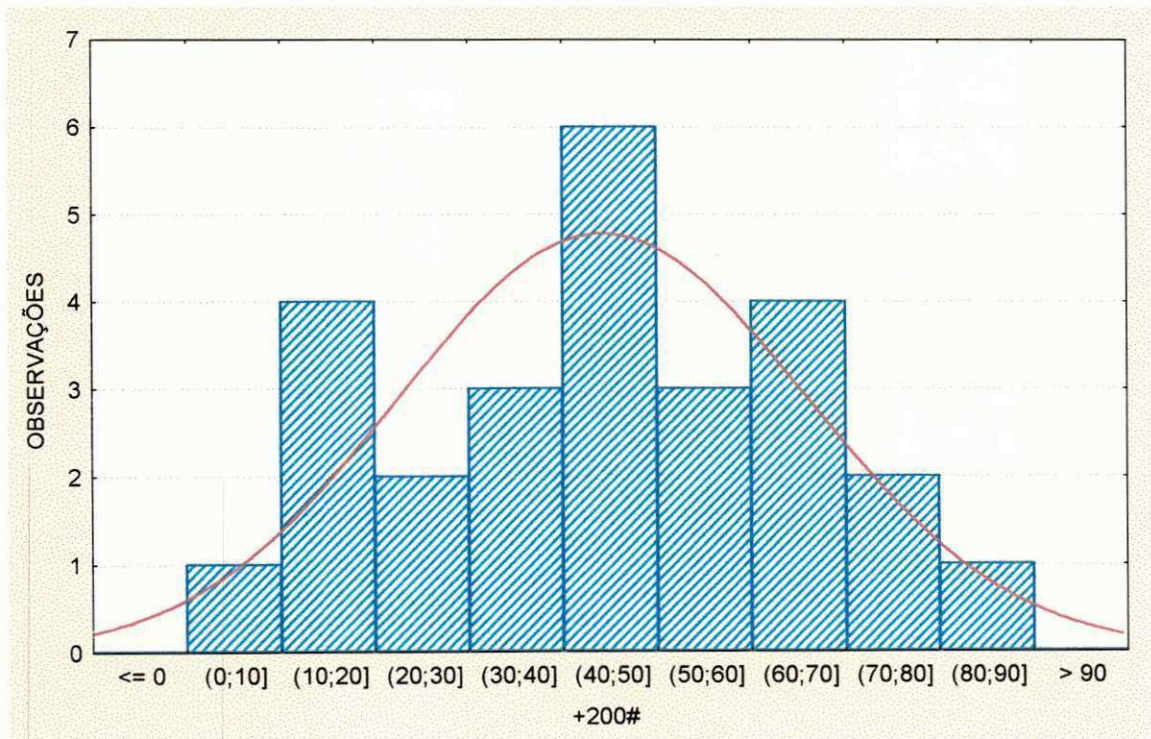


Figura 34 (B)

Figura 34 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Equador-RN.

- (A) Gráfico de Barras para +200#;
 (B) Histograma de +200#.

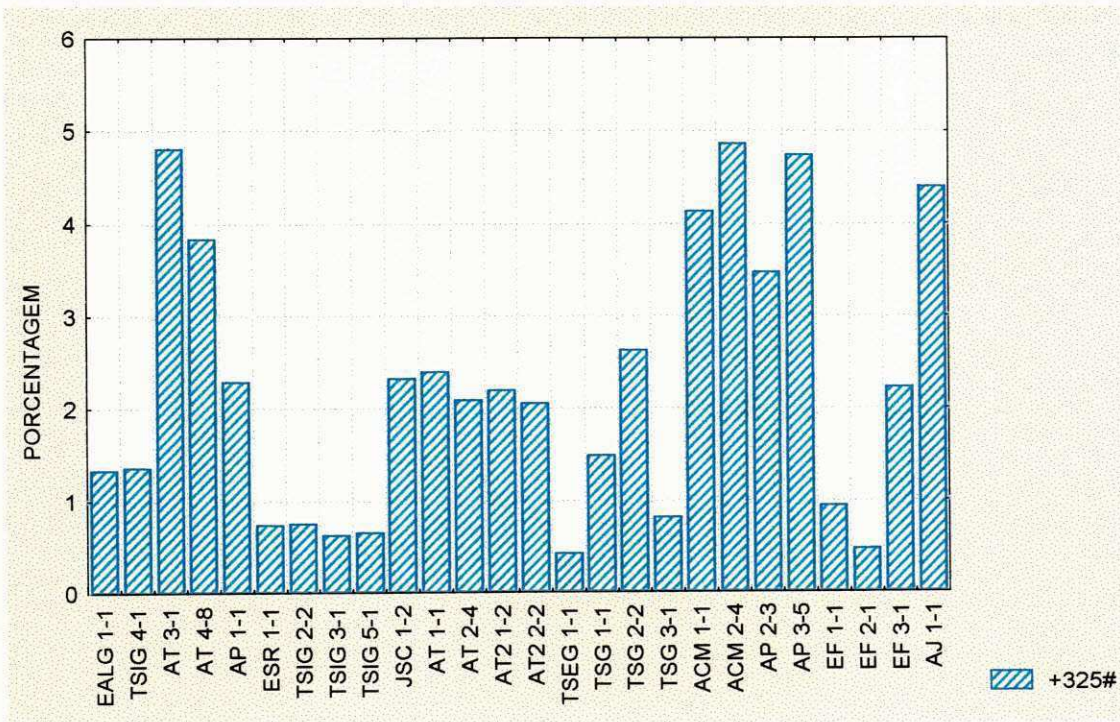


Figura 35 (A)

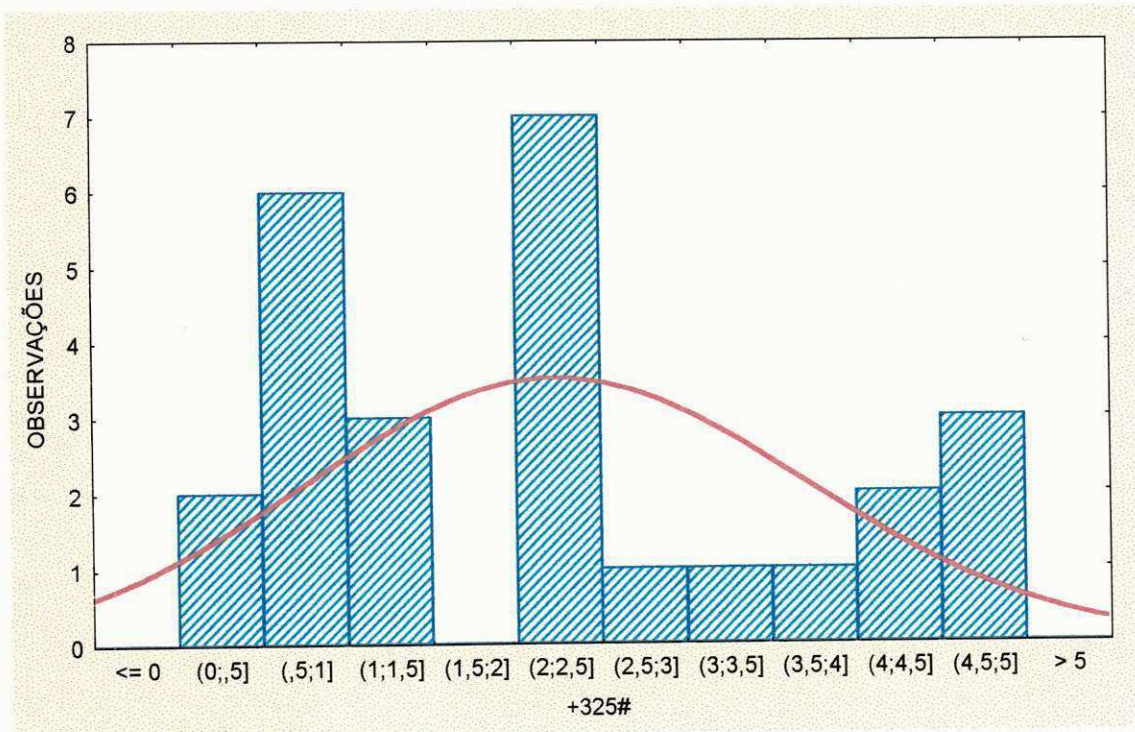


Figura 35 (B)

Figura 35 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Equador-RN.

- (A) Gráfico de Barras para +325#;
- (B) Histograma de +325#.

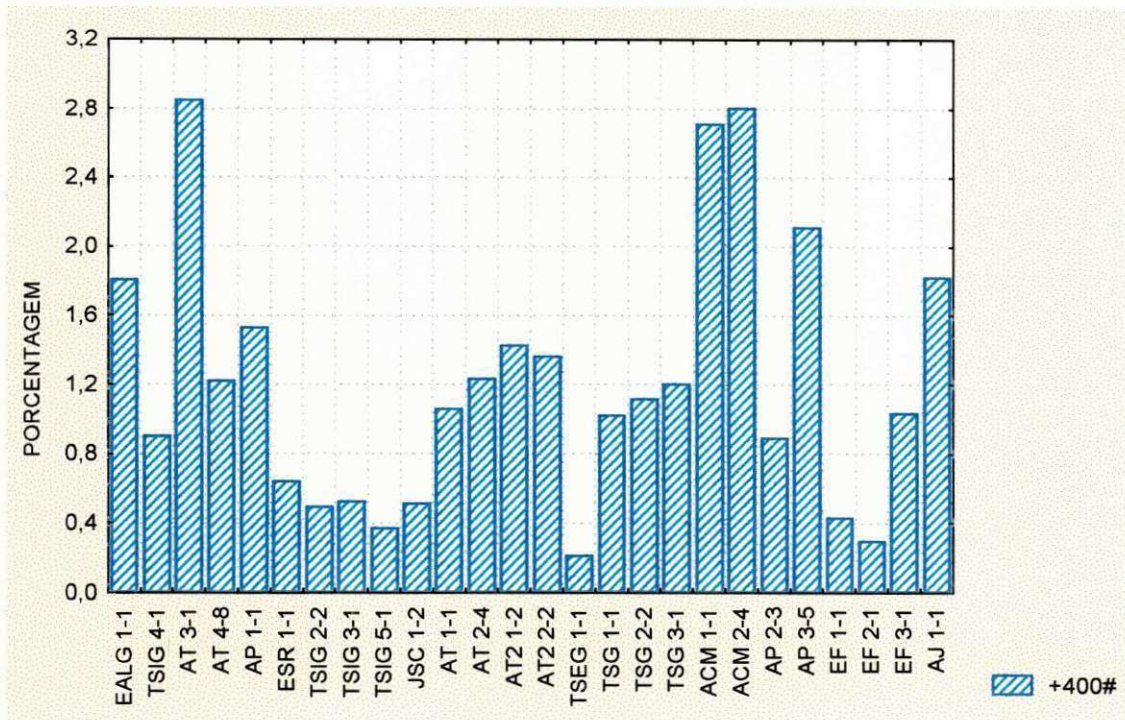


Figura 36 (A)

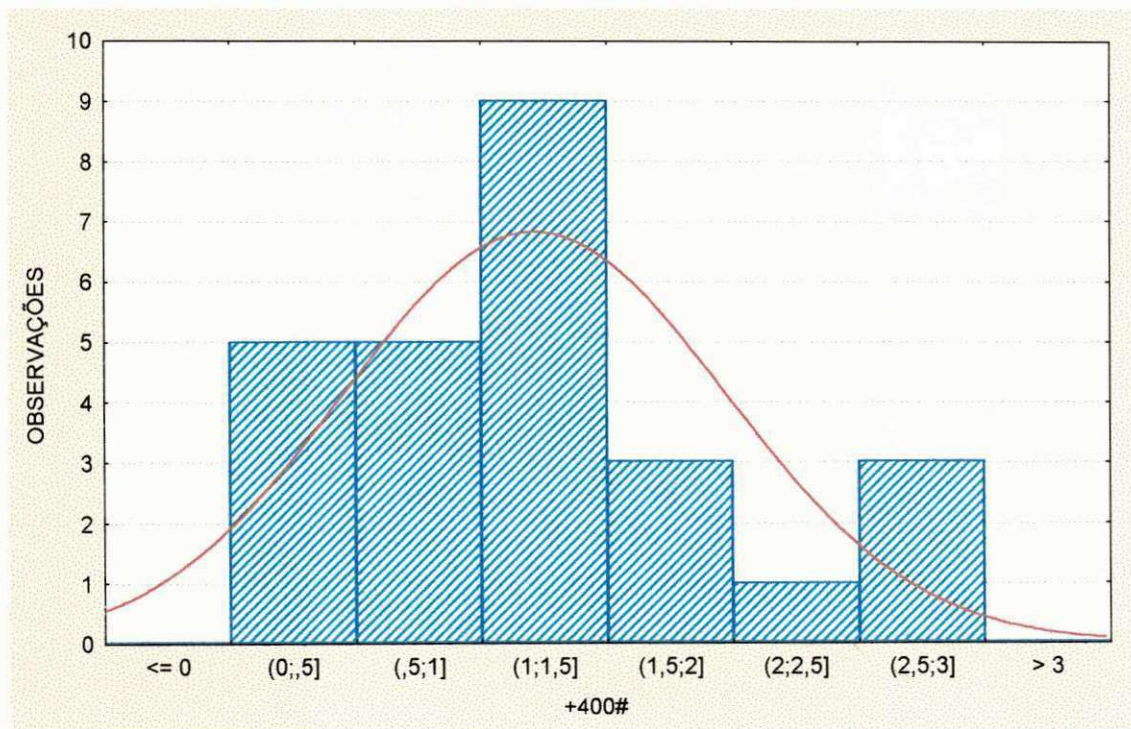


Figura 36 (B)

Figura 36 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Equador-RN.

- (A) Gráfico de Barras para +400#;
 (B) Histograma de +400#.

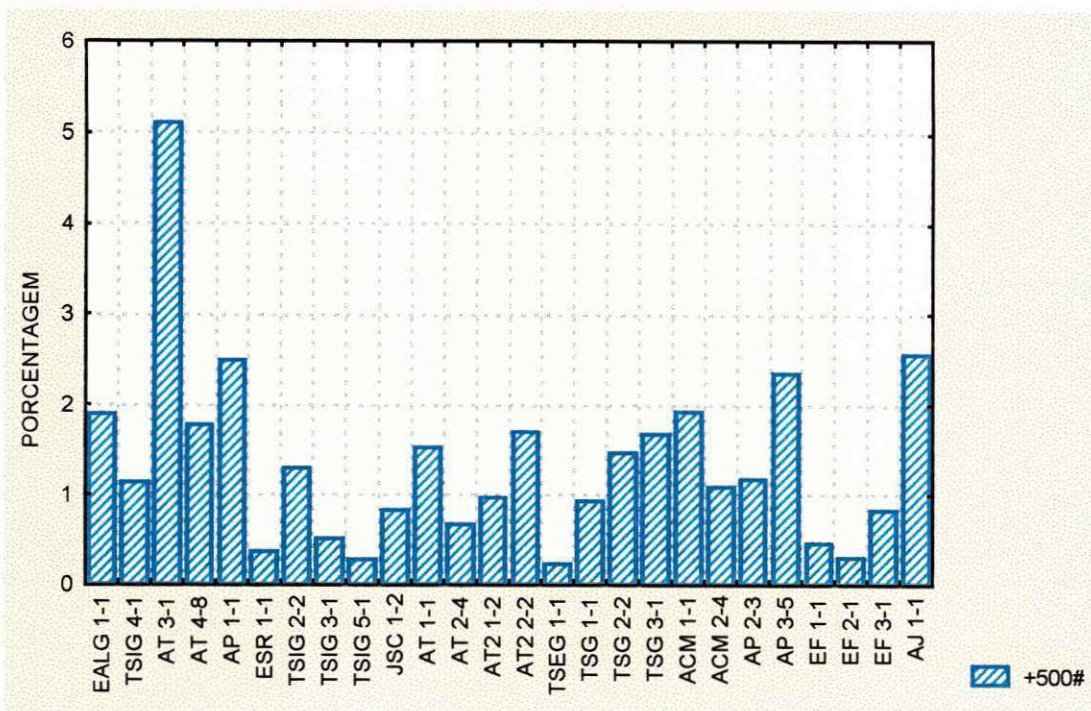


Figura 37 (A)

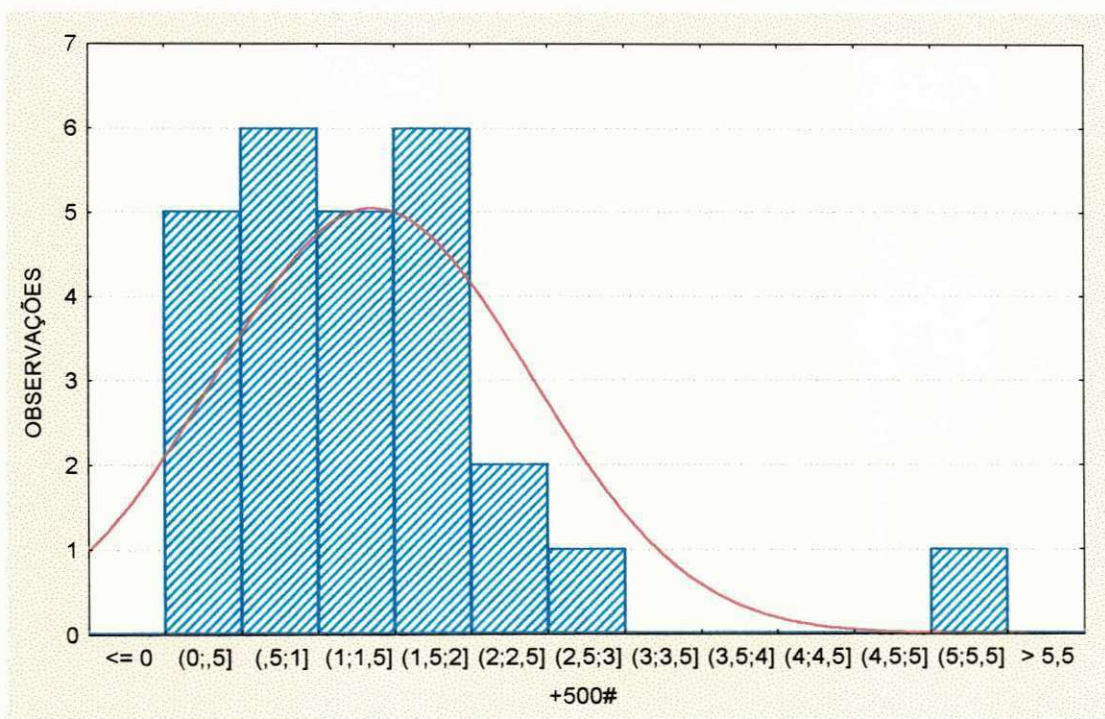


Figura 37 (B)

Figura 37 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Equador-RN.

- (A) Gráfico de Barras para +500#;
- (B) Histograma de +500#.

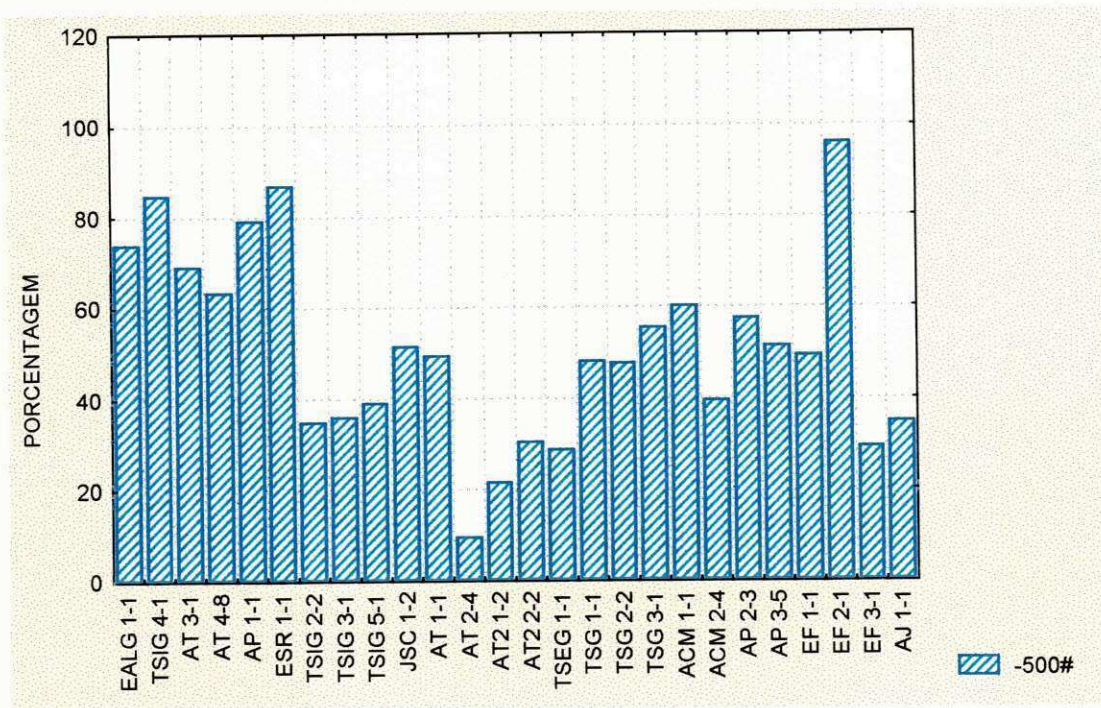


Figura 38 (A)

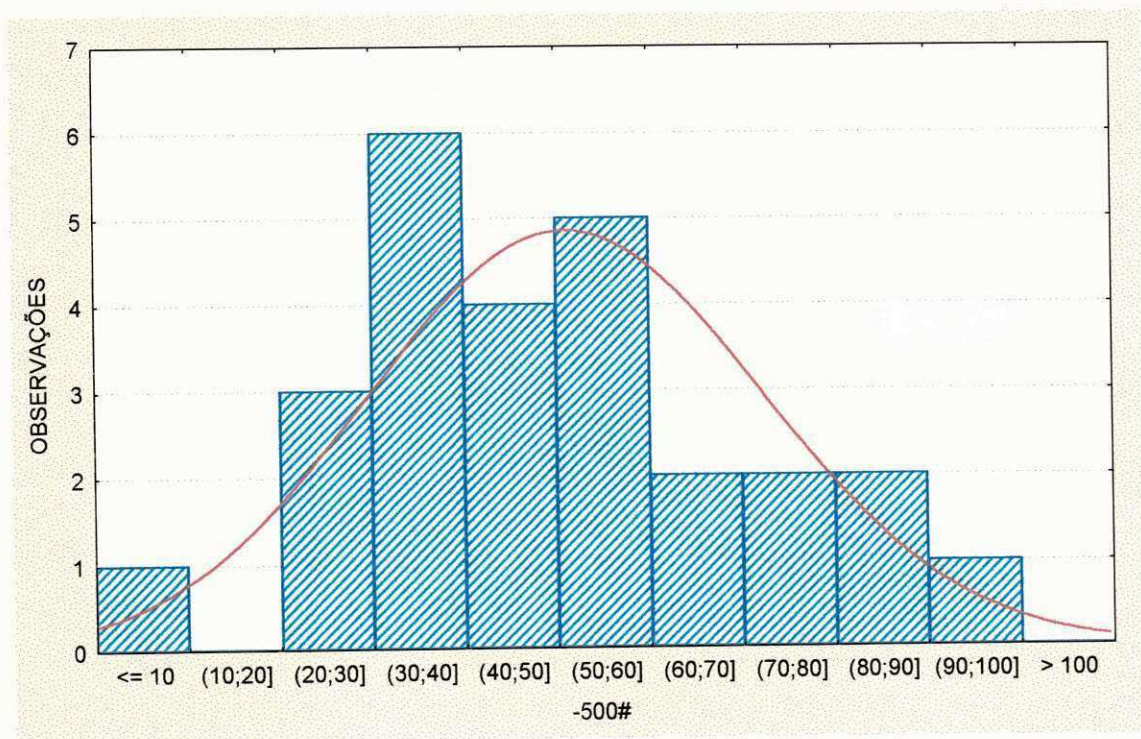


Figura 38 (B)

Figura 38 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Equador-RN.

(A) Gráfico de Barras para -500#;

(B) Histograma de -500#.

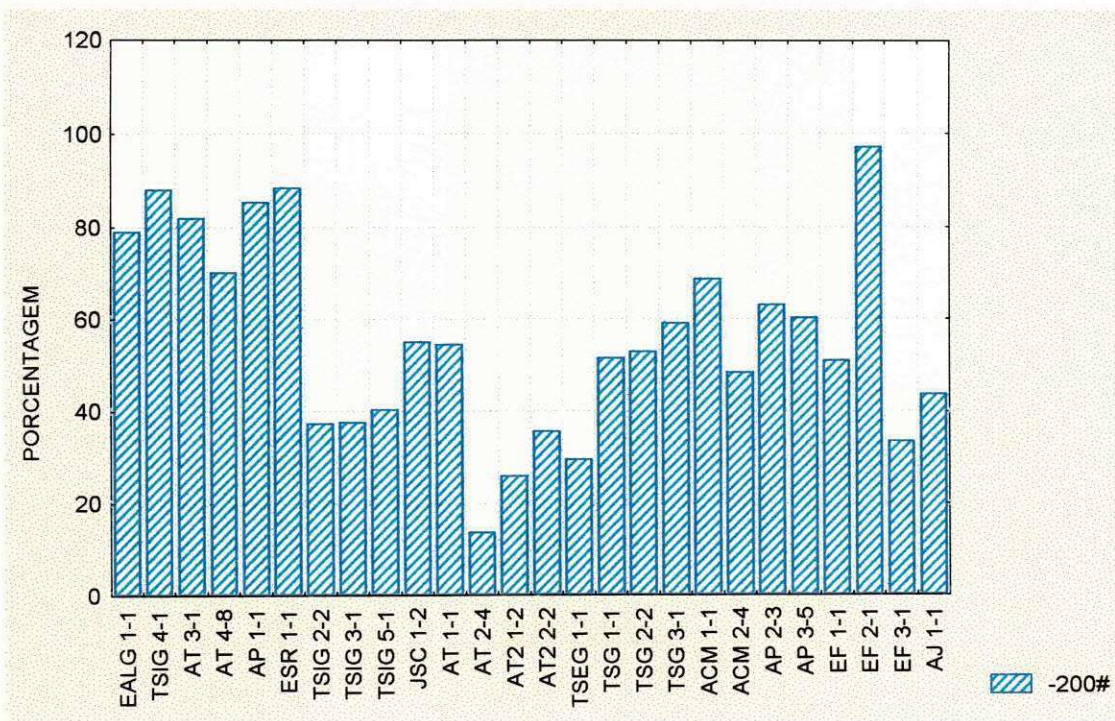


Figura 39 (A)

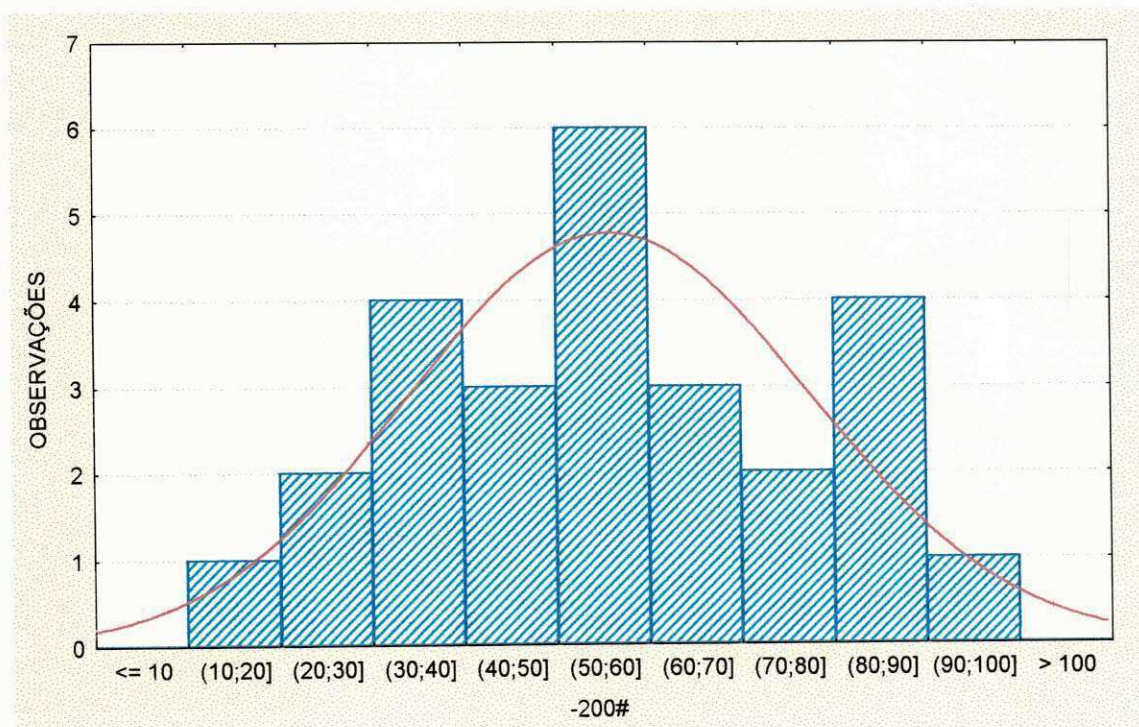


Figura 39 (B)

Figura 39 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Equador-RN.

- (A) Gráfico de Barras para -200#;
 (B) Histograma de -200#.

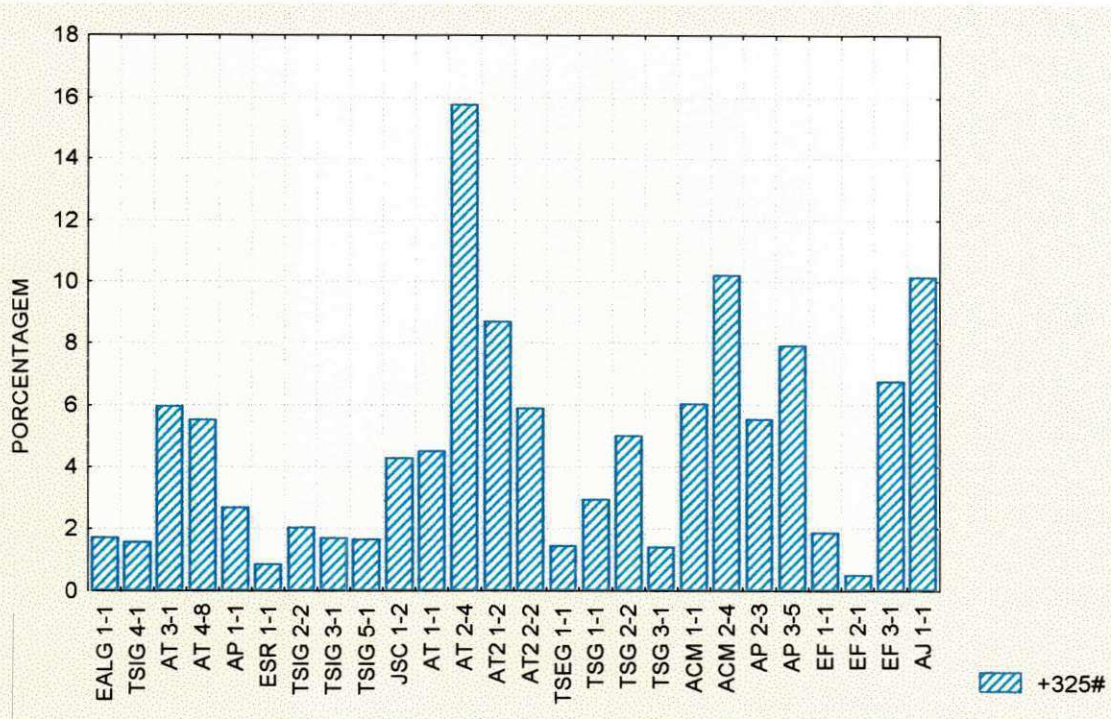


Figura 40 (A)

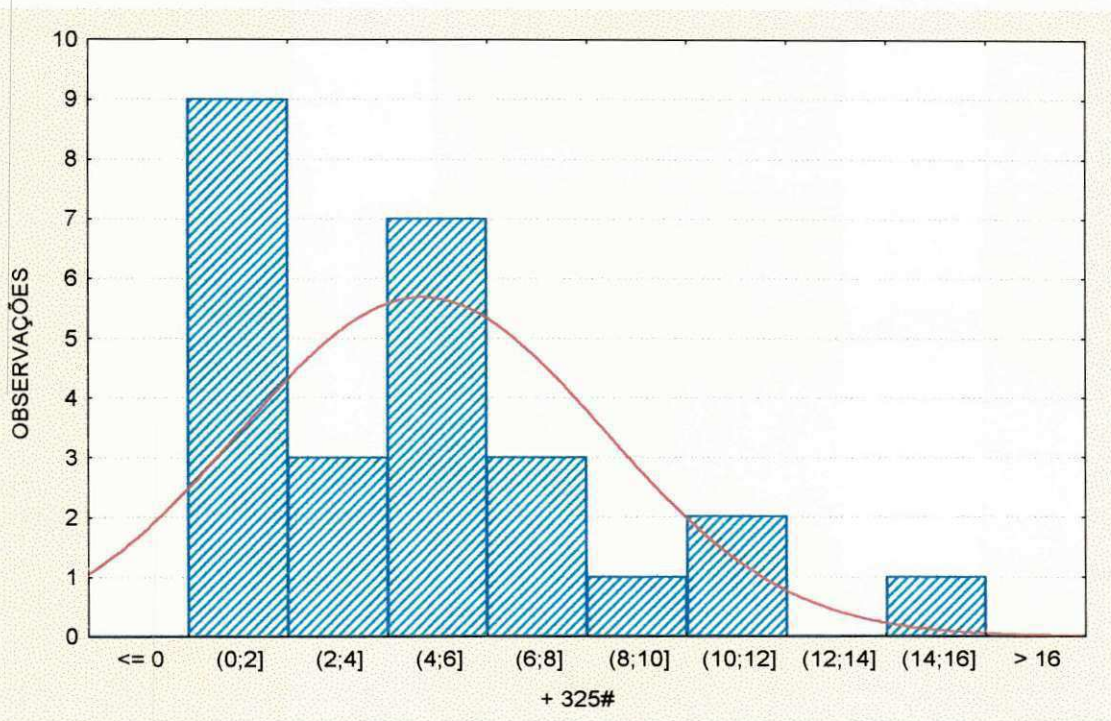


Figura 40 (B)

Figura 40 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Equador-RN.

(A) Gráfico de Barras para +325#;

(B) Histograma de +325#.

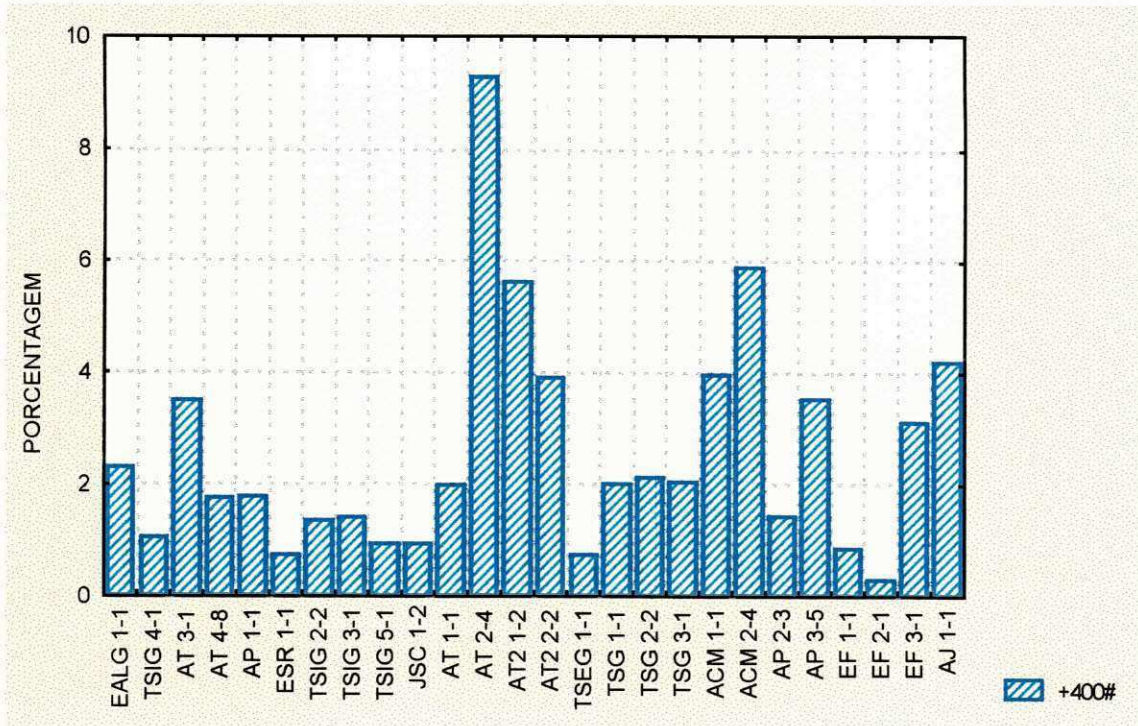


Figura 41 (A)

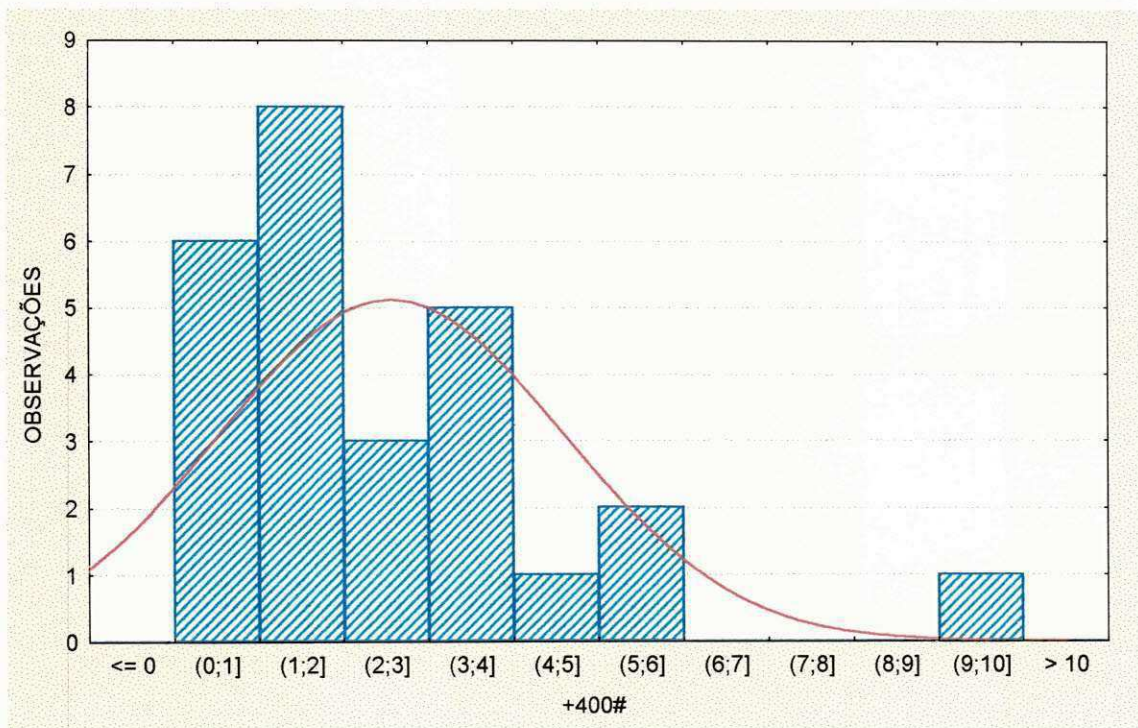


Figura 41 (B)

Figura 41 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Equador-RN.

- (A) Gráfico de Barras para +400#;
- (B) Histograma de +400#.

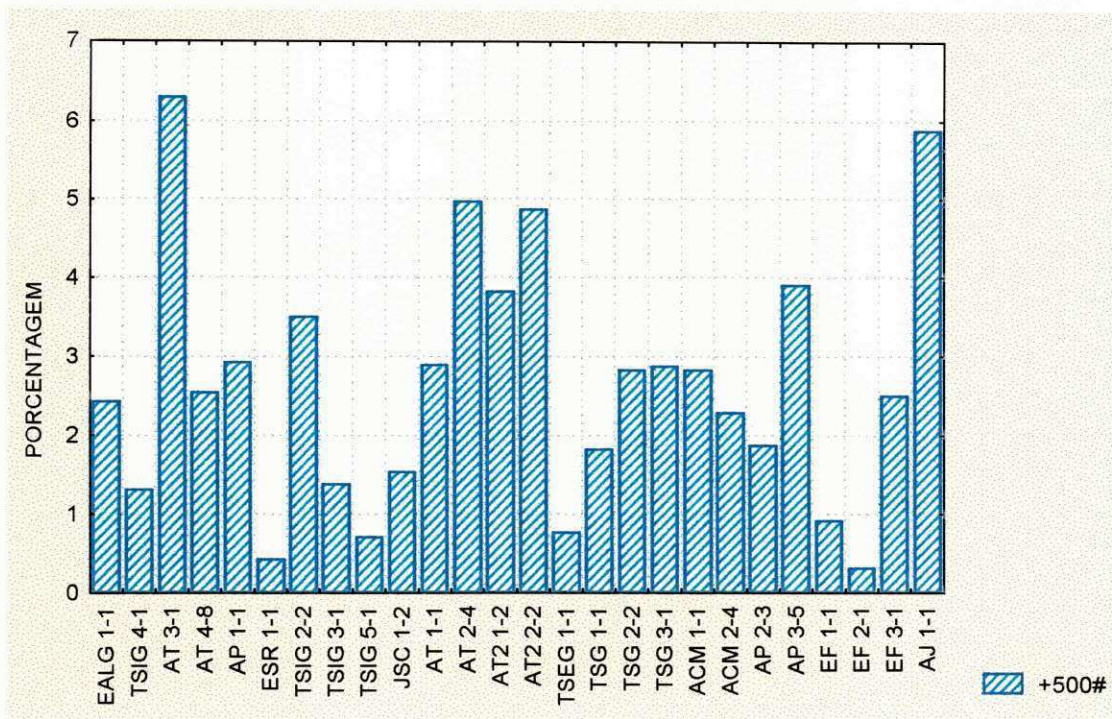


Figura 42 (A)

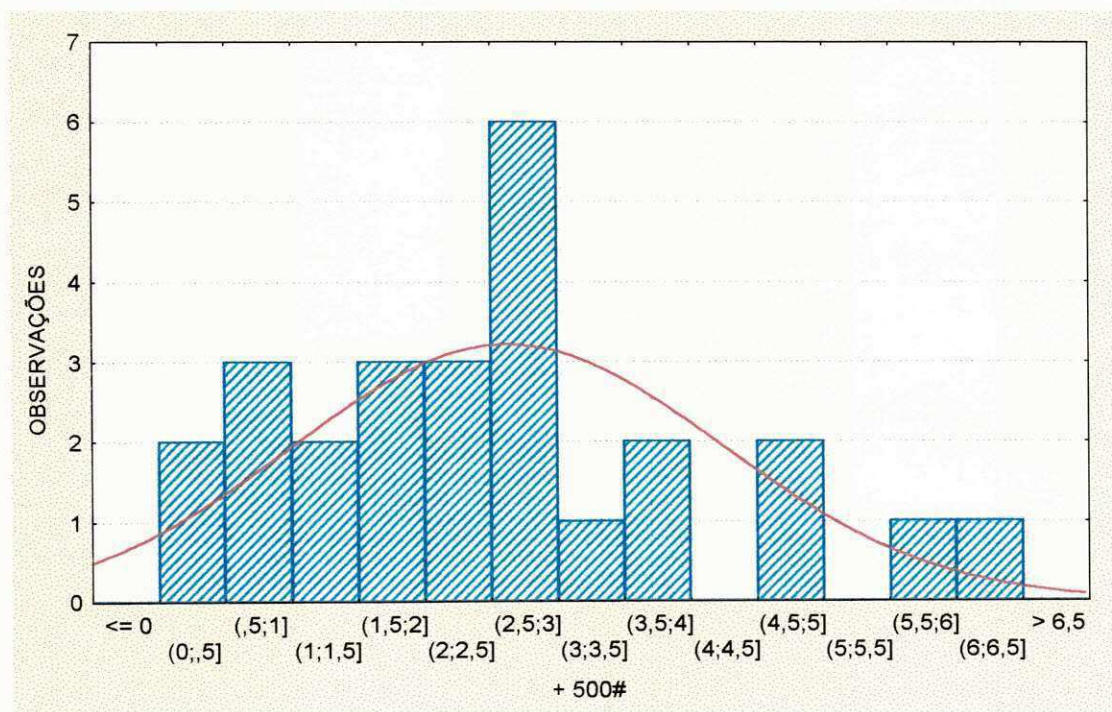


Figura 42 (B)

Figura 42 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Equador-RN.

- (A) Gráfico de Barras para +500#;
- (B) Histograma de +500#.

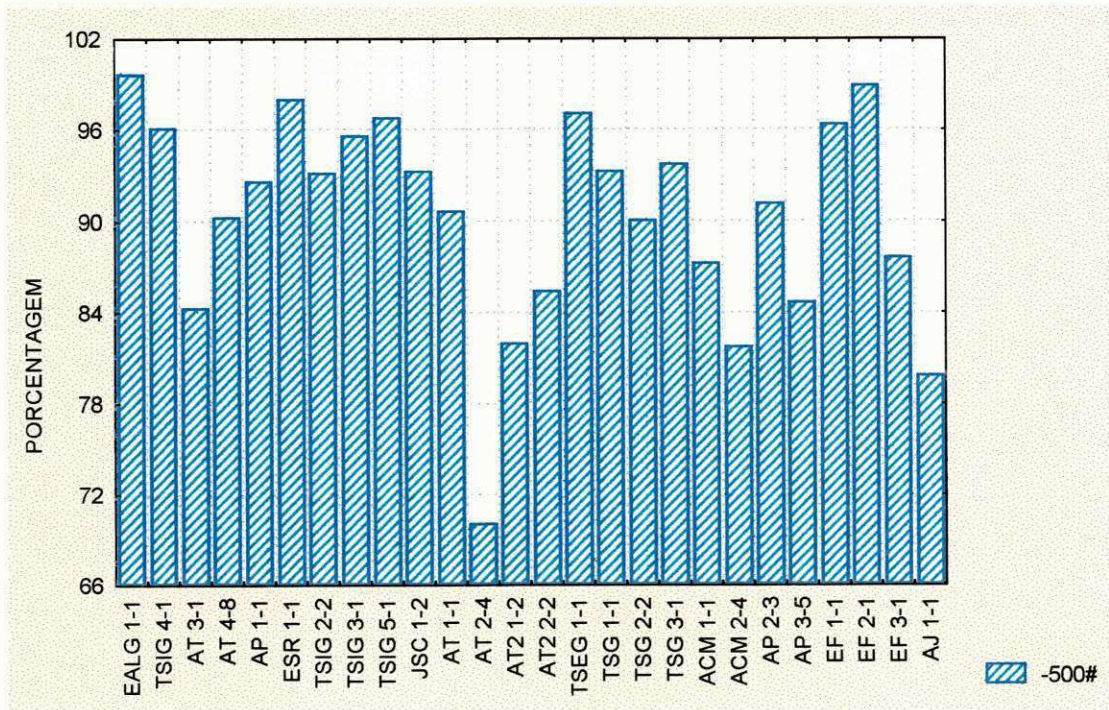


Figura 43 (A)

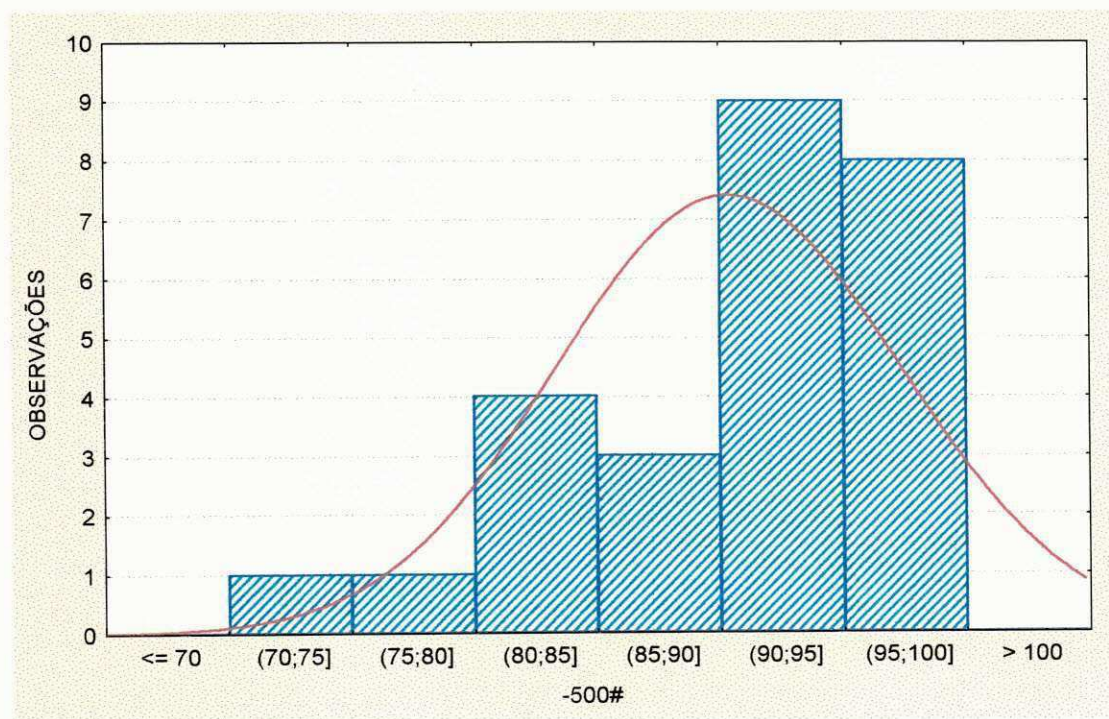


Figura 43 (B)

Figura 43 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Equador-RN.

- (A) Gráfico de Barras para -500#;
 (B) Histograma de -500#.

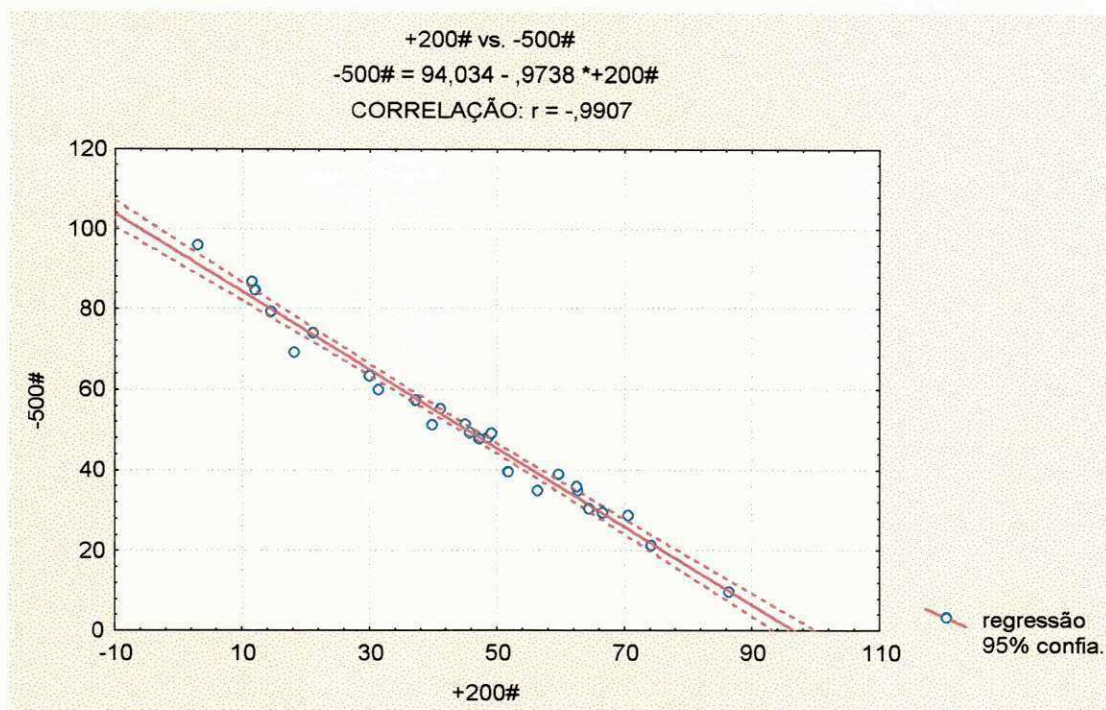


Figura 44 - Gráfico de Correlação (-500# x +200#)

TABELA 13 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO DA REGIÃO DE EQUADOR-RN (SITUAÇÃO I).

FRAÇÕES MESH	DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA				
	N	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	D. P.
+200	26	44,25	3,02	86,44	21,72
+325	26	2,23	0,42	4,86	1,47
+400	26	1,21	0,21	2,85	0,76
+500	26	1,36	0,22	5,11	1,02
-500	26	50,94	9,58	95,92	21,35

TABELA 14 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO DA REGIÃO DE EQUADOR-RN (SITUAÇÃO II).

FRAÇÕES MESH	DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA				
	N	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	D. P.
+325	26	4,71	0,48	15,75	3,65
+400	26	2,56	0,30	9,27	2,03
+500	26	2,62	0,31	6,30	1,61
-500	26	90,33	70,01	99,58	7,01

6.2.2 - REGIÃO DE JUNCO DO SERIDÓ-PB

6.2.2.1 - ANÁLISE DE FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE 200 E - 500 MESH.

Foram analisadas 16 amostras de pegmatitos da região de Equador-RN e Junco do Seridó-PB, nas frações granulométricas +200, 325, 400 e 500 mesh (material retido) e -500 mesh (material passante) que são dadas na tabela 15 e anexo 5. Na malha de 200 mesh observa-se que a média retida é de 42,38% com mínimo de 3,32% e máximo de 57,34% (Tabela 15). Os minerais retidos na malha de 200 mesh, são praticamente quartzo e mica. A figura (45A) mostra que o gráfico de barras tem uma distribuição granulométrica quase que regular, com poucas variações de material retido. Portanto, há uma média de material passante em torno de 57,62%. Nota-se que há um rendimento de partículas grosseiras na maioria das amostras, com pouquíssimas variações extremas.

A forma estatística dessa fração apresenta-se como uma distribuição de frequência assimétrica negativa e multimodal (Figura 45B), onde a maioria das amostras contém um alto rendimento em % do lado direito e um baixo rendimento em % do lado esquerdo, tornando sua cauda do lado esquerdo muito maior do que o lado direito.

As frações granulométricas retidas nas malhas 325, 400 e 500 mesh (Anexo 5), apresentam um rendimento de retidos muito baixo, com bastante variações (Figuras 46A, 47A e 48A), onde a média varia de 0,96 a 3,49% (Tabela 15). Nos histogramas de distribuição pode-se observar 3 comportamentos diferentes de natureza da curva de frequência: 1º a (Figura 45B) apresenta uma curva assimétrica negativa, 2º (Figura 46B e 47B) ambas apresentam uma curva assimétrica positiva e já a 3º (Figura 48B) apresenta-se como uma curva normal (simétrica).

Foi observado, que a maioria do material peneirado (fração argilosa) passou pela malha de 500 mesh (Figura 49A e anexos 5 e 6) onde a média ficou em torno de 49,98%, mínimo de 19,55% e máximo de 93,34% (Tabela 15). Na (Figura 49B), observa-se uma curva quase que normal (simétrica).

Na (Figura 49A), observa-se que o rendimento da argila caulim variou bastante entre as amostras, porém, a quantidade de caulim permaneceu acima do nível esperado. A figura 49B tem uma curva de frequência assimétrica positiva.

6.2.2.2 - FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE - 200 A - 500 MESH

As frações retidas nas malhas de 325, 400 e 500 mesh (Tabela16), (Figuras 51A, 52A e 53A e anexo 6) e passante na malha de -500 mesh (Tabela 16, Figura 54A e anexo 6) foram recalculadas para 100%, com um único objetivo, comparar nas faixas granulométricas, o retido entre si, eliminando as partículas não-argilosas que estão retidas na malha de +200mesh (Tabela 16 e anexo 6). Observa-se que a fração argilosa caulim concentra-se na malha de -500 mesh (Figura54A), com média de 85,99%, mínimo de 46,22% e máximo de 97,04% (Tabela 16). A figura 54A, mostra exatamente a quantidade de material passante na malha de 500 mesh, tendo uma distribuição quase que uniforme em relação a todas as outras malhas granulométricas.

A natureza de distribuição dessa fração é assimétrica negativa e multimodal (Figura 54B), onde a maioria das amostras contém alta concentração de material passante e poucas com as impurezas que são material retido na peneira 500 mesh. O rendimento de caulim depende da quantidade de material não-argiloso como quartzo e mica.

Observa-se que nas frações de 325 a 500 mesh há presença de sericita e outros minerais não-argilosos.

Foi feita também, uma análise de regressão entre o material retido na malha de +200 mesh e passante em 500 mesh, (Figura 55). Nota-se que há uma correlação muito boa entre essas duas frações, onde o coeficiente de correlação $r = - 0,96$.

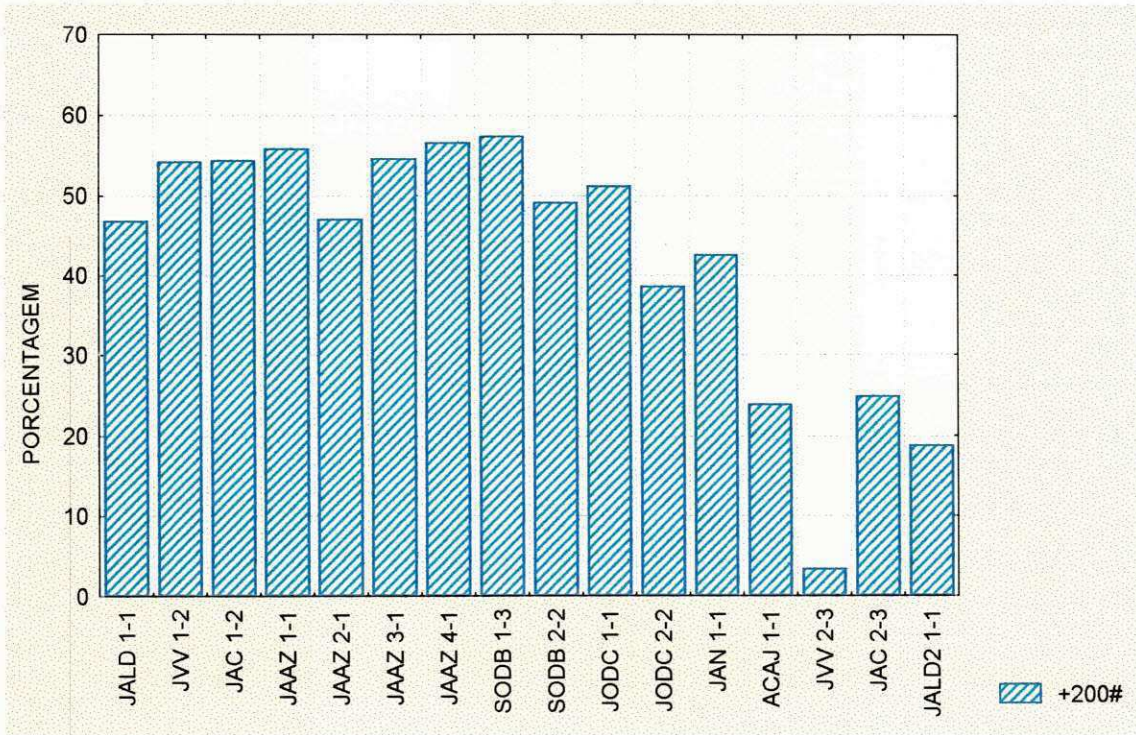


Figura 45 (A)

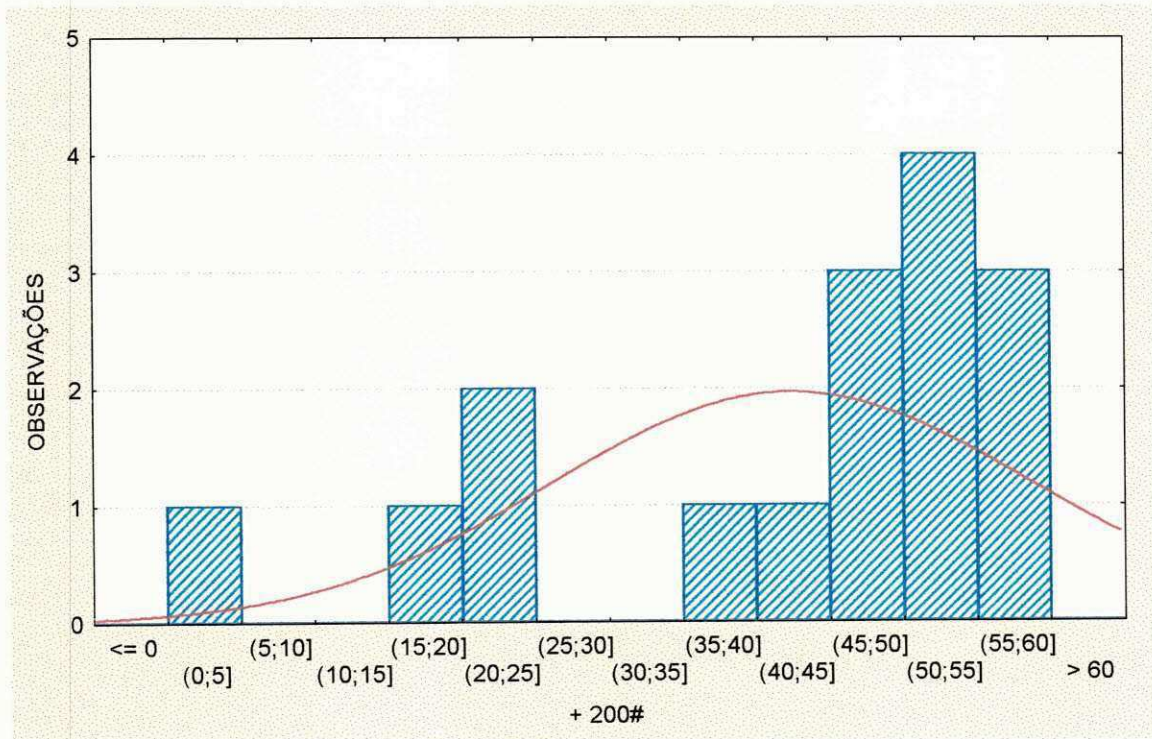


Figura 45 (B)

Figura 45 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Junco do Seridó-PB.

- (A) Gráfico de Barras para +200#;
- (B) Histograma de +200#.

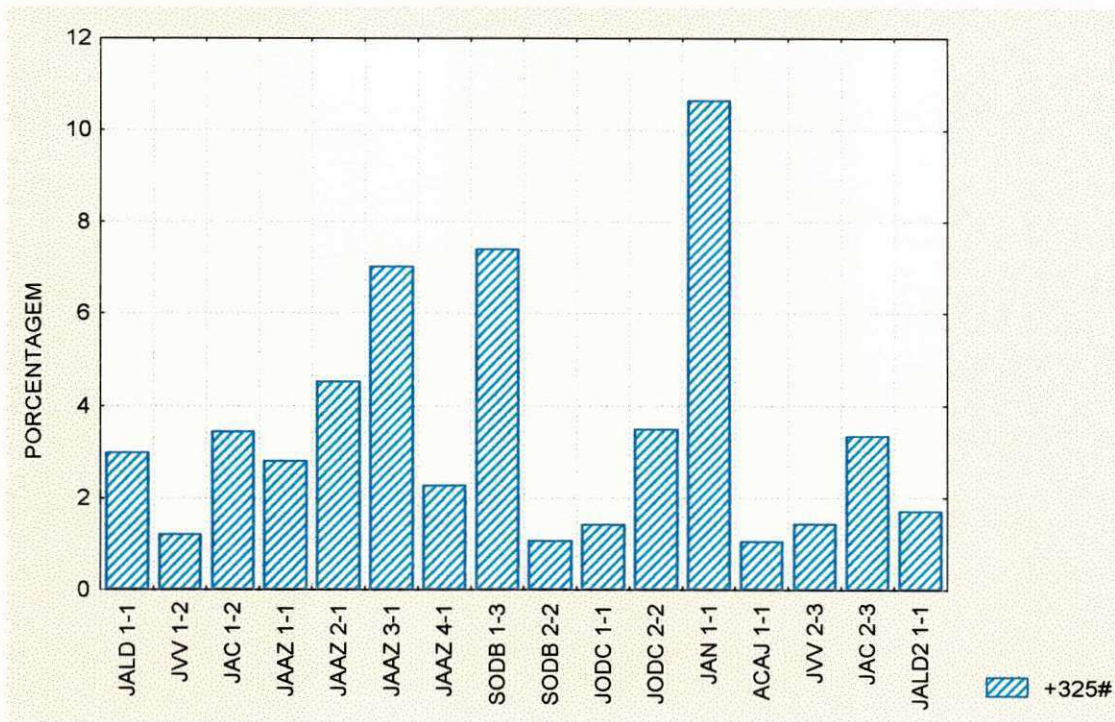


Figura 46 (A)

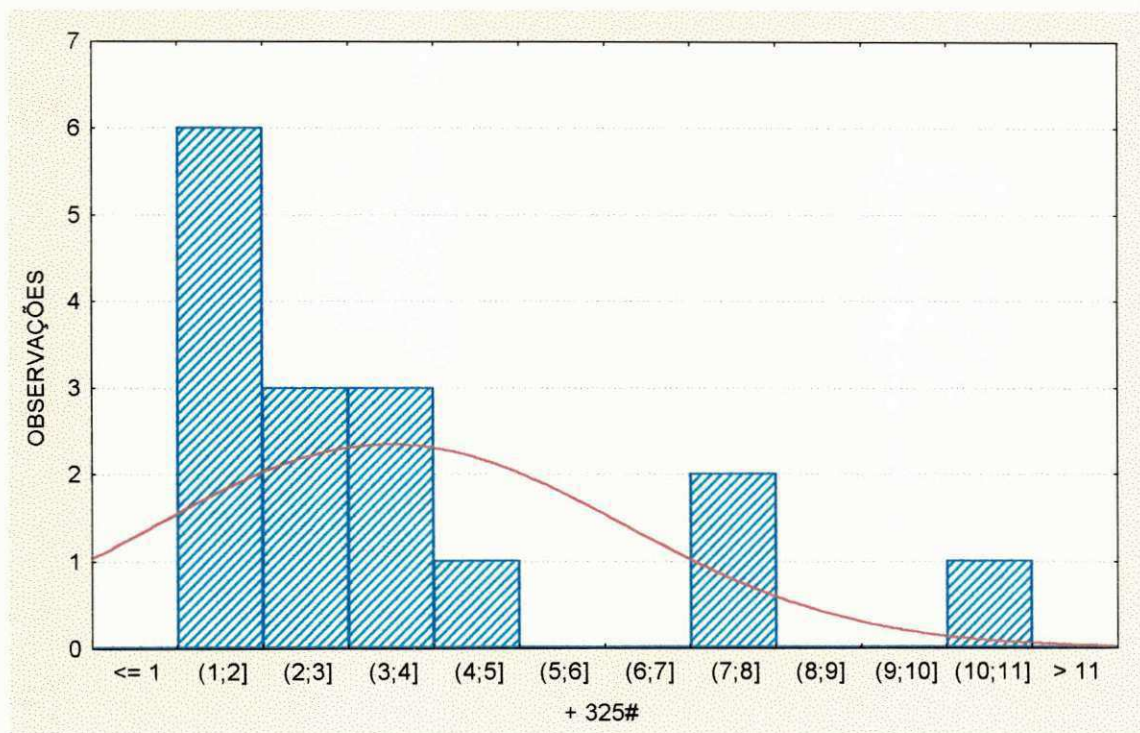


Figura 46 (B)

Figura 46 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Junco do Seridó-PB.

- (A) Gráfico de Barras para +325#;
 (B) Histograma de +325#.

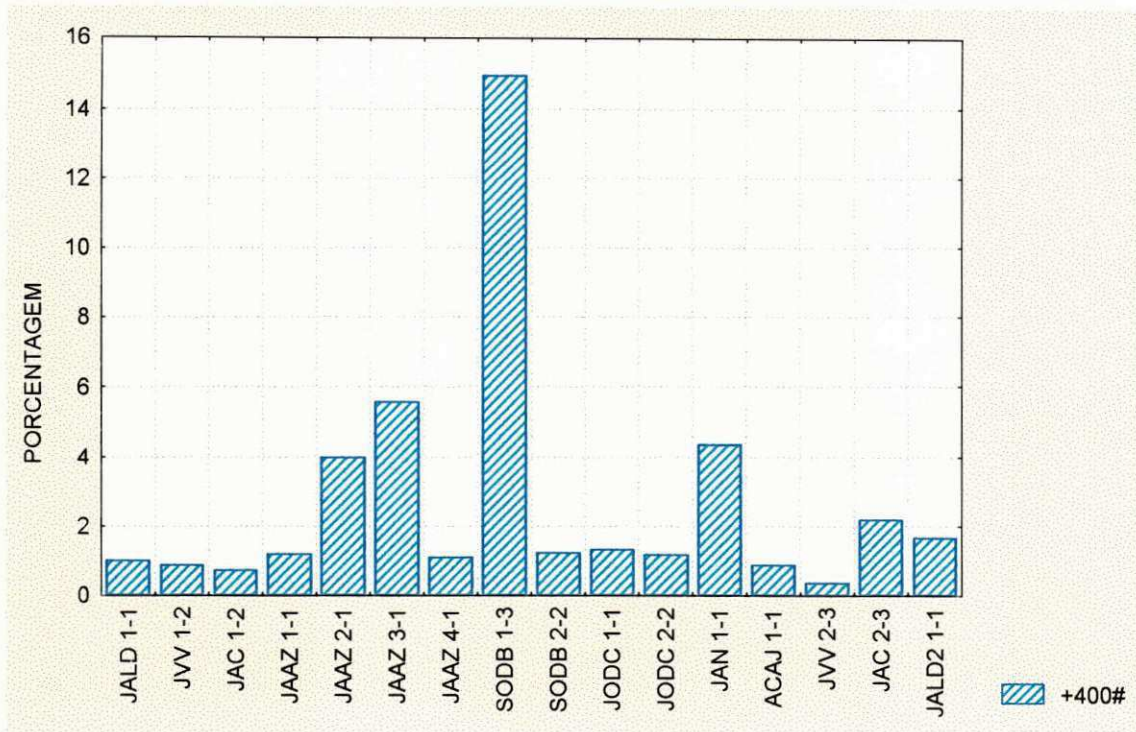


Figura 47 (A)

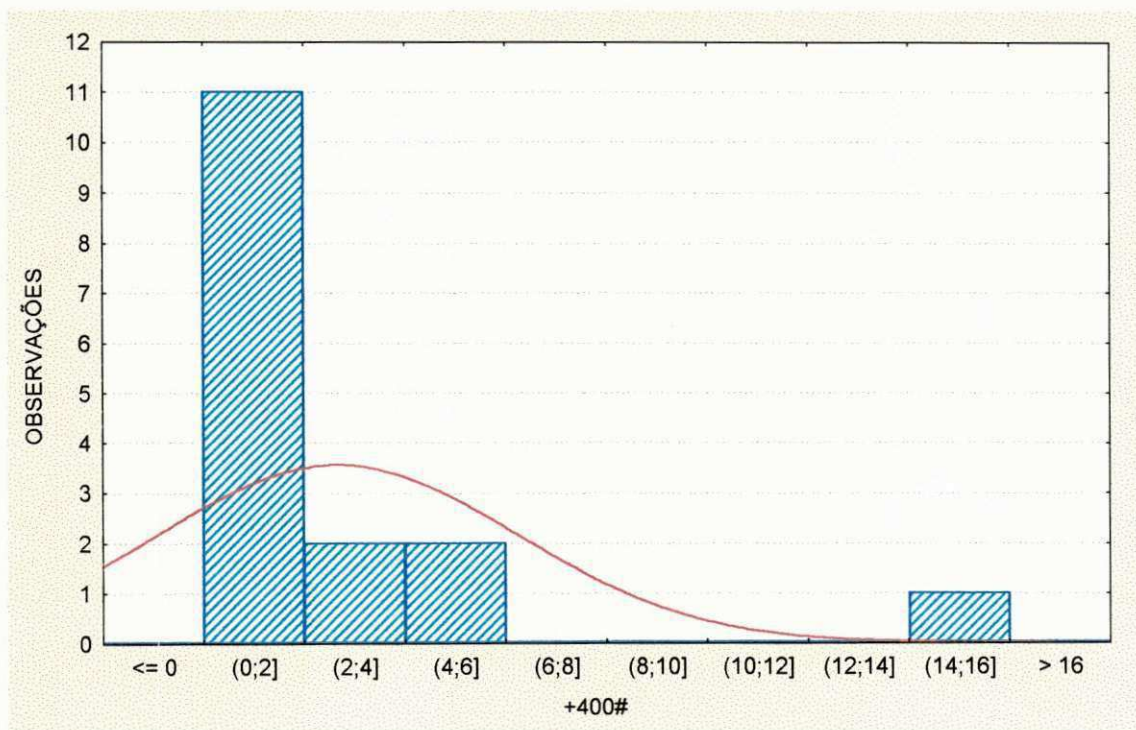


Figura 47 (B)

Figura 47 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Junco do Seridó-PB.

- (A) Gráfico de Barras para +400#;
 (B) Histograma de +400#.

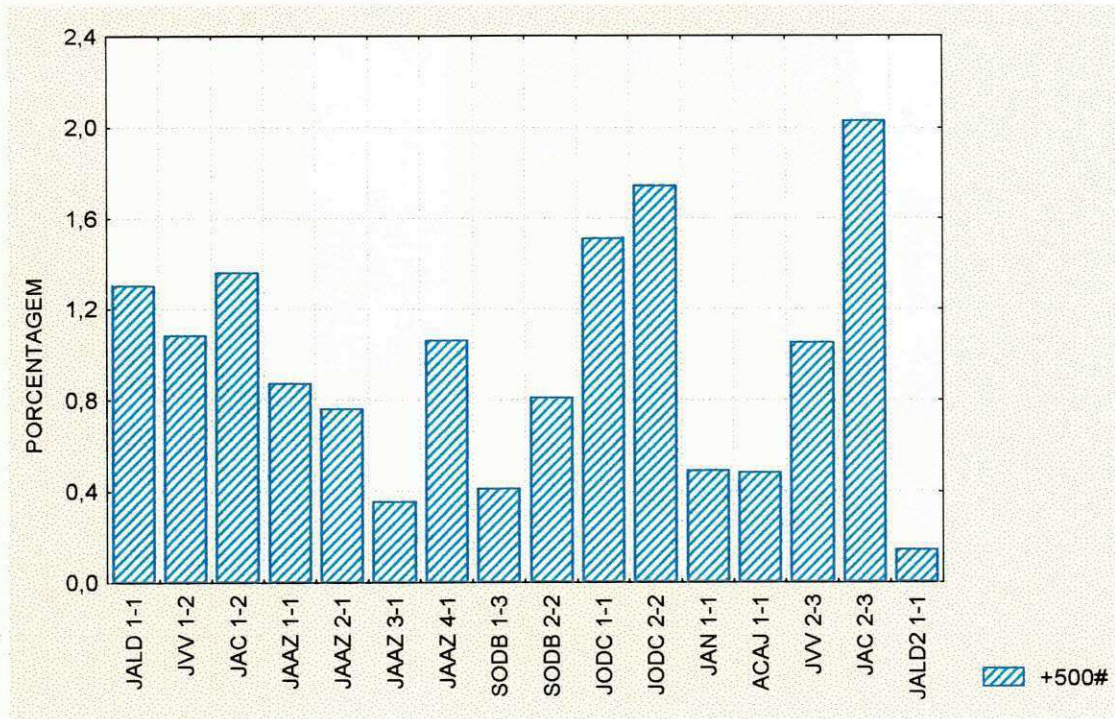


Figura 48 (A)

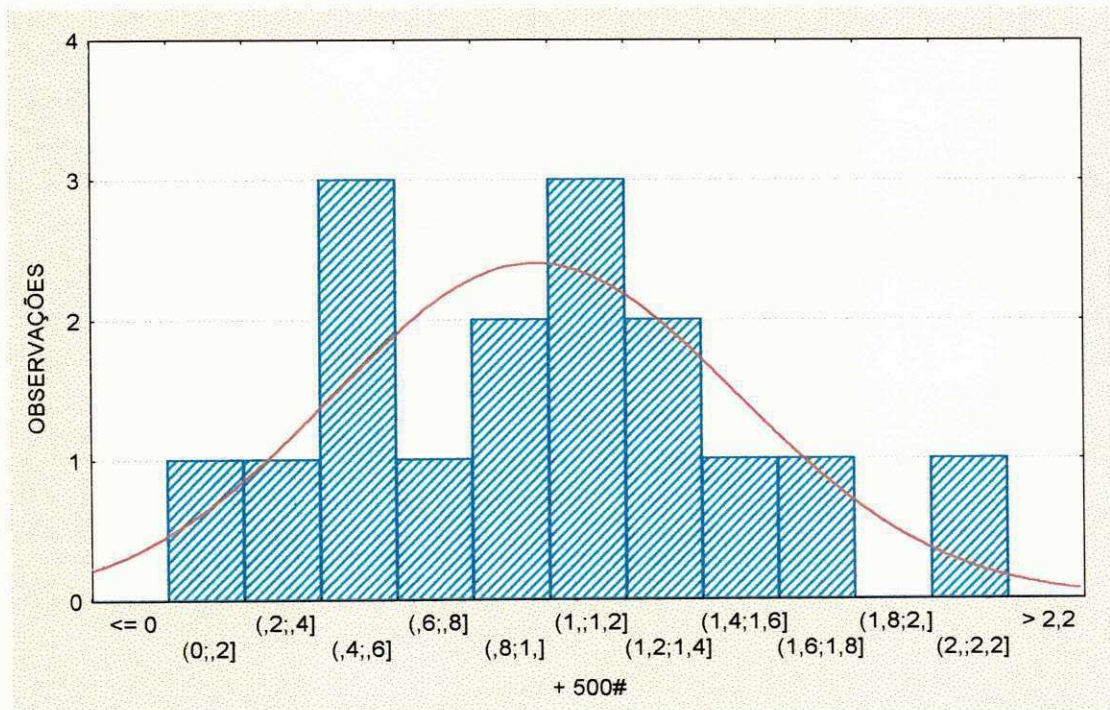


Figura 48 (B)

Figura 48 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Junco do Seridó-PB.

- (A) Gráfico de Barras para +500#;
 (B) Histograma de +500#.

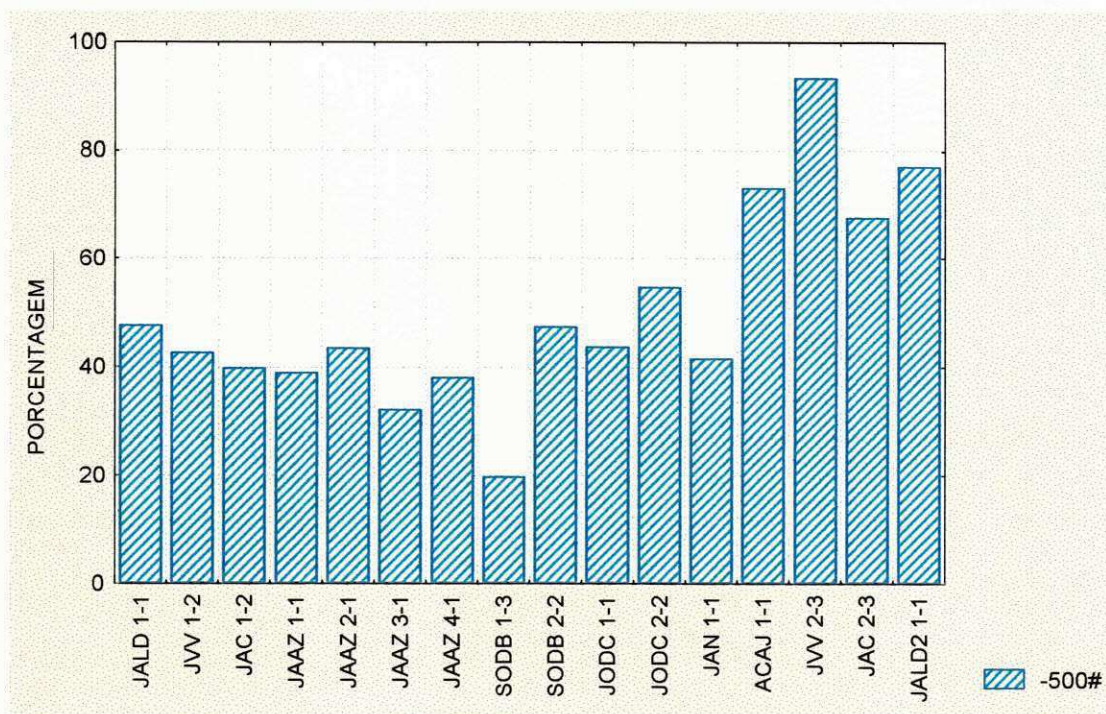


Figura 49 (A)

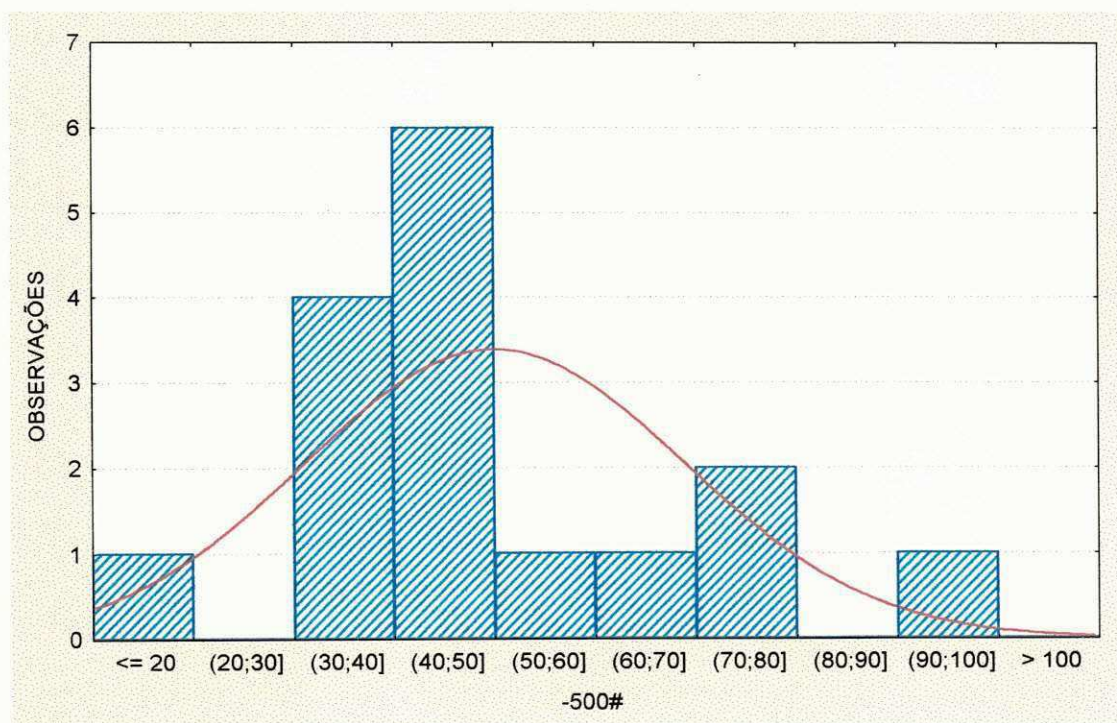


Figura 49 (B)

Figura 49 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Junco do Seridó-PB.

- (A) Gráfico de Barras para -500#;
 (B) Histograma de -500#.

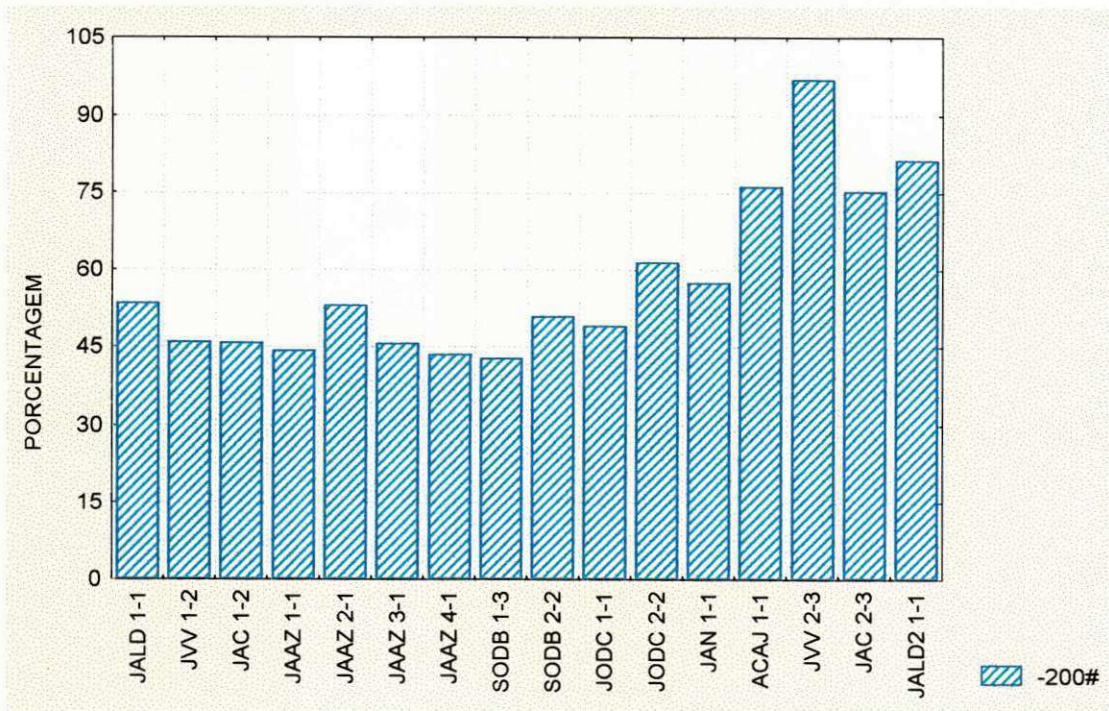


Figura 50 (A)

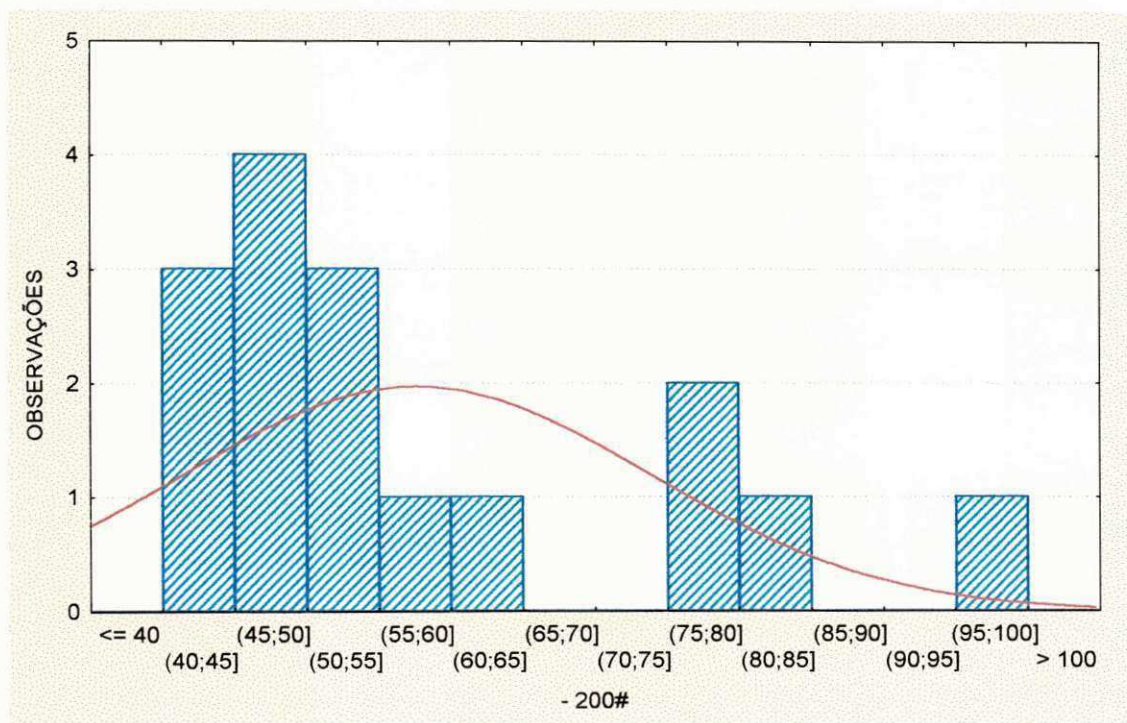


Figura 50 (B)

Figura 50 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Junco do Seridó-PB.

- (A) Gráfico de Barras para -200#;
 (B) Histograma de -200#.

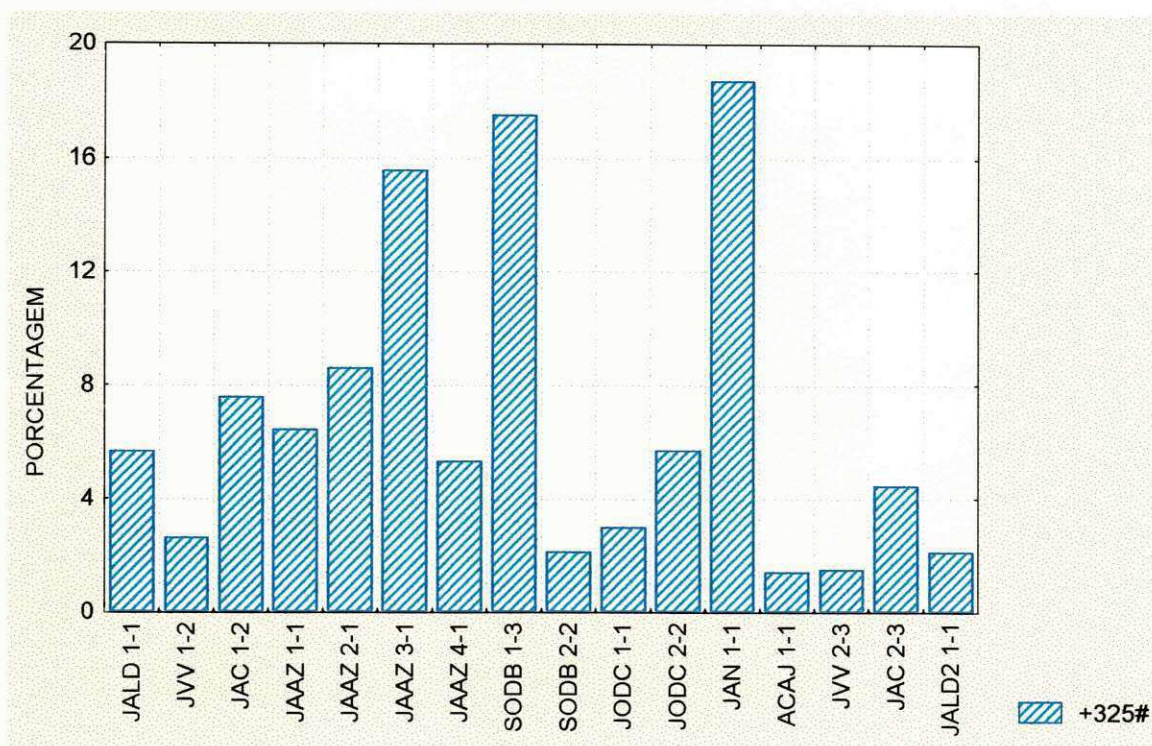


Figura 51 (A)

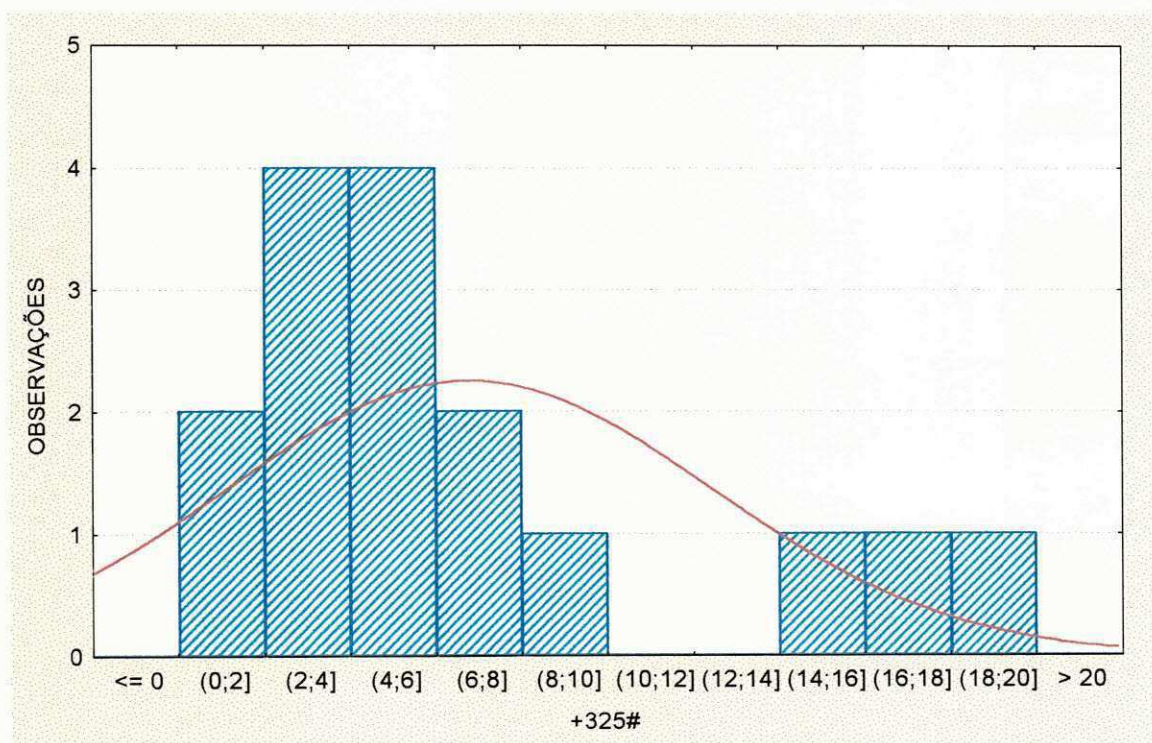


Figura 51 (B)

Figura 51 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Junco do Seridó-PB.

- (A) Gráfico de Barras para +325#;
 (B) Histograma de +325#.

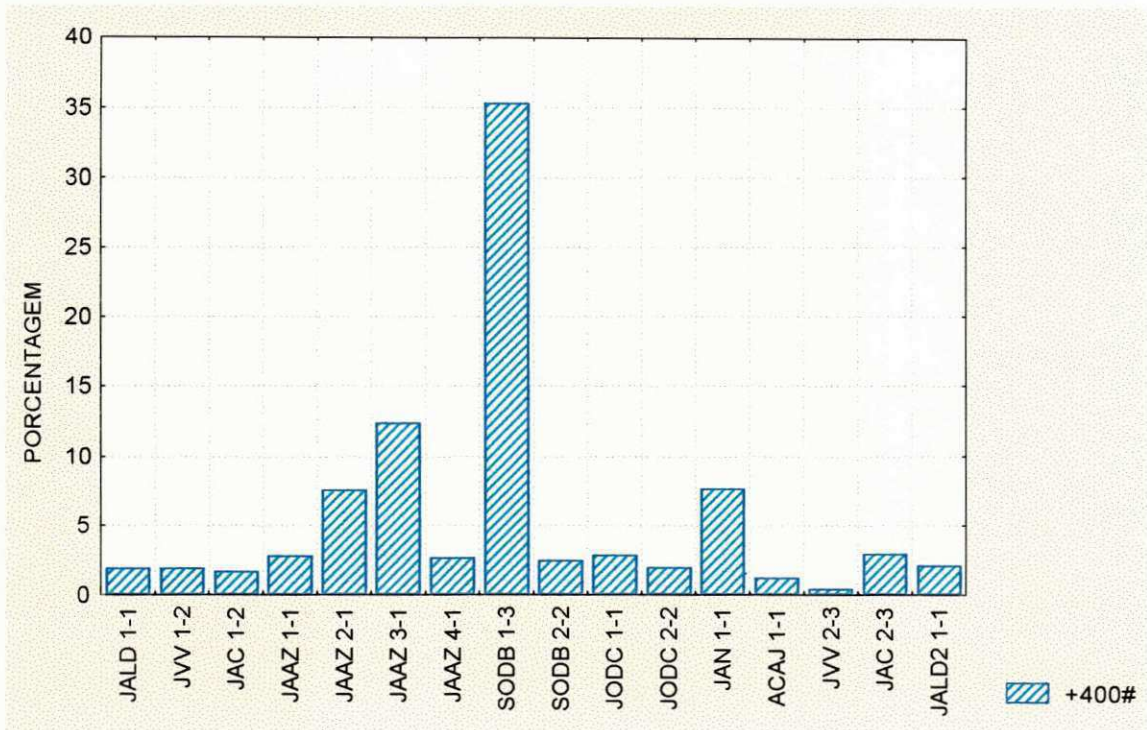


Figura 52 (A)

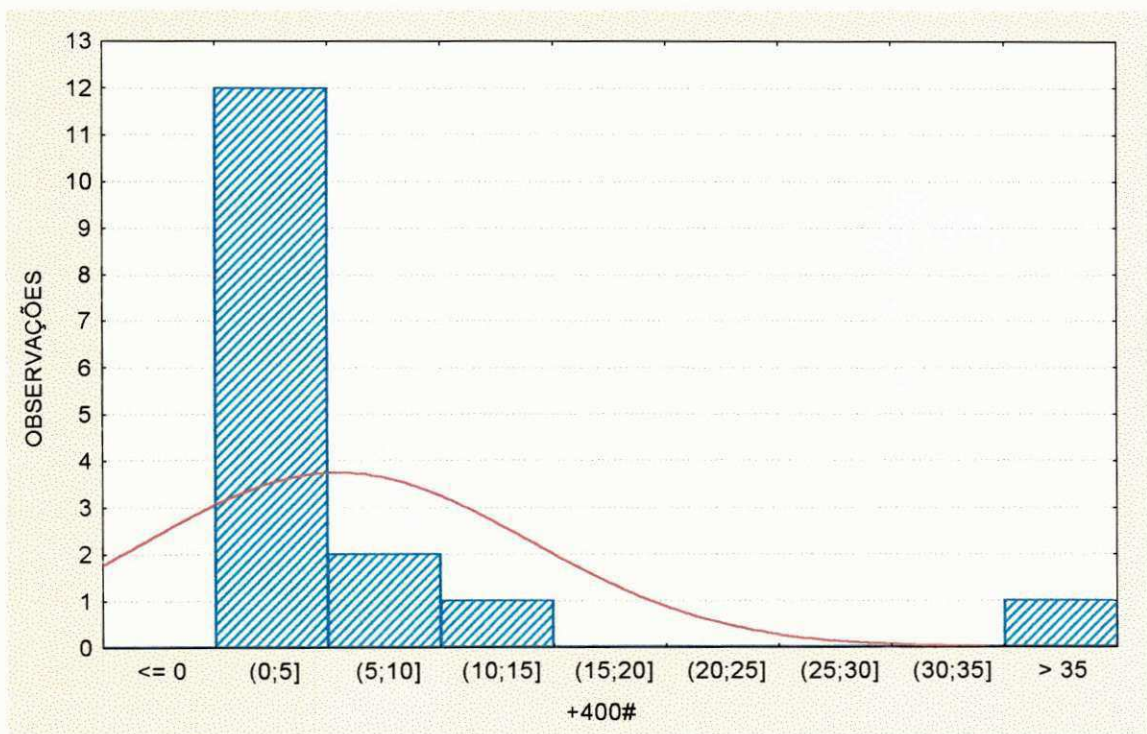


Figura 52 (B)

Figura 52 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Junco do Seridó-PB.

- (A) Gráfico de Barras para +400#;
 (B) Histograma de +400#.

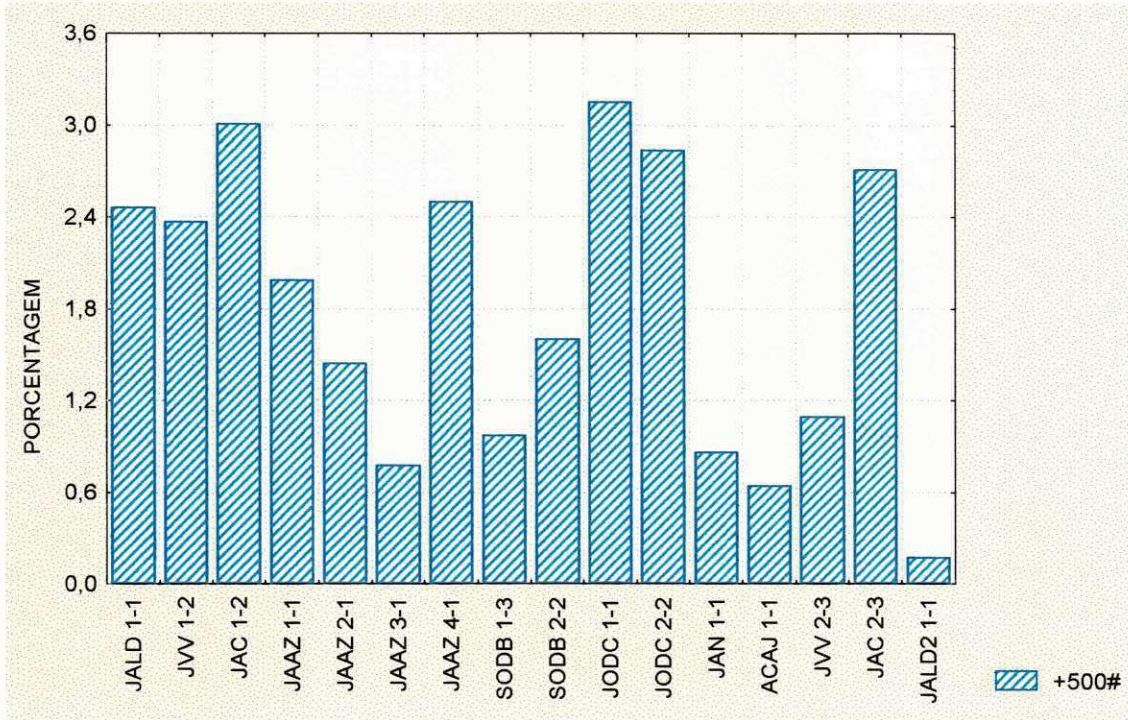


Figura 53 (A)

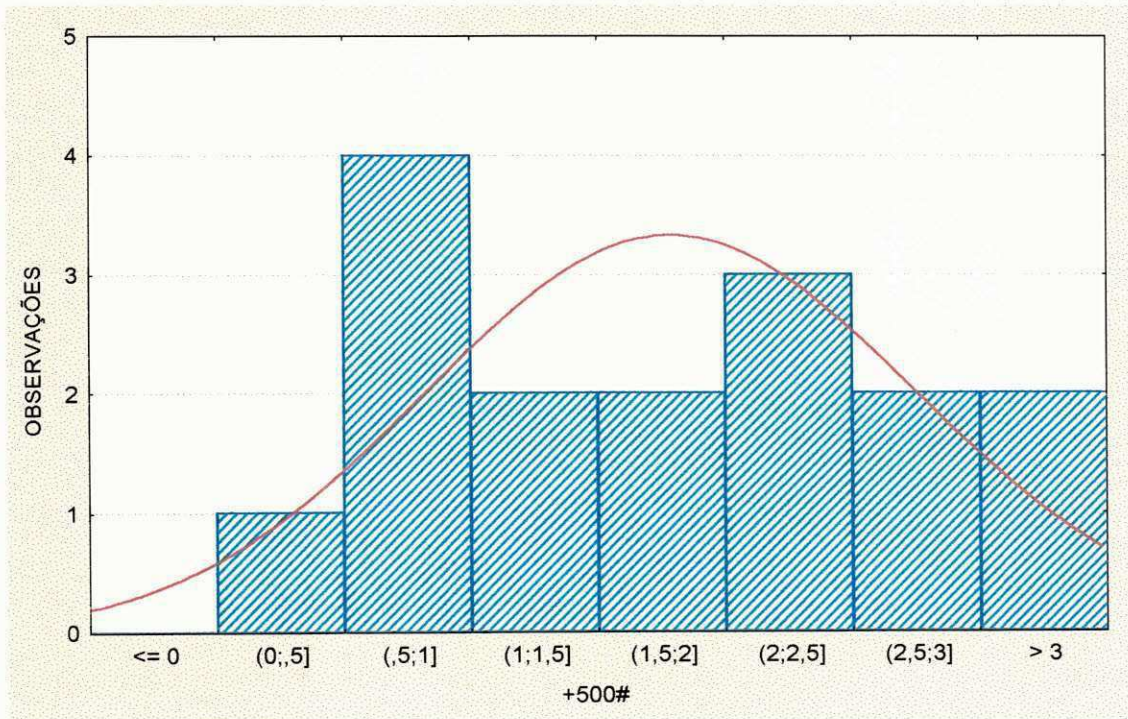


Figura 53 (B)

Figura 53 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Junco do Seridó-PB.

- (A) Gráfico de Barras para +500#;
- (B) Histograma de +500#.

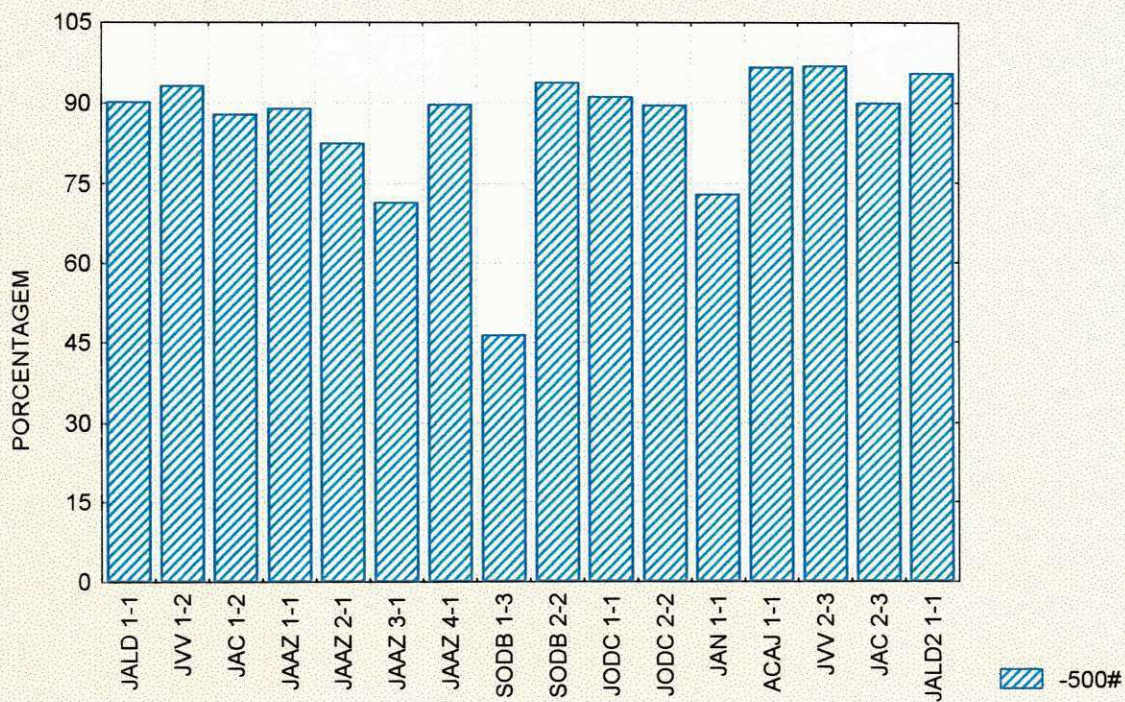


Figura 54 (A)

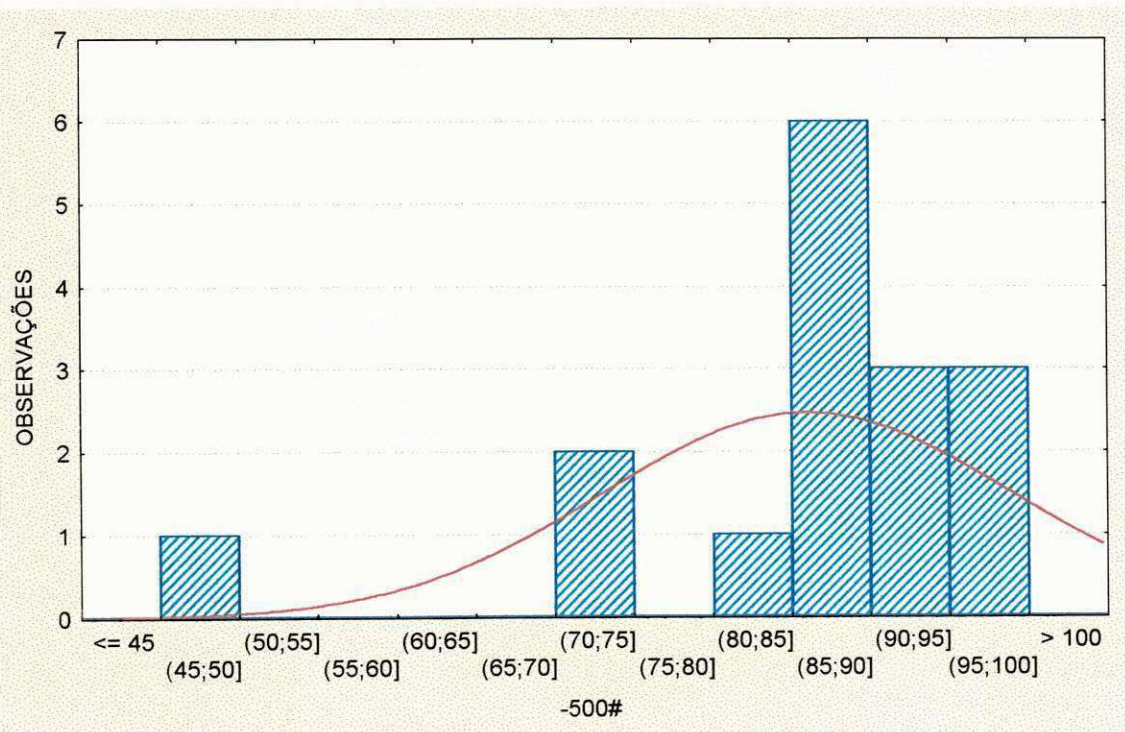


Figura 54 (B)

Figura 54 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de todos os pegmatitos de Junco do Seridó-PB.

- (A) Gráfico de Barras para -500#;
- (B) Histograma de -500#.

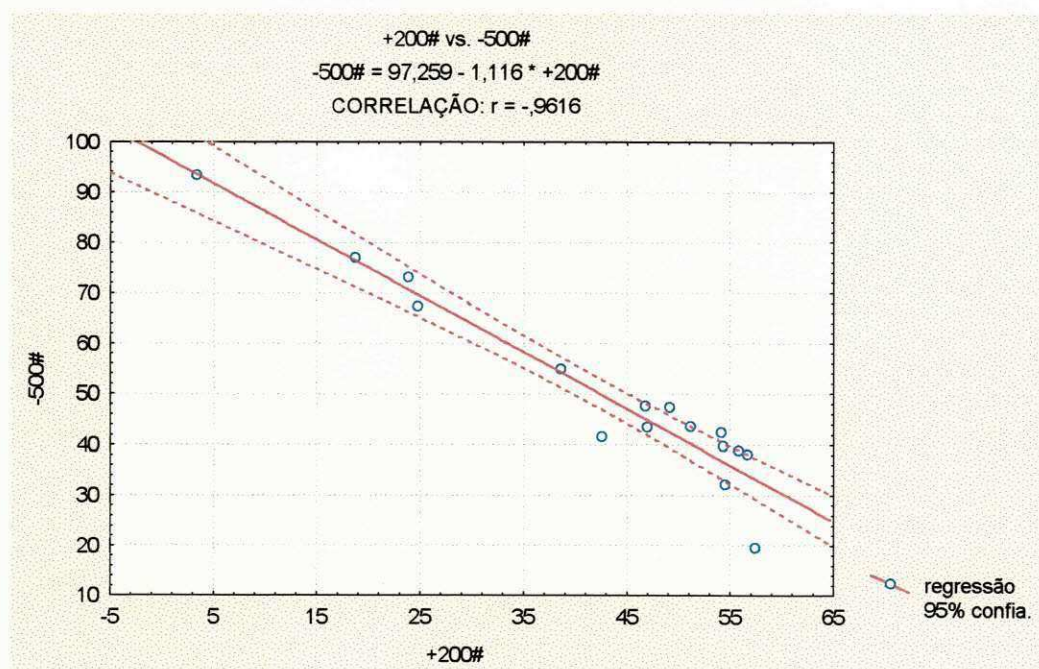


Figura 55 - Gráfico de Correlação (-500# x +200#)

TABELA 15 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO DA REGIÃO DE JUNCO DO SERIDÓ (SITUAÇÃO I).

FRAÇÕES	DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA				
	MESH	N	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO
+200	16	42,38	3,32	57,34	16,22
+325	16	3,49	1,06	10,66	2,72
+400	16	2,66	0,35	14,93	3,59
+500	16	0,96	0,14	2,03	0,53
-500	16	49,98	19,55	93,34	18,82

TABELA 16 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO DA REGIÃO DE JUNCO DO SERIDÓ (SITUAÇÃO II).

FRAÇÕES	DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA				
	MESH	N	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO
+325	16	6,77	1,40	18,71	5,66
+400	16	5,45	0,36	35,29	8,53
+500	16	1,79	0,17	3,15	0,96
-500	16	85,99	46,22	97,04	12,96

6.3 - ANÁLISES DE PEGMATITOS HOMOGÊNEOS E HETEROGÊNEOS.

6.3.1 - PEGMATITOS HOMOGÊNEOS.

6.3.1.1 - ANÁLISE DE FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE 200 E - 500 MESH.

Para fazer um estudo comparativo de rendimento de caulim em função da natureza de pegmatitos foram investigados 32 pegmatitos homogêneos e 10 pegmatitos heterogêneos das regiões de Equador-RN e Junco do Seridó-PB. As frações granulométricas 200, 325, 400 e 500 mesh (material retido) e -500 mesh (material passante) dos pegmatitos homogêneos que são dados na tabela 17 e anexo 7. Na fração de 200 mesh, observa-se que a média retida é de 51,59%, com valor mínimo de 3,02% e valor máximo de 86,44% (Tabela 17). Os minerais retidos na malha de 200 mesh, são praticamente quartzo e mica.

A figura 56A mostra que entre os pegmatitos tem uma distribuição granulométrica de retidos com poucas variações. Portanto, há uma média de material passante em torno de 48,41%, bem abaixo da média de retidos. Nota-se que há um rendimento de partículas grosseiras na maioria das amostras, com raras variações extremas.

A forma estatística dessa fração apresenta-se como uma distribuição de freqüência quase normal (Figura 56B).

As frações granulométricas retidas nas malhas 325, 400 e 500 mesh (Anexo 7), apresentam um rendimento de retidos muito abaixo, com moderadas variações (Figuras 57A, 58A e 59A), onde a média varia de 1,08 a 2.87% (Tabela 17).

Nos histogramas de distribuição das frações 325, 400 e 500 mesh pode-se observar dois comportamentos diferentes de natureza da curva de freqüência: 1º) a figura 57B e 58B ambas apresentam uma curva assimétrica positiva e 2º) a figura 59B apresenta-se como uma curva quase que normal.

Foi observado, que a maioria do material peneirado (fração argilosa) ficou abaixo da média de retidos, onde a média de passante ficou em torno de 42,40%, bem abaixo do retido de 51,59%, o mínimo de 9,58% e o máximo de 95,92% (tabela 17).

Na figura 60A, observa-se que o rendimento do caulim variou bastante entre as amostras, porém, a quantidade de caulim ficou abaixo do esperado.

A curva de frequência é quase normal (Figura 60B) com a maioria das amostras concentrando-se entre 30 e 60%.

6.3.1.2 - FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE - 200 A - 500 MESH.

As frações retidas nas malhas 325, 400 e 500 mesh (Tabela 18 e anexo 8) e figuras (62A, 63A e 64A), passante na malha de 500 mesh (Tabela 18), anexo 8 e (Figura 65A), foram recalculadas para 100%, com o objetivo principal de comparar as faixas granulométricas, definindo exatamente a porcentagem de retidos entre si, da fração argilosa abaixo de 200 mesh (Tabela 18 e anexo 8). Observa-se que a fração argilosa concentra-se na grande maioria na faixa granulométrica de 500 mesh (Figura 65A), com valor médio de 87,01% valor mínimo de 46,22% e valor máximo de 98,91% (Tabela 18).

A figura 65A, mostra claramente a quantidade de material passante na malha de 500 mesh, ficando assim, quase que com uma distribuição uniforme em relação a todas as outras malhas granulométricas. A natureza de distribuição dessa fração é assimétrica negativa (Figura 65B), onde a maioria das amostras concentra alta porcentagem de passante para a direita (80 a 100%), isto é, sua cauda é bem acentuada para o lado esquerdo onde há pouco material retido (Figura 65B).

O rendimento de caulim depende da quantidade material não-argiloso tais como quartzo e mica.

Observa-se que nas frações de 325 a 500 mesh, há presença de sericita e de outros minerais não-argilosos.

Foi feita também, uma análise de regressão entre o material retido na malha de 200 mesh x passante de 500 mesh (Figura 66). Nota-se que há uma correlação muito boa entre essas duas frações, onde o coeficiente de correlação $r = -0,95$. No diagrama de dispersão as amostras se concentram mais numa zona, ilustrando que as proporções não-argilosas (quartzo e mica) e argilosas não variam muito nas amostras.

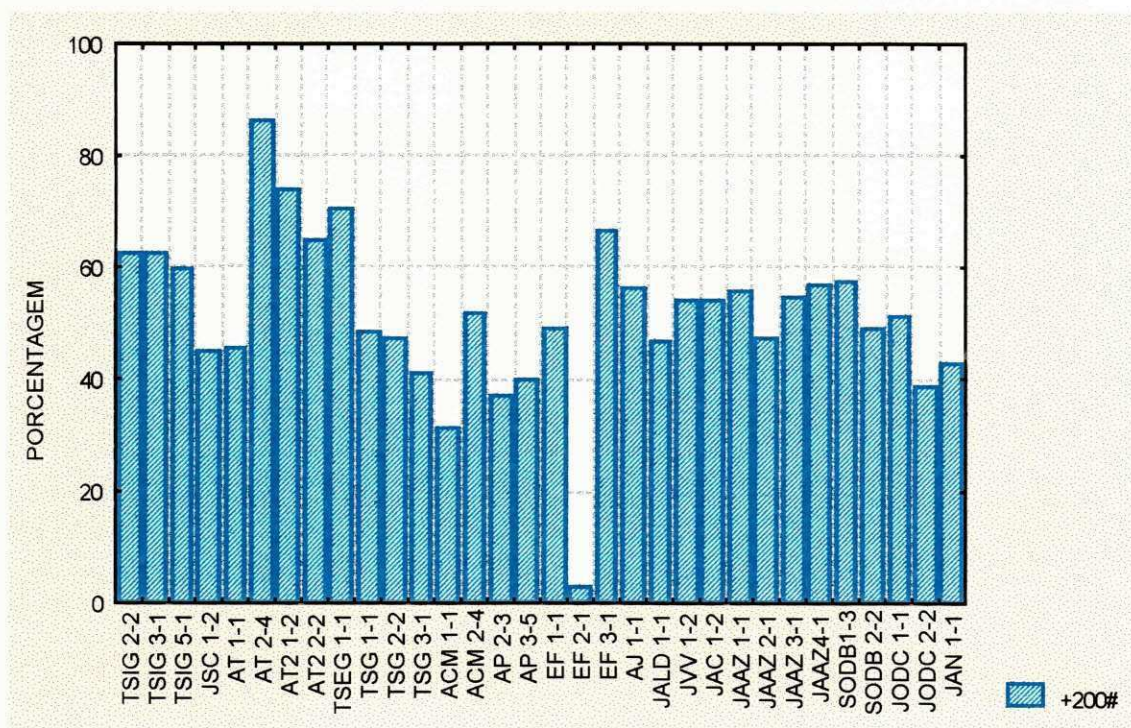


Figura 56 (A)

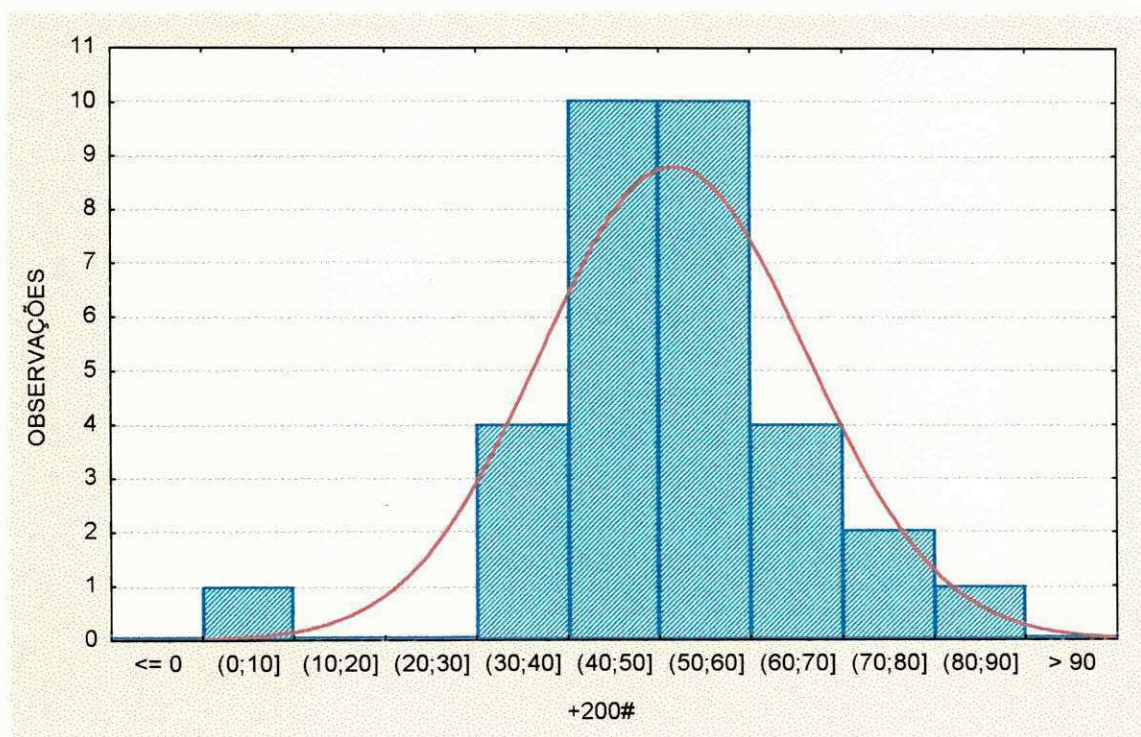


Figura 56 (B)

Figura 56 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para +200#;
- (B) Histograma de +200#.

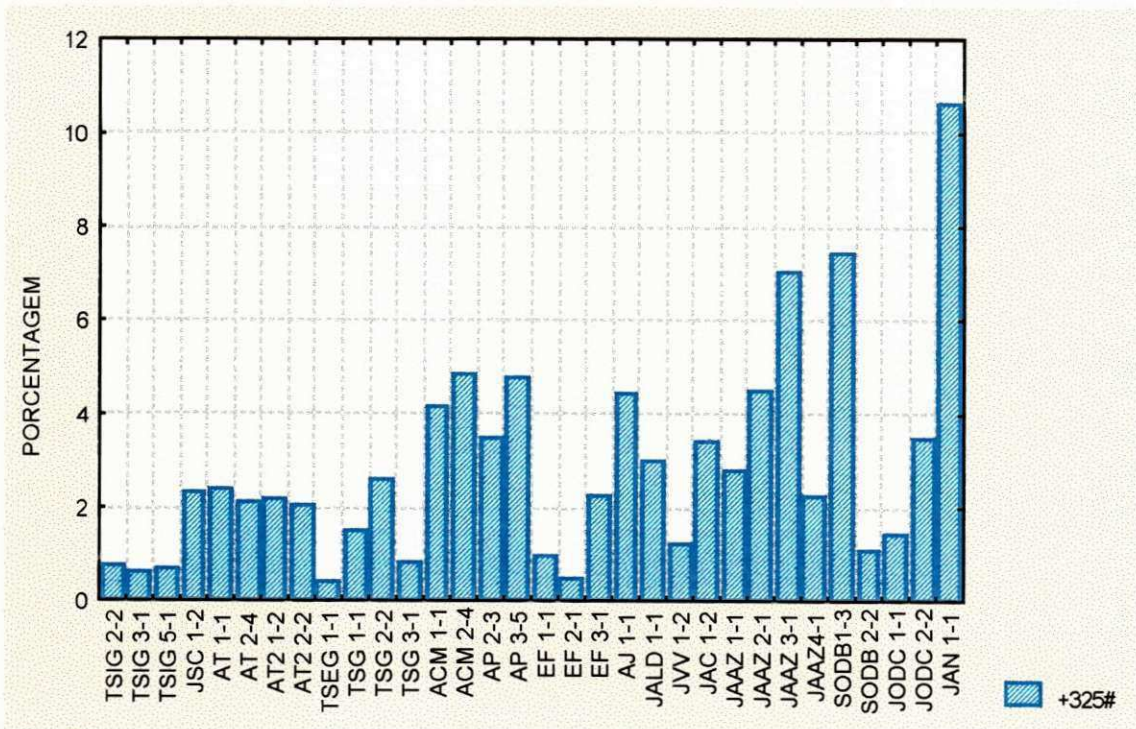


Figura 57 (A)

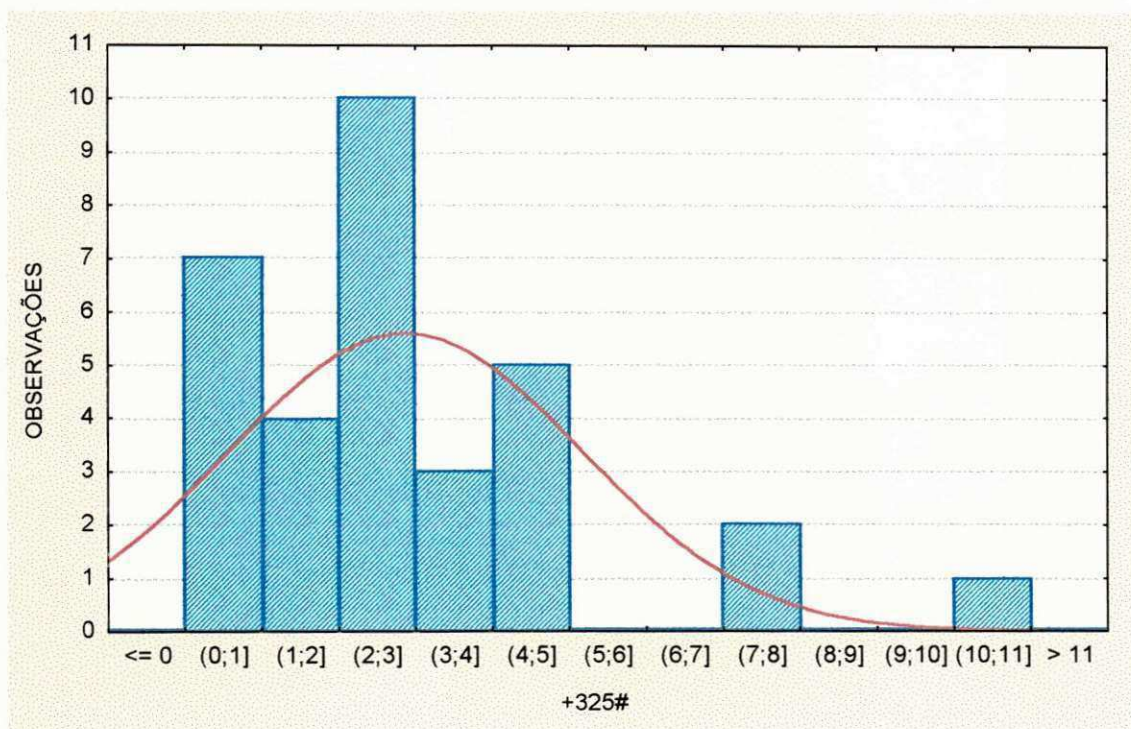


Figura 57 (B)

Figura 57 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homogêneos do RN e PB .

(A) Gráfico de Barras para +325#;

(B) Histograma de +325#.

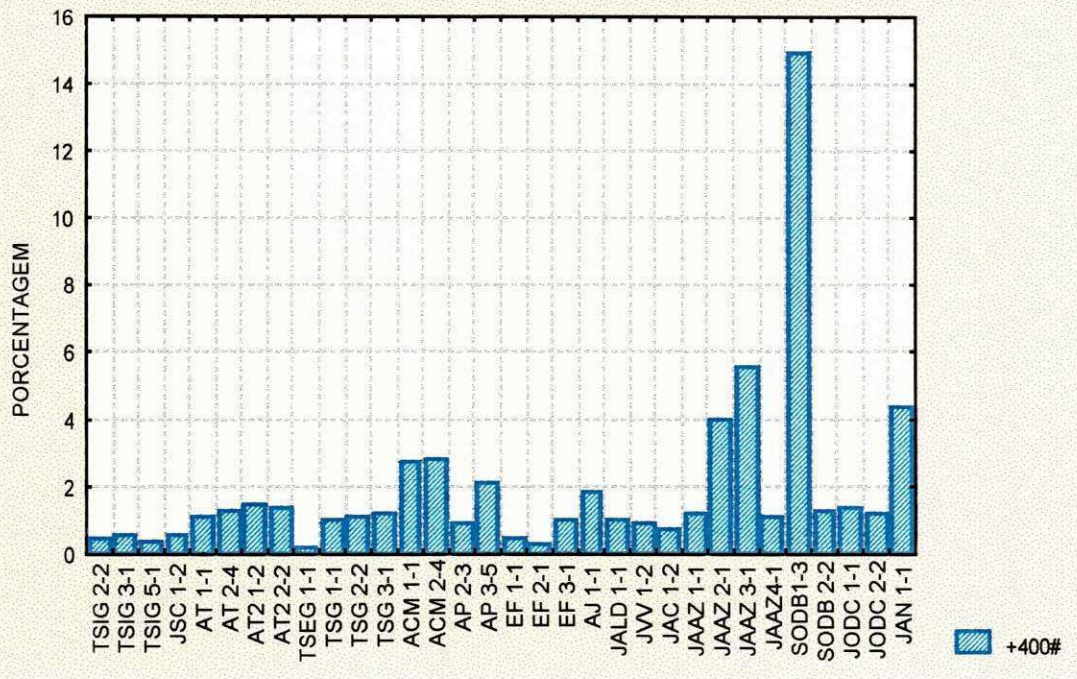


Figura 58 (A)

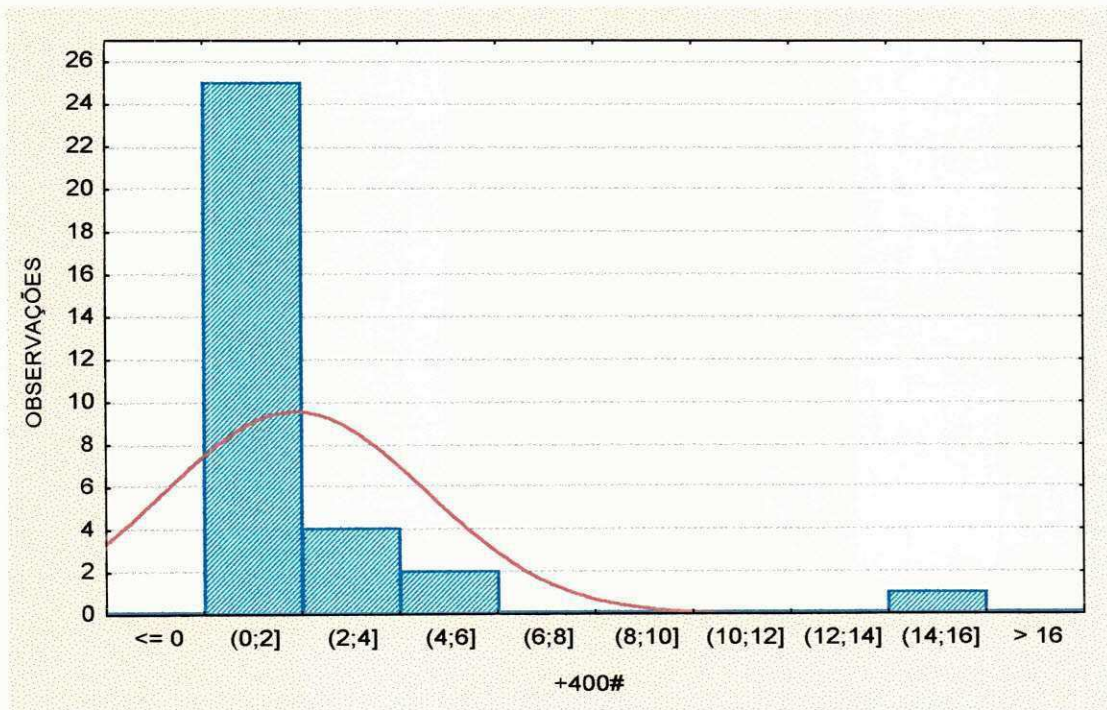


Figura 58 (B)

Figura 58 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para +400#;
 (B) Histograma de +400#.

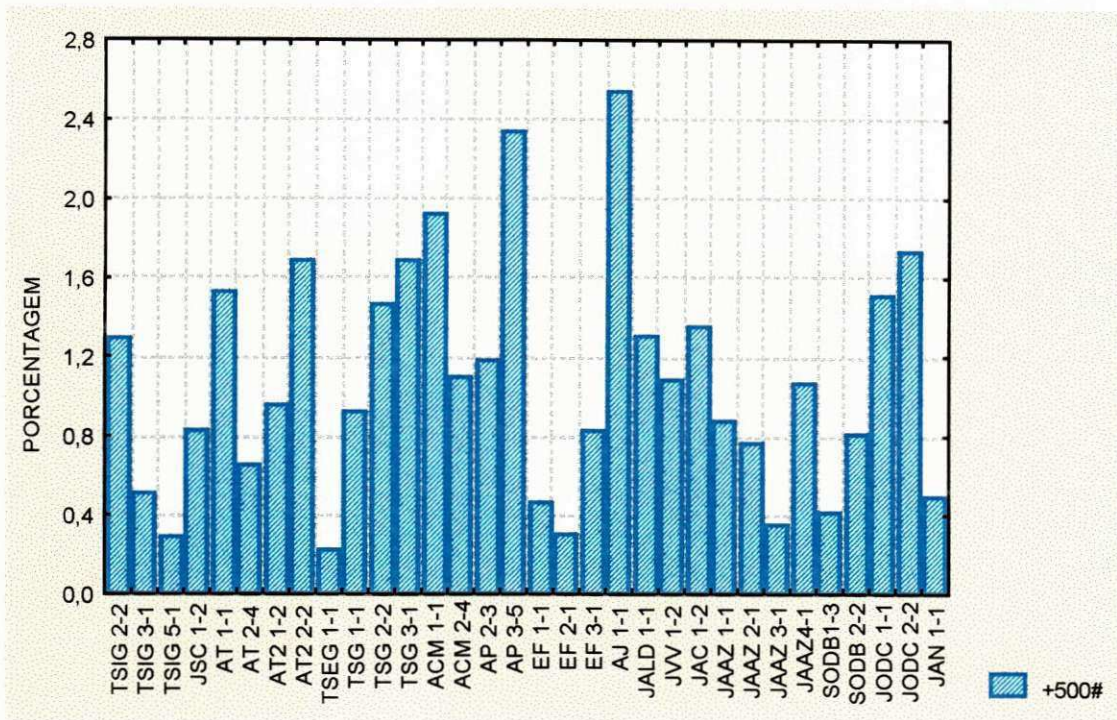


Figura 59 (A)

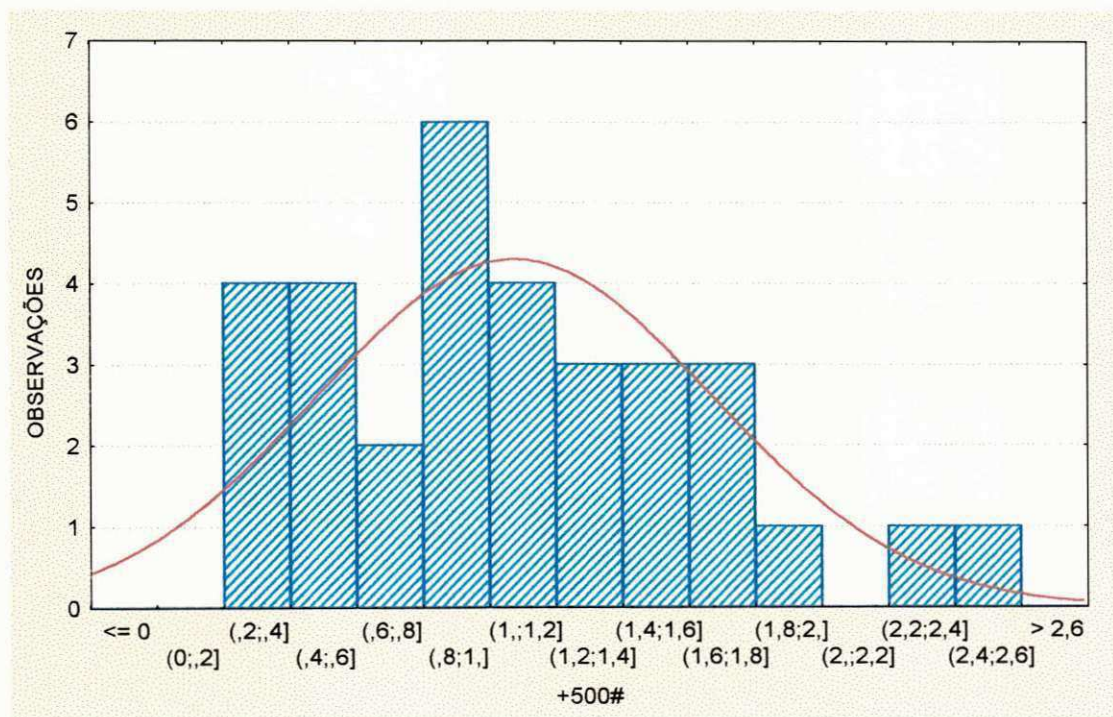


Figura 59 (B)

Figura 59 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homogêneos do RN e PB .

(A) Gráfico de Barras para +500#;

(B) Histograma de +500#.

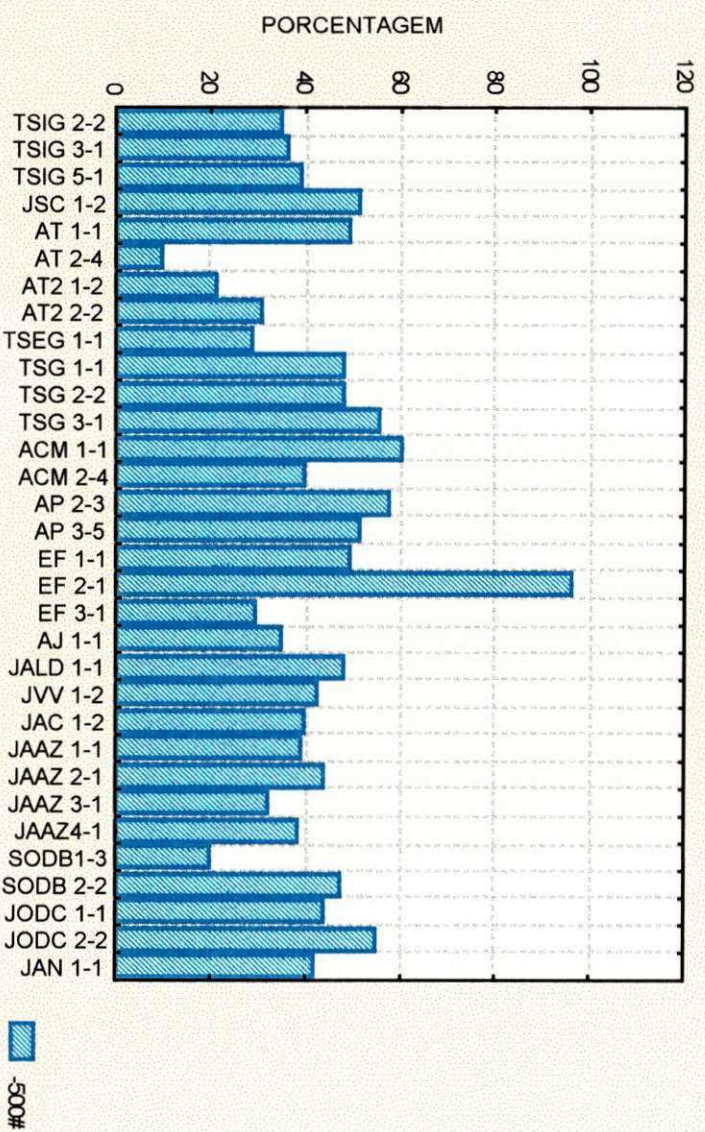


Figura 60 (A)

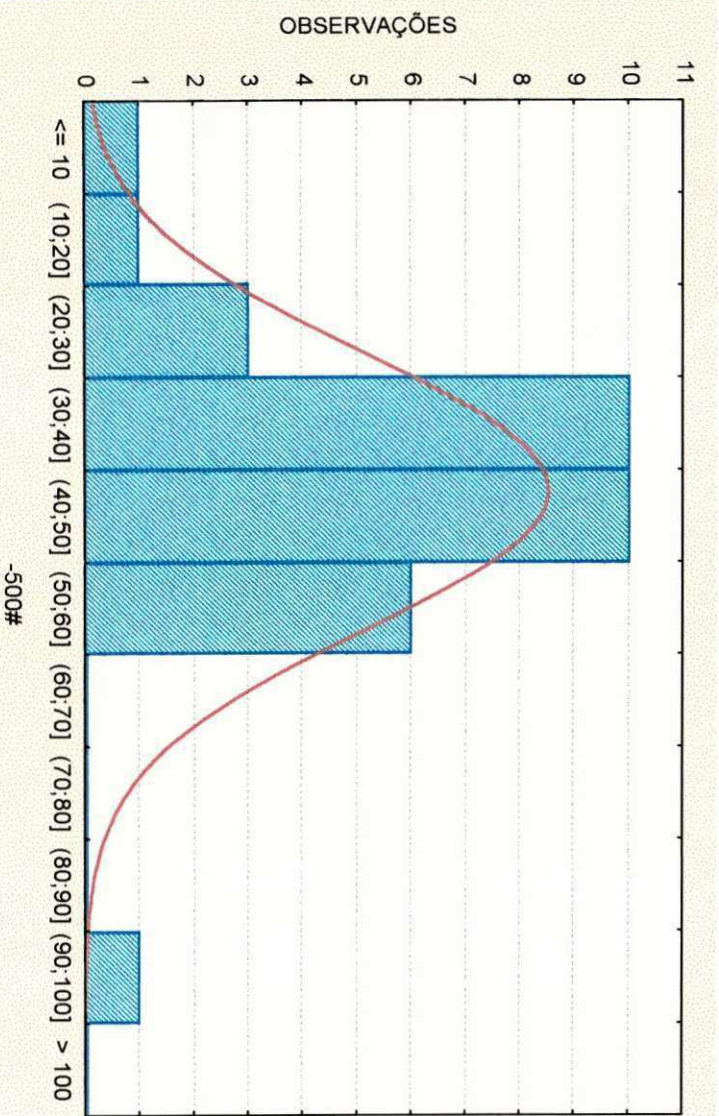


Figura 60 (B)

Figura 60 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homôgneos do RN e PB.

(A) Gráfico de Barras para -500#;
 (B) Histograma de -500#.

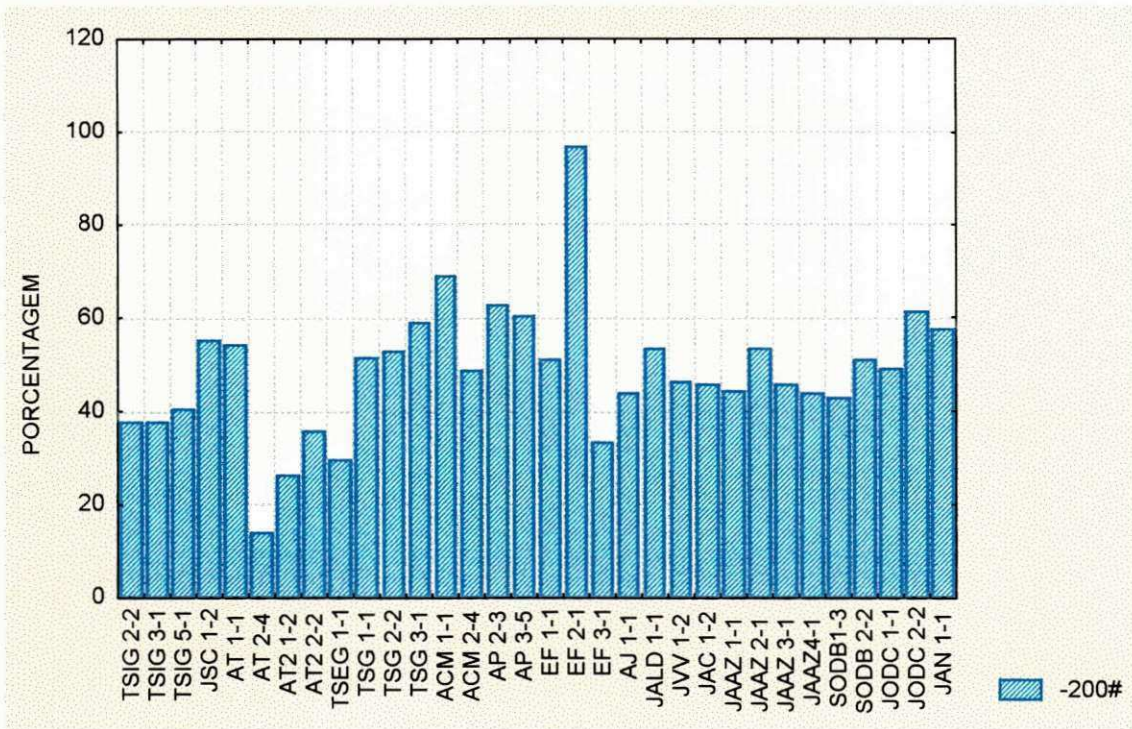


Figura 61 (A)

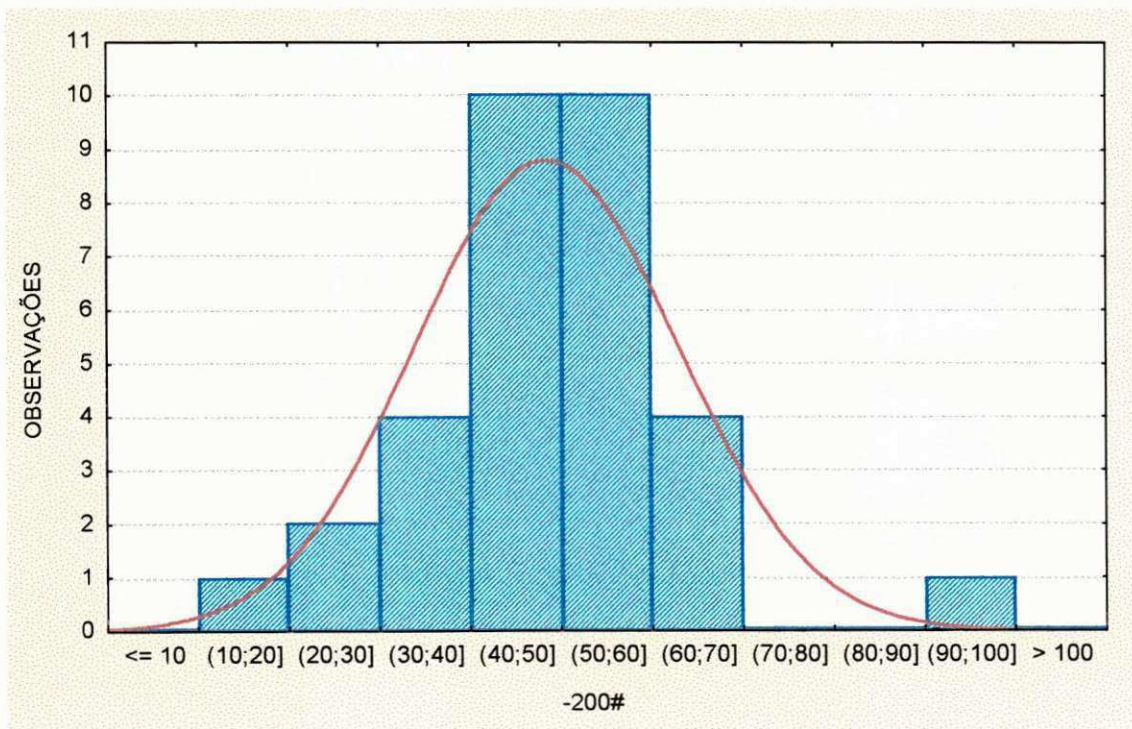


Figura 61 (B)

Figura 61 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para -200#;
- (B) Histograma de -200#.

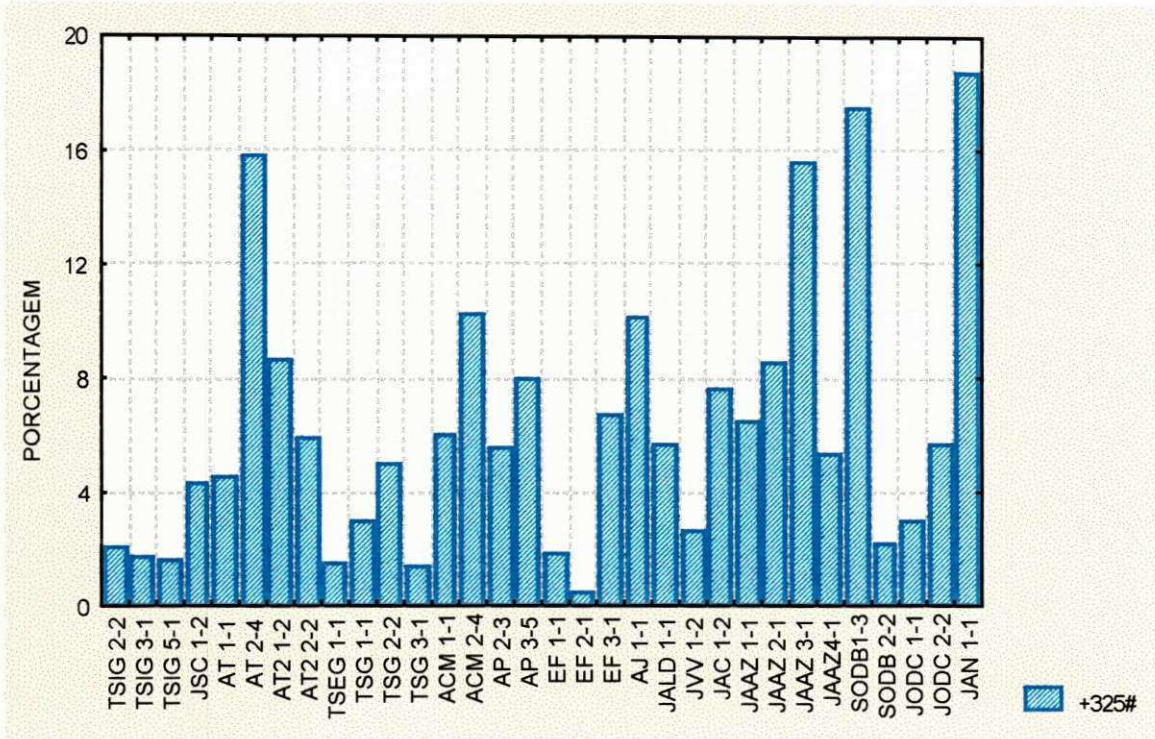


Figura 62 (A)

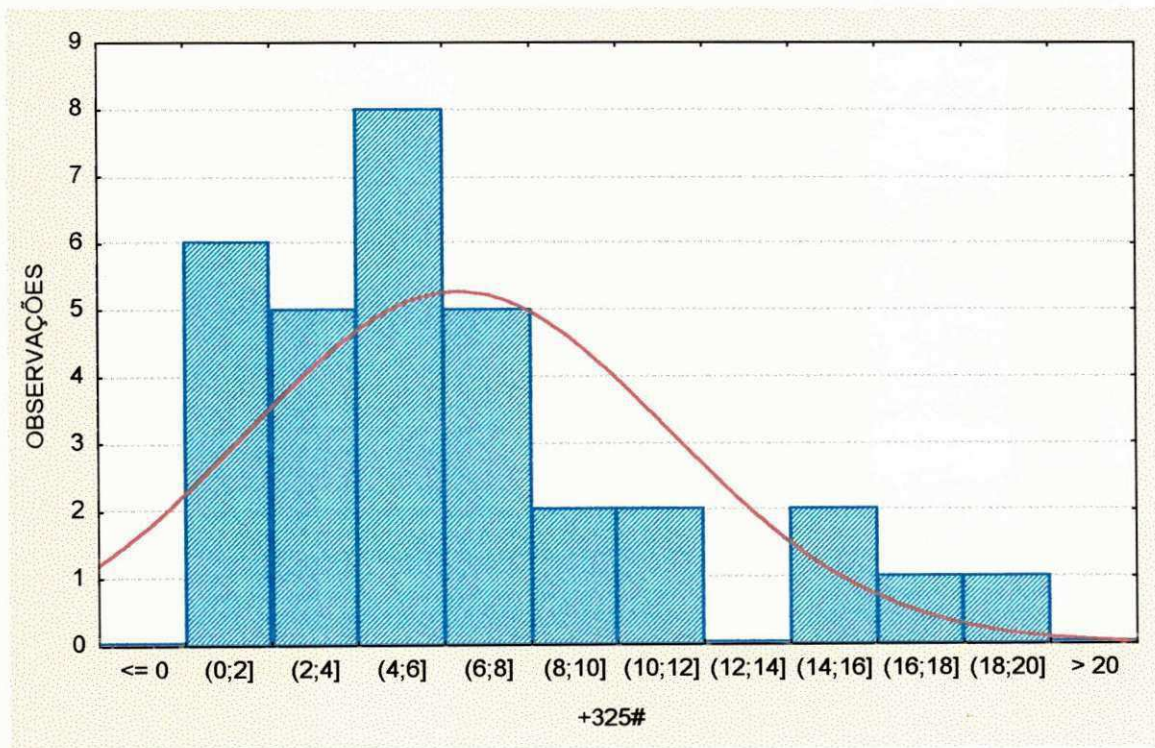


Figura 62 (B)

Figura 62 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para +325#;
- (B) Histograma de +325#.

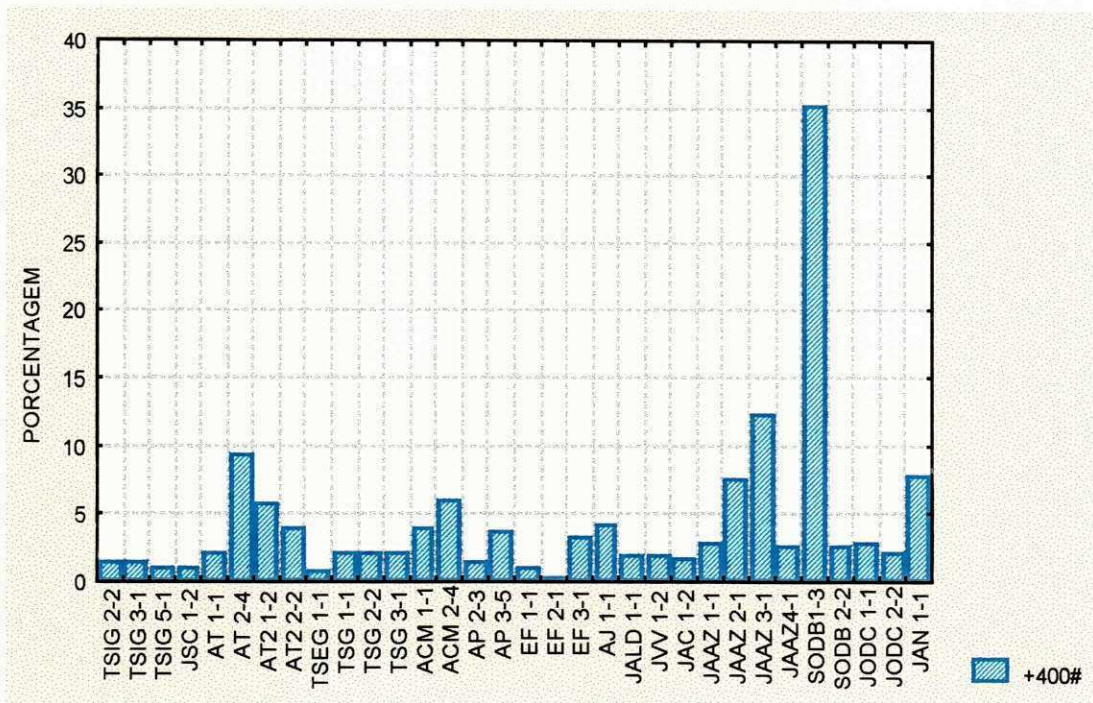


Figura 63 (A)

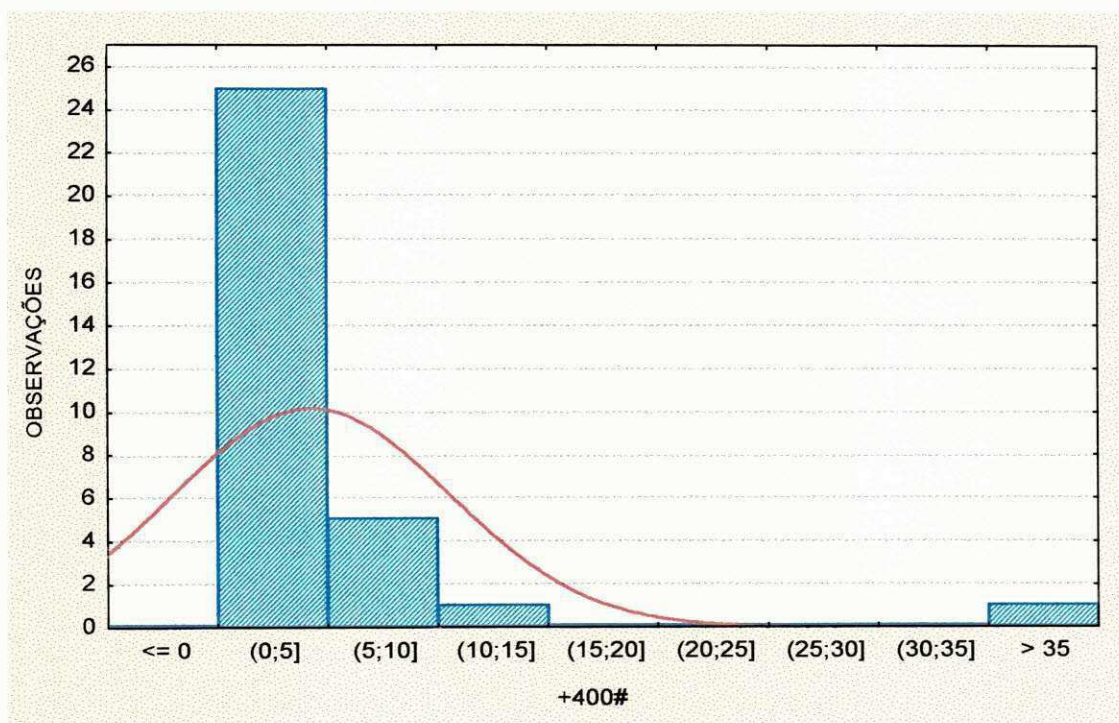


Figura 63 (B)

Figura 63 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para +400#;
- (B) Histograma de +400#.

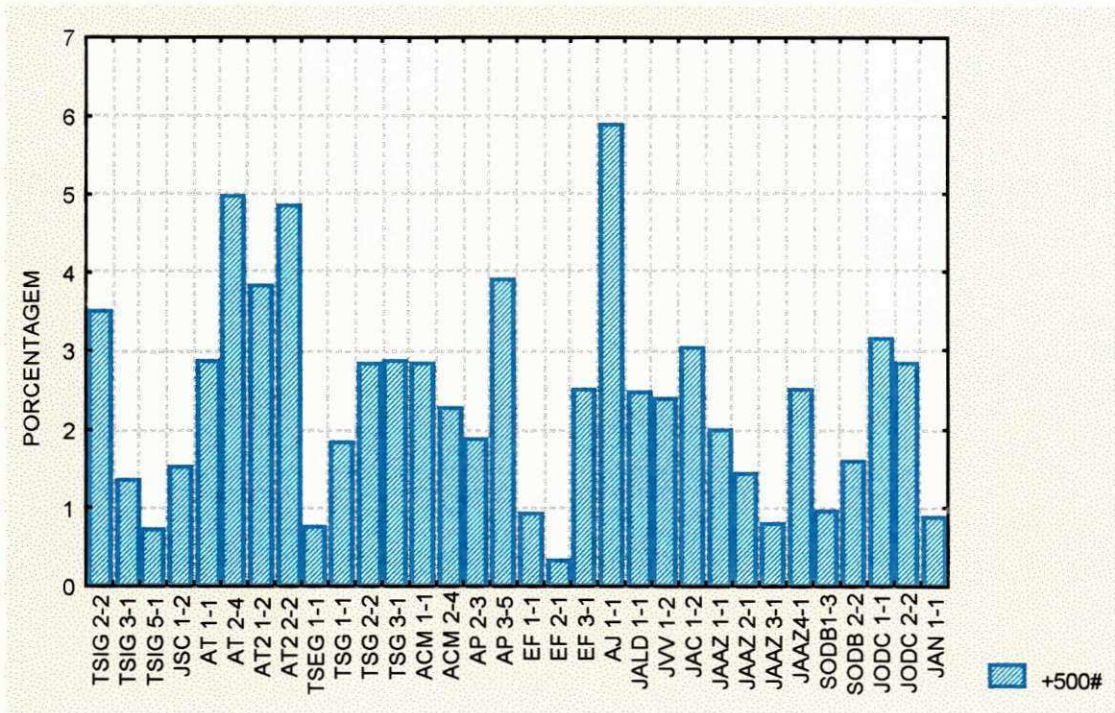


Figura 64 (A)

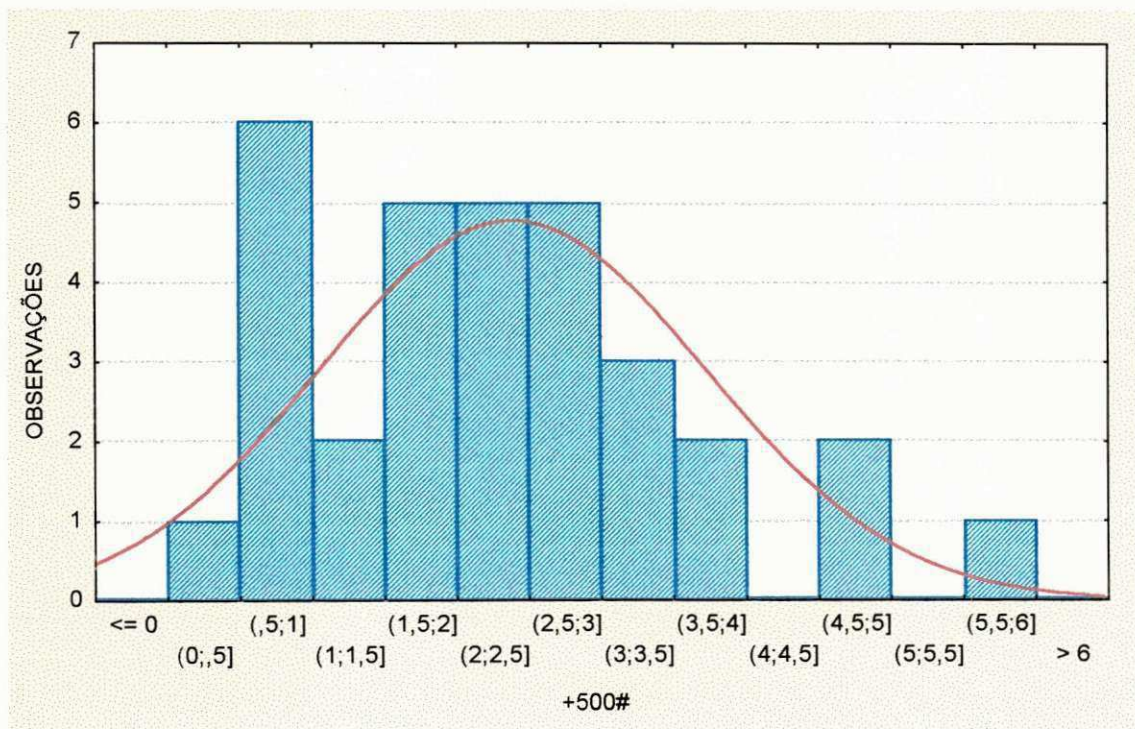


Figura 64 (B)

Figura 64 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homogêneos do RN e PB .

(A) Gráfico de Barras para +500#;

(B) Histograma de +500#.

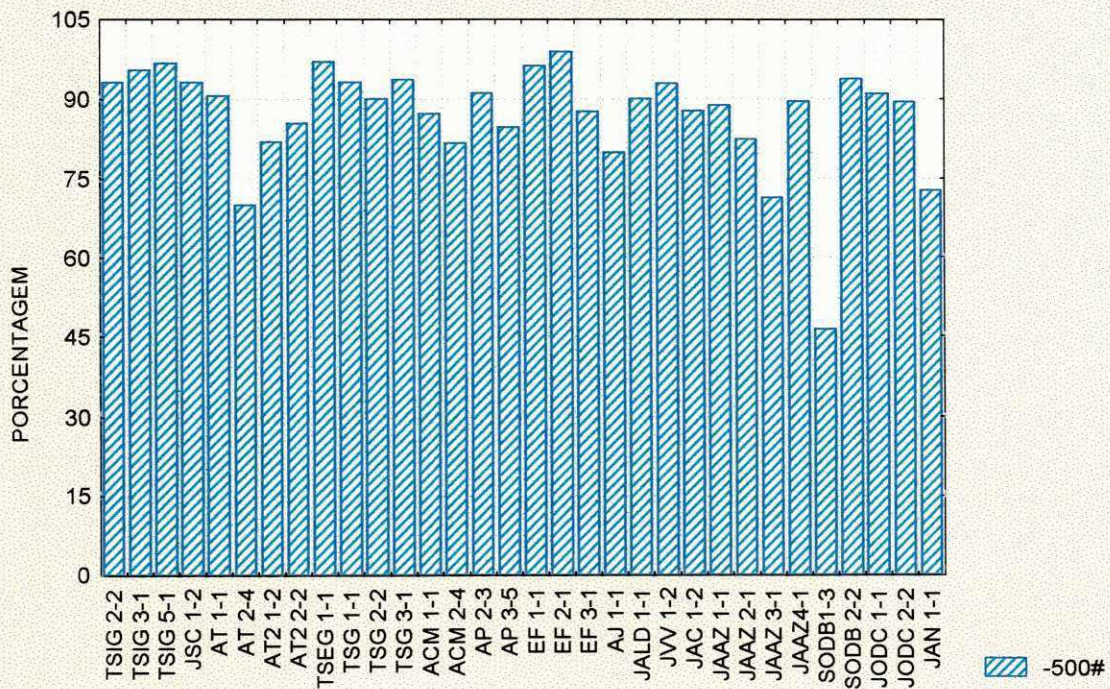


Figura 65 (A)

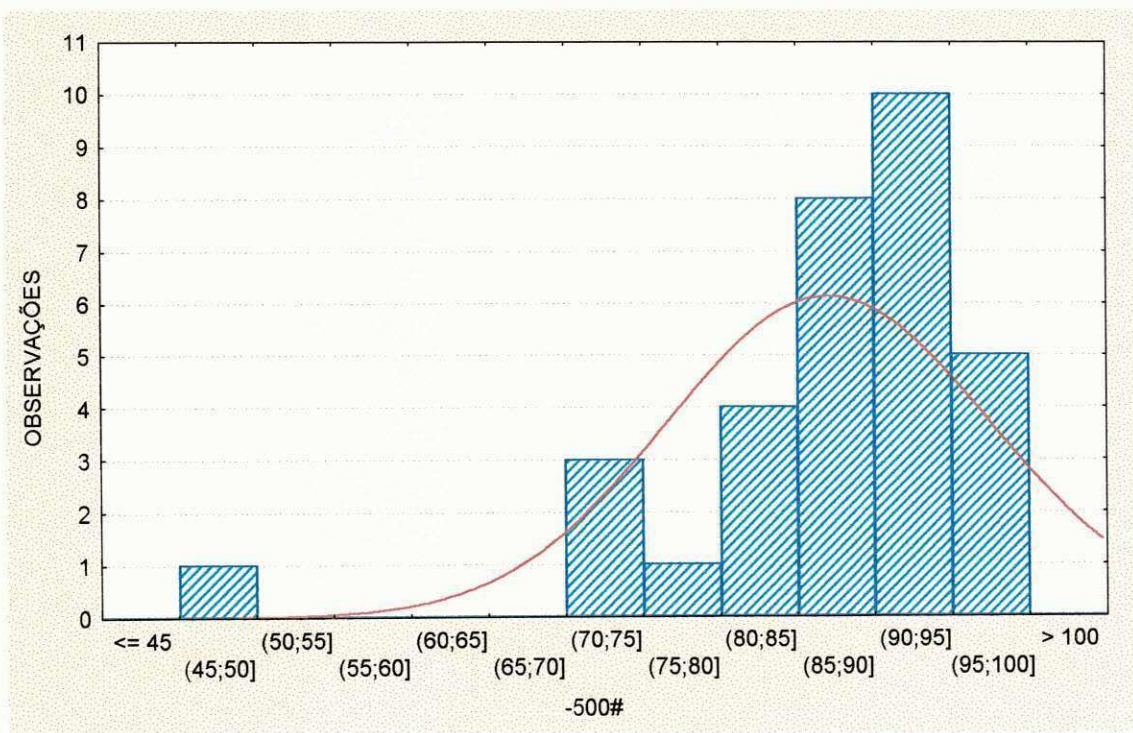


Figura 65 (B)

Figura 65 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Homogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para -500#;
- (B) Histograma de -500#.

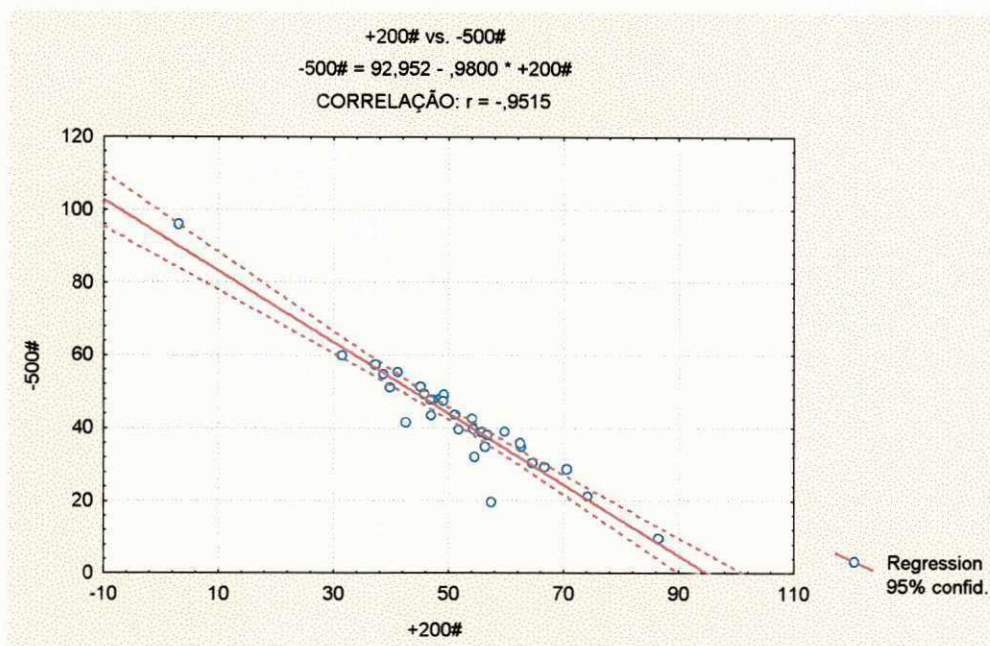


Figura 66 - Gráfico de Correlação (-500# x +200#)

TABELA 17 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO DO PEGMATITO HOMOGÊNIO DAS REGIÕES DE EQUADOR-RN E JUNCO DO SERIDÓ-PB (SITUAÇÃO I).

FRAÇÕES MESH	DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA				
	N	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	D. P.
+200	32	51,59	3,02	86,44	14,52
+325	32	2,87	0,42	10,66	2,28
+400	32	1,88	0,21	14,93	2,67
+500	32	1,08	0,22	2,55	0,59
-500	32	42,40	9,58	95,92	14,96

TABELA 18 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO DO PEGMATITO HOMOGÊNIO DAS REGIÕES DE EQUADOR-RN E JUNCO DO SERIDÓ-PB (SITUAÇÃO II).

FRAÇÕES MESH	DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA				
	N	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	D.P.
+325	32	6,43	0,48	18,71	4,85
+400	32	4,26	0,30	35,29	6,28
+500	32	2,39	0,31	5,88	1,34
-500	32	87,01	46,22	98,91	10,41

6.3.2 - PEGMATITOS HETEROGÊNEOS

6.3.2.1 - ANÁLISE DE FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE 200 E - 500 MESH.

Foram investigadas 10 amostras de pegmatitos heterogêneos das regiões de Equador-RN e Junco do Seridó-PB, nas frações granulométricas 200, 325, 400 e 500 mesh (material retido) e -500 mesh (material passante), que são dados na tabela 19 e anexo 9. Na fração de 200 mesh, observa-se que a média retida é de 17,79%, com valor mínimo de 3,32% e máximo de 29,96% (Tabela 19). Os minerais retidos nessa malha são praticamente quartzo e mica. A figura 67A mostra que o gráfico de barras têm uma distribuição granulométrica de retidos com variações de amostra para amostra, tornando assim, uma média de material passante em torno de 82,21%, valor este, bem acima do esperado. Nota-se que há um rendimento de partículas grosseiras bem acentuado na malha de 200 mesh, e pouco representativo nas malhas de 325, 400 e 500 mesh, com valores médios variando 1,40 a 2,19%, valores mínimos variando de 0,14 a 0,73% e valores máximos variando 2,85 a 5,11% de material retido (Tabela 19), o que era de se esperar.

A forma da distribuição estatística dessa fração, apresenta-se como uma curva de distribuição normal (Figura 67B).

As frações granulométricas retidas nas malhas 325, 400 e 500 mesh (Anexo 9), apresentam um rendimento de retidos muito baixo, com moderadas variações (Figuras 68A, 69A e 70A).

Nos histogramas de distribuição das frações 325, 400 e 500 mesh (Figuras 68B, 69B e 70B), pode-se observar dois comportamentos diferenciados de natureza da curva de freqüência: 1º as figuras 68B e 70B apresentam-se como uma curva mediantemente assimétrica positiva e o 2º a figura 69B apresenta-se como uma curva simétrica platicúrtica.

Foi constatado, que a maioria do material peneirado (fração argilosa) ficou muito acima da média de retidos $76,74 \times 17,79\%$ (tabela 19). O valor máximo de passante ficou em torno de 93,34% o valor mínimo ficou em 63,23% e o médio (já citado) ficou em 76,74% (Tabela 19).

Na figura 71A, observa-se que o caulim variou bastante entre as amostras, porém, a quantidade de caulim ficou muito acima do esperado, com o histograma de distribuição mostrando uma curva de frequência bem definida simetricamente (Figura 71B).

6.3.2.2 - FAIXAS GRANULOMÉTRICAS ENTRE - 200 A - 500 MESH.

As frações retidas nas malhas de 325, 400 e 500 mesh (Tabela 20, anexo 10 e Figuras 73A, 74A e 75A) e passante na malha de 500 mesh (Tabela 20 anexo 10 e Figura 76A), foram recalculadas para 100%, com um único objetivo de comparar as faixas granulométricas, definindo exatamente a porcentagem de retidos entre si, da fração argilosa abaixo de 200 mesh (Tabela 20 e anexo 10). Observa-se que a fração argilosa concentra-se na grande maioria na faixa granulométrica de -500 mesh figura 76A, com valor médio de 94,02%, valor mínimo de 84,25 e valor máximo de 99,58% (Tabela 20).

A figura 76A, mostra claramente a grande quantidade de material passante na malha de 500 mesh, chegando a quase 100% de material passante, isto é, quase sem nenhum retido entre as outras frações granulométricas. A natureza de distribuição dessa fração é assimétrica negativa (Figura 76B), onde a maioria das amostras concentra alta porcentagem de passante para o lado direito (96 a 100%), isto é, sua cauda está acentuada para o lado esquerdo, onde há muito pouco material retido (Figura 76B).

O rendimento de caulim depende unicamente da quantidade de material não-argiloso tais como quartzo e mica.

Observou-se que nas frações de 325 a 500 mesh, há presença de sericita e outros minerais não-argilosos.

Foi realizado também, uma análise de regressão entre o material retido na malha de 200 mesh x passante na malha de 500 mesh (Figura 77). Nota-se que há uma correlação muito boa entre essas duas frações, onde o coeficiente de correlação $r = - 0,95$.

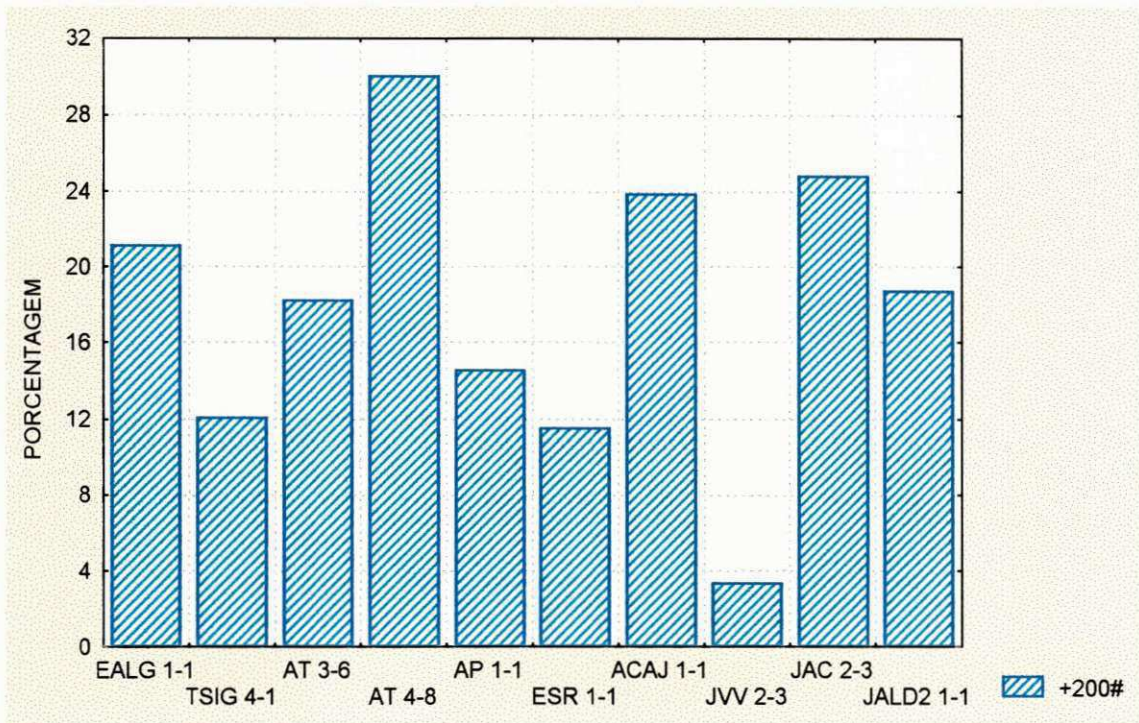


Figura 67 (A)

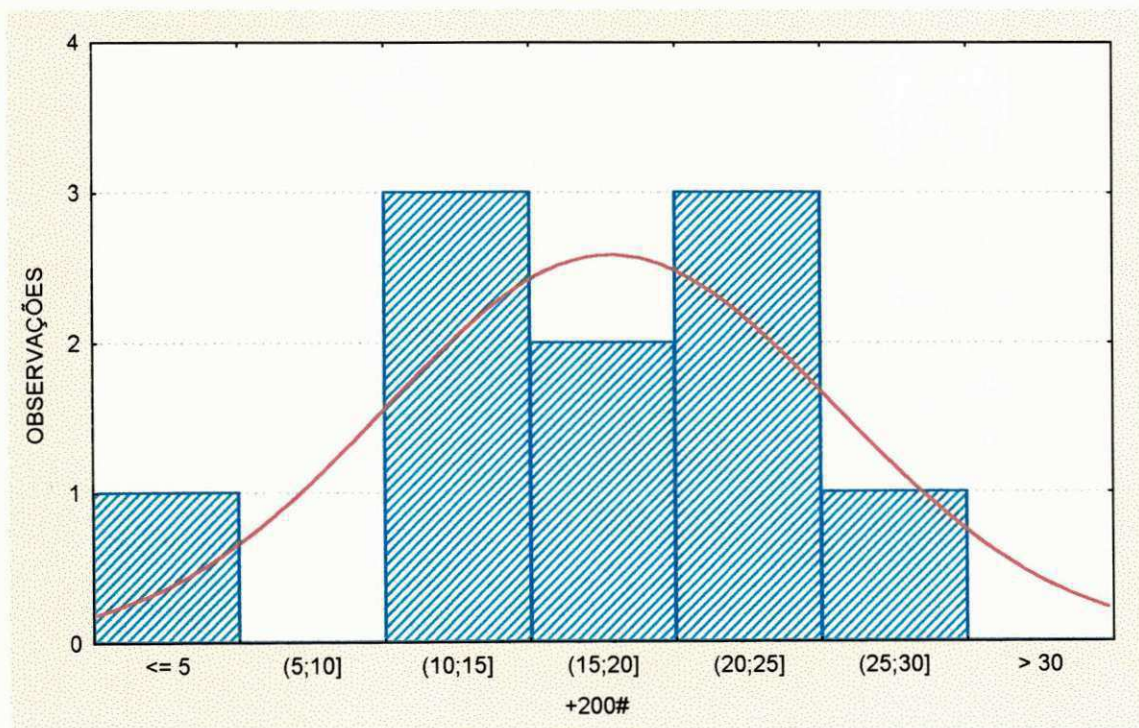


Figura 67 (B)

Figura 67 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para +200#;
 (B) Histograma de +200#.

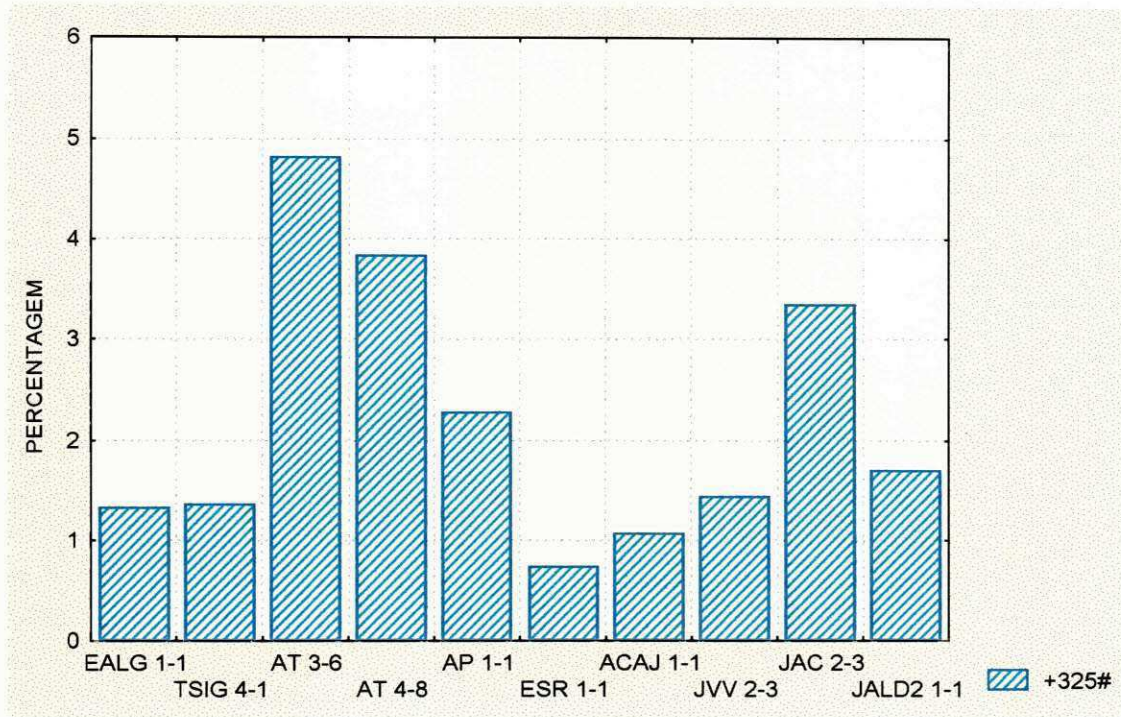


Figura 68 (A)

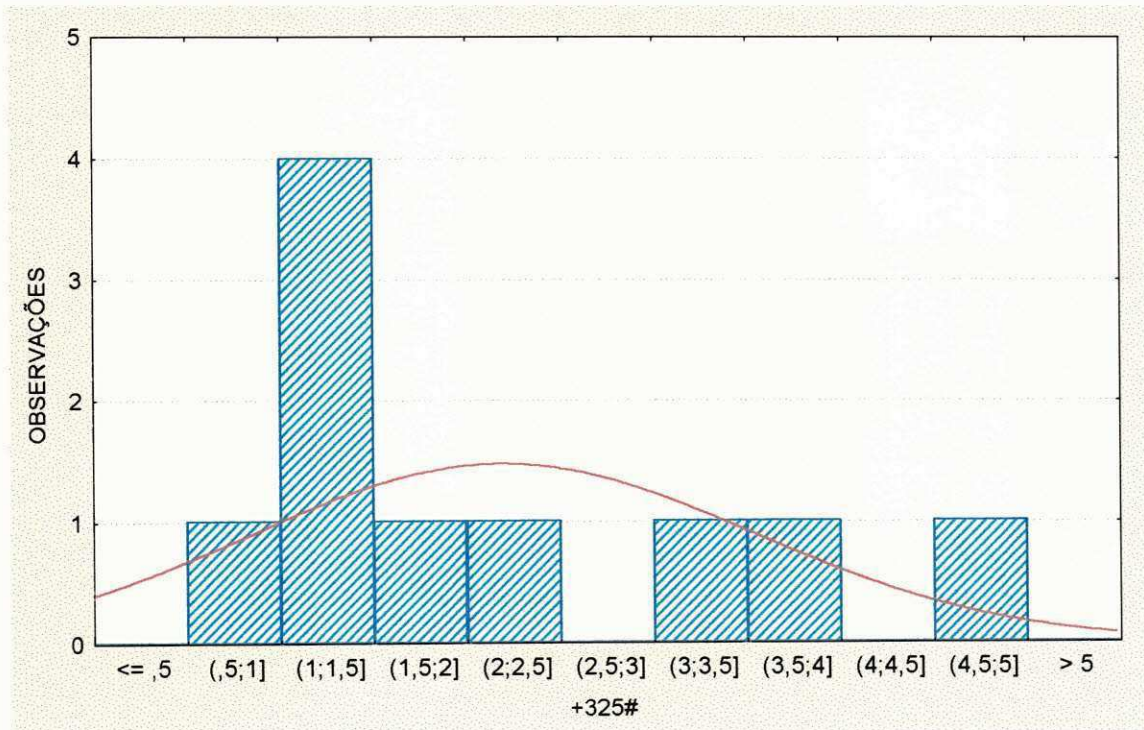


Figura 68 (B)

Figura 68 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para +325#;
 (B) Histograma de +325#.

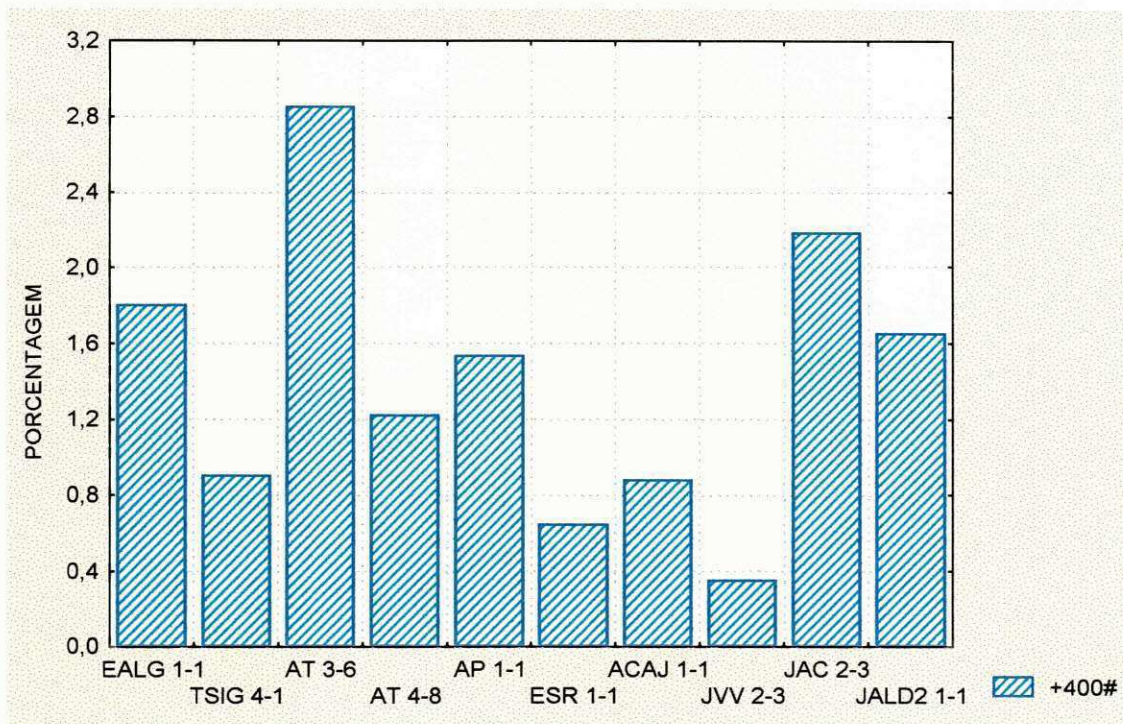


Figura 69 (A)

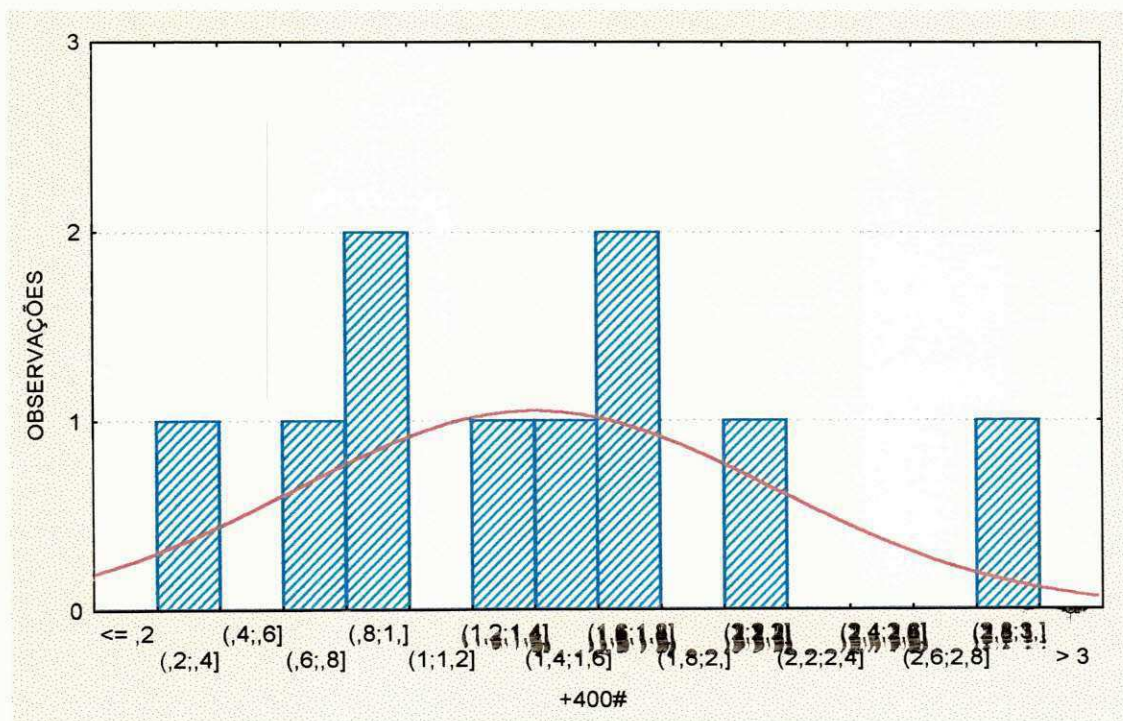


Figura 69 (B)

Figura 69 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para +400#;
- (B) Histograma de +400#.

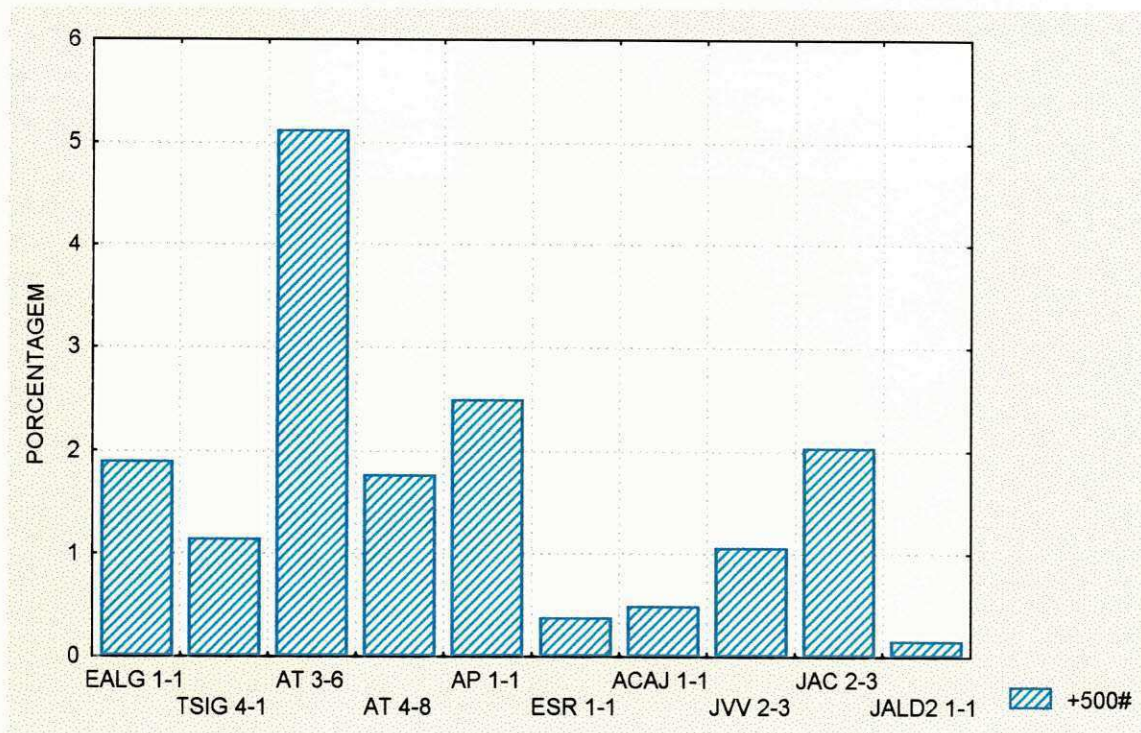


Figura 70 (A)

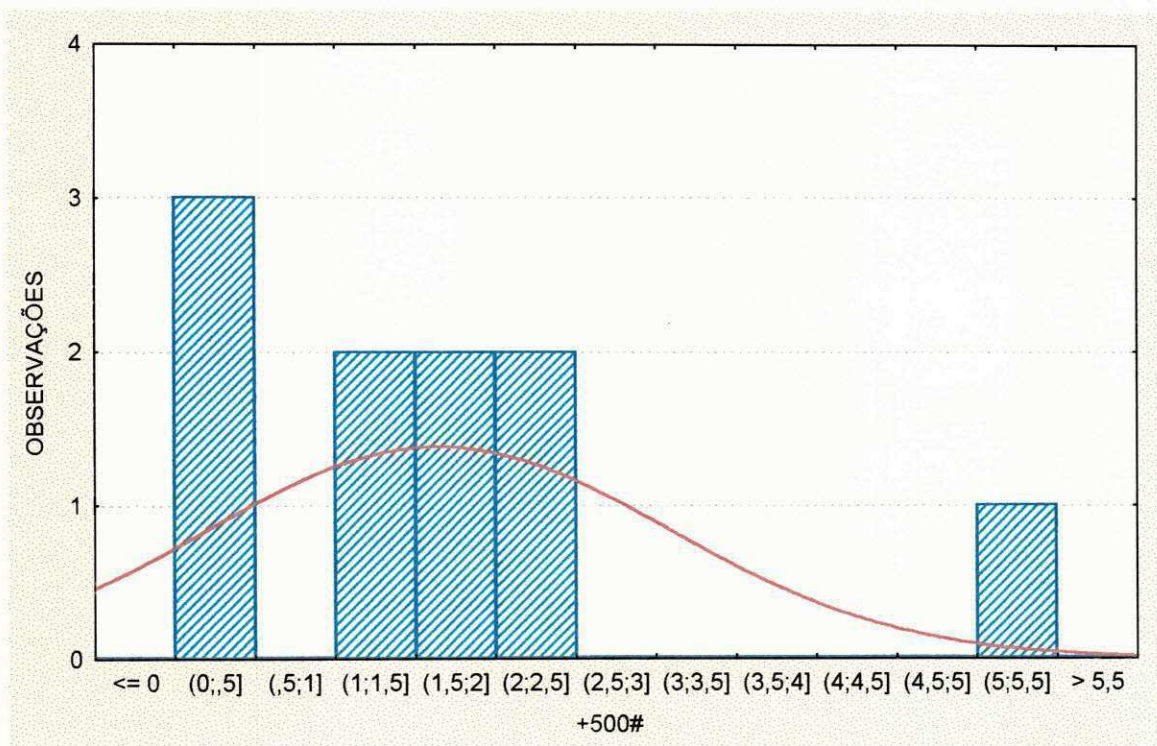


Figura 70 (B)

Figura 70 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para +500#;
- (B) Histograma de +500#.

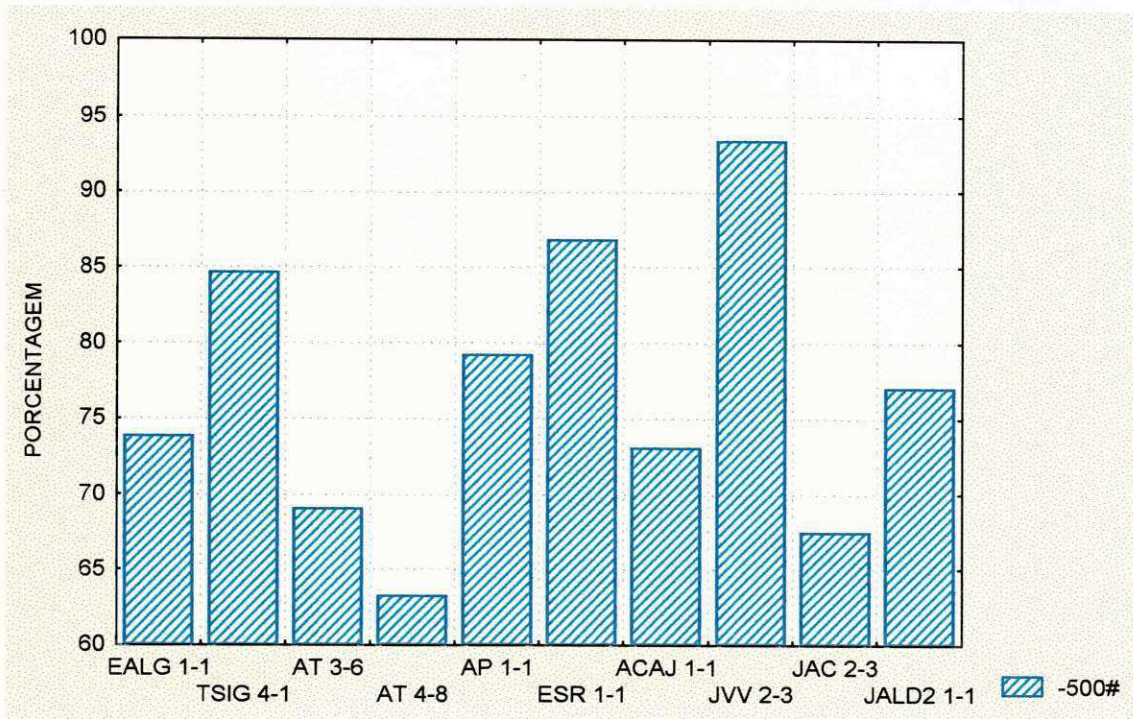


Figura 71 (A)

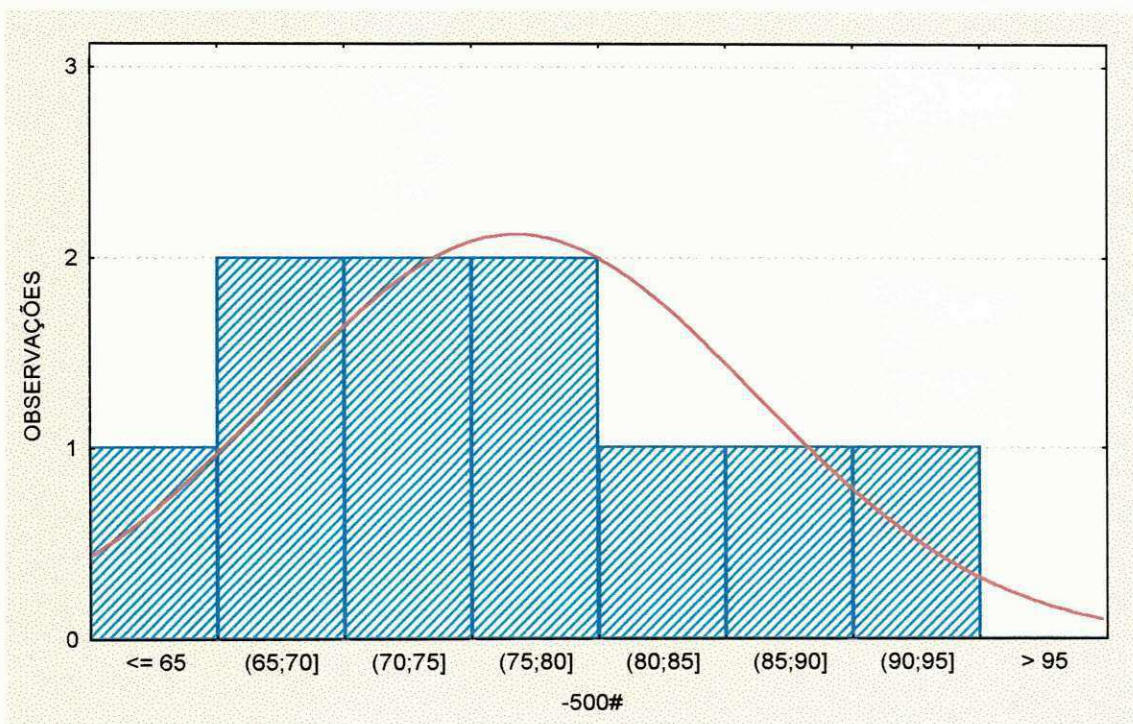


Figura 71 (B)

Figura 71 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para -500#;
 (B) Histograma de -500#.

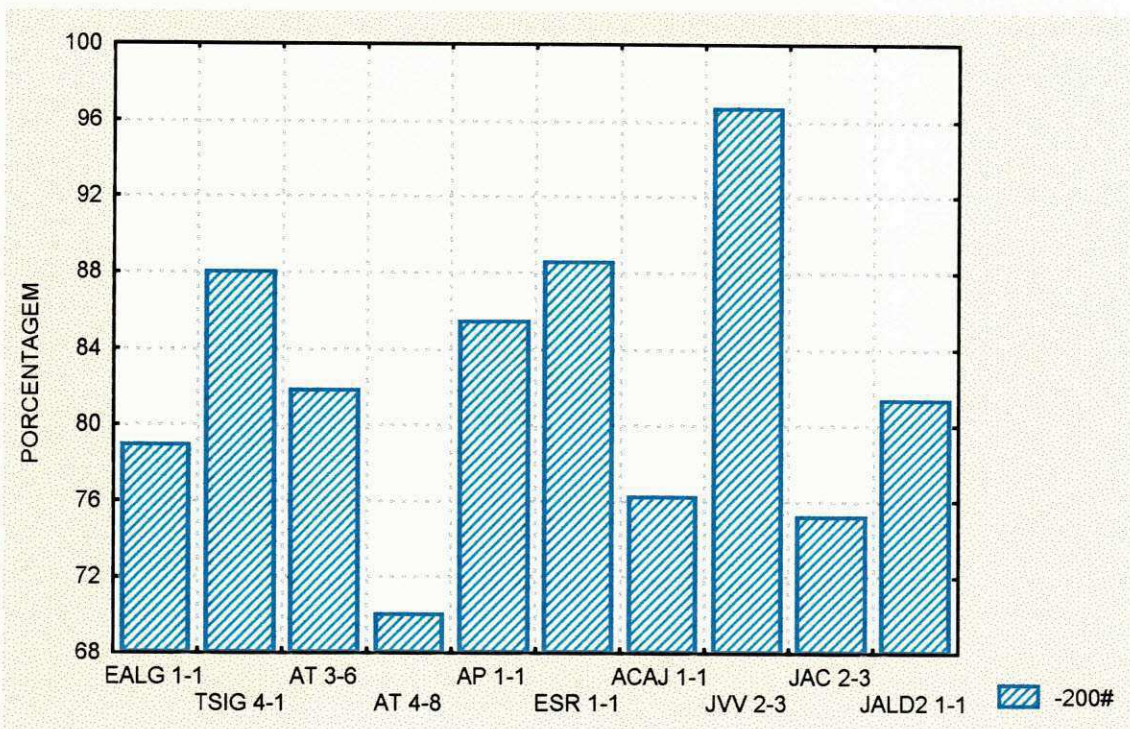


Figura 72 (A)

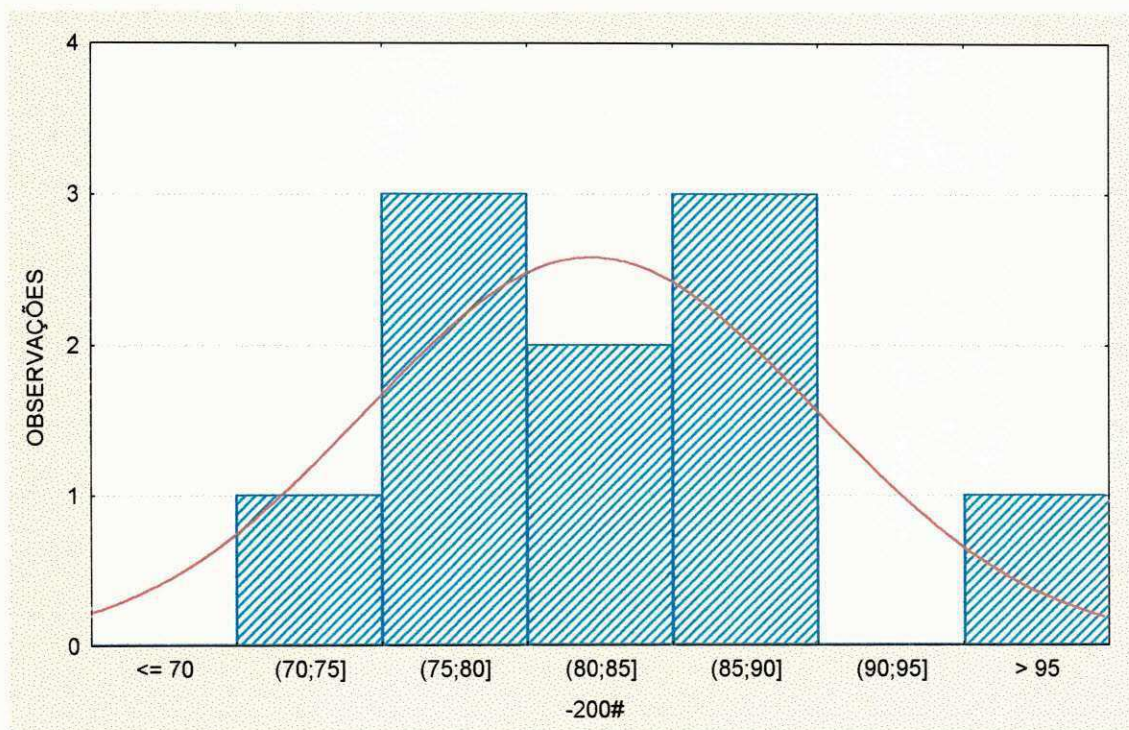


Figura 72 (B)

Figura 72 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para -200#;
 (B) Histograma de -200#.

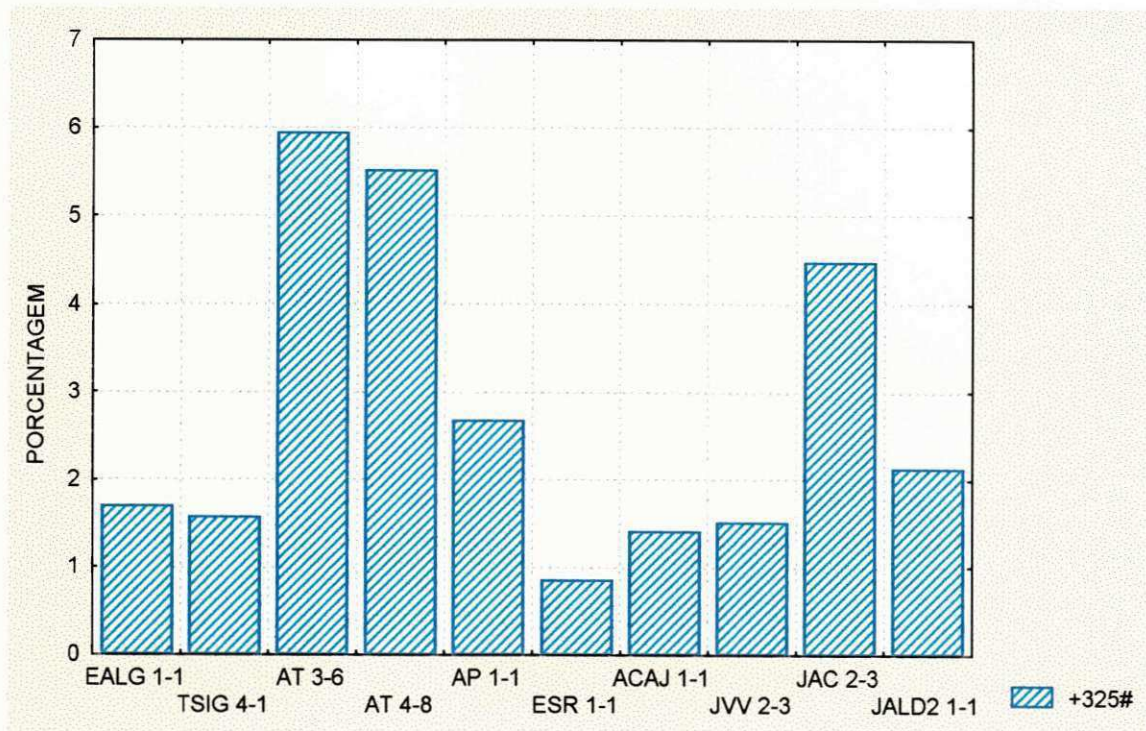


Figura 73 (A)

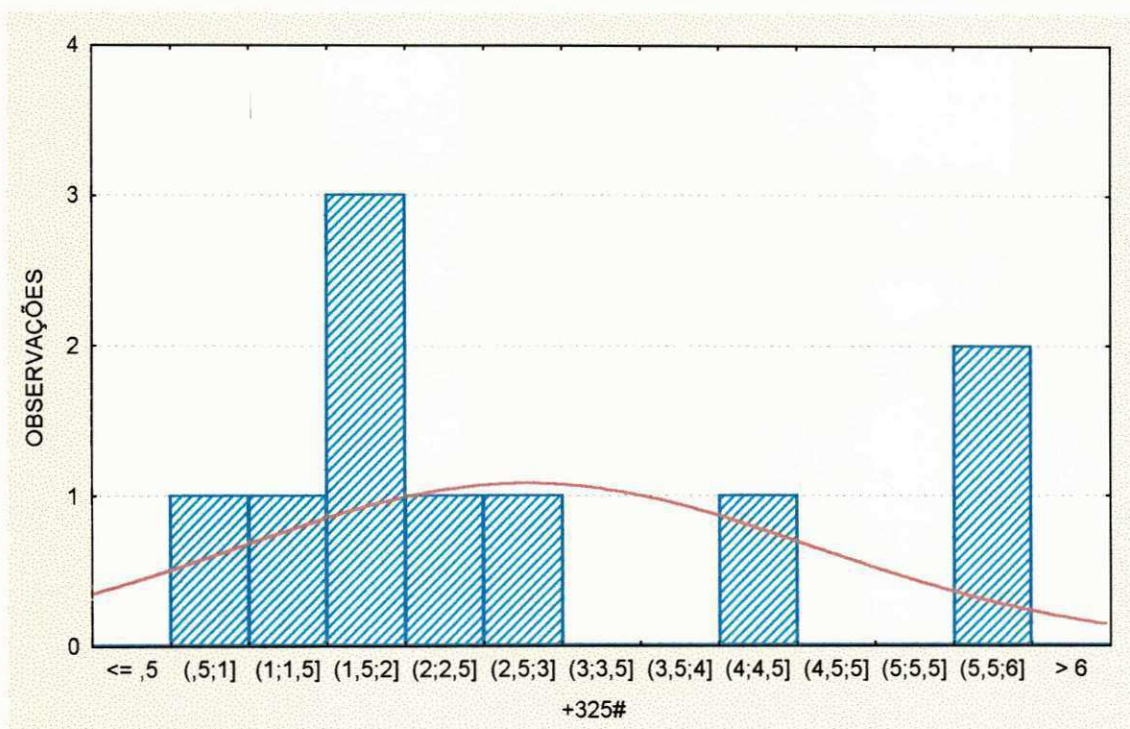


Figura 73 (B)

Figura 73 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para +325#;
 (B) Histograma de +325#.

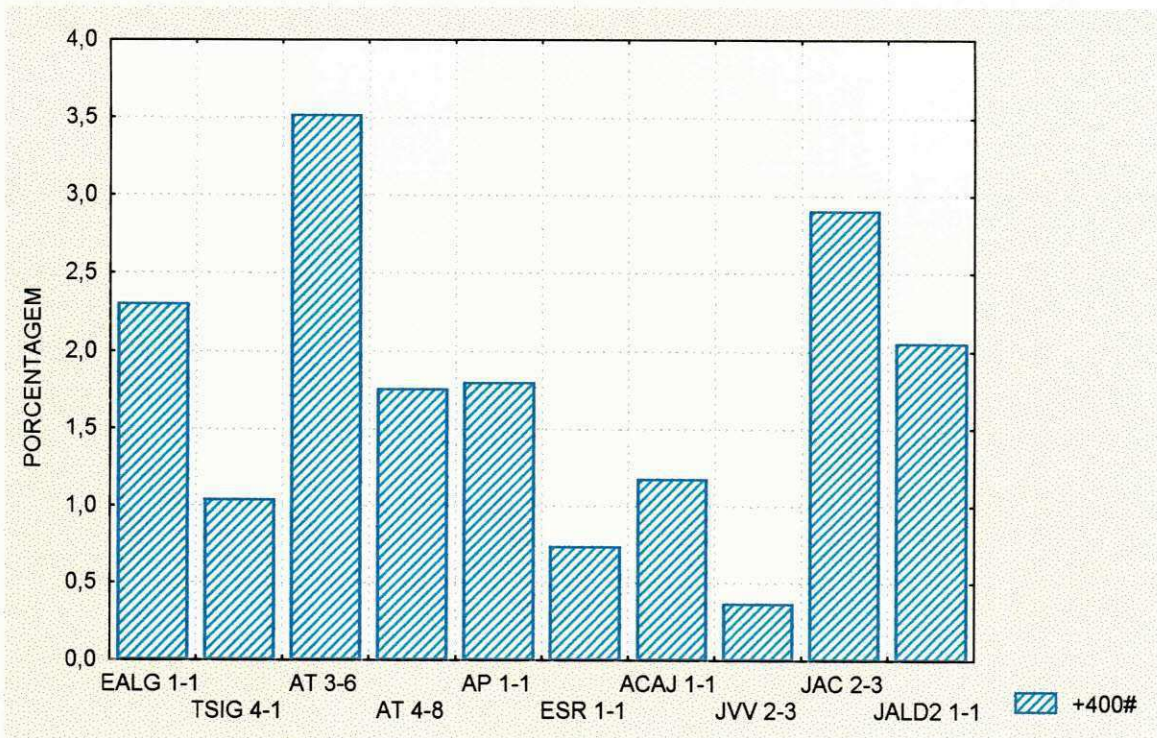


Figura 74 (A)

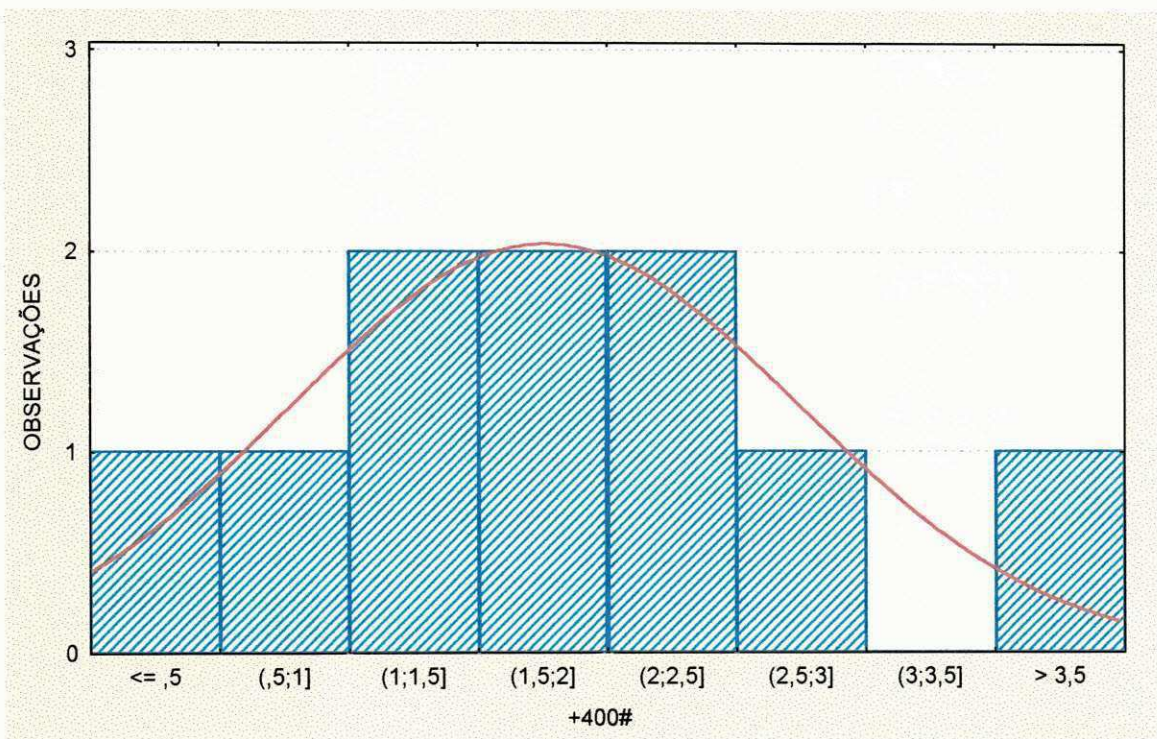


Figura 74 (B)

Figura 74 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para +400#;
 (B) Histograma de +400#.

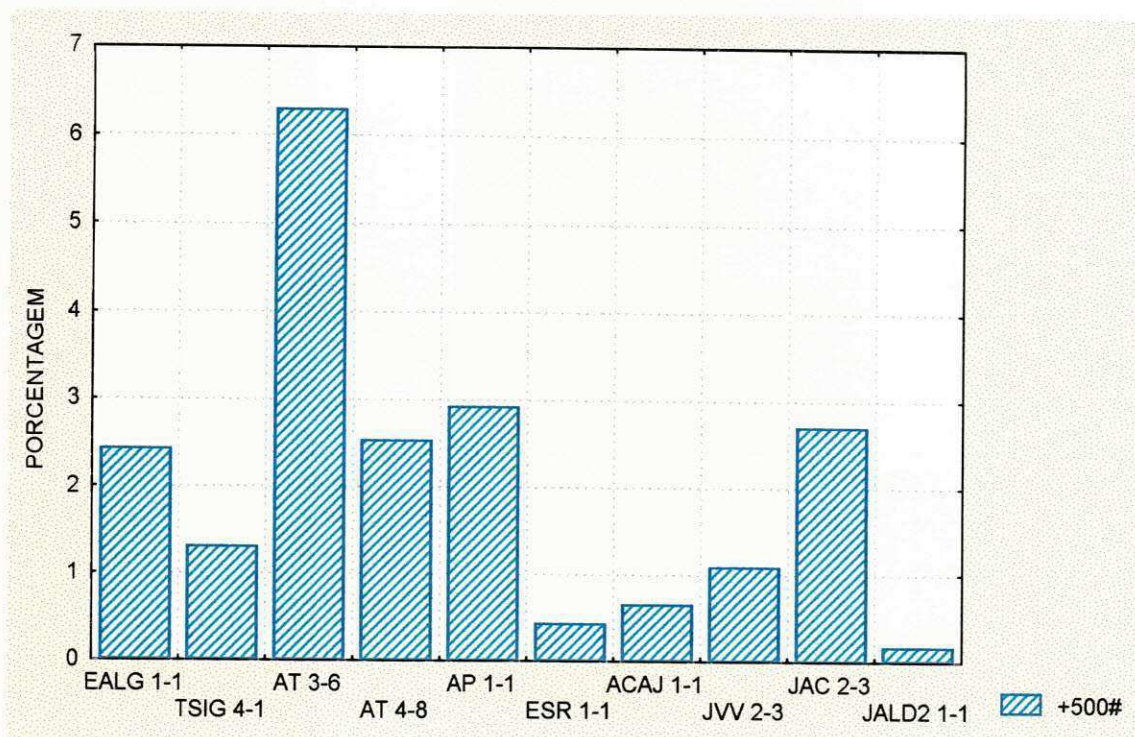


Figura 75 (A)

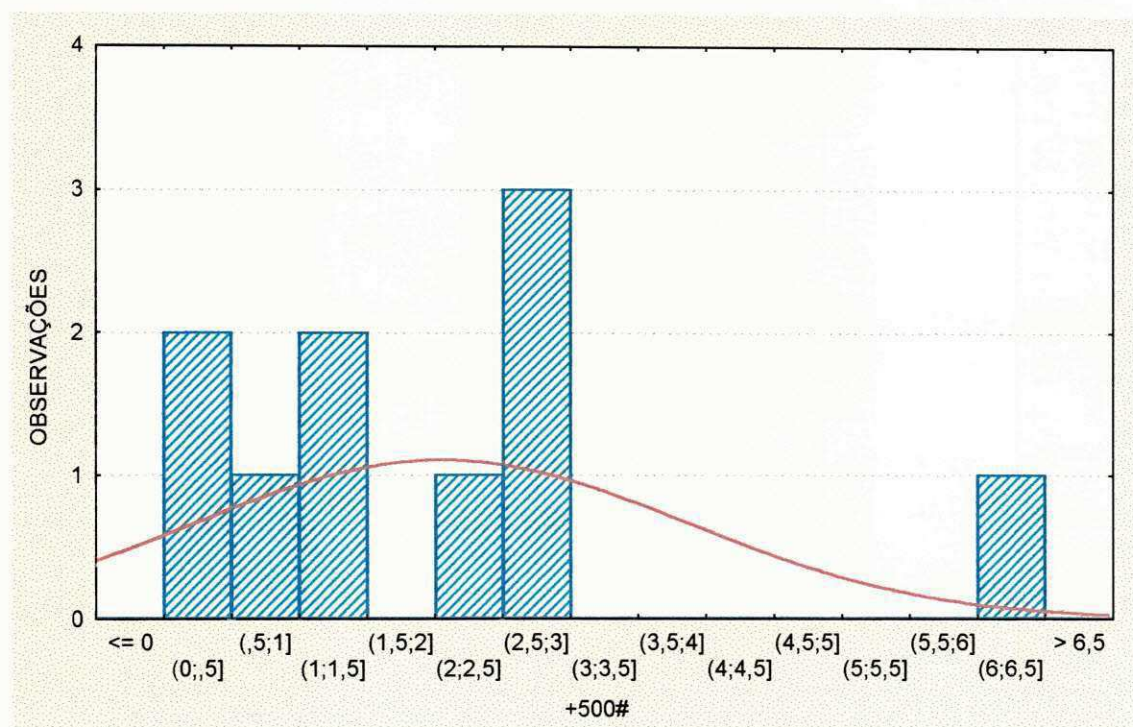


Figura 75 (B)

Figura 75 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para +500#;
 (B) Histograma de +500#.

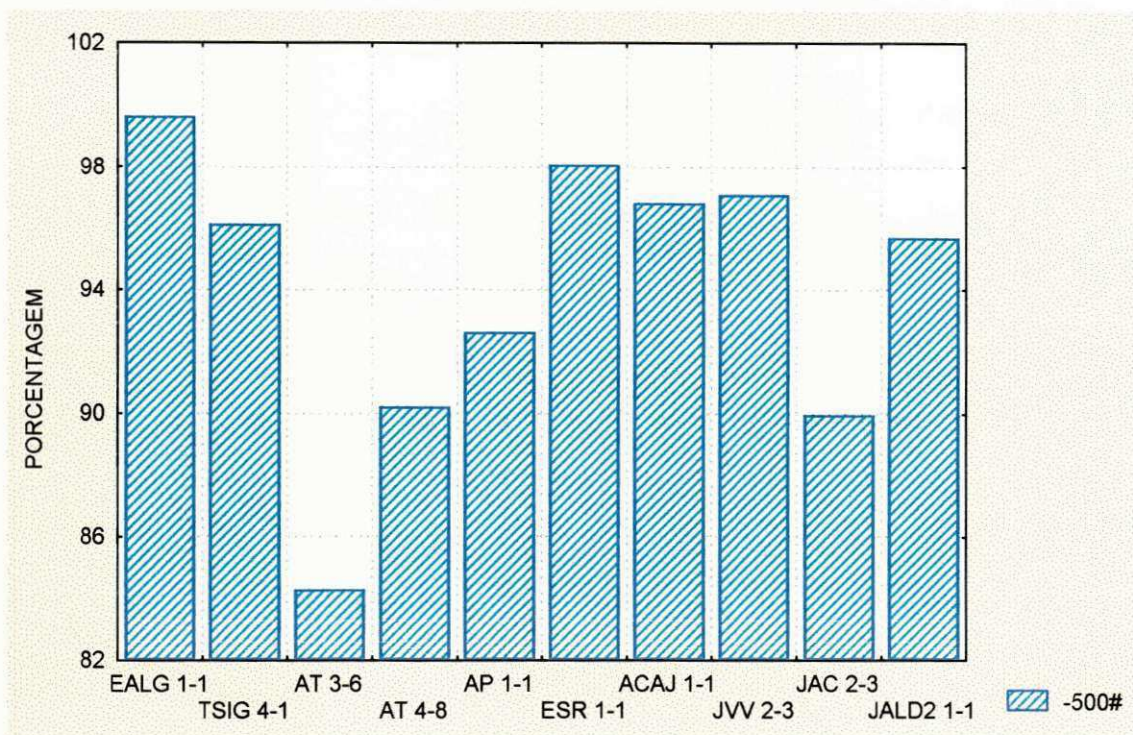


Figura 76 (A)

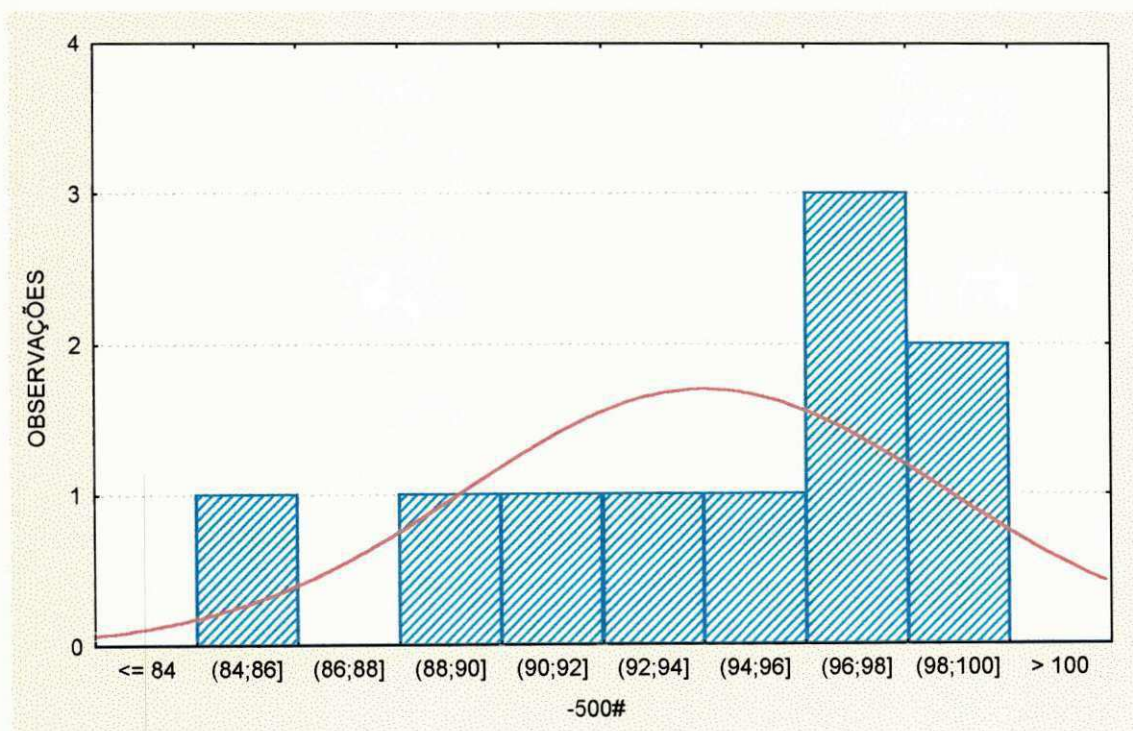


Figura 76 (B)

Figura 76 - Gráficos de Distribuição Granulométrica de Pegmatitos Heterogêneos do RN e PB .

- (A) Gráfico de Barras para -500#;
 (B) Histograma de -500#.

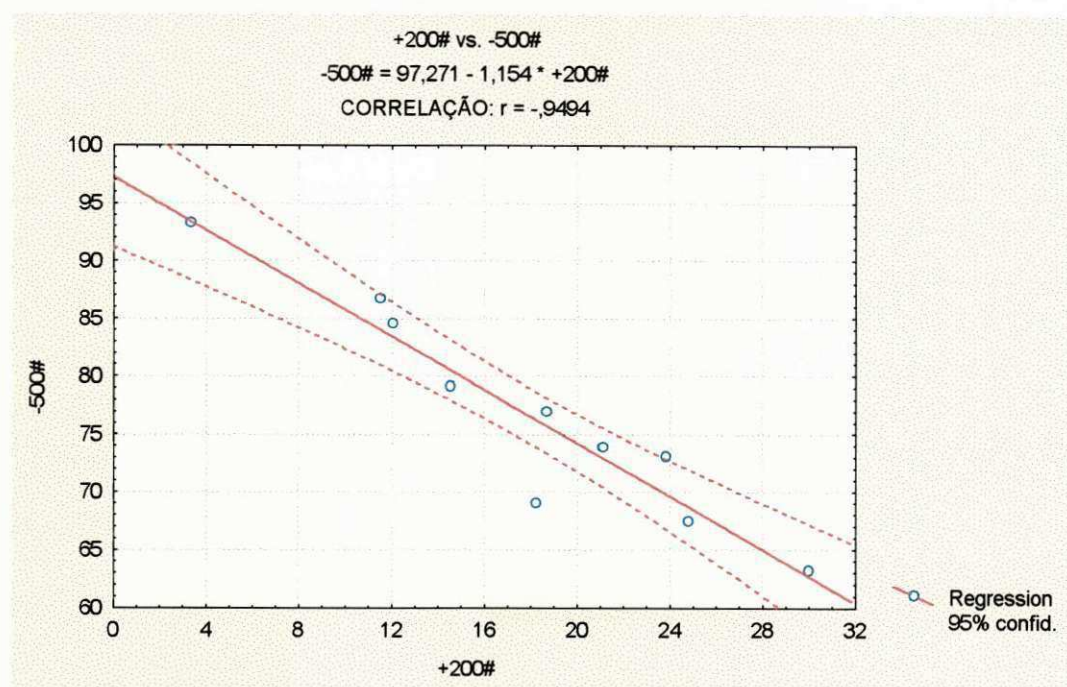


TABELA 19 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO DO PEGMATITO HETEROGÊNEO DAS REGIÕES DE EQUADOR-RN E JUNCO DO SERIDÓ-PB (SITUAÇÃO I).

FRAÇÕES	DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA				
	MESH	N	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO
+200	10	17,79	3,32	29,96	7,73
+325	10	2,19	0,73	4,81	1,35
+400	10	1,40	0,35	2,85	0,76
+500	10	1,64	0,14	5,11	1,44
-500	10	76,74	63,23	93,34	9,39

TABELA 20 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO DO PEGMATITO HETEROGÊNEO DAS REGIÕES DE EQUADOR-RN E JUNCO DO SERIDÓ-PB (SITUAÇÃO II).

FRAÇÕES	DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA				
	MESH	N	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO
+325	10	2,77	0,84	5,94	1,84
+400	10	1,76	0,36	3,51	0,98
+500	10	2,05	0,17	6,30	1,80
-500	10	94,02	84,25	99,58	4,70

7 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A exploração de caulim nos municípios de Junco e Equador ocorre numa maneira precária e rudimentar, sem obedecer nenhum plano sistemático de lavra e segurança. São praticadas ambas as lavras subterrâneas e a céu aberto, onde pode se observar, os garimpeiros dão preferência a lavra subterrânea para evitar a operação de decapeamento.

A lavra se processa manualmente, e o transporte do escoamento da produção é feito precariamente, utilizando-se balde plástico de PVC puxado por roldanas.

Dois aspectos negativos foram observados na lavra subterrânea: O primeiro diz respeito a falta de drenagem para alguns garimpos, onde muitas vezes são abandonados, devido as infiltrações de água. Segundo, os abatimentos na superfície, causados pelos colapsos dos pilares de sustentação que são deixados sem obedecer as propriedades mecânicas do caulim, das encaixantes, do capeamento, da profundidade dos trabalhos, da presença de água subterrânea, a potência do corpo mineralizado etc., acarretando o abatimento da superfície, com a destruição do solo e uma continuada erosão.

Nas regiões em apreço, existe alguns decantadores para beneficiamento da argila caulim, e um dos decantadores que fica na região de Equador-RN, foi pesquisado para o processo de separação de caulim na escala industrial. O processo utilizado é bastante simples, onde o material é levado para dentro de um tanque e adicionado água, no qual haverá a desagregação da argila caulim dos demais minerais não-argilosos, através do paleamento feito por um operador, onde a desagregação não ocorre totalmente, ficando bastante caulim agregado às partículas não-argilosas, acarretando, porém, uma perda significativa de caulim.

Foi feita uma análise do material considerado estéril, coletado no decantador e levado para laboratório, e ficou constatado após os resultados que 58% do material que vai para o classificador "peneira fixa no chão de 200 mesh", já é material abaixo de 325 mesh e que 40% do material retido nesta peneira de 200 mesh (considerado estéril) é caulim com granulometria abaixo de 325 mesh. Para melhorar a eficiência do processo, sugere-se a utilização de peneiras de malha mais grossa (+100 e +200#, por exemplo).

Foi observado que o método de separação a úmido minimiza a perda e aumenta o rendimento do caulim.

Os testes foram realizados via seco e via úmido, com o intuito de escolhermos o melhor método, a fim de obtermos a maior e melhor quantidade da argila caulim passada em malha abaixo de 200 mesh, que são malhas comercializáveis a nível local e nacional.

A recuperação do caulim varia segundo as diferenças geológicas e geográficas dos pegmatitos (tabela 22). Geologicamente nos pegmatitos heterogêneos encontram-se as zonas de feldspatos puro alterado para caulim. Por esta razão, o caulim de pegmatito heterogêneo contém menos impurezas de argila não-caulinítica (Sericita e Quartzo) e minerais como quartzo e muscovita. O rendimento de caulim nos pegmatitos heterogêneos atinge média de 76,74%. Por outro lado, nos pegmatitos homogêneos, ocorre o feldspato alterado disseminado junto com quartzo e mica. Nessas jazidas o caulim se encontra com alto grau de impurezas minerais tais como quartzo e mica que atinge a média de 51,59% (Tabela 22). Por essa razão a quantidade de caulim diminui, chegando a atingir uma média de 42,40%. Portanto, a lavra e o beneficiamento seletivo de pegmatitos heterogêneos, resultará em melhor rendimento, recuperação e classificação do caulim em comparação com pegmatitos homogêneos. Isso tornará todo o processo de lavra e beneficiamento mais econômico, com menos desperdício e elevando a qualidade do produto.

O caulim é explorado em diversos setores geográficos na área de estudo. Quando se analisa a recuperação de caulim segundo as regiões de Equador-RN e Junco do Seridó-PB nota-se que não há diferenças significativas na recuperação. Na região de Equador-RN as impurezas (Quartzo e Mica) nos pegmatitos alcança a média de 44,25% e na região de Junco do Seridó-PB, 42,38%.

Em relação ao caulim encontrado nos pegmatitos de Equador-RN, a média encontrada é 50,94% e nos pegmatitos de Junco do Seridó-PB, a média chega à atingir 49,98%.

TABELA 22 - SÍNTESE DAS MÉDIAS DAS DESCRIÇÕES ESTATÍSTICAS

PEGMATITOS	QUARTZO + MICA (%)	ARGILA NÃO-CAULINITICA (%)	ARGILA CAULIM (%)
HOMOGÊNEOS (32)	51,59	5,83	42,40
HETEROGÊNEOS (10)	17,79	5,22	76,74
REGIÕES			
EQUADOR-RN (26)	44,25	4,81	50,94
JUNCO DO SERIDÓ-PB (16)	42,38	7,11	49,98

Esses resultados mostram que pegmatitos heterogêneos são ótimos portadores da argila caulim, enquanto que, pegmatitos homogêneos produzem bem menos material argiloso.

Em relação as regiões portadoras de caulim, há uma similaridade entre as áreas produtoras, devido pertencerem a mesma região, "Província Pegmatítica da Borborema" - PB / RN.

Na caracterização mineralógica das frações argilosas dos pegmatitos os minerais identificados são caulinita, sericita e quartzo. Foi observado também, que a sericita e o quartzo estão presentes em quase todas as frações, porém, as proporções desses minerais decaem bastante com a diminuição da granulometria. A argila caulim está presente com elevada quantidade, e concentração máxima de pureza, atingindo na granulometria abaixo de 0,0039 mm, com isso, demonstra que o caulim tem partículas extremamente finas.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, G. Pegmatitos, gênese e províncias brasileiras, São Paulo, USP : SGP (Seminário apresentado ao curso de pós-graduação em Petrologia da USP), 1966.
- ANGELERI, F.B., PAIVA NETO, J.E., NASCIMENTO, A .C., SOUZA SANTOS, P.E. SOUZA SANTOS, H.L.. Características físico químicas e cerâmicas de argilas e caulins usados na indústria cerâmica de São Paulo. V. Argilas plásticas refratárias das fazendas Manhumbará, Suzano. *Cerâmica* 8(30); 22, 1962.
- ARCHANJO, C.J. e SALIM, J. Posição da Formação Seridó no contexto estratigráfico regional (RN-PB). Atas do XII Simpósio de Geologia do Nordeste, João Pessoa/PB : 270-280, 1986.
- ABNT. Análise granulométrica de solos. M32, 1947.
- ABNT. Matérias primas para a Indústria de Borracha, EB-15R, 1954.
- AZAROFF, L.V. E BERGER, M.J. - The powder Method in X-Ray Crystallography, op. 55, McGraw-Hill, New York, 1958.
- BATES, T.F. Interrelationship of structure and genesis in the kaolinite group, in Frederickson, A.F. Problems of clay and laterite genesis, 144 p. AIMME, N.Y, 1952.
- BATES, T.F. 4, HINCKLEY, D.N. Mineralogy and petrology of southeastern United States kaolin clays. Penn.state. Univ, Univ.Park. E.U, 1961.
- BIRKLAND, W. Pedology, Weathering and geomorphological research. N.Y, Oxford Univ Press, 285 p, 1974.
- BRINDLEY, G.W. & DE KEMPE, C. Attempted low temperature synthesis of kaolin minerals. *Nature*, 190, p254, 1961.
- BRINDLEY, G.W.; SOUZA SANTOS, P.; SOUZA SANTOS, H.L. Mineralogical studies of kaolinite-halloysite clays. Part 1. Identification problems. *American Mineralogist* 48, 1963.
- BRISTOW, C.M. Kaolins: genesis, exploitation and application. *Industrial Minerals*, 1987.
- BRISTOW, C.M. Kaolin paper underpins current demand. *Industrial Minerals*, p.62-67, 1987.
- BRITO NEVES, B.B. À posição Estratigráfica do Complexo Caicó. Atas do VII Simpósio de Geologia do Nordeste, Fortaleza/CE : 289-297, 1974.

- CAHEN, R., DANEALT, C. Carbonato de cálcio como pigmento em tintas de revestimento de papel. In: Congresso Anual de Celulose e Papel da ABCTP, 23, São Paulo, p. 567-585, 1990.
- CORREIA NEVES, J.M. Pegmatitos graníticos (morfologia, mineralogia, geoquímica, gênese e metalogênese), Trabalho para concurso de professor titular, Instituto de Geociências/UFMG, Belo Horizonte/MG : 202 p, 1981.
- CORREIA, W.L.P., SANTOS, P.S. - Estudo sobre caulins de São Paulo como matéria prima cerâmica, *Cerâmica*, v.24, n. 101, p. 169-214, maio/1976.
- CRANDALL, R. Geographia suprimimento d'água, transporte e açudagem nos estaods orientais do Nordeste do Brasil: Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. Rio Grande do Norte e Ceará. Rio de janeiro, IOFOCS, (Série I.D.E. Publicação nº 4): 31 p, 1910.
- DANTAS, L.D., HACKSPACHER, P.C., KAWASHITA, K. e LAFON, J.N. Datações Rb-Sr nas ortoderivadas dos Grupos São Vicente/Caicó - Província Borborema. Atas do XIV Simpósio de Geologia do Nordeste, Recife/PE : 248-251, 1991.
- DANA; J.D., HURLBUT, C.S. Manual de Mineralogia. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, v.2, p.507, 1970.
- DAVID, A., CLARK, A. Review of kaolin markets in the U.S.A. *Minerals*, n. 176, p. 27-77, May 1982.
- DAVID, A.C. - Mineral market in the next decade. *Industrial Minerals*, n. 278, p. 59-63, Nov. 1990.
- EBERT. H. Geologia do alto Seridó. SUDENE, Dep. Rec. Nat., Div. Geol., Ser. Geol. Reg., 11: 96 p, 1969
- EBERT.H. The precambrian geology of the "Borborema" belt (states of Paraíba and Rio Grande Norte; Northeast Brazil) and the Origen of its mineral provinces. *Geol. Rundschau* 59 (3) : 1292 - 1326, 1970.
- FERREIRA, J. A M. e ALBUQUERQUE, J.P.T. Sinopse da Geologia da folha Seridó. SUDENE, Dep. Rec. Nat., Div. Geolo., Série Geol. Reg., 18:47 p. 1969.
- FERREIRA, H.C.; SOUZA SANTOS, P.; SOUZA SANTOS, H.L, Caulins primários da província pegmatítica da Borborema no Nordeste do Brasil. *Cerâmica*, 17. 340-346, 1971.

- FERREIRA, H.C. Estudos tecnológicos de algumas argilas, caulins e feldspatos do Nordeste, Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Tese de doutoramento, Detp. Eng. Química, EPUSP, SP, 1972.
- FERRON, J.J. et.al. Bleaching of kaolins of Galicia (NW Spain), A study of the factors affecting the brightness of industrial fractions, *Silicates Industriels*, v. 11/12, p.329-334, 1990.
- GALAZZO, J. L. et. al. Viscosity improvement of an Argentine kaolin by ionic treatment. *Applied Clay Science*, v.1, p. 367-373, 1986.
- GARRELS, R M. dk HOWARD, P. Reactions of feldspar and mica with water at low temperature and pressure. *Clay and Clay Minerals*, v.6, p. 68, 1959.
- GARRELS, R.M. 7 CHRIST, C.L. *Solutions, minerals and equilibria*. Harper and Row, N.Y. 450 p, 1965..
- GASTUCHE, M.C. Etude de l'alteration de la kaolinite par diversas agentes chimiques. *Silicates Industriales*, p. 1, 1959.
- GASTUCHE, M.C. et al. La genese des mineraux argileux de la famil du kaolin: I e II em *Genese et Synthese des Argiles*, (NRS) p. 57-67, 1962.
- GINN, M.W., DUBLIN, D.D. Reducing slurry viscosity of kaolinitic clays US 4.477.422.16.16. Oct. 1984.
- GOPINATH, T.R. Modelo de Ocorrência e gênese de caulim primários nos pegmatitos de Junco de Seridó, PB. XIII Simp. Bras. Geologia, Atas..Boletim 1, p.176-177, 1989.
- GOPINATH, T.R. Processo de formação de caulim primário nos pegmatitos da região de Junco do Seridó, PB. XXXVI Cong. Bras. Geologia, Anais..v3, p.1294-1301, 1990.
- GRIM, R. E. *Clay Mineralogy*. New York: McGraw-Hill, p. 29 (Geological Sciences Series), 1958.
- GRIM, RZ. *Clay mineralogy*. New York, Mcgraw-Hill, 596p, 1968.
- GUIMARÃES, J.E.P & BARRETO, C.M. Jazidas de argilas aluminosas no Triângulo Mineiro. IGG 6, p. 1360, 1948..
- HACKSPACHER, P.C. e OSÓRIO, H.A. Geologia do minério de ferro bandado de Saquinho, Cruzeta, RN - Brasil. Atas do X Simpósio de Geologia do Nordeste: 26-39, 1981.
- HACKSPACHER, P.C. e SÁ, J.M. Critério lito-estrutural para diferenciação do embasamento Caicó do Grupo Seridó, RN/Brasil. Atas do XI Simpósio de Geologia do Nordeste, Natal/RN : 263-277, 1984.

- HACKSPACHER, P.C., MACAMBIRA, M., Mc REATH, I, and SCHELLER, Tectono - magmatic evolution of the Taipu - Cardoso polydiapiric granitoid bodies, Rio Grande do Norte, Brasil. Int. Symp. Granites Assoc. Mineralizations, Salvador/BA extend abstract, Vol. : 91-95, 1987.
- HACKSPACHER, P.C., VAN SCHMUS, W.R., e DANTAS, E.L. Um embasamento transamazônico na província Borborema. Atas do XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia, Vol. 6 : 2683-2696, 1990.
- HEALEY, T.W. Principles of dispersion and agregation mineral of fines. In: Beneficiation of Mineral Fines, Report of a Workshop Held at Sterling Forest, August 27-29, New York: Somasundaran, Chap. 12, p. 161-178, 1978.
- HEM, J.D. et al. Chemical interactions of aluminium with aqueous silica at 25 c. U.S. Geol. Survey Water Supply Paper. 1827-E, 57 p, 1973.
- HESS, P.C. Phase equilibria of some mineral in the K O-Na O AlO H O system at 25°C and 1 atmosphere. AnJou.Sci., v264. p289-309, 1966.
- JARDIM DE SÁ, E.F. A idade e natureza das faixas dobradas do Nordeste: comentários preeliminares, VIII Simp. de Geol. do Nordeste, Res, Com : 61 p, 1977.
- JARDIM DE SÁ, E.F. Evolução tectônica da região do Seridó : síntese preliminar, problemas e implicações. Palestra I ciclo est. Prosp. Scheelita Nordeste, Currais Novos, DNPM, MANUSCRITO, 1978.
- JARDIM DE SÁ, E.F., e SALIM, J. Reavaliação dos conceitos estratigráficos na região Seridó (RN-PB). Mineração e Metalurgia, 80 (421) : 16-28, 1980.
- JARDIM DE SÁ. E.F., LEGRAND. J.M. E McREATH, I. Estratigrafia de rochas granitóides na região do Seridó (RN - PB), com base em critérios estruturais. Ver. Bras. De Geociências, 11 (1) : 50 - 57, 1981.
- JARDIM DE SÁ. E.F. Geologia da região do Seridó : reavaliação de dados. Atas do XI Simpósio de Geologia do Nordeste, Natal/RN : 278-296, 1984.
- JARDIM DE SÁ, E.F., MACEDO, M.H.F., LEGRAND, J.M., McREATH, I., GALINDO, A.C. , and MARTINS DE SÁ, J. Proterozoic granitoides in a polycyclic setting : a Held excursion in the Seridó region, NE/Brasil. Int. Symp. Granites Associa. Mineralizations, Salvador/BA, extend abstr, Vol. : 103-110, 1987.
- JARDIM DE SÁ, E.F. e MARTINS DE SÁ, J. Proterozoic granitoides in a polycyclic setting : a Held excursion in the Seridó region, NE/Brasil. Int. Symp. Granites Associa. Mineralizations, Salvador/BA, Excursion Guides, Vol. : 33-45, 1987.

- JARDIM DE SÁ, E.F. Evolução orogênica monocíclica Vs policíclica : II argumentos estruturais no proterozóico da província Borborema. I Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, Salvador/BA, Bol. resumos : 9 - 10, 1988.
- JARDIM DE SÁ, E.F. e RAMALHO A. P. Novos dados sobre a deformação tangencial na faixa seridó. NE do Brasil. Atas do XIV Simpósio de Geologia do Nordeste, Recife/PE: 296 - 299, 1991.
- JOHNSTON Jr., W.D. Os pegmatitos berilo-tantalíferos da Paraíba e Rio Grande do Norte, no Nordeste do Brasil, Rio de Janeiro, DNPM - DFPM, Boletim 72 : 85 p, 1945.
- JEPSON, W. B. Kaolin: their properties and uses. Philosophical Transaction, Royal Society of London, Serie A, v. 311, p. 411-432, 1984.
- LEGRAND, J.M. MARTINS DE SÁ, J. Geotermometria, Geobarometria e a zonação metamórfica do "Sinforme de Cruzeta" - RN/Brasil. Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia, Vol. 4 : 1407-1423, 1986.
- LEGRAND, J.M. e FRANÇA, V.M.Q. Implicações geotectônica do metamorfismo brasileiro da faixa seridó e as suas relações com os granitóides intrusivos. Atas do XII Simpósio de Geologia do Nordeste, Fortaleza/CE : 233-236, 1989.
- LETTERMAN, R.D., VANDERBROOK. Effect of solution chemistry on coagulation whith hydrolyzed Al (III) - Significance of sulfate ion and pH, Water Research, v. 17, p. 195-204, 1983.
- LIMA, A. A. et. al. Estudo preliminar sobre aplicação de tecnologia mineral para pegmatitos caulíníferos - Junco do Seridó-PB, DNPM. Relatório Final, 43 p, 1985
- LIMA, E.A.M. et. al. Projeto scheelita do Seridó. Relatório final e mapas. Conv. DNPM/CPRM, 1980.
- LIMA, R.M.F., LUZ, A.B. Caracterização tecnológica de caulim para a indústria de papel. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 21p. (Série Tecnologia Mineral; 48), 1991.
- LOUGHBROUGH, R. Kaolin producers move up market. Industrial Minerals, n. 313, p. 51-69, Oct 1993.
- LOUGHBROUGH, R. European paint, Industrial Minerals, p. 39-49, Aug. 1993.
- MACEDO, M.H.F., JARDIM DE SÁ, E.F., MARTINS DE SÁ, J. Datações Rb-Sr em ortognaisses e a idade do Grupo Seridó. Atas do XI Simpósio de Geologia do Nordeste, Natal/RN : 253-261, 1984.

- MACEDO, M.H.F., JARDIM DE SÁ, E.F., PEUCAT, J.J., SOUZA, Z.S. e MARTIN, H. Avaliação dos dados geocronológicos do complexo Caicó (RN) e suas implicações tectônicas. Atas do XIV Simpósio de Geologia do Nordeste. Recife/PE : 256-259, 1991.
- MARTINS DE SÁ, J. e LEGRAND, J.M. Superposição de fases metamórficas na região da Serra do Chico - Lajes /RN. Revista Ciências da Terra, 7 : 12-15, 1983.
- McVEY, H., HARBEN, P. Industrial minerals in paper ; chase for technical superiority. Industrial Minerals, n. 267, p. 41-47, Dec. 1989.
- MINNIGH, L.D. and HACKSPACHER, P.C. Preliminary Results of study on structures in schists of the Seridó Formation near Cruzeta - RN. Atas do IX Simpósio de Geologia do Nordeste : 44-51, 1979.
- MORAES, L.J. Serras e montanhas do Nordeste. Bol. IFOCS, pub. 58, Série ID, 2 Vols, 1924.
- MURRAY, H.H. Diagnostic test for evaluation of kaolin physical properties. Acta mineralogica petrographica, v. 24, p. 67-77, 1980.
- MURRAY, H.H. Clays. In; Ulmaan's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 5. ed., Weinheim: VCH, Verlagsgesellschaft, v. A7 109 -136, 1986.
- MURRAY, H.H. World Kaolins: diverse quality needs permit different resources types. in: Industrial Mineral International Congress,, Boston, Anais, p. 127-130, 1988.
- OBERLIN, A & TCHOUBAR, C. Etude para leau: influence del sels dissous. Silicates Industriales, p.1. 1959.
- O'DRISCOLL, M.J. An overview of selected minerals and their markets. In: CIMINELLI, R.R. (ed.), Industrial Minerals'92, Brazilian Symposium on Industrial Minerals, 1, São Lourenço, Sept. 13-16, 1992. Proceedings Belo Horizonte. ABTM, p.1-14, 1992.
- O'DRISCOLL, M. Minerals in european plastics, Industrial Minerals, p. 39-49, Aug. 1993.
- OLIVEIRA E SILVA, E.H.R. Caulim do Nordeste. SUDENE, DRN, 33 p. (Relatório Técnico), 1973.
- PARHAM, W.E. Formation of Halloysite from feldspar. loe tempera- ture, artificial weathering versus natural weathering: Clays and Clay Minerals, v. 17, p. 13-22, 1969.
- PETROVIC, R. Rate control in feldspar dissolution-II. The protective effect of precipitates. Geochim. Cosmochim. Acta, v. 40, pg. 1509-1521, 1976.

- PRASADA, M.S., REID, K.J., MURRAY, H.H. Kaolin: processing, properties and application. Applied Clay Science, Amsterdam, V. 6, p. 87-119, Elsevier, 1991.
- RIES, A.C. and SHACKLETON, R.M. Preliminary note on structural sequences and magnitude and orientation of finite strains in the precambrian of Northerast, Brazil. Atas do VIII Simp. de Geologia do Nordeste : 397-400, 1977.
- ROLFF, P.A.M. Contribuição ao estudo da cassiterita no Nordeste, Rio de Janeiro. DNPM - DFPM, Boletim 73 : 33 - 71, 1945.
- ROY, P.L., DOLTIN, O. e MADON, H.L. Estudo dos pegmatitos do Rio Grande do Norte e Paraíba, Recife/PE, SUDENE, Série Geológica Econômica : 124 p, 1966.
- RUSSEL, A. Mineral in fibre glass. Current malaise in a growth industry. Industrial Minerals , p. 28-40, Nov. 1991.
- SALIM, J., DARDENNE, M.A., LEGRAND, J.M. e JARDIM DE SÁ, E.F. Geologia, controle e gênese das mineralizações de scheelita no distrito de Lages /RN. Atas do IX Simpósio de Geologia do Nordeste : 397-407, 1979.
- SANTOS, P.S., SANTOS, H.L.S. Estudos sobre a composição mineralógica de caulins primários e secundários do Brasil, Cerâmica, v. 15, n. 57/58, p. 21-44, Jan/jun. 1959.
- SANTOS, E.J. Província scheelitífera do Nordeste. Anais XXVII Congresso Brasileiro de Geologia, Bol. esp. 3 : 31-46, 1973.
- SCORZA, E.P. Província Pegmatítica da Borborema. DNPM/Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim 112, Rio de Janeiro/RJ : 58 p, 1944.
- SENNET, P., YOUNG, R.H. Current problems in beneficiation of kaolin clay. In: Beneficiation of Mineral Fines, Report of Workshop by Columbia University and Held at Sterling Forest, Aug. 27-29. New York. p. 116-137, 1978.
- SILVA, M.R.R. & DANTAS, J.R.A. A Província Pegmatítica da Borborema-Seridó nos estados da Paraíba e Rio grande do norte. Recife, DNPM, Série Geol., 24, 233-298, 1984.
- SILVA, S.P. Caulim, Sumário Mineral, Brasília, v.11, p. 32-33, 1991.
- SINGH, P.K., GANGOPADHYAY, P.K., SHARMA, V.P. Beneficiation of China clay by chemical decolorization and their industrial utilization, Research and Industry, V. 36, p. 88-91, June. 1991.

- SOUZA SANTOS, P. & PIMENTEL, C.A. Estudos sobre a presença de caulinita e haloisita em caulins brasileiros. *Cerâmica* 17, 1971.
- SOUZA SANTOS, P.S. Tecnologia de argilas, Vols 1&2, São Paulo, Edgar-Blucher-EPUSP, 1976.
- STOCH, L. et al. Physico-chemical methods of purification of kaolins and their mineral composition and origin. In: XII International Mineral Processing Congress, Warszawa, Beneficiation of Clay Raw Material: Round Table Seminar, Warszawa: Polish Scientific, June , p. 215-237, 1979.
- TRAWINSKI, H., EISENLOHR, V. Beneficiamento de caulim, 1• parte, *Cerâmica*, v. 26, n. 122, p. 25-33, fev. 1980.
- TORRES, H.H.F. et. al. Projeto tungstênio, molibdênio, relatório final. Recife/DNPM/CPRM, pag. Irreg, 1973.
- VALERY Jr, W., CHAVES, A.P. Processo de beneficiamento para obtenção de uma carga mineral nobre a partir do fosfogesso, *Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP*, São Paulo: EPUSP, 1992 (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Minas, BT/PMI/013), 1992.
- VELDE, B. Introduction to Clay Minerals, Chapman and Hall, London, U.K. 198 p, 1992.
- VELHO, J.A.G.L., GOMES, C.S.F. Matérias primas alternativas do caulim para carga e cobertura de papel. *O papel*, Jul., p. 33-44, 1992.
- WATSON, I. Kaolin review. *Industrial Minerals*, n. 176, p. 17-39, May 1982.
- YARAR, B. Flocculation, Denver: Colorado School of Mines. Department of Metallurgical Engineering, p.1-40, 1991.

ANEXOS

ANEXO 1							ANEXO 2			
AMOSTRA	Situação I						Situação II			
	+200#	+325#	+400#	+500#	-500#	-200#	+325#	+400#	+500#	-500#
EALG 1-1	21,11	1,33	1,80	1,89	73,87	78,89	1,70	2,30	2,42	99,58
TSIG 4-1	12,02	1,36	,90	1,13	84,59	87,98	1,57	1,04	1,30	96,09
AT 3-6	18,21	4,81	2,85	5,11	69,02	81,79	5,94	3,51	6,30	84,25
AT 4-8	29,96	3,83	1,22	1,76	63,23	70,04	5,51	1,75	2,53	90,21
AP 1-1	14,53	2,28	1,53	2,49	79,17	85,47	2,67	1,79	2,92	92,62
ESR 1-1	11,50	,73	,64	,37	86,76	88,50	,84	,73	,42	98,01
TSIG 2-2	62,65	,75	,49	1,29	34,82	37,35	2,03	1,33	3,50	93,14
TSIG 3-1	62,43	,62	,52	,51	35,92	37,57	1,67	1,40	1,37	95,56
TSIG 5-1	59,69	,65	,37	,28	39,01	40,31	1,64	,93	,71	96,72
JSC 1-2	45,07	2,32	,51	,83	51,27	54,93	4,27	,94	1,53	93,26
AT 1-1	45,73	2,39	1,06	1,53	49,29	54,27	4,49	1,99	2,88	90,64
AT 2-4	86,44	2,09	1,23	,66	9,58	13,56	15,75	9,27	4,97	70,01
AT2 1-2	74,13	2,19	1,42	,96	21,30	25,87	8,69	5,63	3,81	81,87
AT2 2-2	64,51	2,05	1,36	1,69	30,39	35,49	5,90	3,91	4,86	85,33
TSEG 1-1	70,52	,42	,21	,22	28,63	29,48	1,44	,72	,75	97,09
TSG 1-1	48,58	1,49	1,02	,93	47,98	51,42	2,93	2,00	1,82	93,25
TSG 2-2	47,18	2,62	1,11	1,47	47,62	52,82	5,02	2,12	2,81	90,05
TSG 3-1	41,11	,81	1,20	1,68	55,20	58,89	1,38	2,05	2,87	93,70
ACM 1-1	31,42	4,13	2,71	1,93	59,81	68,58	6,04	3,96	2,82	87,18
ACM 2-4	51,75	4,86	2,80	1,09	39,50	48,25	10,20	5,88	2,28	81,64
AP 2-3	37,15	3,47	,89	1,17	57,32	62,85	5,54	1,42	1,87	91,17
AP 3-5	39,78	4,74	2,11	2,34	51,03	60,22	7,92	3,53	3,91	84,64
EF 1-1	49,15	,94	,43	,46	49,02	50,85	1,87	,85	,91	96,37
EF 2-1	3,02	,47	,29	,30	95,92	96,98	,48	,30	,31	98,91
EF 3-1	66,62	2,22	1,03	,82	29,31	33,38	6,75	3,13	2,50	87,62
AJ 1-1	56,35	4,40	1,82	2,55	34,88	43,65	10,14	4,20	5,88	79,78
JALD 1-1	46,75	3,00	,99	1,30	47,61	53,25	5,67	1,87	2,46	90,00
JVV 1-2	54,10	1,20	,87	1,08	42,45	45,90	2,63	1,91	2,37	93,09
JAC 1-2	54,25	3,43	,74	1,36	39,66	45,75	7,59	1,64	3,01	87,76
JAAZ 1-1	55,77	2,81	1,20	,87	38,82	44,23	6,43	2,75	1,99	88,83
JAAZ 2-1	46,92	4,52	3,98	,76	43,45	53,08	8,58	7,55	1,44	82,43
JAAZ 3-1	54,47	7,02	5,55	,35	32,13	45,53	15,58	12,32	,78	71,32
JAAZ 4-1	56,58	2,26	1,10	1,06	38,05	43,42	5,32	2,59	2,50	89,59
SODB 1-3	57,34	7,41	14,93	,41	19,55	42,66	17,52	35,29	,97	46,22
SODB 2-2	49,08	1,07	1,23	,81	47,36	50,92	2,12	2,44	1,60	93,84
JODC 1-1	51,10	1,42	1,33	1,51	43,59	48,90	2,97	2,78	3,15	91,10
JODC 2-2	38,60	3,49	1,19	1,74	54,74	61,40	5,71	1,95	2,84	89,50
JAN 1-1	42,52	10,66	4,34	,49	41,49	57,48	18,71	7,62	,86	72,81
ACAJ 1-1	23,80	1,06	,88	,48	73,08	76,20	1,40	1,17	,64	96,79
JVV 2-3	3,32	1,44	,35	1,05	93,34	96,68	1,51	,36	1,09	97,04
JAC 2-3	24,78	3,34	2,18	2,03	67,41	75,22	4,46	2,90	2,71	89,93
JALD2 1-1	18,68	1,70	1,65	,14	76,98	81,32	2,12	2,05	,17	95,66

ANEXOS:

- (1) Rendimentos percentuais globais de todas as amostras dos pegmatitos(Situação I - Inclui todas as malhas);
- (2) Rendimentos percentuais globais de todas as amostras dos pegmatitos(Situação II - Exceto +200#).

ANEXO 3							ANEXO 4			
AMOSTRA	Situação I						Situação II			
	+200#	+325#	+400#	+500#	-500#	-200#	+325#	+400#	+500#	-500#
EALG 1-1	21,11	1,33	1,80	1,89	73,87	78,89	1,70	2,30	2,42	99,58
TSIG 4-	12,02	1,36	,90	1,13	84,59	87,98	1,57	1,04	1,30	96,09
AT 3-1	18,21	4,81	2,85	5,11	69,02	81,79	5,94	3,51	6,30	84,25
AT 4-8	29,96	3,83	1,22	1,76	63,23	70,04	5,51	1,75	2,53	90,21
AP 1-1	14,53	2,28	1,53	2,49	79,17	85,47	2,67	1,79	2,92	92,62
ESR 1-1	11,50	,73	,64	,37	86,76	88,50	,84	,73	,42	98,01
TSIG 2-2	62,65	,75	,49	1,29	34,82	37,35	2,03	1,33	3,50	93,14
TSIG 3-1	62,43	,62	,52	,51	35,92	37,57	1,67	1,40	1,37	95,56
TSIG 5-1	59,69	,65	,37	,28	39,01	40,31	1,64	,93	,71	96,72
JSC 1-2	45,07	2,32	,51	,83	51,27	54,93	4,27	,94	1,53	93,26
AT 1-1	45,73	2,39	1,06	1,53	49,29	54,27	4,49	1,99	2,88	90,64
AT 2-4	86,44	2,09	1,23	,66	9,58	13,56	15,75	9,27	4,97	70,01
AT2 1-2	74,13	2,19	1,42	,96	21,30	25,87	8,69	5,63	3,81	81,87
AT2 2-2	64,51	2,05	1,36	1,69	30,39	35,49	5,90	3,91	4,86	85,33
TSEG 1-1	70,52	,42	,21	,22	28,63	29,48	1,44	,72	,75	97,09
TSG 1-1	48,58	1,49	1,02	,93	47,98	51,42	2,93	2,00	1,82	93,25
TSG 2-2	47,18	2,62	1,11	1,47	47,62	52,82	5,02	2,12	2,81	90,05
TSG 3-1	41,11	,81	1,20	1,68	55,20	58,89	1,38	2,05	2,87	93,70
ACM 1-1	31,42	4,13	2,71	1,93	59,81	68,58	6,04	3,96	2,82	87,18
ACM 2-4	51,75	4,86	2,80	1,09	39,50	48,25	10,20	5,88	2,28	81,64
AP 2-3	37,15	3,47	,89	1,17	57,32	62,85	5,54	1,42	1,87	91,17
AP 3-5	39,78	4,74	2,11	2,34	51,03	60,22	7,92	3,53	3,91	84,64
EF 1-1	49,15	,94	,43	,46	49,02	50,85	1,87	,85	,91	96,37
EF 2-1	3,02	,47	,29	,30	95,92	96,98	,48	,30	,31	98,91
EF 3-1	66,62	2,22	1,03	,82	29,31	33,38	6,75	3,13	2,50	87,62
AJ 1-1	56,35	4,40	1,82	2,55	34,88	43,65	10,14	4,20	5,88	79,78

ANEXOS:

- (3) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos de Equador - RN (Situação I - Inclui todas as malhas);
- (4) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos de Equador - RN (Situação II - Exceto +200#).

ANEXO 5							ANEXO 6			
AMOSTRA	Situação I						Situação II			
	+200#	+325#	+400#	+500#	-500#	-200#	+325#	+400#	+500#	-500#
JALD 1-1	46,75	3,00	,99	1,30	47,61	53,25	5,67	1,87	2,46	90,00
JVV 1-2	54,10	1,20	,87	1,08	42,45	45,90	2,63	1,91	2,37	93,09
JAC 1-2	54,25	3,43	,74	1,36	39,66	45,75	7,59	1,64	3,01	87,76
JAAZ 1-1	55,77	2,81	1,20	,87	38,82	44,23	6,43	2,75	1,99	88,83
JAAZ 2-1	46,92	4,52	3,98	,76	43,45	53,08	8,58	7,55	1,44	82,43
JAAZ 3-1	54,47	7,02	5,55	,35	32,13	45,53	15,58	12,32	,78	71,32
JAAZ 4-1	56,58	2,26	1,10	1,06	38,05	43,42	5,32	2,59	2,50	89,59
SODB 1-3	57,34	7,41	14,93	,41	19,55	42,66	17,52	35,29	,97	46,22
SODB 2-2	49,08	1,07	1,23	,81	47,36	50,92	2,12	2,44	1,60	93,84
JODC 1-1	51,10	1,42	1,33	1,51	43,59	48,90	2,97	2,78	3,15	91,10
JODC 2-2	38,60	3,49	1,19	1,74	54,74	61,40	5,71	1,95	2,84	89,50
JAN 1-14	2,52	10,66	4,34	,49	41,49	57,48	18,71	7,62	,86	72,81
ACAJ 1-1	23,80	1,06	,88	,48	73,08	76,20	1,40	1,17	,64	96,79
JVV 2-3	3,32	1,44	,35	1,05	93,34	96,68	1,51	,36	1,09	97,04
JAC 2-3	24,78	3,34	2,18	2,03	67,41	75,22	4,46	2,90	2,71	89,93
JALD2 1-1	18,68	1,70	1,65	,14	76,98	81,32	2,12	2,05	,17	95,66

ANEXOS:

- (5) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos de Junco do Seridó - PB (Situação I - Inclui todas as malhas);
- (6) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos de Junco do Seridó - PB (Situação II - Exceto +200#).

ANEXO 7							ANEXO 8			
AMOSTRA	Situação I						Situação II			
	+200#	+325#	+400#	+500#	-500#	-200#	+325#	+400#	+500#	-500#
TSIG 2-2	62,65	,75	,49	1,29	34,82	37,35	2,03	1,33	3,50	93,14
TSIG 3-1	62,43	,62	,52	,51	35,92	37,57	1,67	1,40	1,37	95,56
TSIG 5-1	59,69	,65	,37	,28	39,01	40,31	1,64	,93	,71	96,72
JSC 1-2	45,07	2,32	,51	,83	51,27	54,93	4,27	,94	1,53	93,26
AT 1-1	45,73	2,39	1,06	1,53	49,29	54,27	4,49	1,99	2,88	90,64
AT 2-4	86,44	2,09	1,23	,66	9,58	13,56	15,75	9,27	4,97	70,01
AT2 1-2	74,13	2,19	1,42	,96	21,30	25,87	8,69	5,63	3,81	81,87
AT2 2-2	64,51	2,05	1,36	1,69	30,39	35,49	5,90	3,91	4,86	85,33
TSE 1-1	70,52	,42	,21	,22	28,63	29,48	1,44	,72	,75	97,09
TSG 1-1	48,58	1,49	1,02	,93	47,98	51,42	2,93	2,00	1,82	93,25
TSG 2-2	47,18	2,62	1,11	1,47	47,62	52,82	5,02	2,12	2,81	90,05
TSG 3-1	41,11	,81	1,20	1,68	55,20	58,89	1,38	2,05	2,87	93,70
ACM 1-1	31,42	4,13	2,71	1,93	59,81	68,58	6,04	3,96	2,82	87,18
ACM 2-4	51,75	4,86	2,80	1,09	39,50	48,25	10,20	5,88	2,28	81,64
AP 2-3	37,15	3,47	,89	1,17	57,32	62,85	5,54	1,42	1,87	91,17
AP 3-5	39,78	4,74	2,11	2,34	51,03	60,22	7,92	3,53	3,91	84,64
EF 1-1	49,15	,94	,43	,46	49,02	50,85	1,87	,85	,91	96,37
EF 2-1	3,02	,47	,29	,30	95,92	96,98	,48	,30	,31	98,91
EF 3-1	66,62	2,22	1,03	,82	29,31	33,38	6,75	3,13	2,50	87,62
AJ 1-1	56,35	4,40	1,82	2,55	34,88	43,65	10,14	4,20	5,88	79,78
JALD 1-1	46,75	3,00	,99	1,30	47,61	53,25	5,67	1,87	2,46	90,00
JVV 1-2	54,10	1,20	,87	1,08	42,45	45,90	2,63	1,91	2,37	93,09
JAC 1-2	54,25	3,43	,74	1,36	39,66	45,75	7,59	1,64	3,01	87,76
JAAZ 1-1	55,77	2,81	1,20	,87	38,82	44,23	6,43	2,75	1,99	88,83
JAAZ 2-1	46,92	4,52	3,98	,76	43,45	53,08	8,58	7,55	1,44	82,43
JAAZ 3-1	54,47	7,02	5,55	,35	32,13	45,53	15,58	12,32	,78	71,32
JAAZ4-1	56,58	2,26	1,10	1,06	38,05	43,42	5,32	2,59	2,50	89,59
SODB1-3	57,34	7,41	14,93	,41	19,55	42,66	17,52	35,29	,97	46,22
SODB 2-2	49,08	1,07	1,23	,81	47,36	50,92	2,12	2,44	1,60	93,84
JODC 1-1	51,10	1,42	1,33	1,51	43,59	48,90	2,97	2,78	3,15	91,10
JODC 2-2	38,60	3,49	1,19	1,74	54,74	61,40	5,71	1,95	2,84	89,50
JAN 1-1	42,52	10,66	4,34	,49	41,49	57,48	18,71	7,62	,86	72,81

ANEXOS:

- (7) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos homogêneos de Equador - RN e de Junco - PB (Situação I - Inclui todas as malhas);
- (8) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos homogêneos de Equador - RN e de Junco - PB (Situação II - Exceto +200#).

ANEXO 9							ANEXO 10			
AMOSTRA	Situação I						Situação II			
	+200#	+325#	+400#	+500#	-500#	-200#	+325#	+400#	+500#	-500#
EALG 1-1	21,11	1,33	1,80	1,89	73,87	78,89	1,70	2,30	2,42	99,58
TSIG 4-1	12,02	1,36	,90	1,13	84,59	87,98	1,57	1,04	1,30	96,09
AT 3-6	18,21	4,81	2,85	5,11	69,02	81,79	5,94	3,51	6,30	84,25
AT 4-8	29,96	3,83	1,22	1,76	63,23	70,04	5,51	1,75	2,53	90,21
AP 1-1	14,53	2,28	1,53	2,49	79,17	85,47	2,67	1,79	2,92	92,62
ESR 1-1	11,50	,73	,64	,37	86,76	88,50	,84	,73	,42	98,01
ACAJ 1-1	23,80	1,06	,88	,48	73,08	76,20	1,40	1,17	,64	96,79
JVV 2-3	3,32	1,44	,35	1,05	93,34	96,68	1,51	,36	1,09	97,04
JAC 2-3	24,78	3,34	2,18	2,03	67,41	75,22	4,46	2,90	2,71	89,93
JALD2 1-1	18,68	1,70	1,65	,14	76,98	81,32	2,12	2,05	,17	95,66

ANEXOS:

- (9) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos heterogêneos de Equador - RN e de Junco - PB (Situação I - Inclui todas as malhas);
- (10) Rendimentos percentuais de todas as amostras dos pegmatitos heterogêneos de Equador - RN e de Junco - PB (Situação II - Exceto +200#).

ANEXO 11

DISTÂNCIAS INTERPLANARES PARA A CAULINITA								
Caulinita bem cristalizada			Caulinita com desordem no eixo b			Halosita - 2H ₂ O		
<i>l/l₀</i>	<i>d(Å)</i>	<i>hkl</i>	<i>hkl</i>	<i>d(Å)</i>	<i>l/l₀</i>	(001) ou <i>nk</i>	<i>d(Å)</i>	<i>l/l₀</i>
10 ⁺	7,15	001	001	7,15	10	001	7,2-7,5	8
4	4,455	020	02;11	4,455	8	0,211	4,422	10 ⁺
6	4,35	110	110	4,36	2			
6	4,17	111	111	4,145	2			
3	4,12	111						
4	3,837	021						
2	3,734	021						
10 ⁺	3,566	002	002	3,57	10	002	3,578	8
4	3,365	111						
2	3,138	112						
2	3,091	112						
2	2,748	022						
		201	201					
8	2,553	130	130	2,555	7			
		130				13,20	2,559	7
		131						
4	2,521	112	131					
		131						
9	2,486	112		2,50	7		2,48	2
		200	200					
7	2,374	003	003	2,375	7	003	2,403	2
		202	202					
10	2,331	131	131	2,325	8b		2,33	2
		113						
9	2,284	131						
1	2,243	132;040				04,22	2,218	1
3	2,182	132;220						
2	2,127	023;041						
1	2,067	222						
		203	203	1,977				
7	1,985	132	132					
		132						
4	1,936	221						
2	1,892	133						
1	1,865	042						
4	1,835	133;202;223						
1	1,805	114;223						
5	1,7788	004	004	1,785	3	004	1,800	1

DISTÂNCIAS INTERPLANARES PARA A SERICITA													
Índices 2M ₁	Muscovita		Ilita		Índices 1M	Ilita		Ilita		Ilita		Mica biotita	
	d	l	d	l		d	l	d	l	d	l	d	l
002	9,99	s	9,98	s	001	9,8	s	10,1	s	10,1	10	10,1	vs
004	4,98	m	4,97	w	002	4,9	m	4,98	m	4,94	2		
110					020								
111	4,47	vs	4,47	s	110	4,45	vs	4,50	s	4,47	9	4,58	w
111	4,29				111								
022	4,11	w	4,11	w	021	4,28	w	4,35					
112	3,96	vw				4,10	w	4,10	vw				
113	3,87	m	3,7	w	111								
023	3,72	m			112	3,87	m	3,85	vw				
113	3,55	w	3,4	vw		3,64	mw	3,62	ms	3,68	2b		
114	3,48	m											
024													
006	3,32	w	3,31	m	022	3,35	vs	3,32	s	3,32	9	3,38	vs
114					003								
115	3,20	m	3,2	vw		3,09	mw	3,06	ms	3,16	0,5	3,15	vw
026	3,10	w			112								
115	2,98	s	2,98	w		2,66	m	2,88	vw	2,88	1	2,91	vw
116	2,86	m	2,84	vw	113			2,87	w				
131	2,76	m			023								
200													
202	2,585	w											
131													
008	2,56	w	2,56	s	200;131	2,50	vs	2,57	vs	2,60	8	2,65	s
202;133	2,49				004					2,50	1		
204	2,48	w	2,44	w	202;131	2,45	mw	2,47	w			2,51	w
133	2,36	w	2,38	m	201;132	2,38	m	2,38	m	2,41	4	2,45	s
204;135	2,32				203;133	2,236	mw	2,25	mw			2,28	vw
223	2,246	w	2,24	m									
208	2,155		2,18	w	202;133	2,14	m	2,158	m	2,158	2	2,183	s
135	2,14	m											
135	2,13		2,11	w									
044													
0,10	2,06	vw	1,98	m	005	1,988	m	1,98	m	1,982	1	2,002	s
206;137	1,99	s			204;133	1,94	w					1,911	vw
	1,98	w			203;134							1,752	vw
138	1,83	vw			205;134			1,71	vw				
	1,76	w			204;135	1,647	m	1,65	m	1,689	3		
										1,639	3		
20,10	1,65	w											
139	1,54	m	1,65	w				1,58	vw			1,561	s
060													
331	1,504	s	1,50	s	050;331	1,497	s	1,50	s	1,53	8	1,527	

s = reflexão intensa ; vs = muito intensa; m = média; w = fraca; vw = muito fraca

DISTÂNCIAS INTERPLANARES PARA O QUARTZO								
Quartzo-alfa			Quartzo-beta			Quartzo resfriado desde 1000 °C		
<i>d</i> (Å)	<i>l</i>	<i>hkl</i>	<i>d</i> (Å)	<i>l</i>	<i>hkl</i>	<i>d</i> (Å)	<i>l</i>	<i>hkl</i>
4,26	35	100	4,34	21	100	4,43	5	100
3,343	100	101	3,399	100	101	3,42	10	101
2,458	12	110	2,500	2	110	2,55	5	110
2,282	12	102	2,310	2	102	2,30	3	102
2,237	6	111						
2,128	9	200	2,166	3	200	2,22	5	200
1,980	6	201	2,013	4	201	2,045	5	201
1,817	17	112	1,837	9	112	1,85	8	112
1,801	1	003						
1,672	7	202	1,696	2	202	1,71	3	202
1,659	3	103	1,673	2	103			
1,608	1	210	1,624	2	210			
1,541	15	211	1,566	3	211	1,57	7	211
1,453	3	113	1,477	1	113			
1,418	1	300	1,433	1	300			
1,382	7	212				1,421	7	212;301
1,375	11	203						
1,372	9	301				1,393	7	203
1,288	3	104	1,347	1	104			
1,256	4	302	1,276	3	302	1,292	5	302
1,228	2	220	1,250	2	220	1,277	5	220
1,1997	5	213	1,216	2	213	1,225	3	213
1,1973	2	221						
1,1838	4	114						
1,1802	4	310						
1,1530	2	311				1,196	5	311
1,1408	1	304				1,190	3	114
1,1144	1	303	1,1727	1	303			
1,0816	4	312				1,113	2	312
1,0636	1	400				1,105	2	400
1,0477	2	105				1,044	2	105;223
1,0437	2	401						
1,0346	2	214						