

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA  
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL  
CONVÊNIO DNPM-CPRM

**PROJETO SAPUCAÍ**  
**RELATÓRIO FINAL-GEOQUÍMICA**  
**VOLUME I**

*Elias C. Daitx*

*Winston Addas*



SUREMI	
SEDOIE	
ARQUIVO TÉCNICO	
Resumo	62-5
N.º de Volumes:	3 V.
ALFENSI	

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

DIRETORIA DA ÁREA DE PESQUISAS

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

1977

PROJETO SAPUCAÍ

Chefe do Projeto: Libório Quirino Kaefer

Equipe Executora - Geologia: José Carvalho Cavalcante  
Hélio Canejo da Silva Cunha  
Luiz Antonio Chierigati  
Kenichi Yamamoto  
João Bosco Viana Drumond  
Deocleciano Bittencourt Rosa  
Jairo Mascarenhas da Rocha (DEGEO)  
Maria Glícia da Nóbrega Coutinho (DEGEO)

Geoquímica: Elias Carneiro Daitx  
Winston Addas (DIVPES-SP)

Geofísica: Francisco J. F. Ferreira (DIVPES-SP)

Geocronologia: Morio Hama (DIVGEM-SP)

Análises químicas: Glória Berenice C.T.C. Brazão da Silva  
Elizabeth de Barros Barreto Winter  
Maria Lúcia de Miranda Lemos  
Cecília Stark Mayer  
Célia Tinoco Aride

Colaboração Especial: Mário Mitio Sugahara (DIGEQQ)  
Gilberto Machado (DIGEQQ)

## APRESENTAÇÃO

O presente relatório expõe os resultados obtidos pelo Projeto Sapucaí, executado pela Superintendência Regional de São Paulo, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, para o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, em prosseguimento ao Plano Mestre Decenal e através do Convênio DNPM-CPRM. Objetivou, fundamentalmente, o mapeamento na escala 1:250.000 e a definição geo-econômica da área de 68.640 km<sup>2</sup>, situada no sudoeste do estado de Minas Gerais e nordeste do estado de São Paulo.

Subdividimo-lo em três partes, a saber:

Parte I - Geologia

Parte II - Geoquímica

Parte III - Geofísica

P R O J E T O S A P U C A I

RELATÓRIO FINAL - GEOQUÍMICA

ÍNDICE DE VOLUMES

VOLUME I

RESUMO; ABSTRACT; INTRODUÇÃO; DESCRIÇÃO DA ÁREA; TÉCNICA DE AMOSTRAGEM; PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E TÉCNICA ANALÍTICA; INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS; CONCLUSÕES; RECOMENDAÇÕES; REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

VOLUME II

ANEXOS (MAPAS DE TEORES)

VOLUME III

APÊNDICE (ARQUIVO DE DADOS E MAPAS DE PONTOS DE AMOSTRAGEM)

LISTA DE FIGURAS

Nº	PÁGINA	Nº	PÁGINA
1	8	51	140
2	9	52	141
3	12	53	142
4	17	54	143
5	20	55	150
6	27	56	151
7	34	57	152
8	35	58	153
9	44	59	154
10	45	60	159
11	48	61	160
12	48	62	161
13	50	63	162
14	55	64	163
15	71	65	164
16	72	66	165
17	73	67	171
18	74	68	172
19	75	69	173
20	81	70	174
21	82	71	175
22	83	72	181
23	84	73	182
24	85	74	183
25	91	75	184
26	92	76	185
27	93	77	190
28	94	78	191
29	95	79	192
30	100	80	193
31	101	81	197
32	102	82	198
33	103	83	199
34	104	84	200
35	108	85	203
36	109	86	204
37	110	87	205
38	111	88	206
39	116	89	207
40	117	90	210
41	118	91	211
42	119	92	212
43	120	93	213
44	126	94	214
45	127	95	216
46	128	96	218
47	129	97	225
48	130	98	230
49	138	99	231
50	139	100	244

LÍSTA DE TABELAS

I	.....	49
II	.....	63
III	.....	70
IV	.....	80
V	.....	90
VI	.....	99
VII	.....	107
VIII	.....	115
IX	.....	125
X	.....	137
XI	.....	149
XII	.....	158
XIII	.....	170
XIV	.....	180
XV	.....	189
XVI	.....	196
XVII	.....	202
XVIII	.....	209
XIX	.....	224
XX	.....	232
XXI	.....	240

## SUMÁRIO

1 - RESUMO .....	1
2 - ABSTRACT .....	3
3 - INTRODUÇÃO .....	5
3.1 - Histórico .....	5
3.2 - Objetivos do trabalho .....	6
3.3 - Localização e acesso .....	6
3.4 - Trabalhos anteriores .....	7
4 - DESCRIÇÃO DA ÁREA .....	11
4.1 - Clima .....	11
4.2 - Solos .....	13
4.3 - Vegetação .....	15
4.4 - Hidrografia .....	18
4.4.1 - Considerações gerais .....	18
4.4.2 - Descrição das bacias .....	19
4.4.2.1 - Bacia do rio Grande (s.s.) .....	19
4.4.2.2 - Bacia do rio Sapucaí .....	21
4.4.2.3 - Bacias dos rios Mogi-Guaçu e Piracicaba ..	24
4.4.2.4 - Bacia do rio Paraíba do Sul .....	25
4.5 - Geomorfologia .....	25
4.5.1 - Considerações gerais .....	25
4.5.2 - Planalto Atlântico .....	26
4.5.2.1 - Planalto Sul de Minas .....	26
4.5.2.2 - Zona cristalina do Norte .....	29
4.5.2.3 - Planalto de Campos do Jordão .....	30
4.5.2.4 - Serra da Mantiqueira .....	30
4.5.2.5 - Médio Vale do Paraíba .....	31
4.5.2.6 - Planalto de Paraitinga .....	32
4.5.2.7 - Serrania da Canastra .....	32
4.5.2.8 - Depressão Periférica e <i>uestas</i> Arenito-Ba- sálticas .....	32
4.6 - Geologia .....	33
4.6.1 - Considerações gerais .....	33
4.6.2 - Descrição das unidades .....	33

4.6.2.1 - Associação B <sub>1</sub> - Complexo Lavras .....	33
4.6.2.2 - Associação Barbacena .....	36
4.6.2.3 - Associação Paraíba do Sul .....	38
4.6.2.4 - Maciços graníticos tardi a pós-orogênicos.	39
4.6.2.5 - Grupo Bambuí .....	39
4.6.2.6 - Formação Irati .....	40
4.6.2.7 - Intrusivas alcalinas e alcalino-básico-ul trabásicas .....	40
5 - TÉCNICA DE AMOSTRAGEM .....	42
5.1 - Planejamento da amostragem .....	42
5.2 - Desenvolvimento da amostragem .....	43
5.3 - Métodos de amostragem .....	46
5.4 - Registro dos dados de campo .....	47
6 - PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E TÉCNICA ANALÍTICA .....	51
6.1 - Preparação das amostras .....	51
6.2 - Espectrografia de emissão .....	51
6.3 - Espectrofotometria de absorção atômica .....	52
7 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS .....	53
7.1 - Considerações gerais .....	53
7.2 - Critérios de interpretação .....	54
7.2.1 - Programas de aplicação da CPRM .....	57
7.2.2 - Parâmetros estabelecidos .....	60
7.3 - Apresentação gráfica .....	61
7.4 - Sedimentos de corrente .....	61
7.4.1 - Considerações preliminares .....	61
7.4.2 - Cobre .....	65
7.4.2.1 - Generalidades .....	65
7.4.2.2 - Distribuição na área .....	66
7.4.3 - Cromo .....	76
7.4.3.1 - Generalidades .....	76
7.4.3.2 - Distribuição na área .....	77
7.4.4 - Níquel .....	86
7.4.4.1 - Generalidades .....	86
7.4.4.2 - Distribuição na área .....	87
7.4.5 - Cobalto .....	96



7.4.5.1 - Generalidades .....	96
7.4.5.2 - Distribuição na área .....	97
7.4.6 - Escândio .....	105
7.4.6.1 - Generalidades .....	105
7.4.6.2 - Distribuição na área .....	106
7.4.7 - Vanádio .....	112
7.4.7.1 - Generalidades .....	112
7.4.7.2 - Distribuição na área .....	113
7.4.8 - Chumbo .....	121
7.4.8.1 - Generalidades .....	121
7.4.8.2 - Distribuição na área .....	121
7.4.9 - Bário .....	131
7.4.9.1 - Generalidades .....	131
7.4.9.2 - Distribuição na área .....	132
7.4.10 - Boro .....	144
7.4.10.1 - Generalidades .....	144
7.4.10.2 - Distribuição na área .....	145
7.4.11 - Berílio .....	155
7.4.11.1 - Generalidades .....	155
7.4.11.2 - Distribuição na área .....	155
7.4.12 - Lantânio .....	166
7.4.12.1 - Generalidades .....	166
7.4.12.2 - Distribuição na área .....	167
7.4.13 - Ítrio .....	176
7.4.13.1 - Generalidades .....	176
7.4.13.2 - Distribuição na área .....	176
7.4.14 - Estrôncio .....	186
7.4.14.1 - Generalidades .....	186
7.4.14.2 - Distribuição na área .....	186
7.4.15 - Zircônio .....	194
7.4.15.1 - Generalidades .....	194
7.4.15.2 - Distribuição na área .....	194
7.4.16 - Ferro .....	201
7.4.17 - Manganês .....	208
7.4.18 - Nióbio .....	215
7.4.19 - Outros elementos .....	217

7.4.19.1 - Molibdênio .....	217
7.4.19.2 - Estanho .....	219
7.4.19.3 - Prata .....	220
7.4.19.4 - Zinco .....	221
7.5 - Concentrados de bateia .....	222
7.5.1 - Generalidades .....	222
7.5.2 - Ouro .....	223
7.5.3 - Prata .....	227
7.6 - Rochas .....	229
8 - CONCLUSÕES .....	234
9 - RECOMENDAÇÕES .....	243
10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	247

## 1 - RESUMO

Paralelamente ao mapeamento geológico regional das porções sudoeste do estado de Minas Gerais e nordeste do estado de São Paulo, executado pela Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) para o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), efetuou-se o levantamento geoquímico das seqüências pré-cambrianas, do maciço alcalino de Poços de Caldas e da Formação Irati. Para tal, foram coletadas 641 amostras, sendo 590 de sedimentos de corrente (aluvões fluviais), 42 de concentrados de bateia e nove de rochas, durante o período de junho de 1975 a julho de 1976. A densidade da amostragem de sedimentos de corrente variou de 1:30 km<sup>2</sup> a 1:170 km<sup>2</sup>, com porte médio das drenagens amostradas ao redor de 20 km<sup>2</sup>. Dos sedimentos de corrente analisou-se a fração granulométrica inferior a 80 mesh, por meio de espectrografia semi-quantitativa para 30 elementos, método igualmente utilizado no estudo das amostras de rochas. Nos concentrados de bateia, coletados em sua quase totalidade nas áreas com faisqueiras abandonadas, foram dosados os teores de ouro e prata, através de métodos rápidos, com leituras por espectrofotometria de absorção atômica. Os resultados analíticos receberam um tratamento estatístico para a determinação do *background*, do *threshold*, etc., nas diversas populações consideradas, com a aplicação de programas estatísticos do SEAG/CPRM e do uso de computador. Dos 30 elementos analisados, 17 receberam comentários individuais dos seus parâmetros estatísticos, da distribuição de seus teores nas várias seqüências litoestratigráficas e da sua interrelação com a geologia da área amostrada: cobre, cromo, níquel, cobalto, escândio, vanádio, chumbo, bário, boro, berílio, lantânio, ítrio, estrôncio, zircônio, ferro, manganês e nióbio. Os complexos "granitóide-migmatíticos" (Varginha, Socorro e Paraisópolis), largamente envolvidos por processos metassomáticos brasileiros, caracterizaram-se por altos teores de vanádio, zircônio e chumbo e baixíssimos valores de boro, salvo nas áreas de ocorrência de maciços granulítico-charnoquíticos ou anfibolíticos, que se mostraram enriquecidas em cobre, cobalto, níquel, escândio e nióbio. Os litotipos granatíferos do Complexo Varginha (xistos, gnaisses e granoblastitos) denunciam uma origem a partir de sedimentos pelítico-aluminosos, associados a material básico-ultrabásico (vulcanoclastos?), apresentando teores elevados e algumas anomalias de cobre, escândio, cromo e níquel. Detectou-se, ainda, nesse conjunto, a presença de uma outra população geoquímica (nióbio, estanho e molibdênio), provavelmente ligada a manifestações pneumatolíticas. (As porções meridional e oriental do Complexo Amparo exibiram feições geoquímicas diferentes, dominando, na primeira, valores superiores de níquel, cobalto, cobre, bário, chumbo, nióbio e estrôncio, em contraste com os altos teores de boro, ítrio e lantânio registrados a leste de Pouso Alegre. Aos corpos ortognáissicos de provável ascendência granítica, inseridos nessa unidade, ligam-se valores expressivos de chumbo e bário nos sedimentos de corrente. O Complexo Itapira mostra-se geoquimicamente semelhante à porção sul do Complexo Amparo, embora os teores de níquel sejam mais baixos na primeira seqüência. Na Associação Paraíba do Sul predominam os elementos comumente associados às rochas ácidas: boro, berílio, lantânio, ítrio, bário e chumbo, fenômeno melhor visualizado no domínio do Comple

xo Piquete. As seqüências portadoras de rochas epi e mesometamórficas (Grupo Bambuí e Complexos Lambari, Rio Elvas, Andrelândia e Campos Gerais) diferenciam-se regionalmente pelos teores elevados de boro nelas assinalados, por vezes associados a ítrio, lantânio e nióbio. A presença de corpos básico-ultrabásicos metamorfizados em alguns desses conjuntos (raros no Complexo Lambari e freqüentes no Complexo Campos Gerais), altera localmente o padrão anterior e causa o aparecimento de diversas anomalias de cobre, cromo, níquel e cobalto. Fato idêntico ocorre na porção sul do Complexo Lavras, onde corpos semelhantes são comuns e igualmente responsáveis pelos teores anômalos de cromo, cobre e níquel ali registrados. O maciço granítico de Morungaba apresenta altos teores de chumbo, bário, nióbio e berílio. Desses elementos apenas o chumbo marca presença no corpo granítico da serra do Mendanha. A intrusão alcalina de Poços de Caldas realçou-se globalmente pelos altíssimos teores de nióbio, chumbo, berílio, molibdênio e lantânio nela detectados. As rochas piroclásticas da borda ocidental desse maciço exibiram, diferentemente do restante da intrusão, valores expressivos de cromo, cobre, níquel e escândio, refletindo a sua composição básico-ultrabásica. As porções fenitizadas, junto aos contatos com as encaixantes granitóide-migmatíticas, mostraram-se enriquecidas nos elementos associados às rochas alcalinas, bem como em estrôncio e bário, mormente no âmbito da serra da Pedra Branca. Dos concentrados de basteia coletados nas áreas de faisqueiras, revelaram teores significativos de ouro (os de prata foram uniformemente baixos), aqueles oriundos da faixa Campanha-Ferreiras, das porções a sudoeste de São Gonçalo do Sapucaí e das regiões a norte de Pouso Alegre e noroeste de Turvolândia. O reduzido número de amostras colhido na Formação Irati não permitiu uma real avaliação dessa seqüência, sendo que, dos litotipos amostrados, folhelho pirobetuminoso, dolomito e dolomito silicificado, são os primeiros os de maior potencial para a existência de mineralizações sulfetadas.

## 2 - ABSTRACT

Together with the geological mapping of the southwestern Minas Gerais State and northeastern São Paulo State regions, carried out by CPRM for the DNPM, was made a regional geochemical reconnaissance in the precambrian terrains, Poços de Caldas alkaline massif and the Irati Formation. For this purpose a total of 641 samples was collected in the June 1975 to July 1976 period, of which 590 were stream sediments, 42 pan concentrates and 9 rocks. The sampling densities of stream sediments varied between 1:30 km<sup>2</sup> and 1:170 km<sup>2</sup>, with an average drainage basin of 20 km<sup>2</sup>. Of the stream sediments samples the minus 80-mesh fraction were analysed by semiquantitative spectrography for 30 elements. The same analytical method was used for the rock samples. In the pan concentrates, collected almost exclusively in areas that contains several known prospects and small mines mined in the past, were determined the gold and silver contents by atomic absorption. The analytical results were treated statistically to determine the background and threshold values in the various geological populations utilizing statistical tests and computers programs of the SEAG/CPRM. Of the 30 elements analysed, 17 received individual commentaries on their statistical data, the distribution of their contents in the various sequences and their relation with the geology of the areas studied: Cu, Cr, Ni, Co, Sc, V, Pb, Ba, B, Be, La, Y, Sr, Zr, Fe, Mn and Nb. The "granitoid-migmatitic" complexes (Varginha, Socorro and Paraisópolis), which had suffered intense Brazilian metasomatic processes, showed high V, Zr and Pb contents, and extremely low B content, excepting the granulite-charnockitic massifs, which are richer in Cu, Co, Ni, Sc and Nb. The garnet-bearing rocks (schists, gneisses and granoblastites) of the Varginha Complex seem to have originated from pelitic sediments associated with basic-ultrabasic volcanic material and present high contents and several anomalies for Cu, Sc, Cr and Ni. Still another population (Nb, Sn and Mo) was detected in this formation probably connected to pneumatolitic manifestations. The southern and eastern parts of the Amparo Complex showed distinct geochemical features, with higher Ni, Co, Cu, Ba, Pb, Nb and Sr contents in the first region, in contrast with the high B content registered E of Pouso Alegre city. In this complex high Pb and Ba values have been related to orthogneissic bodies of probable granitic origin. The Itapira Complex shows geochemical similarities in regard to the southern part of the Amparo Complex, although its Ni contents are lower. In the Paraíba do Sul Assemblage the granitophile elements (B, Be, La, Y, Ba and Pb) are predominant, a fact better recognizable in the Piquete Complex. The formations

with low-to-medium-grade metamorphic rocks (Bambuí Group, Lambari, Rio Elvas, Andrelândia and Campos Gerais Complexes) differ regionally by their high B values, sometimes associated with Y, La and Nb. In a few of these complexes the presence of basic-ultrabasic metamorphised intrusions (rare in the Lambari Complex and common in the Campos Gerais Complex, as well as in the southern part of Lavras Complex) modifies locally the former pattern and cause the appearance of several anomalies for Cu, Cr, Ni and Co. The Morungaba granite is characterized by high Ba, Pb, Nb and Be contents. Of these elements only Pb marks the presence of the granitic body of Mendanha. The Poços de Caldas alkaline massif stands out by the exceedingly high contents of Nb, Pb, Be, Mo and La registered there. At the western margin of this intrusion the pyroclastic rocks showed, differing from the rest of the massif, expressive values for Cr, Cu, Ni and Sc, reflecting their basic-ultrabasic composition. In the fenitic zones around the Poços de Caldas alkaline intrusion, the surrounding host rocks (migmatites and granitoids) show enrichment in the elements generally associated with alkaline rocks, as well as for Ba and Sr, especially in the Pedra Branca mountain. Of the pan concentrates collected between Pouso Alegre and Campanha cities, those proceeding from the gold mineralized areas, mainly from the Campanha - Ferreiras zone and from the area southwest of São Gonçalo do Sapucaí, showed significant gold values (silver values were throughout low). The reduced amount of rock samples collected from the Irati Formation did not permit a real evaluation of this sequence. Of the rock types analysed, such as pyrobituminous shales, dolomite and silicified dolomite, the shales have the highest potenciality for the presence of ore deposits.

### 3 - INTRODUÇÃO

#### 3.1 - Histórico

A inexistência de um mapeamento sistemático básico nas áreas sudoeste do estado de Minas Gerais e nordeste do estado de São Paulo suscitou o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, em 1972, a criar o Projeto Sapucaí, visando dar prosseguimento ao Plano Mestre Decenal, dentro da área de jurisdição dos 2º e 3º Distritos.

O projeto previa a coleta de 600 amostras para análise geoquímica, o que motivou a elaboração, por parte da SECQUI/SUREG-SP, de um plano de amostragem regional, que recebeu a aprovação do DNPM.

A amostragem desenvolveu-se em três etapas: estudo preliminar, levantamento regional e avaliação das áreas de faisqueiras, com início operacional das atividades de campo em junho de 1975 e término em julho de 1976.

Participaram da coleta de amostras durante o estudo preliminar os seguintes geólogos: José Carvalho Cavalcante e Kenichi Yamamoto (equipe 1), Hélio Canejo da Silva Cunha e Elias Carneiro Daitx (equipe 2) e Luiz Antonio Chierregati e Deocleciano Bittencourt Rosa (equipe 3). À época do início do levantamento regional foi constituída uma equipe voltada exclusivamente para as atividades de geoquímica, sendo seu responsável o geólogo Elias Carneiro Daitx, o qual, durante a amostragem, contou com a colaboração dos geólogos Winston Addas, Antônio Amaral Gurgel Pereira da Silva e Deocleciano Bittencourt Rosa.

A supervisão técnica dos trabalhos esteve a cargo do geólogo Winston Addas (SECQUI-SP), cabendo-lhe, juntamente com o geólogo Elias Carneiro Daitx, a interpretação dos resultados analíticos e a redação do presente relatório.

Na implantação do arquivo de dados geoquímicos do projeto colaboraram os geólogos Mario Mitio Sugahara e Gilberto Machado (DIGEOQ-RIO).

### 3.2 - Objetivos do trabalho.

O programa de amostragem geoquímica esteve estreitamente vinculado ao caráter da atividade principal do projeto (mapeamento geológico de amplitude regional), voltando-se para duas finalidades básicas:

a) analisar a distribuição de alguns elementos menores através das unidades litoestratigráficas, buscando subsidiar os trabalhos de mapeamento, e

b) avaliar, em linhas gerais, a potencialidade mineral de elementos metálicos nas formações consideradas, visando o delineamento de províncias geoquímicas.

Em função destes objetivos, a amostragem ficou restrita ao âmbito das seqüências pré-cambrianas, ao maciço alcalino de Poços de Caldas e à faixa de exposição da Formação Irati, perfazendo uma área total de cerca de 45.000 Km<sup>2</sup>. As bacias sedimentares de Taubaté e do Paranã (à exceção da Formação Irati) não foram estudadas, quer por terem sido excluídas do mapeamento sistemático, quer pelo baixo potencial metalogenético sugerido por seus tipos litológicos.

Face à grande superfície a ser coberta e ao reduzido número de amostras programadas para esse fim, optou-se pela coleta de sedimentos de corrente, buscando-se representar uma significativa parcela da região em estudo. Em áreas restritas e visando objetivos definidos, como no caso das faisqueiras, ou onde aquele material não pôde ser amostrado, foram colhidos concentrados de bateia e amostras de rochas.

### 3.3.- Localização e acesso

A área abrangida pelo presente projeto apresenta um formato retangular (2° x 3°), sendo seus limites os paralelos 21° e 23° de latitude sul e os meridianos 45° e 48° de longitude oeste de Greenwich. Engloba porções equivalentes nos estados de Minas Gerais e São Paulo, num total de 68.640 km<sup>2</sup>, 2/3 dos quais efetivamente trabalhados por método



dos geoquímicos, em sua maior parte inseridos no estado de Minas Gerais (figura 1).

A região apresenta uma alta densidade de rodovias, salvo ao longo da serra da Mantiqueira, facilitando o acesso às estações de coleta, de um modo geral todas elas atingíveis de carro, somando-se pequeno deslocamento a pé, raras vezes superior a 1 km (figura 2).

### 3.4 - Trabalhos anteriores

O presente levantamento geoquímico constitui-se num trabalho pioneiro, desconhecendo-se a existência de outros estudos de caráter regional na área em questão. Apenas em zonas restritas e voltados para o estudo de determinados elementos, foram efetuados alguns poucos trabalhos afins, utilizando-se, geralmente, rochas e solos como material amostrado e analisado.

Dentre essas áreas destaca-se o maciço alcalino de Poços de Caldas, que recebeu a atenção de diversos pesquisadores: TOLBERT (1958), GUIMARÃES & DUTRA (1962) e GROSSI SAD & DUTRA (1971); Desses trabalhos, é o segundo o de maior importância, em que aqueles autores, ao pesquisarem o comportamento geoquímico das rochas alcalinas brasileiras, apresentaram os resultados de 34 análises de rochas procedentes da intrusão de Poços de Caldas, onde foram dosados os teores de quatorze elementos menores por espectrografia semi-quantitativa.

Ainda na mesma região, a Comissão Nacional de Energia Nuclear desenvolveu, a partir da década de cinquenta, inúmeras pesquisas para elementos radioativos e molibdênio, amostrando, principalmente, solos e rochas. Esse mesmo organismo estudou também os maciços graníticos de Morungaba e Jaguariúna, coletando 2.280 amostras de aluviões e solos (ANDRADE RAMOS & MACIEL, 1974).

GUIMARÃES (1966) analisou a distribuição de alguns

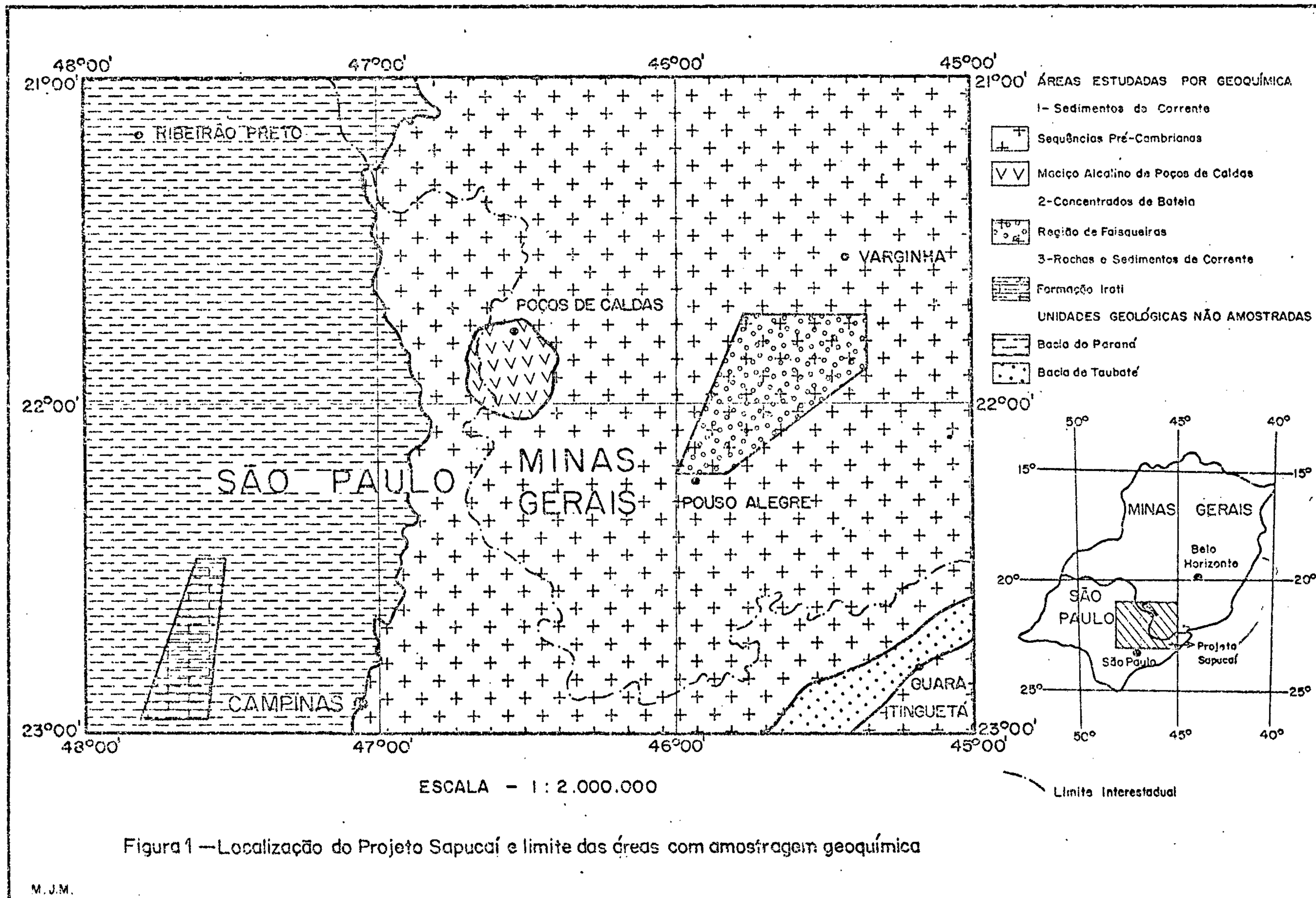


Figura 1 — Localização do Projeto Sapucaí e limite das áreas com amostragem geoquímica

M. J. M.

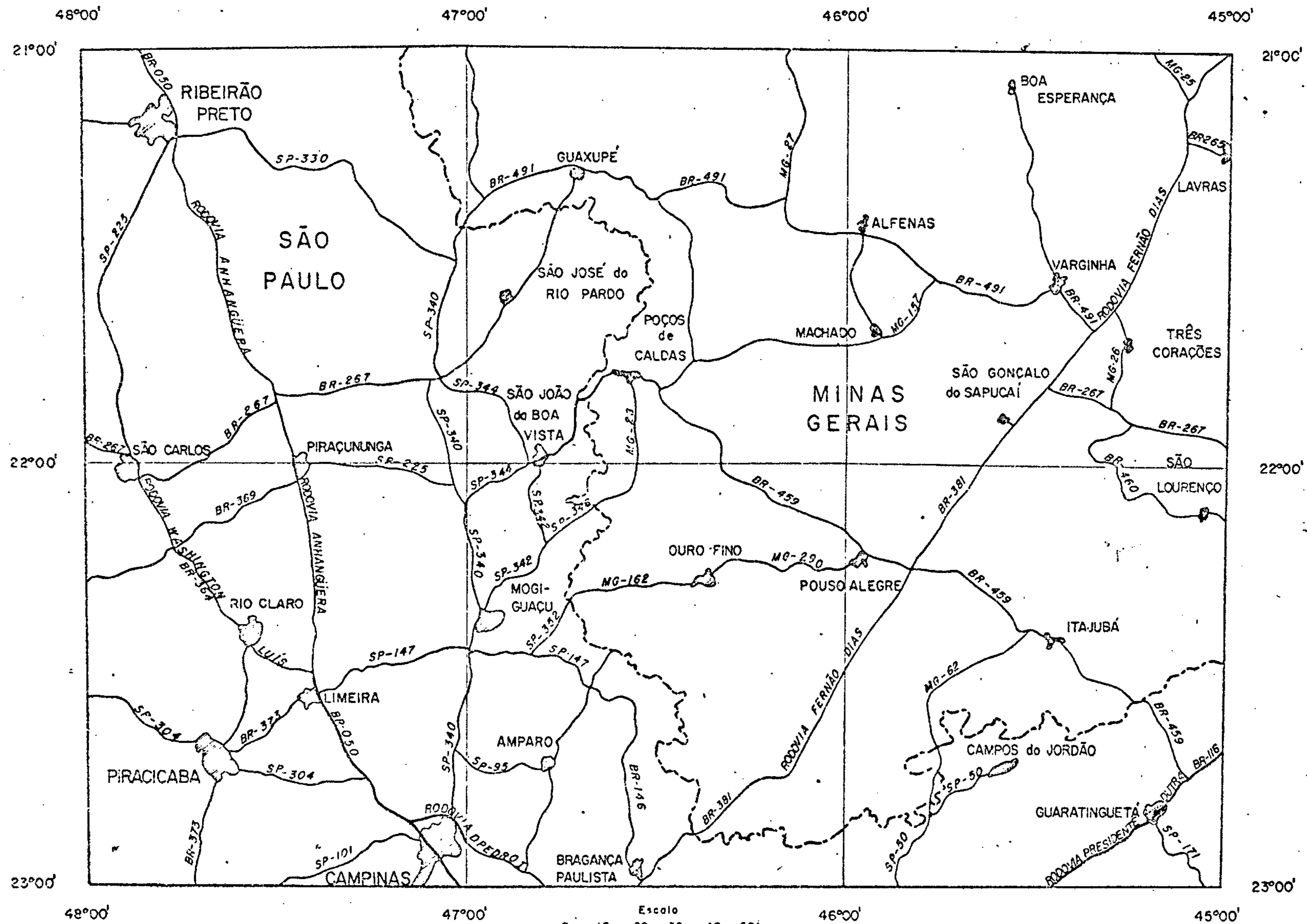


Figura 2 - Principais cidades e vias de acesso.





CPRM

elementos menores em rochas da Formação Carandaí - Prados ,  
possivelmente correlacionadas aos metamorfitos do Complexo  
Lambari, parcialmente inserido no presente estudo.

## 4 - DESCRIÇÃO DA ÁREA

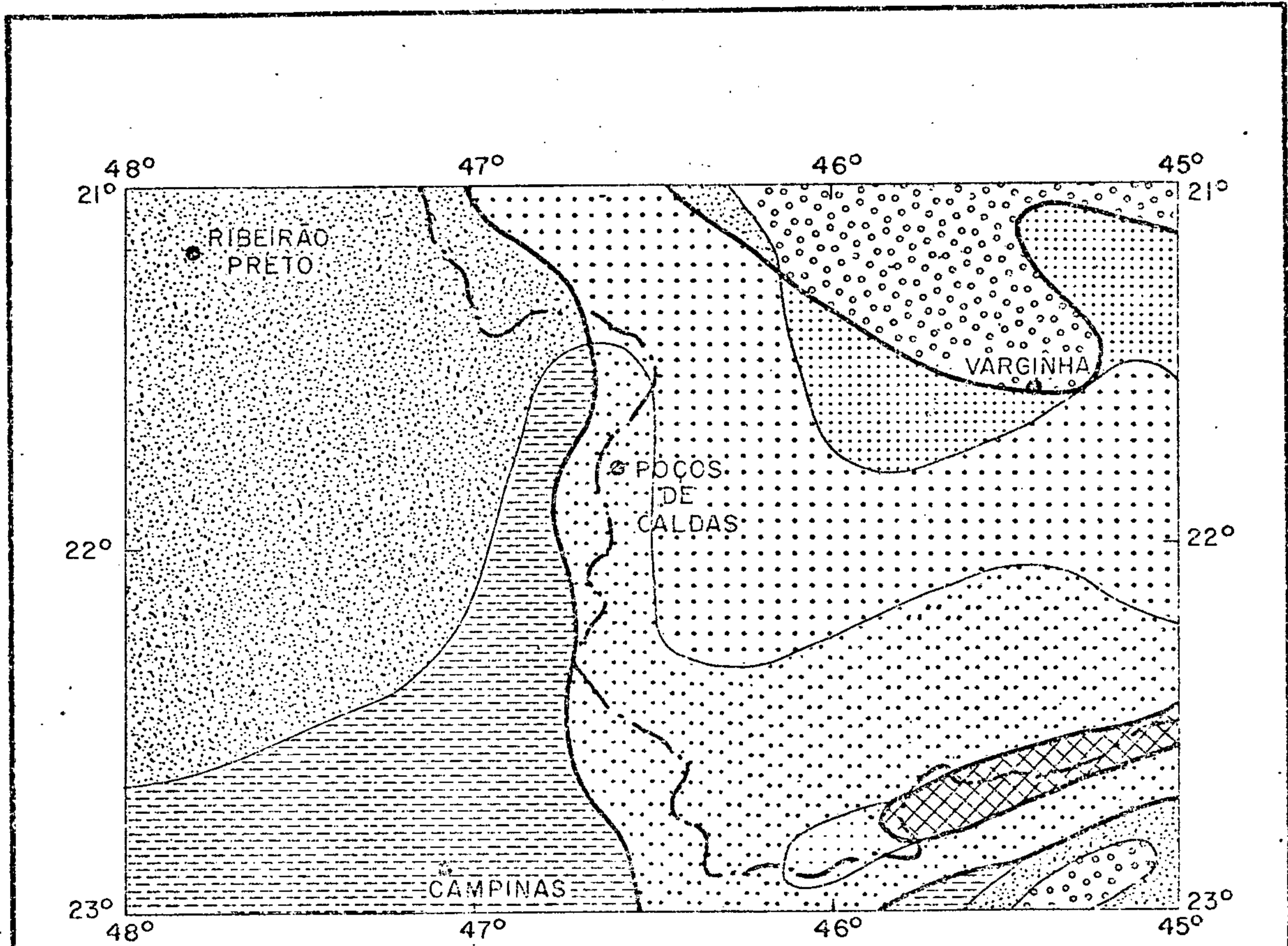
### 4.1 - Clima



Na análise das condições climáticas da área em estudo deve ser ressaltada a influência de dois fatores principais: a) a sua posição latitudinal inserida entre os paralelos  $21^{\circ}$  e  $23^{\circ}$  sul, que a coloca na zona tropical; e b) os contrastes topográficos por ela exibidos, responsáveis por variações nos regimes térmico e pluviométrico.

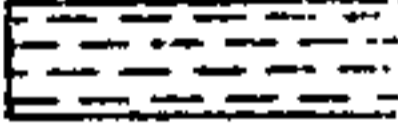

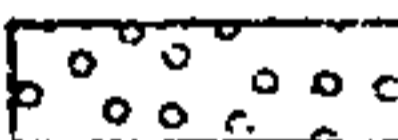


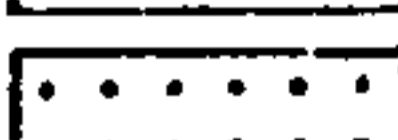
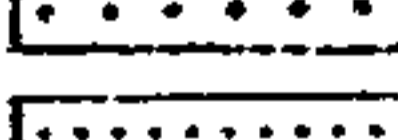
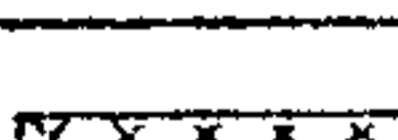
Sua característica climática mais importante é a presença de duas estações bem definidas: a chuvosa, em que as precipitações são muito frequentes e copiosas, e a seca, onde há um sensível declínio de chuvas. A primeira estende-se de novembro a meados de março, com clímax em dezembro ou janeiro, enquanto a segunda, que dura de abril a outubro, tem seu máximo em julho.

As diferenciações climáticas dentro do domínio tropical são ditadas tanto em função de aspectos térmicos (temperaturas máxima, média e mínima anuais), como pluviométricos (número de meses secos, pluviosidade média), os quais vão ser fortemente influenciados pela orografia. Utilizando esses parâmetros, NIMER (1977) apresenta, para a região abrangida pelo Projeto Sapucaí, a seguinte divisão climática (figura 3):

a) Clima subquente: Caracteriza-se pela presença de pelo menos um mês com temperatura média inferior a  $18^{\circ}\text{C}$ , a qual no mês mais frio varia de  $18^{\circ}\text{C}$  a  $15^{\circ}\text{C}$ . A temperatura média anual é quase sempre inferior a  $22^{\circ}\text{C}$ , situando-se geralmente entre  $20^{\circ}\text{C}$  e  $18^{\circ}\text{C}$ . É o tipo de clima dominante nas áreas com baixas altitudes (até 800 m), como a bacia sedimentar do Paraná e sua faixa de contato com o embasamento cristalino, a zona adjacente à represa de Furnas e ao longo do vale do Paraíba do Sul.



 Limites climáticos quanto à temperatura  
 Limites climáticos quanto à umidade

DOMÍNIO CLIMÁTICO	SUBDOMÍNIO CLIMÁTICO	Nº DE MESES SECOS	SIMBOLOGIA
Tropical Subquente	Úmido	1 a 2	
		3	
	Semi-úmido	4 a 5	
Tropical mesotérmico brando	Superúmido	com subseca	
	Úmido	1 a 2	
		3	
Semi-úmido	4 a 5		
Tropical mesotérmico médio	Superúmido	com subseco	

Fonte: Nimer (1977)

Figura 3 - Tipos climáticos

b) Clima mesotérmico brando: Mostra um predomínio de temperaturas amenas durante todo o ano, devido principalmente à influência da orografia, com a média anual variando em torno de  $19^{\circ}\text{C}$  a  $18^{\circ}\text{C}$ . Assim, sua distribuição abrange as superfícies mais elevadas do sul de Minas Gerais (acima de 900 m) e as áreas vizinhas à escarpa da serra da Mantiqueira (cotas acima de 700 m e inferiores a 1.600 m). Em quase todo o seu domínio o verão é brando e o mês mais quente acusa uma média inferior a  $22^{\circ}\text{C}$ , predominando valores entre  $20^{\circ}\text{C}$  e  $18^{\circ}\text{C}$ . Durante o período frio são comuns mínimas diárias de  $0^{\circ}\text{C}$  e ocorre sempre, pelo menos num mês, temperatura média inferior a  $15^{\circ}\text{C}$ , porém nunca descendo abaixo de  $10^{\circ}\text{C}$ .

c) Clima mesotérmico médio: Sua ocorrência é restrita às áreas com cotas altimétricas acima de 1.600 m, como o planalto de Campos do Jordão, no âmbito da serra da Mantiqueira. Nessa região, a média dos meses mais quentes é inferior a  $14^{\circ}\text{C}$ . Neste clima há pelo menos um mês com temperatura média inferior a  $10^{\circ}\text{C}$ .

Em função do regime pluviométrico (ou de umidade), esses domínios climáticos podem ser subdivididos em superúmido (com precipitação pluviométrica anual superior a 1.750 mm), úmido (1.500 mm - 1.750 mm) e semi-úmido (1.250 mm - 1.500 mm), que, por sua vez, compreendem diversas variedades, dependendo do regime de duração do período seco. Sob esse aspecto domina amplamente, na região estudada, o subdomínio climático úmido, registrando-se o tipo semi-úmido na porção nordeste da área e no vale do Paraíba do Sul, enquanto as condições superúmidas estão confinadas aos altos terrenos da serra da Mantiqueira.

#### 4.2 - Solos

No domínio dos terrenos pré-cambrianos, onde foi executada a amostragem geoquímica, dominam amplamente os solos podzólicos e latossolos, embora localmente ocorram solos pouco desenvolvidos (litossolos e aluviais) e hidromórficos.

De acordo com cartas pedológicas editadas pela Comissão de Solos do Ministério da Agricultura (1960 e 1961), que cobrem todo o território paulista e a região sob a influência do reservatório de Furnas, pode-se estabelecer, em linhas gerais, a distribuição desses tipos de solos na área em estudo e suas relações com o substrato rochoso e relevo atual, verificando-se que:

a) Os latossolos predominam na faixa de contato entre o embasamento cristalino e os sedimentos gonduânicos, nas áreas próximas à represa de Furnas, ao longo da serra da Mantiqueira e nos planaltos de Poços de Caldas, São Pedro de Caldas e Bueno Brandão. Constituem solos espessos, desenvolvidos geralmente em áreas com relevo suave, permitindo uma profunda alteração do manto regolítico. O substrato litológico é normalmente de natureza argilosa (gnaisses micáceos, xistos, filitos e rochas sedimentares finas), envolvendo muitas vezes material coluvial, originando os chamados "solos transportados", como ocorre nas áreas vizinhas à represa de Furnas, correspondendo em grande parte às coberturas coluviais assinaladas nos mapas geológicos do presente projeto.

b) Os solos podzólicos dominam nas áreas ocupadas por rochas cristalinas grosseiras (granodioritos, granitos, migmatitos, gnaisses) e com relevo um tanto acentuado, apresentando "mares de morros" e pequenas serranias. Ocorrem no restante da área pré-cambriana, englobando inúmeras manchas descontinuas de latossolos e, em menor escala, de litossolos. A maior parte das atividades agrícolas é desenvolvida sobre esse tipo de solo, que mostra horizontes bem definidos e espessura inferior à dos latossolos.

Uma variedade dos solos podzólicos é a "terra roxa estruturada", originada a partir de corpos rochosos de composição básica (gabros, charnoquitos, gnaisses dioríticos), bem evidenciado na região de Elói Mendes (MG).



c) As ocorrências de solos aluviais e hidromórficos distribuem-se nos vales dos principais rios (Paraíba do Sul, Pardo, Sapucaí, Grande, Mogi-Guaçu, Verde e Jaguari), associando-se aos sedimentos aluviais recentes e depósitos coluviais de baixadas. São solos ricos em matéria orgânica e com cores normalmente escuras.

d) Igualmente restritos, os litossolos são encontrados junto aos altos topográficos, onde, devido ao elevado gradiente do terreno, há pouca infiltração das águas superficiais e grande parte do material desagregado é rapidamente erodido, impedindo o desenvolvimento de um perfil completo de solo. São solos rasos, guardando muitas características das rochas matrizes, que podem ser tipos litológicos muito distintos: granitos, xistos, gnaisses, quartzitos ou arenitos. Suas maiores exposições são encontradas na porção nordeste da serra da Mantiqueira, na serra das Águas, na serra da Fartura (próxima a Águas da Prata), na serra do Cerco e em diversos outros locais com topografia escarpada.

#### 4.3 - Vegetação

A natureza das atividades econômicas desenvolvidas nas porções nordeste de São Paulo e sudoeste de Minas Gerais, baseadas principalmente na agricultura e na pecuária, contribuiu de modo decisivo para a extensa devastação da cobertura vegetal que ali existia. Na maior parte da região dominam atualmente as áreas cultivadas (mono e policulturas), os campos de pastagens e os campos sujos, mostrando esparsas manchas de matas secundárias.

No entanto, nas áreas com relevo acidentado ou solos pobres, portanto inadequadas ao desenvolvimento daquelas atividades, é possível identificar ainda restos de quatro formações vegetais primitivas, que gradam entre si em função de variações no topografia, caracterizando uma típica zonalidade vertical na sua distribuição. Segundo AZEVEDO

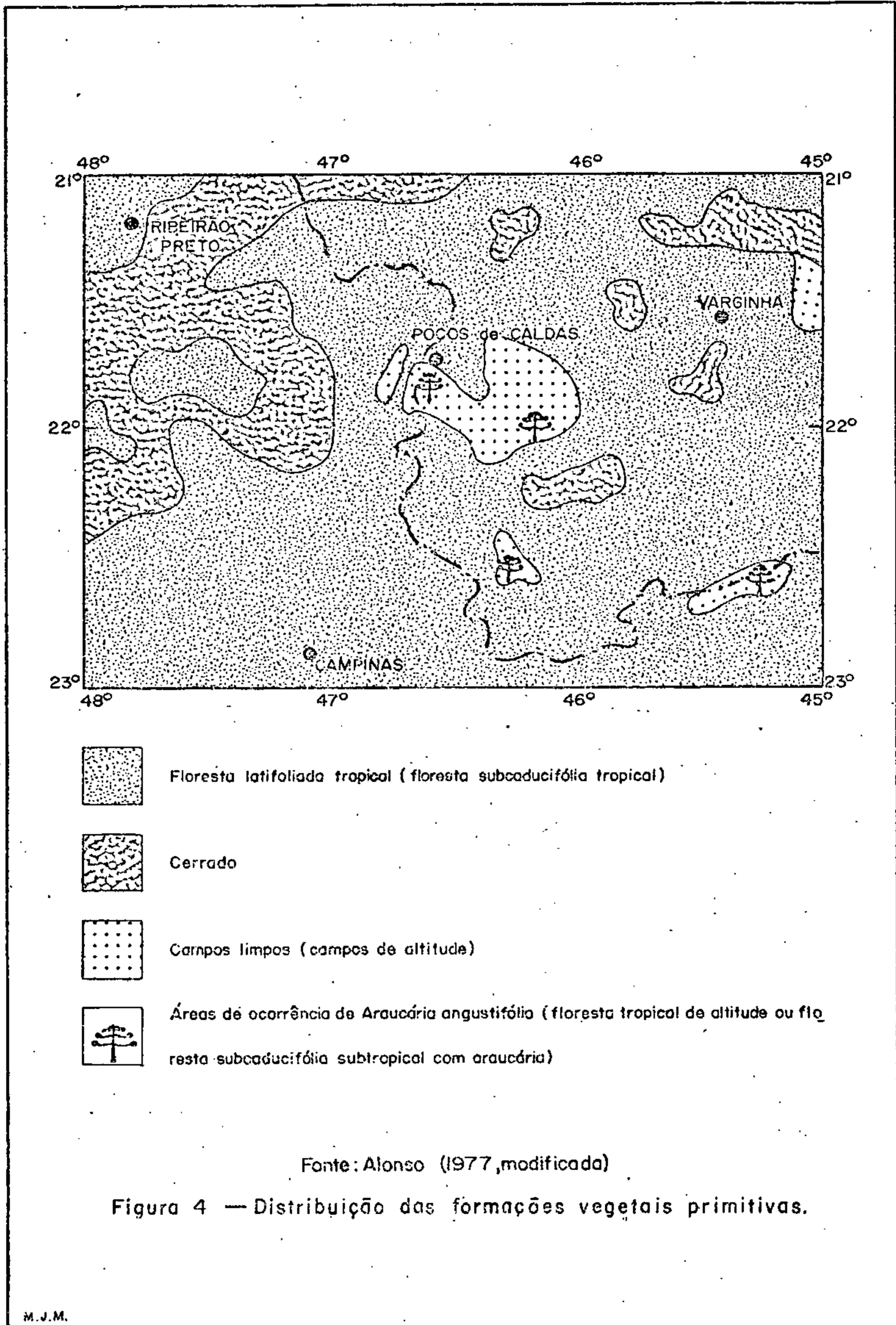
(1962), ROMARIZ (1974) e ALONSO (1977) ocorrem na área estudada os seguintes tipos de vegetação (figura 4):

a) Cerrado: Predomina nas regiões com relevo colinoso e baixas altitudes (700 m - 1.000 m), como em algumas porções da bacia sedimentar do Paraná, especialmente na faixa de contato com o embasamento pré-cambriano, e nas áreas vizinhas à represa de Furnas. Encontram-se exposições típicas dessa formação vegetal nas proximidades da Casa Branca, entre Monte Santo de Minas e Nova Resende, nas adjacências de Paraguaçu, Alfenas e São Gonçalo do Sapucaí, e a oeste de Lavras.

b) Floresta latifoliada tropical ou subcaducifólia tropical: É o tipo de cobertura vegetal com maior distribuição lateral na área do projeto, dominando amplamente nas porções central e sul da faixa pré-cambriana. Ocorre em zonas com relevo moderado a acidentado, nestas últimas situando-se suas melhores exposições, como na borda sudeste da serra da Mantiqueira, junto ao dique anelar externo da intrusão alcalina de Poços de Caldas e ao longo da serra do Cervo.

c) Floresta tropical de altitude ou subcaducifólia subtropical com araucária: Representa uma variação vertical do tipo anterior, encontrada a maiores altitudes e caracterizada pela presença de bosques de araucárias ao lado de espécimes típicos daquela comunidade. Suas áreas de ocorrência restringem-se aos interflúvios de regiões com altas cotas (ao redor de 1.400 m - 1.600 m) e relevo suavizado, como os planaltos de Campos do Jordão, Bueno Brandão, parte do de Poços de Caldas e nas imediações de Ipuiúna. Associa-se sempre aos campos limpos.

d) Campos limpos ou "de altitude": São constituídos predominantemente por gramíneas, com raros arbustos e man-





chas de matas junto às drenagens. É o tipo de vegetação característica dos altos planaltos, ocupando preferencialmente o topo das colinas que compõem as superfícies de aplainamento de altitudes elevadas: 1.600 m - 1.800 m em Campos do Jordão, 1.500 m - 1.600 m em Bueno Brandão, 1.300 m - 1.400 m em Poços de Caldas e 1.200 m - 1.300 m em São Pedro de Caldas. Essa formação vegetal aparece também a sul de Lavras.

As atividades de reflorestamento são pouco expressivas e estão voltadas principalmente para o abastecimento de indústrias de celulose, como ocorre na serra da Mantiqueira (entre Camanducaia e São Francisco Xavier) e nas vizinhanças de Mogi-Guaçu. Já no contexto do maciço alcalino de Poços de Caldas, o reflorestamento ali executado visa recuperar as áreas lavradas para bauxita.

#### 4.4 - Hidrografia

##### 4.4.1 - Considerações gerais

No quadro hidrográfico regional duas grandes barreiras assumem uma importância marcante no condicionamento atual do sistema de drenagem. A primeira, resultante da atividade humana, é representada pela represa de Furnas, parcialmente inserida na área do projeto, onde sua bacia de captação alcança cerca de 25.000 km<sup>2</sup>. O enorme volume de água retido nesse reservatório alterou o nível base local de escoamento, represando toda a rede fluvial numa região de aproximadamente 4.000 km<sup>2</sup>, causando profundas modificações no processo deposicional das drenagens envolvidas.

A segunda barreira, esta de construção natural, é constituída pela serra da Mantiqueira, um notável divisor de águas, separando as bacias dos rios Paranã e Paraíba do Sul, cujas fozes, ambas no oceano Atlântico, distam cerca de 2.200 km entre si. É para o primeiro desses rios que se dirigem as águas superficiais de mais de 95% da região abrangida pelo projeto, restando ao rio Paraíba do Sul uma pequena porção no extremo sudeste da área.

A exceção da rede hidrográfica do rio Tietê (representada mormente pela bacia do rio Piracicaba), todos os demais tributários da bacia do rio Paranã dirigem-se ao rio Grande, principal receptor das águas da região. A enorme superfície ocupada por sua bacia motivou o seu desdobramento em quatro bacias menores, abrangendo os rios Grande (s.s.), Sapucaí, Pardo e Mogi-Guaçu, as quais, juntamente com as bacias dos rios Piracicaba e Paraíba do Sul, serão alvo de descrições mais detalhadas.

A distribuição geográfica dessas seis bacias e as áreas por elas ocupadas estão representadas na figura 5, tanto no âmbito total do Projeto Sapucaí, como na região onde foi efetuada a amostragem geoquímica.

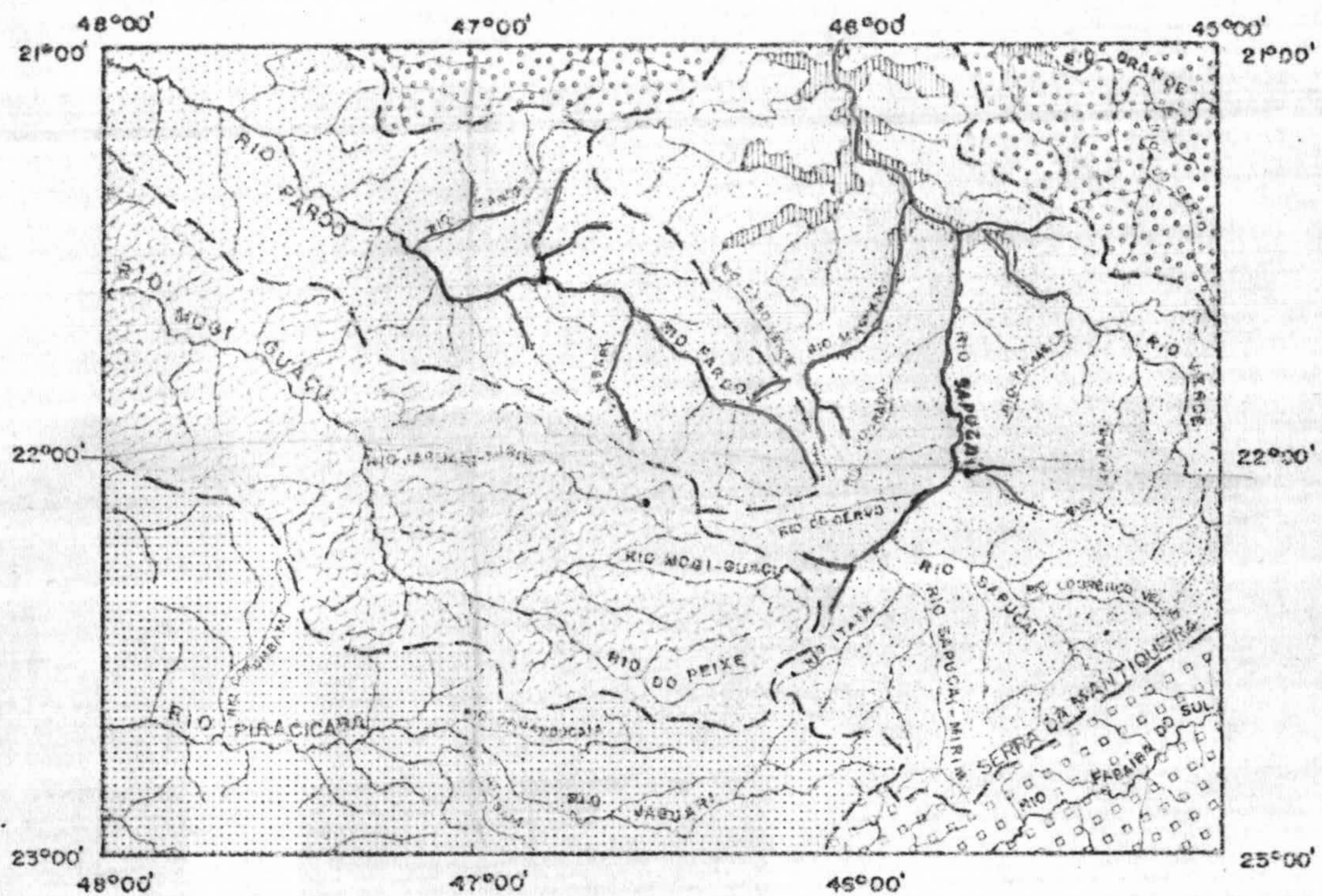
#### 4.4.2 - Descrição das bacias

As características das bacias hidrográficas serão analisadas regionalmente, dando-se ênfase às feições presentes nas faixas central e leste do Projeto Sapucaí, palco da amostragem geoquímica e cuja rede de drenagem está representada nos mapas de teores anexos ao presente trabalho.

##### 4.4.2.1 - Bacia do rio Grande (s.s.)

Sob essa denominação englobamos duas áreas nas porções nordeste e norte, que são drenadas diretamente àquele rio por cursos d'água de pequeno porte.

A primeira delas é cortada pelo rio Grande, que apresenta seu curso moldado por amplos e suaves meandros, encaixados em vales abertos e com planícies aluviais muito restritas. Seus principais afluentes são o rio do Cervo e o ribeirão Três Pontas, ambos pela margem esquerda, e o rio Jacaré, pela margem direita. Dado o estágio avançado de arrasamento do relevo, o padrão de drenagem não é muito característico, podendo ser classificado como subdendrítico, resultando da evolução gradativa de uma rede retangular ou angular para um sistema dendrítico. O padrão original pode ain-



BACIAS HIDROGRÁFICAS			NO ÂMBITO DO PROJETO SAPUCAÍ		NO ÂMBITO DA ÁREA ESTUDADA	
			ÁREA DRENADA	%	ÁREA DRENADA	%
RIO PA- RA- NÁ	RIO GRANDE	RIO GRANDE (S.S.)	5.200 km <sup>2</sup>	8%	4.300 km <sup>2</sup>	10%
		RIO SAPUCAÍ	21.000 km <sup>2</sup>	31%	21.000 km <sup>2</sup>	47%
		RIO PARDO	12.200 km <sup>2</sup>	17%	6.000 km <sup>2</sup>	13%
		RIO MOGI-GUAÇU	13.400 km <sup>2</sup>	20%	6.000 km <sup>2</sup>	13%
	RIO TIETÊ	RIO PIRACICABA	12.800 km <sup>2</sup>	19%	4.400 km <sup>2</sup>	10%
RIO PARAÍBA DO SUL	RIO PARAÍBA DO SUL	3.300 km <sup>2</sup>	5%	3.300 km <sup>2</sup>	7%	
TOTAL			67.700 km <sup>2</sup>	100%	45.000 km <sup>2</sup>	100%

Figura 5 - Distribuição e porte das bacias hidrográficas



pico de vale antecedente, decapitado em suas cabeceiras pelos falhamentos da serra da Mantiqueira.

Já a norte daquelas cidades, onde o relevo é menos acidentado (planalto do sul de Minas), aqueles rios fluem mais lentamente, dispostos em planícies aluviais, ora extensas (o melhor exemplo é o rio Sapucaí, no trecho entre Itajubá e Santa Rita do Sapucaí), ora estreitas, mas sempre com meandros em maior número do que na área anterior.

Os mais importantes tributários das duas drenagens principais são, respectivamente, os rios Bicas, Santo Antônio e Lourenço Velho, pelo rio Sapucaí, e os rios Capivari, Itaim e Mandu, pelo rio Sapucaí-Mirim. Grandes trechos dessas drenagens e a quase totalidade da rede hidrográfica secundária mostram-se condicionados aos lineamentos estruturais, evidenciando o seu caráter subsequente. Os padrões de drenagem presentes na bacia do alto Sapucaí variam de treliça ou retangular na serra da Mantiqueira, para sub-paralelo ou angular no domínio do planalto do sul de Minas.

b) Médio Sapucaí: Abrange as áreas drenadas ao rio Sapucaí, no trecho entre os rios Sapucaí-Mirim e Verde. Seu curso, dirigido para nordeste até as proximidades de Careagu, ao longo do chamado "vale do Sapucaí", sofre uma inflexão para norte logo após aquela cidade, que se manterá até atingir o rio Verde.

Entre Pouso Alegre e Careagu apresenta uma planície aluvial bastante ampla, a qual, no trecho norte, torna-se gradativamente mais estreita e descontínua, com meandros encaixados, acabando por desaparecer após a embocadura do rio Dourado. A partir daí o rio Sapucaí percorre vales mais fechados, apresentando localmente corredeiras.

No trecho inicial desaguam os rios do Cervo e Turvo, notáveis exemplos de drenagens encaixadas em zonas tectonizadas, especialmente o primeiro, adaptado à falha de Jacutinga. Aqui o padrão de drenagem é paralelo ou sub-paralelo

lo. Já na porção norte existe apenas um tributário importante, que é o rio Dourado, e o padrão de drenagem torna-se menos orientado, sendo sub-paralelo com ramificações dendríticas.

c) Rio Verde: Com suas cabeceiras localizadas na serra da Mantiqueira, a sul de Itamonte, esse rio apresenta apenas parte de sua bacia inserida na área em estudo. Seu curso é orientado para noroeste, mostrando feições muito semelhantes àquelas do trecho médio do rio Sapucaí, com intervalos meandriformes e planícies aluviais (aqui menos extensas), passando a norte para vales encaixados, por vezes com corredeiras, especialmente no trecho Três Corações - Elói Mendes.

Seus tributários mais importantes são os rios Lambari e Palmela, à margem esquerda, e o rio do Peixe, pela margem direita. O padrão de drenagem dominante é o sub-paralelo, localmente dendrítico.

d) Baixo Sapucaí: Compreende o trecho ocupado atualmente pela represa de Furnas, após a junção dos rios Sapucaí e Verde, à ela afluindo, pela margem esquerda, os rios Machado, Cabo Verde, Muzambo e Claro.

A rede hidrográfica dessa bacia mostra-se nitidamente condicionada às linhas tectônicas, fato bastante evidente tanto nas drenagens principais como nas secundárias, caracterizando um padrão angular, às vezes em baioneta, com variações locais para sub-paralelo (mormente na porção oeste). O melhor exemplo desse fenômeno é representado pelos rios Machado e Cabo Verde, cujos cursos, dirigidos inicialmente para nor-noroeste, são bruscamente desviados para nordeste, ao longo de zonas de fraturamento. Em função disso, parece que esses dois rios teriam constituído uma única drenagem no passado, com a bacia superior do rio Machado sendo decapitada por movimentações tectônicas recentes, individualizando o rio Cabo Verde.



#### 4.4.2.3 - Bacias dos rios Pardo, Mogi-Guaçu e Piracicaba

Essas bacias hidrográficas são aqui agrupadas por apresentarem diversas feições semelhantes, entre as quais:

a) Têm seu curso superior desenvolvido no âmbito do embasamento cristalino, adentrando em seu trecho médio nos estratos sedimentares da bacia do Paraná;

b) Correm de este para oeste ou noroeste, em direção transversal às estruturas regionais, mostrando características de drenagens superimpostas;

c) À exceção de pequenos trechos subseqüentes, as drenagens principais não estão condicionadas às feições estruturais, em marcante contraste com a rede secundária, em sua grande maioria adaptada aos lineamentos geológicos;

d) Os padrões de drenagem refletem a natureza e a estruturação dos terrenos atravessados, sendo dendrítico nas áreas sedimentares e paralelo ou sub-paralelo nas regiões cristalinas (mormente nas bacias dos rios Mogi-Guaçu e Jaguari), passando a sub-dendrítico em grande parte da bacia do rio Pardo. Uma notável exceção é a rede radial (localmente anelar) desenvolvida ao redor do maciço alcalino de Poços de Caldas;

e) Os rios principais, que no contexto do embasamento cristalino mostram seus cursos condicionados a vales estreitos, ao penetrarem na bacia sedimentar perdem sua competência e passam a depositar, formando amplas planícies aluviais com meandros em grande número, mas que, após o trecho inicial, tornam-se mais restritas. Há, no entanto, planícies aluviais no domínio das rochas cristalinas, que ocorrem quando o rio encontra camadas mais resistentes, represando o seu curso, como é o caso dos rios Mogi-Guaçu (à montante de Jacutinga), Jaguari (a este de Bragança Paulista) e Camanducaia (a oeste de Amparo). De um modo geral, é comum a presença de depósitos sedimentares recentes (quaternários e neocenozóicos) nesses trechos represados.

Os principais tributários dessas bacias são, respectivamente, os rios Capivari, Verde, Lambari, Fartura e Canoas (bacia do rio Pardo); Peixe, Eleutério e Jaguari-Mirim (bacia do rio Mogi-Guaçu); e Jacareí, Jaguari, Camanducaia, Atibaia e Corumbataí (bacia do rio Piracicaba). Exceto o rio Corumbataí, os demais drenam, em sua maior parte ou exclusivamente, os terrenos pré-cambrianos, onde a rede de drenagem é muito mais densa que na bacia sedimentar.

#### 4.4.2.4 - Bacia do rio Paraíba do Sul

Essa bacia hidrográfica exhibe um notável contraste entre os estágios de desenvolvimento do rio principal e de seus afluentes, especialmente aqueles provenientes da serra da Mantiqueira. Enquanto o rio Paraíba do Sul apresenta um curso anastomosado, rico em meandros e com extensa planície aluvial (características de um estágio senil), seus tributários menores mostram-se profundamente encaixados em vales fechados, adaptados muitas vezes a lineamentos estruturais, com padrões em treliça ou sub-paralelo, típicos de uma rede hidrográfica rejuvenescida.

Pela margem esquerda o rio Paraíba do Sul recebe o aporte de inúmeros tributários, que, descendo de altitudes por vezes superiores a 1.800 m, vão atingir aquele rio a cotas ao redor de 500 m - 530 m, evidenciando o alto gradiente topográfico de seus vales. Dentre essas drenagens destacam-se os rios do Peixe, Buquira, Guaratinguetã e Piagüi, e o ribeirão Passa-Vinte. Já os afluentes da margem direita, todos de pequeno porte, têm suas nascentes na serra do Quebra-Cangalha (1.100 m - 1.300 m) e mostram vales menos fechados, com um padrão de drenagem tendendo de sub-dendrítico a paralelo.

### 4.5 - Geomorfologia

#### 4.5.1 - Considerações gerais

Na área do Projeto Sapucaí destacam-se dois gran-



des domínios morfoestruturais: o dos maciços modelados em rochas cristalinas e o dos terrenos sedimentares da bacia do Paraná. O primeiro constitui o chamado planalto Atlântico, enquanto no segundo domínio individualizam-se as províncias da depressão Periférica e *crestas* Arenito-Basálticas.

Visto que a amostragem geoquímica foi desenvolvida, em sua quase totalidade, no contexto das seqüências pré-cambrianas, será dada ênfase na descrição do planalto Atlântico, que abrange integralmente esses terrenos, tecendo-se apenas rápidos comentários sobre as demais províncias.

Os dados aqui fornecidos são baseados na divisão do relevo paulista proposta por ALMEIDA (1964) e estendida para as regiões sul e sudoeste de Minas Gerais por CAVALCANTE (*in* Geologia Preliminar do Projeto Sapucaí, 1975) e RAMALHO (relatório final desse mesmo projeto, 1977), englobando as seguintes unidades geomorfológicas (figura 6):

#### 4.5.2 - Planalto Atlântico

Apresenta um quadro variado de formas topográficas, esculpidas, em sua grande maioria, em rochas cristalinas, o que, aliado aos vestígios de antigas superfícies de aplainamento nele conservadas, fez com que diversos pesquisadores dedicassem uma atenção especial em seu estudo. Foi dividido em sete zonas (planalto Sul de Minas, zona cristalina do Norte, planalto de Campos do Jordão, serra da Mantiqueira, médio vale do Paraíba, planalto de Paraitinga e serrania da Canastra), encerrando diversas subzonas com feições morfológicas e estruturais distintas.

##### 4.5.2.1 - Planalto Sul de Minas

Compreende vasta área nas porções centro-leste e norte do projeto, sendo subdividido em três subzonas: a superfície do alto rio Grande e os planaltos de São Pedro de Caldas e Poços de Caldas. Alguns autores incluem ainda nessa unidade a faixa setentrional do aqui chamado planalto de

# PROJETO SAPUCAÍ



- I-PLANALTO ATLÂNTICO**
- 1-PLANALTO SUL de MINAS**
  - Superfície do alto rio Grande
  - Planalto de São Pedro de Caldas
  - Planalto de Poços de Caldas
- 2-ZONA CRISTALINA do NORTE**
  - Subzona de Amparo
  - Subzona de São José do Rio Preto
- 3-PLANALTO CAMPOS do JORDÃO**
  - Áreas com cimos nivelados entre 1000m-1500m
  - Áreas conservadas da "Superfície dos Campos" (em torno de 2000m)
  - Áreas desagregadas da "Superfície dos Campos"
- Alto vale do Sapucaí
- 4-SERRA da MANTIQUEIRA**
- 5-MÉDIO VALE do PARAÍBA**
  - Morros Cristalinos
  - Bacia de Trubate
- 6-PLANALTO de PARAITINGA**
- 7-SERRANIA de CANASTRA**
  - Áreas soergidas tectonicamente
- II-DEPRESSÃO PERIFÉRICA**
- III-CUESTAS ARENITO-BASÁLTICAS**
- Limite de unidade geomorfológica
- Limite de particularidades do relevo dentro das unidades

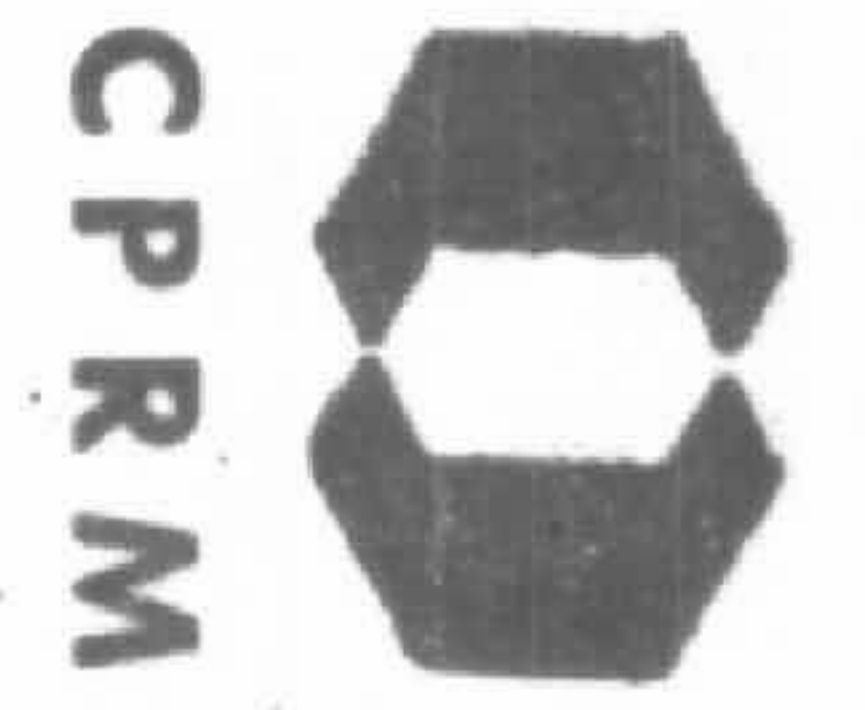
Base Cartográfica - Atlas do Brasil de milionésimo

RAMALHO R - 1977

FIGURA 6 - MAPA GEOMORFOLÓGICO

Fonte ALMEIDA (1964)  
CAVALCANTE (1975)

ESCALA 1:2.000.000



Campos do Jordão (MOREIRA & CAMELIER, 1977).

A superfície do alto rio Grande engloba, no âmbito do projeto, a porção denominada por CAVALCANTE (1975) de planalto de Alfenas, e caracteriza-se por suaves colinas e morros baixos, nivelados entre 800 m e 900 m, encerrando coberturas coluviais de extensa distribuição lateral. Nas áreas próximas à cidade de Nova Resende os valores altimétricos se elevam, situando-se ao redor de 1.000 m - 1.200 m, com uma cota máxima de 1.350 m no morro do Ibituruna. A superfície é talhada numa gama variada de tipos rochosos, dominando os gnaisses, migmatitos, charnoquitos, granulitos, micaxistos e corpos granitóides. A alteração das rochas é profunda, em especial nas rochas micáceas e metabásicas, originando espessos latossolos.

O planalto de São Pedro de Caldas representada um domínio com altitudes mais elevadas que o anterior (ao redor de 1.250 m - 1.450 m), esculpado em granitos porfiroblásticos, charnoquitos e migmatitos bastante evoluídos. Localiza-se entre o maciço de Poços de Caldas e a cidade de Poço Fundo, tendo na serra do Tripuí (com 1.478 m) o seu mais importante acidente topográfico. Apresenta morros com feições algo semelhantes aos do planalto de Poços de Caldas, mormente na área a sul da represa de Poço Fundo, deles diferenciando-se no modelado menos arredondado, no relevo movimentado e na maior densidade de rochas aflorantes, posto que foram esculpados em rochas graníticas, mais resistentes ao intemperismo do que os termos alcalinos da intrusão de Poços de Caldas.

O planalto de Poços de Caldas constitui um sítio morfoestrutural bem individualizado no domínio do planalto Atlântico, inserindo-se na porção interna do maciço alcalino de Poços de Caldas, onde ocupa uma área de aproximadamente 800 km<sup>2</sup>. Desenvolveu-se sobre as rochas que compõem a intrusão: foiaítos, tinguaítos, fonolitos, rochas piroclásticas e lavas ankaratríticas, com menor participação dos sedimentos mesozóicos nela englobados. Caracteriza-se por um re-

levo bastante suave, com amplas colinas niveladas em torno de 1.300 m, cobertas por uma vegetação graminosa. A porção centro-sul do planalto apresenta um relevo mais movimentado, que no morro do Ferro atinge 1.491 m. O relevo interno do maciço contrasta fortemente com o quadro exibido pelo dique anelar que rodeia a intrusão, onde ocorrem altitudes superiores por vezes a 1.600 m, representando uma superfície de erosão, que ALMEIDA (1964) julgou ser a superfície do Japi soerguida tectonicamente.

#### 4.5.2.2 - Zona cristalina do Norte

Compreende uma larga faixa de direção meridional, que marca a passagem entre os dois grandes domínios morfo-estruturais da área em estudo: o dos maciços cristalinos do sudoeste mineiro e a zona das rochas sedimentares da bacia do Paranã. Está totalmente inserida em terrenos cristalinos e é subdividida em duas subzonas: a de Amparo (a sul) e a de São José do Rio Pardo (a norte).

A subzona de Amparo estende-se de Morungaba a Mogi-Guaçu e nela afloram corpos graníticos, gnaisses, migmatitos, micaxistos e quartzitos. Possui duas áreas com altitudes diferentes: a porção leste mostra serras (ao redor de 1.300 m), em franca passagem aos terrenos englobados no planalto de Campos do Jordão (porção desagregada daquela unidade), e a oeste apresenta colinas rebaixadas ao nível daquelas da depressão Periférica.

A subzona de São José do Rio Pardo alonga-se no sentido meridional desde Mogi-Guaçu e Pinhal (ao sul) até Jacuí (ao norte), num domínio de migmatitos granitoides, granitos porfiroblásticos, charnoquitos, granulitos e gnaisses. Seu relevo é mais movimentado, sobretudo a noroeste de Poços de Caldas, onde devido a fenômenos tectônicos, os terrenos elevam-se até 1.550 m. Na maior parte da área, no entanto, predominam morros com cotas de 800 m a 1.000 m.

#### 4.5.2.3 - Planalto de Campos do Jordão

Constitui um sítio geomorfológico localizado nas proximidades de Campos do Jordão e caracterizado por um relevo semi-aplainado, com morros suaves e de perfis convexos, cobertos por uma vegetação rasteira (campos "de altitude"), com núcleos florestais nos interflúvios, contendo manchas de araucárias. Representa as porções preservadas de uma antiga superfície de aplainamento denominada de "superfície de Campos" por DE MARTONNE (1943, *in* ALMEIDA, 1964) e considerada por esse último autor como sendo a superfície do Japi, surgida tectonicamente. Os tipos litológicos que o compõem são migmatitos bandados e gnaisses, por vezes ocorrendo granitoides porfiroblásticos, quartzitos e mármore.

Feições semelhantes às desse planalto estão presentes também na região de Senador Amaral e Bueno Brandão, aqui alcançando cotas ao redor de 1.500 m, e nas bordas da intrusão alcalina de Poços de Caldas (dique anelar e serras do Mirante e da Pedra Branca), com cerca de 1.600 m.

A superfície de Campos foi desagregada nas porções oeste, sul e norte, passando à superfície das cristas médias (1.100 m - 1.300 m), principalmente devido à atuação de vigorosos processos fluviais ao longo da bacia do alto Sapucaí (incluindo as áreas drenadas aos rios Sapucaí-Mirime e alto Sapucaí ou Sapucaí-Guaçu). Esse domínio, que engloba as regiões a norte da faixa Cambuí-Paraisópolis-Itajubá, caracteriza-se por morros de vertentes convexas, por vezes assimétricas (como nas adjacências de Brazópolis), com expressivas coberturas alúvio-colúviais nos vales. Na porção setentrional essa unidade passa gradativamente ao planalto Sul de Minas.

#### 4.5.2.4 - Serra da Mantiqueira

Esta zona "corresponde ao conjunto de elevadas escarpas e morros mais ou menos isolados, em que o planalto sul mineiro termina diante do vale do Paraíba" (ALMEIDA, op.

cit.). No âmbito da área estudada, a serra da Mantiqueira ocupa uma larga faixa nordeste-sudoeste com mais de 150 km de extensão, desde a cidade de Extrema, até a garganta do ribeirão Passa Vinte (na rodovia Cruzeiro-Passa Quatro), onde deixa os limites do projeto. Apresenta um relevo vigoroso, com escarpas proeminentes (mormente na borda voltada para o vale do Paraíba), mostrando altitudes por vezes superiores a 2.000 m. Seu modelado é grandemente controlado pelos tipos litológicos que a constituem, com as cristas sendo mantidas por granitóides e quartzitos, e os vales desenvolvidos em biotita-gnaisses e rochas foliadas. Esse relevo acidentado vai sendo progressivamente dissecado em direção ao sul, confundindo-se com os morros da zona cristalina do norte em Bragança Paulista.

#### 4.5.2.5 - Médio Vale do Paraíba

Segundo ALMEIDA (1964) "o médio vale do Paraíba é uma depressão alongada, apresentando relevo de colinas e baixos morros que separam os planaltos de Paraitinga e da Bocaina, das elevadas escarpas da serra da Mantiqueira". São distinguidas nesse domínio duas subzonas, com estrutura e relevo distintos: os morros cristalinos e a bacia de Taubaté.

Os morros cristalinos correspondem a estreitas faixas de terrenos cristalinos, dissecados em morros ou em curtos espigões, situados ou entre a bacia de Taubaté e a serra do Quebra-Cangalha (porção sudeste) ou nas faldas da serra da Mantiqueira (porção noroeste). As elevações nivelam-se ao redor de 600 m - 700 m (algumas vezes superando 1.000 m), modeladas em rochas gnáissicas, xistosas ou graníticas, estas últimas sustentando as maiores cristas, bem exemplificado pelo corpo granítico de Roseira (com 1.056 m).

A bacia de Taubaté constitui-se numa vasta "fossa de afundamento", de provável idade pliocênica, entulhada de sedimentos fluviais e lacustres (Formações Tremembé e São Paulo), onde se esculpiu um relevo de baixas chapadas e am-



plas colinas, alcançando cerca de 550 m - 600 m. O rio Paraíba corta-a longitudinalmente, apresentando um curso anastomosado, rico em meandros (ativos e abandonados), típico de uma drenagem em estágio senil.

#### 4.5.2.6 - Planalto de Paraitinga

Engloba as áreas drenadas ao rio Paraitinga, ocupando uma pequena porção a sudeste da serra do Quebra-Cangalha. Apresenta um relevo de "mares de morros", nivelados em torno de 800 m - 900 m, moldados em litotipos gnáissicos e xistosos, encerrando corpos de migmatitos oftálmicos, estes últimos se ressaltando na paisagem topográfica.

#### 4.5.2.7 - Serrania da Canastra

Ocupa uma diminuta faixa no extremo norte da área, representada pelas serras dos Vilelas e da Boa Esperança, constituídas por rochas quartzíticas e quartzo-xistosas, com cotas acima de 1.000 m (1.250 m no topo da última serra).

#### 4.5.2.8 - Depressão Periférica e *cuestas* Arenito-Basálticas

São províncias inseridas na bacia sedimentar do Paraná, de reduzida importância no presente trabalho, visto que, à exceção da Formação Irati, as demais seqüências que a compõem não foram estudadas por métodos geoquímicos. Na faixa de afloramentos da Formação Irati, domina uma paisagem com colinas suaves, achatadas, embora localmente surjam feições *cuestiformes* mantidas pelos níveis silicificados dessa seqüência. Essa área faz parte da subzona do médio Tietê, englobada na depressão Periférica.

## 4.6 - Geologia

### 4.6.1 - Considerações gerais

Os dados apresentados neste capítulo foram integralmente extraídos do Relatório Final de Geologia do Projeto Sapucaí (CAVALCANTE et alii, 1977), documento de consulta obrigatória para um melhor conhecimento do condicionamento geológico da área em estudo. Das unidades litológicas ou litoestratigráficas individualizadas por aqueles autores, serão descritas suscintamente apenas aquelas nas quais executou-se a amostragem geoquímica, visto que essa atividade desenvolveu-se subordinadamente ao principal objetivo do projeto: o mapeamento geológico em escala regional. Assim comentar-se-ão resumidamente as principais características das unidades pré-cambrianas, maciços graníticos tardios a pós-orogênicos, Grupo Bambuí, Formação Irati e intrusivas alcalinas e alcalino-básico-ultrabásicas. Não serão aqui comentadas as demais sequências sedimentares (incluindo estratos das bacias do Paraná e de Taubaté) e formações eopaleozóicas (Eleutério, Pouso Alegre e Pico de Itapeva).

As unidades pré-cambrianas foram divididas em três grandes associações: B<sub>1</sub> (Complexo Lavras), Barbacena (Complexos Socorro, Varginha, Paraisópolis, Andrelândia, Amparo, Campos Gerais, Itapira, Lambari e Rio Elvas) e Paraíba do Sul (Complexos Piquete e Campos do Jordão). O arranjo litoestrutural dessas sequências, bem como suas relações com os corpos graníticos individualizados e as formações eopaleozóicas, é mostrado na figura 7, enquanto que a sua distribuição geográfica está representada na figura 8.

### 4.6.2 - Descrição das unidades

#### 4.6.2.1 - Associação B<sub>1</sub> - Complexo Lavras

Essa sequência é constituída por rochas de alto grau de metamorfismo (granulitos leucocráticos, piroxênio-

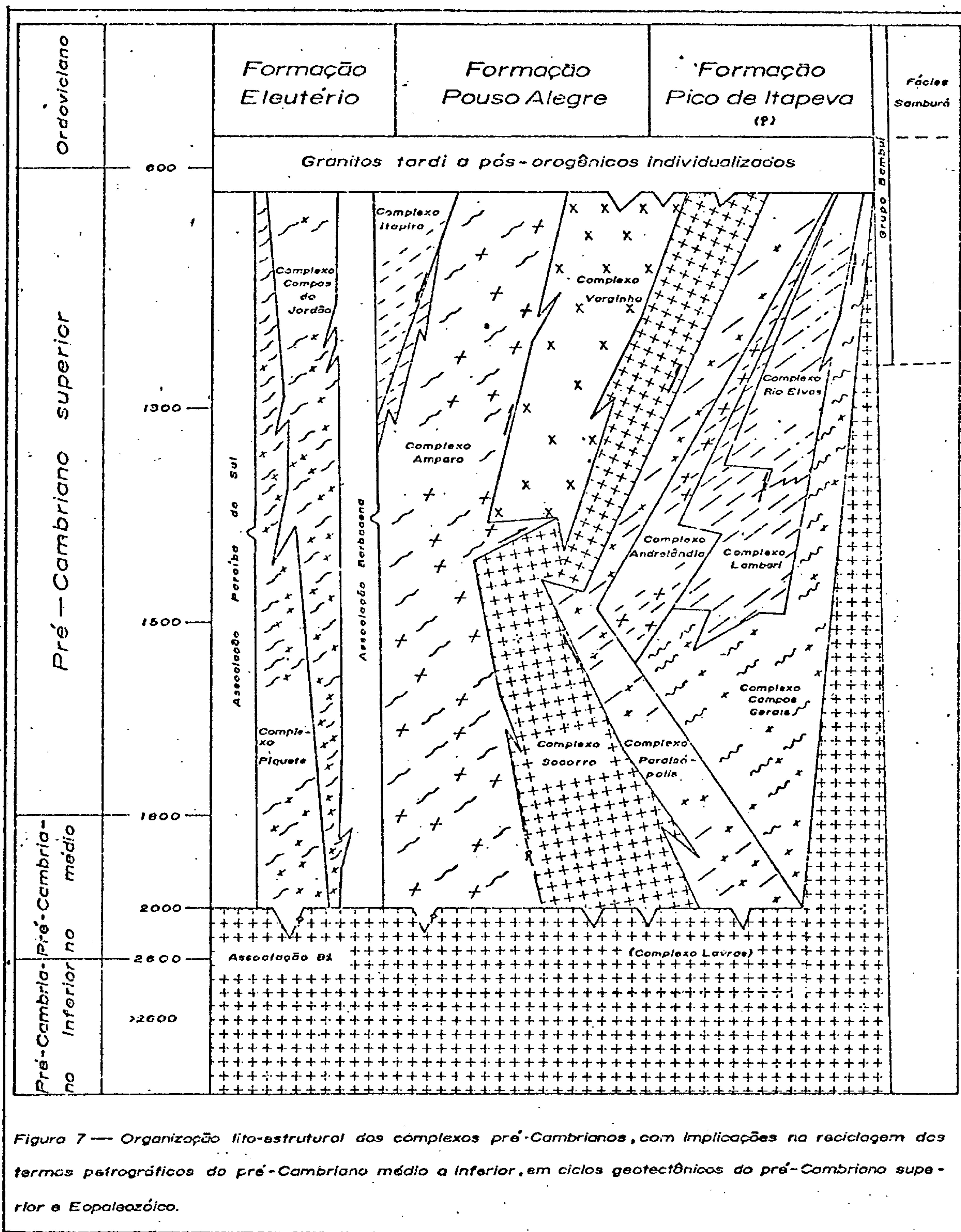
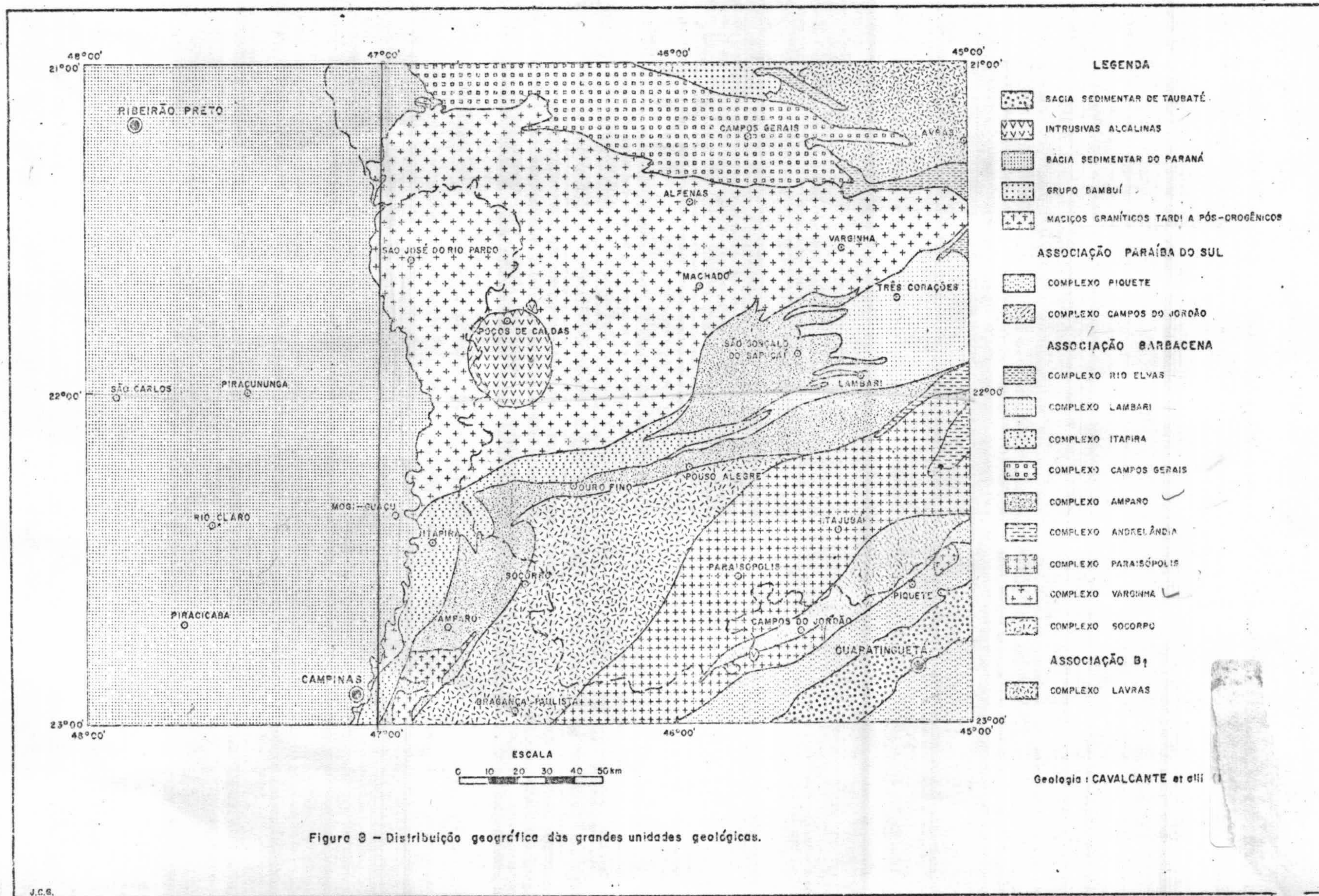


Figura 7 — Organização lito-estrutural dos complexos pré-Cambrianos, com implicações na reciclagem dos termos petrográficos do pré-Cambriano médio a inferior, em ciclos geotectônicos do pré-Cambriano superior e Eopaleozóico.





granulitos, enderbitos), migmatitos facoidais ou porfiroblásticos (em parte ortognáissicos), biotita-leptitos, dioritos e granitos. Inclui-se ainda nessa unidade um grande corpo rochoso denominado de maciço granítico de Porto dos Mendes. Encaixados nesse conjunto encontram-se diques de diabásio e gabro, epimetamórficos ou não, bem como massas de ultrabásitos. Sua área de exposição situa-se no extremo nordeste da área em questão, parecendo prolongar-se, no sentido norte, aos domínios do cráton São Francisco.

#### 4.6.2.2 - Associação Barbacena

Esse conjunto foi subdividido em nove complexos, a saber:

1 - Complexo Socorro: Compreende um domínio de granitos e granitóides porfiroblásticos, migmatitos granitóides e migmatitos e granulitos diversos. À semelhança do que ocorre nos Complexos Varginha e Paraisópolis, os fenômenos de granitização atuaram intensamente nessas rochas, levando à formação de granitos e granitóides porfiroblásticos.

2 - Complexo Varginha: Exibe diversas similaridades ao conjunto anterior, dele diferenciando-se pela maior distribuição e melhor configuração dos termos das fácies granulítica e anfibolítica. Dois grandes domínios podem ser individualizados nessa unidade\*: a) o dos termos xistosos e gnáissicos, predominantemente da fácies anfibolito, com paragênese mineralógica à base de granada, sillimanita, cianita, quartzo e feldspato (em quantidades variáveis); e b) o dos termos mais evoluídos petrogeneticamente, denotando maior grau de metamorfismo e metassomatismo (migmatitização e granitização), dominando amplamente litotipos variados como granulitos, charno-

---

\* O primeiro conjunto constitui a população geológica denominada de "Xistos e gnaisses Varginha", enquanto o segundo foi englobado, juntamente com os Complexos Lavras, Socorro e Paraisópolis, no assim chamado "Complexo LAGUS-GG".



quitos, granoblastitos, migmatitos heterogêneos e granitos metassomáticos e/ou palingenéticos.

3 - Complexo Paraisópolis: Apresenta uma diversificada gama de termos litológicos, sendo mais comuns os migmatitos, com vários tipos de estruturas (bandados, dobrados, nebulíticos, granitóides, profiroblásticos e granulíticos), ao lado de granulitos ácidos e básicos, granitos e granodioritos gnáissicos e, secundariamente, anfibolitos, dioritos, monzonitos e rochas calcossilicatadas, estes últimos, constituindo, na maioria dos casos, paleossomas de migmatitos.

4 - Complexo Andrelândia: Ocupa pequena área na porção oriental do projeto, nele predominando principalmente litotipos à granada (xistos, leptinolitos e gnaisses), biotita-gnaisses e migmatitos estromáticos.

5 - Complexo Amparo: Esta unidade é constituída quase exclusivamente por tipos petrográficos da fácies anfibolito, com caracteres orto e paragnáissicos: biotita-gnaisses metassomáticos, migmatitos de estruturas diversas, biotita-leptitos, rochas calcossilicatadas e gnditos. Corpos metabasíticos e ultrabasíticos, em parte xistificados, encontram-se encaixados nos migmatitos. Os principais domínios de ortognaisses ocorrem a norte e noroeste de São Gonçalo do Sapucaí, e nas proximidades de Serra Negra. As zonas de contato dessa sequência litoestratigráfica com as demais unidades limítrofes (Socorro, Varginha e Lambari) foram palco de intensa atividade pneumatolítica, conduzindo ao aparecimento de inúmeros pegmatitos, tanto de natureza simples (somente a quartzo, feldspato, micas e/ou turmalina), como complexos (encerrando minerais de terras raras).

6 - Complexo Campos Gerais: Representa uma sequência vulcano-sedimentar metamorfizada em fácies anfibolito, englobando diversos tipos rochosos, tais como: gnaisses (a horn



blenda, biotita e muscovita), gnaisses calcossilicáticos, leptitos, anfibolitos, metaultrabasitos e granada-biotita-xistos feldspáticos. As diferenciações dentro dessa unidade se fazem pela maior ou menor frequência de rochas cataclásticas e dos corpos metaultrabásitos, estes últimos sendo raros no extremo ocidental e comuns nas demais porções, especialmente a leste e nordeste de Conceição da Aparecida, onde se apresentam mineralizados à cromita.

7 - Complexo Itapira: Trata-se de um conjunto de rochas gnáissicas de composição variada, em grande parte deformadas, associadas a rochas calcossilicatadas e quartzo-dioríticas, com frequentes intercalações anfibolíticas e seus derivados migmatíticos, além de quartzitos, calcários e gonditos.

8 - Complexo Lambari: Fazem parte dessa unidade rochas mesometamórficas, predominantemente gnáissicas micaxistosas (granatíferas ou não), quartzitos e metagraúvacas, com intercalações de corpos anfibolíticos (mais raros, no entanto, do que no Complexo Campos Gerais).

9 - Complexo Rio Elvas: Constitui uma seqüência de rochas epimetamórficas, apresentando micaxistos em parte feldspáticos, muscovita-xistos finos; metaquartzíticos e corpos de metacalcários associados. Metamorfitos básicos e ultrabásicos ocorrem em alguns setores.

#### 4.6.2.3 - Associação Paraíba do Sul

Corresponde, em grande parte, ao denominado "Grupo Paraíba" de EBERT (1955), subdividido nos Complexos Piquete e Campos de Jordão.

1 - Complexo Piquete: Foi reunido nesse conjunto a maioria das rochas micaxistosas e gnáissicas da Associação Paraíba do Sul, além de termos migmatíticos (bandados e oftálmicos),



mármore dolomíticos, quartzitos, rochas calcossilicatadas, anfibolitos e pequenos corpos graníticos.

2 - Complexo Campos do Jordão: Engloba litotipos em parte semelhantes aos da unidade anterior e em parte equivalentes àqueles do Complexo Paraisópolis. São predominantemente migmatitos bandados e porfiroblásticos (aqui mais frequentes que no Complexo Piquete), leptitos, leptinolitos, mármore dolomíticos, quartzitos, rochas calcossilicatadas, anfibolitos, granitos gnáissicos, leucogranitos, dioritos gnáissicos e pequenos corpos graníticos.

#### 4.6.2.4 - Maciços graníticos tardi a pós-orogênicos

Sob esta denominação foram descritos os corpos rochosos com composição variando de granítica a granodiorítica, exibindo caracteres intrusivos em estágio tardi a pós-orogênico em relação ao ciclo Brasileiro.

O principal maciço é o de Morungaba (a leste de Campinas), com área de exposição superior a 300 km<sup>2</sup>, e que é constituído por termos porfiroblásticos e equigranulares. Os primeiros apresentam uma composição de adamelítica a granodiorítica e os últimos uma composição predominantemente adamelítica. Segundo WERNICK (1972), os granitos porfiroblásticos resultaram de uma feldspatização progressiva de granitos mesocráticos, posicionados em um estágio tardi-tectônico, ao passo que os granitos equigranulares apresentam características pós-tectônicas.

Além desse maciço, merece ainda destaque o corpo granítico da serra do Mendanha (a nor-nordeste de Cachoeira Paulista), encravado em termos gnaissóides e migmatíticos da Associação Paraíba do Sul, exibindo feições de um granito porfiróide leucocrático de composição adamelítica.

#### 4.6.2.5 - Grupo Bambuí

Este grupo ocorre em pequena faixa de ocorrência,





CPRM

englobando termos metassedimentares de baixo grau de metamorfismo, situada no extremo norte do projeto. Nele dominam litotipos conglomeráticos, com estreitas intercalações de arenitos feldspáticos, siltitos e sedimentos siltico-argilosos.

#### 4.6.2.6 - Formação Irati

Esta sequência sedimentar, integrante da bacia do Paraná, é constituída, na base, por siltitos e folhelhos cinza escuros a médios (Membro Taquaral), aos quais sobrepõem-se folhelhos pretos pirobetuminosos e calcários dolomíticos creme a cinza escuros, por vezes silicificados (Membro Assistência). Apresenta uma espessura média ao redor de 40 m (10 m no membro basal e 30 m no membro superior), bastante uniforme em toda a sua área de exposição. Estudos palinológicos indicam para esse conjunto uma idade permiana superior e seu ambiente de deposição é admitido como sendo "marinho de águas rasas".

#### 4.6.2.7 - Intrusivas alcalinas e alcalino-básico-ultrabásicas.

Inserem-se na área pesquisada o maciço alcalino de Poços de Caldas, uma das maiores intrusões de rochas alcalinas de todo o globo, que ocupa aproximadamente 800 km<sup>2</sup>. Os tipos petrográficos ocorrentes nessa intrusão são, predominantemente, foiaítos, tinguaítos e fonolitos, aparecendo, em menor proporção, lujauritos, chibinitos, rochas piroclásticas, ankaratritos, hidrotermalitos "potássicos" e restos de uma formação sedimentar arenítica (Botucatu?). A principal faixa de exposição das rochas piroclásticas (tufos, brechas vulcânicas e aglomerados), associadas a lavas ankaratríticas e sedimentos arenosos, localiza-se na porção ocidental do maciço, mormente ao longo do vale do ribeirão do Quartel. As soluções hidrotermais tardias atuaram em larga escala na porção centro-sul do maciço, levando à formação de rochas enriquecidas em potássio e empobrecidas em sódio. A essa ativi-



CPRM

dade hidrotermal associam-se as mineralizações de zircônio, urânio, tório e terras raras e a surgência das fontes termais. A ação prolongada de um clima caracterizado pela alternância de períodos secos e úmidos sobre as rochas alcalinas ricas em alumínio, originou extensos depósitos de bauxita e argilas.

Foram ainda identificadas rochas de natureza alcalina, em jazimentos diquiformes de pequena espessura, nas imediações de Santo Antonio do Pinhal e entre Itajubá e Virgínia. Na primeira região ocorrem associados inúmeros diques básico-alcalinos e ultrabásicos alcalinos, merecendo destaque por sua possança, o corpo básico-ultrabásico-alcalino de Ponte Nova (a sul de Sapucaí-Mirim), com formato elipsoidal, composto por mica-anfibólio-peridotito, olivina-gabro, essexito-gabro, teralito e gabro.

## 5 - TÉCNICA DE AMOSTRAGEM

### 5.1 - Planejamento da amostragem

A campanha regional de amostragem geoquímica foi planejada em agosto de 1975, com base no estudo preliminar e nos mapas geológicos disponíveis àquela época, obtidos por fotointerpretação, compilação bibliográfica e alguns perfis na área do projeto. Dado o estágio "embrionário" dessas cartas, tornou-se necessário readaptar continuamente a programação inicial ao longo das atividades de campo, em razão do a porte de novas informações geológicas, para manter o trabalho fiel aos objetivos pré-fixados.

A malha de amostragem variou em função das características petrográficas de cada unidade geológica, sendo a densada naquelas formações que ofereciam maiores possibilidades metalogenéticas. Assim, no âmbito do maciço alcalino de Poços de Caldas, da Formação Irati e das seqüências pré-cambrianas com menor evolução petrológica, programou-se a coleta de uma amostra para cada 40 km<sup>2</sup>, passando a uma amostra por 200 km<sup>2</sup> nos conjuntos litológicos altamente granitizados.

A escolha de drenagens obedeceu a variáveis como porte da bacia de captação, vias de acesso e ausência de possíveis fontes de contaminação, sendo realizada sobre os mapas planialtimétricos (1:50.000) editados pelo IBGE, que cobrem toda a área estudada. Nas seqüências mais promissoras optou-se pela amostragem de drenagens com bacias entre 5 km<sup>2</sup> e 30 km<sup>2</sup>, situando-se ao redor de 50 km<sup>2</sup> nos complexos granitóides, evitando-se, desse modo, a coleta de sedimentos em drenagens de grande porte.

O programa de amostragem de concentrados de bateia nas regiões de faisqueiras foi elaborado em junho de 1976, abrangendo uma faixa nordeste-sudoeste com cerca de 70 km de extensão e 20 km de largura, balizada pelas cidades de Pouso Alegre e Campanha, ao longo da qual inúmeras áreas ha-



viam sido garimpadas no passado. Devido ao intenso retalhamento do terreno provocado por atividades desse tipo, deu-se preferência à seleção de drenagens sobre fotografias aéreas, onde aquelas feições peculiares são facilmente identificadas, buscando-se, sempre que possível, ajustar as estações de coleta aos mesmos locais anteriormente escolhidos para o levantamento regional.

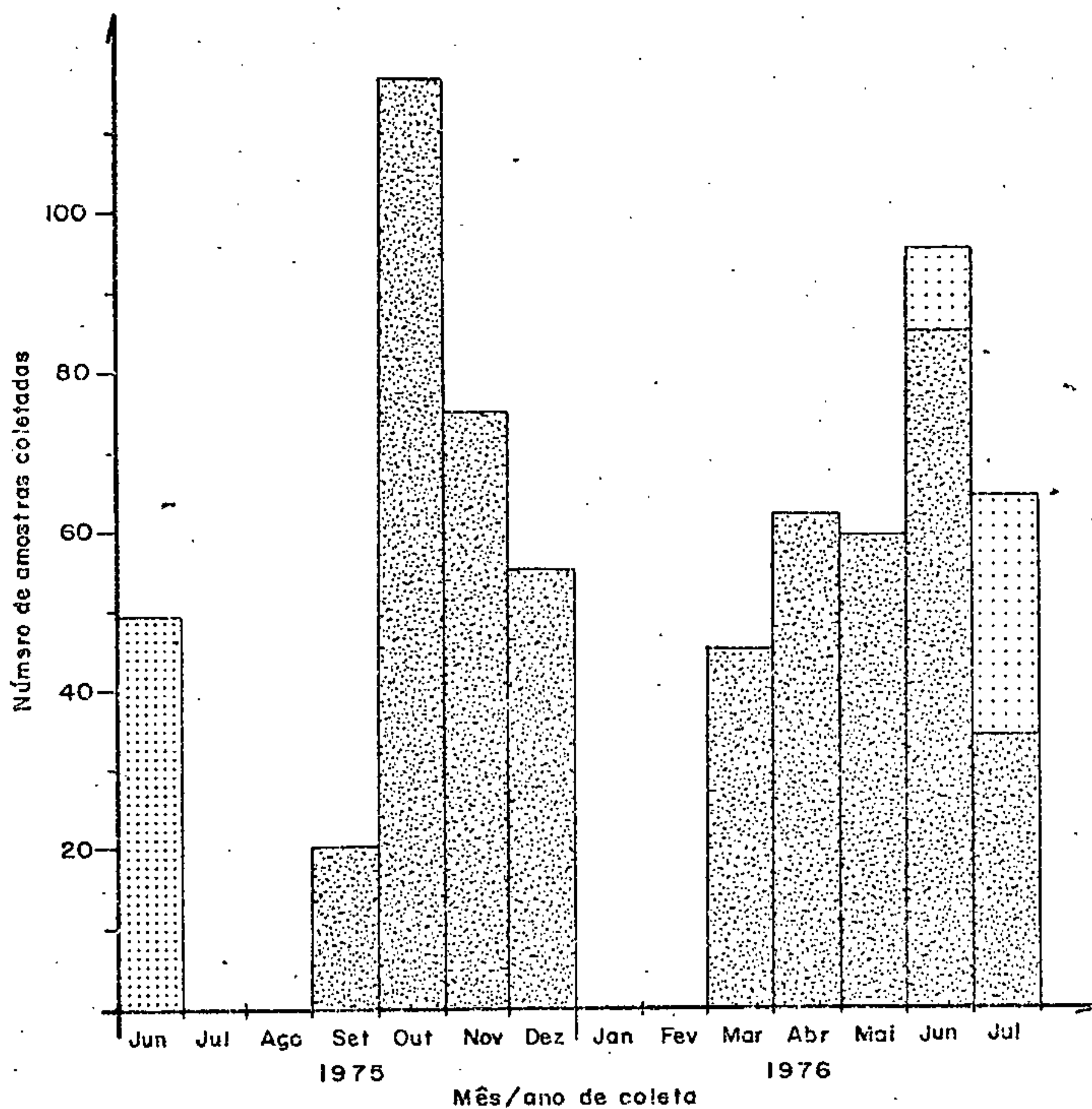
## 5.2 - Desenvolvimento da amostragem

Todas as atividades de campo foram executadas durante o período de junho de 1975 a julho de 1976, incluindo três etapas de amostragem: estudo preliminar, levantamento regional e avaliação de faisqueiras. A coleta de amostras esteve paralisada por duas vezes: a primeira, entre julho e meados de setembro de 1975, para interpretação dos resultados preliminares e planejamento da fase regional; a segunda, entre o final de dezembro de 1975 e meados de março de 1976, época de máxima pluviosidade na região. A figura 9 mostra a distribuição temporal das três etapas de amostragem, o número de amostras coletadas mensalmente e a natureza do material amostrado ao longo desse período.

Vista globalmente, a densidade da amostragem de sedimentos de corrente (em torno de uma amostra para  $80 \text{ km}^2$  de área) enquadra o presente projeto nos "de reconhecimento regional". No entanto, com a adoção de uma malha seletiva em determinadas regiões, aquele valor variou entre  $1 : 30 \text{ km}^2$  e  $1 : 170 \text{ km}^2$ , assumindo o trabalho um caráter de prospecção em algumas formações.

O porte médio das bacias de captação situou-se ao redor de  $20 \text{ km}^2$ , com mais de 90% das áreas de drenagem entre  $5 \text{ km}^2$  e  $50 \text{ km}^2$  (figura 10).

A amostragem obedeceu às diretrizes traçadas no planejamento original; no entanto, algumas áreas deixaram de ser estudadas por sedimentos de corrente, dada a existência de condições locais que desqualificavam as drenagens esco-



Etapa de amostragem	Sedimento de corrente	Concentrado de bateia	Rochas	Total
Estudo preliminar	48	1	—	49
Levantamento regional	542	2	9	553
Avaliação de faísqueiras	—	39	—	39
<b>Total geral</b>	<b>590</b>	<b>42</b>	<b>9</b>	<b>641</b>

Figura 9 - Distribuição temporal da amostragem e natureza do material coletado

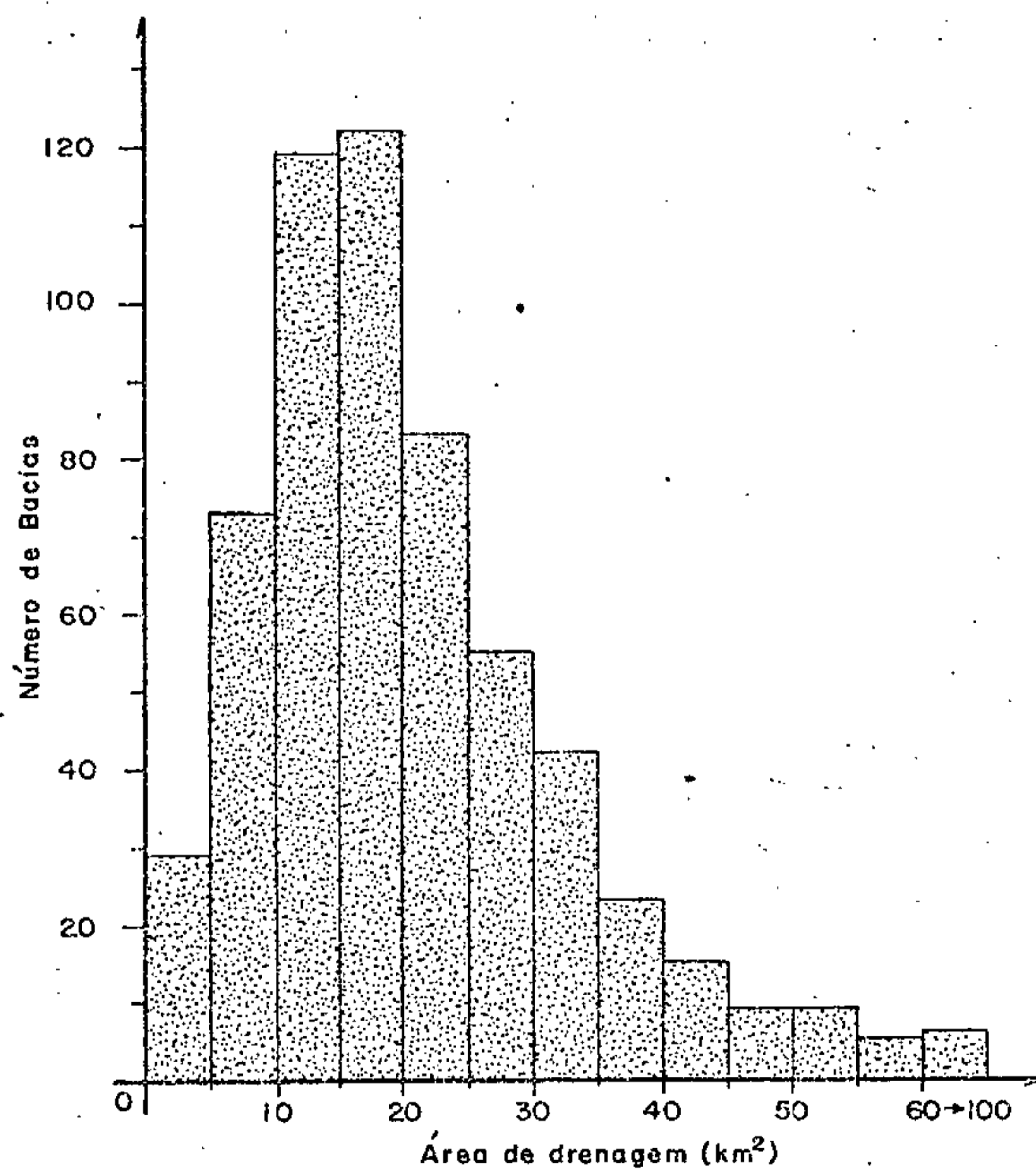


Figura10-Porte das bacias amostradas para sedimentos de corrente



lhidas. Entre esses fatores destacamos a presença de agentes contaminadores, a "falsificação" das aluviões por rejeitos de minerações a céu aberto (quartzitos, bauxita e dolomito), ou ainda, a ausência de sedimentos apropriados à amostragem como ocorreu na região adjacente à represa de Furnas (ricos em matéria orgânica, devido ao represamento da rede fluvial).

### 5.3 - Métodos de amostragem

Ao longo de todo o projeto atuaram quatro equipes na campanha geoquímica, duas das quais responsáveis por 95% das amostras colhidas, o que permitiu homogeneizar a amostragem, reduzindo a variância provocada pelo coletor.

Na amostragem das aluviões fluviais foi colhido somente material situado no leito ativo da corrente, abaixo do nível d'água e, de preferência, depositado na calha da drenagem. A aluvião era amostrada em vários pontos (amostragem composta), numa distância total variável entre 20 m e 50 m, minimizando-se, assim, a possibilidade de coleta de sedimentos inadequados ou não representativos da drenagem em estudo.

No caso dos sedimentos de corrente buscou-se coletar apenas material de grã fina (areia, silte e argila), evitando-se a presença de cascalho e, principalmente, de matéria orgânica. O sedimento era colhido com uma pã e colocado numa bacia plástica, misturado e quarteado, sendo parte embalada em um saco plástico (cerca de 5 kg) e o restante desprezado.

Para a obtenção dos concentrados de bateia amostraram-se as porções mais grosseiras da aluvião, especialmente as cascalheiras. A separação da fração pesada foi executada com bateias de alumínio e, dependendo da quantidade de minerais pesados presentes, trabalharam-se volumes de 10 ou 20 litros de sedimentos.

Das nove amostras de rochas coletadas, oito foram colhidas em pedreiras de dolomito na Formação Irati e a res-

tante em um afloramento natural na intrusão alcalina de Poços de Caldas.

Durante o estudo preliminar coletaram-se seis duplicatas, visando avaliar a variância provocada pelas equipes na amostragem, as quais foram enviadas para análise juntamente com quatro replicatas, estas servindo para testar a precisão dos resultados analíticos. No decorrer do levantamento regional essa atividade não foi desenvolvida.

#### 5.4 - Registro dos dados de campo

A necessidade de registrar e padronizar o elevado número de informações geradas durante a amostragem requereu a adoção de uma sistemática de trabalho, baseada no preenchimento da ficha de campo da CPRM para amostras geoquímicas (figura 11), com posterior computação eletrônica dos dados, de modo a criar um arquivo do projeto e facilitar a sua futura manipulação.

A inserção dos dados nas fichas obedeceu às instruções contidas no Manual de Geologia da CPRM, preenchendo-se os campos necessários com os códigos adequados (figura 12), envolvendo tanto informações obtidas diretamente no terreno, como compiladas de cartas topográficas e geológicas.

As estações de amostragem foram registradas em bases planialtimétricas de escala 1:50.000, nas quais obtiveram-se as medidas de altitude, meridiano central e coordenadas UTM (longitude e latitude), com a precisão inerente àquela escala de trabalho.

As informações sobre a natureza e a idade de rocha regional foram retiradas das cartas geológicas executadas pelas equipes de mapeamento e complementadas com a descrição de afloramentos situados nas proximidades dos pontos de coleta de amostras (rocha local).

Os dados referentes aos materiais e meios amostrados, que consistiram principalmente de aluviões, tais como profundidade de amostragem, textura do sedimento, largura e



**FICHA DE CAMPO - AMOSTRA GEOQUÍMICA**

PROJETO \_\_\_\_\_ DATA / /

1 - CENTRO DE CUSTO \_\_\_\_\_ 2 - SUBCENTRO DE CUSTO \_\_\_\_\_ 3 - NÚMERO DE CAMPO (Código de 04 dígitos) \_\_\_\_\_ 4 - Nº DE LABORATÓRIO \_\_\_\_\_

5 - Estado \_\_\_\_\_ 6 - Denominação local \_\_\_\_\_

7 - Latitude (Graus, Minutos, Segundos, N/S) \_\_\_\_\_ 8 - Longitude (Graus, Minutos, Segundos) \_\_\_\_\_ 9 - Abrissa (A) \_\_\_\_\_ 10 - Orendado (p) \_\_\_\_\_ 11 - UTM - Longitude \_\_\_\_\_ 12 - UTM - Latitude \_\_\_\_\_ 13 - Meridiano central \_\_\_\_\_

14 - Classe amostra \_\_\_\_\_ 15 - Tipo amostragem \_\_\_\_\_ 16 - Forma amostra \_\_\_\_\_ 17 - Rocha (região) \_\_\_\_\_ 18 - Idade geológica \_\_\_\_\_ 19 - Material coletado \_\_\_\_\_ 20 - Pluviometria (mm) \_\_\_\_\_ 21 - Tipo vegetação \_\_\_\_\_ 22 - Sit. topográfica \_\_\_\_\_ 23 - Sit. amostra \_\_\_\_\_ 24 - Altitude \_\_\_\_\_ 25 - Profund. de amostragem \_\_\_\_\_

26 - Forma ígneas \_\_\_\_\_ 27 - Situação estrutural \_\_\_\_\_ 28 - Matriz predominante \_\_\_\_\_ 29 - Área de intemp./alteração \_\_\_\_\_ 30 - Tipo alteração \_\_\_\_\_ 31 - Tipo mineral \_\_\_\_\_ 32 - Tipo mineral \_\_\_\_\_ 33 - Caracterização de depósitos/alteração (Forma, Modo) \_\_\_\_\_ 34 - Caracterização de depósitos/alteração (Forma, Modo) \_\_\_\_\_ 35 - Caracterização de depósitos/alteração (Forma, Modo) \_\_\_\_\_ 36 - Largura do rio \_\_\_\_\_ 37 - Profund. de rio \_\_\_\_\_ 38 - Velocidade corrente \_\_\_\_\_ 39 - Nível do rio \_\_\_\_\_ 40 - Área drenagem do rio \_\_\_\_\_ 41 - Tipo de solo \_\_\_\_\_ 42 - Posição no leito \_\_\_\_\_ 43 - Cor da água \_\_\_\_\_ 44 - Abredondamento \_\_\_\_\_ 45 - Cor de água \_\_\_\_\_ 46 - Turbidez da água \_\_\_\_\_ 47 - Tipo de solo \_\_\_\_\_ 48 - Granulometria \_\_\_\_\_ 49 - Textura do solo (areia, silte, argila) \_\_\_\_\_ 50 - Cor do solo \_\_\_\_\_ 51 - Horizonte solo \_\_\_\_\_ 52 - Tipo de solo \_\_\_\_\_ 53 - Tipo de solo \_\_\_\_\_ 54 - Ambiente biótico \_\_\_\_\_

55 - pH \_\_\_\_\_ 56 - Mat. passada a 75µ \_\_\_\_\_ 57 - Outras análises \_\_\_\_\_ 58 - Outras análises \_\_\_\_\_ 59 - Outras análises \_\_\_\_\_ 60 - Outras análises \_\_\_\_\_ 61 - Outras análises \_\_\_\_\_ 62 - Outras análises \_\_\_\_\_ 63 - Outras análises \_\_\_\_\_ 64 - Condutividade elétrica \_\_\_\_\_

65 - Observações - comentários \_\_\_\_\_

66 - Observações - comentários \_\_\_\_\_

FECHADO \_\_\_\_\_ DATA \_\_\_\_\_ FECHADO \_\_\_\_\_ DATA \_\_\_\_\_

Figura II - Modelo da ficha de campo para amostras geoquímicas.

<p><b>14 - CLASSE DA AMOSTRA</b> S - Sed. Corrente R - Rocha L - Solo B - Conc. Bacia V - Vegetação A - Água M - Mineral/Minério Z - Outras</p>	<p><b>17 - ROCHA REGIONAL (cont.)</b> L - Ardósia M - Gnísses 1-Cadomíca N - Xisto 2-Vulcano- O - Quartzito clástico P - Mármore Q - Filito R - Hornfels S - Ígneas Ácidas T - Ígneas Alcalinas U - Ígneas Máficas/Ultram. V - Vulc. Ácida X - Vulc. Básica/Interm.</p>	<p><b>21 - TIPO DE VEGETAÇÃO</b> A - Tensas altitudes/vegetação B - Floresta Fechada C - Floresta Aberta D - Caatinga/Agreste E - Cerrado F - Pantanal G - Marquês</p>	<p><b>31 - TIPO DE ALTERAÇÃO</b> A - Propilitização B - Argilitização C - Silicificação D - Sericitização E - Feldspatização Z - Outros</p>	<p><b>40 - ÁREA DRENAGEM</b> 1 - Até 10 Km<sup>2</sup> 2 - 10 Km<sup>2</sup> - 50 Km<sup>2</sup> 3 - 50 Km<sup>2</sup> - 100 Km<sup>2</sup> 4 - 100 Km<sup>2</sup> - 500 Km<sup>2</sup> 5 - 500 Km<sup>2</sup> - 1000 Km<sup>2</sup> 6 - 1000 Km<sup>2</sup> - 10000 Km<sup>2</sup> 7 - Acima de 10000 Km<sup>2</sup></p>	<p><b>49 - TEXTURA DO SOLO/SED.</b> Use em cada um dos campos os números de 1 - 9 significando a porcentagem de cada um dos seguintes elementos: Calcário, Argila, Silte, Argila e Matéria Orgânica</p>
<p><b>15 - TIPO DE AMOSTRAGEM</b> A - Simples B - Composto C - Canal Z - Outras</p>	<p><b>18 - IDADE GEOLÓGICA (2 colunas)</b> A - Pré-Cambriano B - Eo-Cambriano C - Paleozóico D - Cambriano E - Ordoviciano F - Siluriano G - Devoniano H - Carbonífero I - Permiano J - Mesozóico K - Triássico L - Jurássico M - Cretáceo N - Cenozóico O - Terciário P - Quaternário X - Indeterminado</p>	<p><b>22 - SITUAÇÃO TOPOGRÁFICA</b> A - Pé de Encosta B - Meia Encosta C - Topo</p>	<p><b>33 - MINERAL/IMINÉRIO</b> A - Metais Preciosos B - Metais não Ferrosos C - Metais Ferrosos D - Metais Leves E - Sb, As, Bi, Hg, Zr, F - Fertilizantes G - Metais industriais Z - Outros</p>	<p><b>41 - TURBIDEZ DA ÁGUA</b> 1 - Nenhuma 2 - Moderada 3 - Pouca 3 - Muita</p>	<p><b>50 - COR DO SOLO</b> Idêntico ao Campo 43</p>
<p><b>16 - FONTE DA AMOSTRA</b> A - Afloramento B - Mina C - Poço D - Trincheta E - Sondagem F - Solo Residual G - Solo Transportado H - Solo não especificado I - Pantano J - Fonte K - Mar L - Rio M - Lago Z - Outras</p>	<p><b>23 - SITUAÇÃO DA AMOSTRA</b> A - Leito Seco B - Leito Ativo ao N. Água C - Leito Ativo ao S. N. Água D - Leito Ativo Acima N. Água E - Banco F - Superfície</p>	<p><b>27 - FORMA IGNEA</b> A - Plutônica B - Extrusiva C - Dique ou Sill</p>	<p><b>34 - CARACT. DEP. MIN.</b> A - Veio B - Amas C - Estratiforme D - Nível Mineralizado E - Veio+Amas F - Veio+Estratiforme G - Amas+Estratiforme H - Veio+Amas+Estratiforme</p>	<p><b>42 - POSIÇÃO NO LEITO</b> D - Margem Direita E - Margem Esquerda Z - Outros</p>	<p><b>52 - HORIZONTE SOLO</b> A - A B - B C - C D - A 0 E - A 0 F - B 1 G - B 2 H - Não Identificado I - Composto J - Sem desenvolvimento Ag.</p>
<p><b>17 - ROCHA REGIONAL</b> A - Não Identificada B - Sedimentar C - Metamórfica D - Ígneas Intrusivas E - Vulcânica F - Conglomerado G - Arenito H - Siltito I - Argilito J - Folhelho K - Seq. Carbonífera</p>	<p><b>20 - PLUVIOSIDADE DURANTE A COLETA</b> A - Período Seco B - Chuvas esparsas C - Chuvas diárias D - Chuvas fortes raras E - Chuvas torrenciais</p>	<p><b>28 - SITUAÇÃO ESTRUTURAL</b> A - Fratura ou Junta B - Cizalhada ou Falha Z - Outra</p>	<p><b>35 - VELOC. CORRENTE</b> 0 - Parada 1 - Lenta 2 - Rápida 3 - Moderada 4 - Rápida</p>	<p><b>43 - COR DA ÁGUA</b> A - Clara B - Vermelha C - Marron D - Cinza E - Verde F - Branca G - Laranja H - Verde I - Amarela</p>	<p><b>53 - TIPO DE SOLO</b> A - Latérrico B - Salino C - Orgânico D - Calcário Bem Drenado E - Calcário Mal Drenado F - Jovem G - Não especificado</p>
	<p><b>29 - MATRIZ predominante</b> A - Silica B - Fe Mn C - Carbonato D - Argila Z - Outra</p>	<p><b>30 - GRAU INTemperis-MO</b> A - Oxidação B - Decomposição Oxidação C - Flocos ou não Oxidação</p>	<p><b>36 - NÍVEL DA ÁGUA</b> 0 - Seco 1 - Baixo 2 - Normal 3 - Alto 4 - Caudaloso</p>	<p><b>44 - ABREDONDAMENTO</b> A - Anular B - Subanguloso C - Subarredondado D - Arredondado</p>	<p><b>55 - AMBIENTE BIÓTIKO</b> A - Xerófito B - Mesófito C - Hidrófito D - Freatófito E - Halófito F - Epífita G - Parasítica H - Saprofítica</p>

Figura 12 - Códigos utilizados no preenchimento das fichas.

profundidade dos córregos, velocidade da corrente, cor, turbidez e nível d'água, resultaram de estimativas visuais realizadas na própria estação, com exceção das áreas de drenagem, calculadas com planímetros em escritório.

Os valores de pH das drenagens foram obtidos por comparação entre a cor do papel indicador imerso na corrente e o padrão fornecido pelo fabricante. Efetuou-se um total de 519 medidas, cujos resultados, variando entre 5,0 e 6,8, estão discriminados na tabela I. Nota-se que cerca de 97% dos valores situam-se entre 5,0 e 5,7, caracterizando um ambiente ligeiramente ácido.

TABELA I: pH DA ÁGUA NAS DRENAGENS AMOSTRADAS.

VALOR	NÚMERO DE LEITURAS
5,0	145
5,3	170
5,5	163
5,7	26
5,9	12
6,3	2
6,8	1
TOTAL	519

Para facilitar a recuperação seletiva dos dados arquivados, buscando-se separar as populações geoquímicas em função das características geológicas regionais e locais, preencheram-se os campos da codificação livre (64) com símbolos alfa-numéricos, organizados de acordo com o esquema representado na figura 13.

PREENCHIMENTO	
CAMPO	CÓDIGO INSERIDO
1º	— AMOSTRAGEM REGIONAL (R)
2º	— EQUIPE COLETORA
3º	— UNIDADE LITOLÓGICA DRENADA
4º e 5º	— NATUREZA DA ROCHA LOCAL

EQUIPE COLETORA	
2	— GEÓLOGO ELIAS C. DAITX
5	— GEÓLOGO WINSTON ADDAS

UNIDADE LITOLÓGICA OU LITOESTRATIGRÁFICA	
A	— COMPLEXOS AMPARO E ITAPIRA
B	— XISTOS E GNAISSES VARGINHA
C	— COMPLEXOS LAMBARI, RIO ELVAS E CAMPOS GERAIS, E GRUPO BAMBUÍ*
E	— ASSOCIAÇÃO PARÁIBA DO SUL
F	— COMPLEXOS LAVRAS, PARAISÓPOLIS SOCORRO E PARTE DO VARGINHA**
J	— MACIÇO ALCALINO DE POÇOS DE CALDAS

\* Essas unidades constituíam o chamado "Complexo São João del Rey" (denominação posteriormente abandonada).

\*\* Agrupados sob a sigla "LAGUS-GG".

NATUREZA DA ROCHA LOCAL	
00	— Não há afloramento nas proximidades da estação
01	— Ígneas ácidas hipoabissais e plutônicas
02	— Ígneas ácidas vulcânicas
03	— Ígneas intermediárias hipoabissais e plutônicas
04	— Ígneas básicas hipoabissais e plutônicas
05	— Ígneas intermediárias e básicas vulcânicas
06	— Rochas alcalinas
07	— Rochas ultrabásicas
08	— Metabasitos e anfibolitos
09	— Charnoquitos
10	— Granulitos
11	— Migmatitos e gnaisses migmatíticos
12	— Gnaisses típicos
13	— Xistos
14	— Filitos e ardósias
15	— Metassedimentos em geral
16	— Quartzitos
17	— Mármore calcíticos e dolomíticos
18	— Hornfelsitos (rochas de metamorfismo de contato)
19	— Rochas cataclásticas
20	— Metaconglomerados
21	— Conglomerados, arenitos e siltitos
22	— Folhelhos e argilitos
23	— Folhelhos betuminosos
24	— Gossan
25	— Lateritos
26	— Pegmatitos
27	— Granitos metassomáticos
28	— Granitos gnáissicos
29	— Fenitos
30 a 99	— Outros tipos não constantes nessa relação

Figura 13 - Dados inseridos na ficha de campo através da codificação livre

## 6 - PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E TÉCNICA ANALÍTICA

As amostras coletadas durante o presente estudo foram analisadas no LAMIN (CPRM - RIO), utilizando-se os métodos de espectrografia de emissão para 30 elementos (Fe, Mg, Ca, Ti, Mn, Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, La, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sc, Sn, Sr, V, W, Y, Zn e Zr), no caso dos sedimentos de corrente e rochas, e absorção atômica para ouro e prata, nos concentrados de bateia.

As determinações estiveram sob a responsabilidade dos seguintes técnicos: Glória Berenice C. T. C. Brazão da Silva, Elizabeth de Barros Barreto Winter e Maria Lúcia de Miranda Lemos (Seção de espectrografia de emissão), e Cecília Stark Mayer e Célia Tinoco Aride (Seção de métodos rápidos).

### 6.1 - Preparação das amostras

As diversas tarefas relacionadas à preparação das amostras de sedimentos de corrente e concentrados de bateia foram executadas, em sua maior parte, no laboratório instalado na SUREG-SP e complementadas no LAMIN. Os sedimentos de corrente foram secos em estufa (a 80°C), desagregados e peneirados à granulometria inferior a 80 *mesh*, enquanto que os concentrados de bateia requereram apenas uma secagem e a pesagem em balança de precisão. Posteriormente, no LAMIN, ambos os materiais sofreram uma pulverização a menos de 150 *mesh*.

Já as amostras de rochas, constituídas em geral por diversos fragmentos, foram remetidas *in natura* ao LAMIN, sendo britadas, quarteadas e pulverizadas a menos de 150 *mesh*.

### 6.2 - Espectrografia de emissão

Neste método, 10 mg de amostra, previamente moída à granulometria inferior a 150 *mesh*, são misturadas com 20 mg de pó de grafita, espectrograficamente pura, sendo a mistura colocada em eletrodo de grafita. As amostras são queimadas em espectrôgrafo *Wardsworth* 1,5 m, da *Jarrel Ash*, du-

rante dois minutos e quinze segundos, e as linhas emitidas pelos elementos são registradas em filmes *Kodak SA-1*. A revelação é feita com o revelador *Kodak D-19*, durante dois minutos, a 18°C. A comparação do filme das amostras com um filme de padrões espectrográficos, obtidos em iguais condições, é feita visualmente em comparador *Jarrel Ash*.

Os padrões utilizados obedecem à série 1 - 2 - 5 - 10 - 20 - 50 - 100 ppm, etc., e interpolações visuais entre esses valores são sempre dados como 1,5 - 3 - 7 - 15 - 30 - 70 ppm, etc.. A precisão (reprodutividade) de um valor tabulado, é de mais ou menos um intervalo, num limite de confiança de 68%, ou dois intervalos, num limite de confiança de 95%.

### 6.3 - Espectrofotometria de absorção atômica

As determinações de ouro e prata foram realizadas em duas tomadas de amostra. No caso do ouro, cerca de 10 mg de amostra são atacadas por uma mistura de ácido bromídrico e bromo diluído, sendo aquele elemento extraído com metil-isobutil-cetona. Após várias lavagens da camada orgânica com ácido bromídrico, o teor de ouro é estimado por espectrofotometria de absorção atômica. Para a determinação da prata, uma outra parte da amostra é tratada com ácido nítrico concentrado, a quente; em seguida, o teor desse elemento é lido em um espectrofotômetro de absorção atômica (*Perkin Elmer*).

## 7 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

### 7.1 - Considerações gerais

A interpretação dos resultados obtidos da análise de um número relativamente grande de amostras é uma importante parte de um trabalho de pesquisa geoquímica e pode ser feito qualitativa ou quantitativamente. Um dos principais passos é a determinação do valor do *threshold* para o elemento procurado em determinada área. Normalmente isto é feito através de um estudo orientativo em uma região com mineralizações conhecidas e com condições geológicas, topográficas e climáticas semelhantes àquelas onde se vai desenvolver o projeto, servindo os resultados como base para a interpretação dos dados da etapa maior.

Quando não é possível executar um trabalho orientativo, a interpretação deve-se apegar a métodos estatísticos para a determinação do *background*, do *threshold*, etc., tendo-se sempre o cuidado de trabalhar com populações cuja distribuição obedeça às leis estatísticas. Foi o que se deu no presente projeto, onde, devido ao número limitado de amostras previstas para a área, não foi executado um trabalho prévio de orientação, efetuando-se apenas um estudo preliminar com o objetivo de controlar a variância de amostragem das equipes de campo e verificar a potencialidade de determinadas formações e tipos litológicos.

Dados os objetivos do presente trabalho (reconhecimento regional de uma área geoquimicamente desconhecida), optou-se para análise dos sedimentos de corrente pelo método de espectrografia semi-quantitativa, que a um custo relativamente baixo, traz informações sobre 30 elementos. Embora globalmente o método tenha-se mostrado adequado aos objetivos propostos, deve-se lamentar que, para alguns elementos importantes, como o zinco, sua sensibilidade seja bastante inferior à desejável, impedindo o estudo de sua distribuição nas seqüências amostradas.



No caso dos concentrados de bateia coletados nas áreas de faisqueiras e analisados tão-somente para ouro e prata, preferiu-se o emprego de método rápido com leitura por espectrofotometria de absorção atômica, dada a sua maior sensibilidade e precisão na determinação desses elementos.

Os resultados analíticos dos elementos são apresentados em partes por milhão, com exceção de ferro, magnésio, cálcio e titânio, cujos teores são dados em percentagem. Aos valores foram acrescentadas letras, quando o teor do elemento está ou abaixo (L) ou acima (G) da sensibilidade analítica do método, ou ainda quando houve interferência na dosagem do elemento (H). A letra N indica que o elemento não foi detectado na amostra em questão.

Dos 30 elementos analisados nos sedimentos de corrente, foram interpretados individualmente os seguintes: cobre, cromo, níquel, cobalto, escândio, vanádio, chumbo, bário, boro, berílio, lantânio, ítrio, estrôncio, zircônio, ferro, manganês e nióbio. Já os elementos molibdênio, estanho, prata e zinco, detectados em um reduzido número de amostras, tiveram sua distribuição estudada apenas localmente, enquanto arsênio, bismuto, cádmio, antimônio e volfrâmio não foram comentados dada a raridade ou a ausência de teores definidos. Igualmente o cálcio, o magnésio e o titânio, apesar do alto grau de detecção nas amostras, não foram estudados.

## 7.2 - Critérios de interpretação

Foram testadas populações-alvo segundo certos condicionantes, de modo a torná-las mais homogêneas. Trataram-se tais populações através de um processamento eletrônico, com aplicação de programas estatísticos que permitiram uma seletividade de escolha.

Os condicionantes que mais influenciaram na escolha das populações selecionadas foram os seguintes (figura 14):

AMOSTRAS CONSIDERADAS	PRINCIPAL CONDICIONANTE	POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS
ESTUDO PRELIMINAR + LEVANTAMENTO REGIONAL	Não discriminado	Total de amostras de sedimentos de corrente (Total)	597.
	Porte da bacia de drenagem	Área de drenagem 1 (Total AD <sub>1</sub> ) (bacias menores que 10 km <sup>2</sup> )	108
		Área de drenagem 2 (Total AD <sub>2</sub> ) (bacias entre 10 km <sup>2</sup> e 50 km <sup>2</sup> )	478
LEVANTAMENTO REGIONAL	Grandes traços geológicos	Total de amostras de sedimentos de corrente (Lev. Regional)	545
		Complexo Amparo	132
		Xistos e gnaisses Varginha	44
		Complexo São João del Rei	87
		Associação Paraíba do Sul	90
		Complexo LAGUS-GG	153
	Tipo litológico drenado	Alcalina de Poços de Caldas	37
		Migmatitos	111
	Gnaisses	139	

Figura 14 - Grupos de condicionantes e populações

1 - Grandes traços geológicos: As amostras de sedimentos de corrente foram separadas em função das seqüências litoestratigráficas drenadas, obtendo-se dados mais homogêneos do que os da área total. Consideraram-se as seguintes unidades:

a) Complexo Amparo: Sob essa denominação foram reunidas as amostras oriundas de áreas ocupadas pelos complexos Amparo e Itapira e pelo maciço granítico de Morungaba;

b) Xistos e gnaisses Varginha: Engloba as amostras procedentes da área de exposição dos termos granatíferos (xistos, gnaisses e granoblastitos) do Complexo Varginha;

c) Complexo São João del Rei: Agrupa todas as amostras coletadas na faixa de afloramentos dos complexos Lambari, Rio Elvas e Campos Gerais, e do Grupo Bambuí, anteriormente reunidos sob essa denominação;

d) Associação Paraíba: Diz respeito às amostras provenientes da Associação Paraíba do Sul;



e) Complexo LAGUS-GG: Sob essa sigla englobaram-se as seqüências pré-cambrianas que denotavam ter sofrido uma profunda evolução por processos metamórfico-metassomáticos, resultando em uma generalizada migmatitização e granitização, bem evidenciada nos complexos Socorro, Paraisópolis, Lavras e Varginha (especialmente na porção oeste dessa última unidade);

f) Alcalina de Poços de Caldas: Incluíram-se neste conjunto as amostras coletadas no interior da intrusão alcalina ou em suas bordas, nesse último caso drenando parcialmente o maciço, as zonas fenitizadas e as encaixantes granitoides-gnáissicas pertencentes ao Complexo Varginha.

2 - Porte das bacias de drenagem: Os resultados foram trabalhados em função do tamanho da área drenada pelos cursos d'água amostrados. Consideraram-se duas populações: uma representada pelas drenagens com bacias menores que  $10 \text{ km}^2$  de área ( $AD_1$ ) e outra reunindo as bacias com áreas entre  $10 \text{ km}^2$  e  $50 \text{ km}^2$  ( $AD_2$ ).

3 - Tipos litológicos drenados: Levou-se em consideração os litotipos drenados e admitidos como sendo representados pela rocha local da estação de coleta, não importando a seqüência litoestratigráfica em que eles estivessem inseridos. Apenas duas populações apresentaram amostras em número suficiente para o tratamento dos dados: migmatitos e gnais-ses.

4 - Equipe coletora: As amostras foram tratadas em separado, em função da equipe responsável pela coleta: a de número 2, chefiada pelo geólogo Elias Carneiro Daitx, e a de número 5, chefiada pelo geólogo Winston Addas. Este condicionante não trouxe novos subsídios, de modo que sua influência não foi comentada no presente relatório.

Face ao grande número de informações geradas, quer

durante a fase de campo, quer pelos resultados das análises efetuadas, tornou-se necessária a utilização de computador para processar em tempo hábil e a baixo custo os dados obtidos.

As populações-alvo foram preliminarmente examinadas através de tabelas de frequência, histogramas, média, desvio, assimetria, curtose, coeficiente de variação, testes de distribuição (Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado) e coeficiente de correlação do momento produto de Pearson.

Para efetuar o processamento eletrônico com a aplicação dos programas do Sistema de Estatística de Amostragem Geoquímica, os seguintes critérios foram utilizados:

1 - Admitiu-se que a distribuição dos elementos é log-normal, uma vez que os resultados analíticos são espectrográficos e medidos em intervalos logarítmicos;

2 - O estimador de tendência central é a média geométrica, que representa a abundância de determinado elemento;

3 - O coeficiente de dispersão é representado pelo desvio geométrico;

4 - Dados qualificados: os valores menores que o limite inferior de sensibilidade foram multiplicados por 0,5 e os acima do limite superior por 1,5.

#### 7.2.1 - Programas de aplicação da CPRM utilizados

1 - Sumário das estatísticas e teste de distribuição

Este programa calcula as estatísticas descritivas das amostras (senso estatístico), estimando os parâmetros da população, supondo-a normal ou lognormal.

A hipótese normal ou lognormal é testada pelos métodos de Kolmogorov-Smirnov e do qui-quadrado.

A priori, foi admitida a hipótese lognormal para as várias populações na área do projeto, calculando-se as

seguintes estatísticas e estimadores:

a) As médias foram estimadas através da média geométrica, que é o antilogaritmo da média aritmética dos logaritmos;

$$X = \log Y$$

onde Y é o valor analítico em porcentagem ou partes por milhão,

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

onde n é o número de valores de X e  $\bar{X}$  é a média aritmética dos logaritmos, e

$$MG = 10^{\bar{X}}$$

onde MG é a média geométrica de Y.

Quando a frequência de distribuição dos dados é aproximadamente simétrica em uma escala logarítmica, a média geométrica é uma medida mais apropriada da tendência central (valor médio) do que a média aritmética; mas esta também deve ser obtida, mormente para verificação da abundância geoquímica ou para comparação com as médias aritméticas que constam comumente em literatura.

A variância dos logaritmos é estimada por:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

onde os dados (Y) são logarítmicamente transformados.

Para conveniência de interpretação, a variância dos logaritmos é convertida para desvio geométrico onde:

$$DG = 10^S$$

cujos dados são derivados de uma população distribuída logarítmicamente. Onde, 68% dos valores da população são es-

timados para ocorrerem num campo de MG/DG para MG x DG e 95% da população está estimada para ocorrer num campo de MG/DG<sup>2</sup> para MG x DG<sup>2</sup>.

No teste de Kolmogorov-Smirnov a hipótese nula é rejeitada se, ao nível de 5%, a diferença entre a distribuição teórica e a distribuição observada ultrapassar o valor  $D = 1,36/\sqrt{n}$  e ao nível de 1% ultrapassar  $D = 1,63/\sqrt{n}$ .

Convém frisar que, para o teste do qui-quadrado, o número de intervalos de classe foi subtraído de três, uma vez que são três os parâmetros estatísticos utilizados para fazer o teste, ou seja, a média, a variância e o qui-quadrado.

O coeficiente de variação da amostra estima o coeficiente de variação da população:

$$C = \frac{S}{\bar{X}}$$

onde  $S = DG$ , ou seja, o desvio geométrico, e  $\bar{X} = MG$ , ou seja, a média geométrica.

b) A assimetria e a curtose foram calculadas segundo Pearson:

$$\text{Assimetria} = \frac{M_3}{S^3}$$

onde  $M_3$  = momento de terceira ordem, centrado na média e  $S^3$  = desvio geométrico elevado ao cubo.

$$\text{Curtose} = \frac{M_4}{S^4}$$

onde  $M_4$  = momento da quarta ordem, centrado na média e  $S^4$  = desvio geométrico elevado à quarta potência.

## 2 - Matriz de correlação simples

O programa calcula o coeficiente de correlação do momento produto de Pearson, indicando ainda o número de anos

tras que entraram no cálculo entre os diversos pares de variáveis. O coeficiente para cada par de variável é dado pela equação:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \bar{X} \cdot \bar{Y}}{S_y \cdot S_x}$$

onde  $\bar{X}$  = média da variável X

$\bar{Y}$  = média da variável Y

$S_x$  = desvio da variável X

$S_y$  = desvio da variável Y

A saída do programa indica, acima da diagonal principal, o coeficiente, e abaixo, o número de amostras que entraram no cálculo. Os resultados são apresentados por elementos, constando em cada tabela o nome do elemento em correlação com os outros elementos, nas seguintes populações: Área total, Complexo São João del Rei, Associação Paraíba, Alcalina de Poços de Caldas, Complexo Amparo, Xistos e gnaisses Varginha, Complexo Granito-Gnáissico, gnaisses e migmatitos.

#### 7.2.2 - Parâmetros estabelecidos

Com base no tratamento estatístico, dois grupos de valores foram estabelecidos:

a) Valor(es) médio(s) - é utilizado aqui referindo à média geométrica, sendo também usado como *background*;

b) Valor(es) contrastante(s) - são valores situados acima do  $MG \times DG^2$ , obtidos para toda a área do projeto, pela consideração da população mais representativa e que se apresentou com distribuição lognormal ou mais próxima de tal distribuição;

c) Quando a hipótese de distribuição lognormal foi aceita na área total ou em uma seqüência estratigráfica em particular, considerou-se o *threshold* (limiar) igual a  $MG \times$

DG<sup>2</sup>.

### 7.3 - Apresentação gráfica

As figuras constantes no relatório foram obtidas do Programa Sumário das Estatísticas, aplicado às várias populações, previamente selecionadas. Das opções dadas pelo programa, foram escolhidas as seguintes:

- a) selecionamento de elementos por pares de colunas (dos 30 elementos analisados nem todos foram processados pelos motivos já expostos no item 7.1);
- b) distribuição suposta lognormal;
- c) intervalos calculados por seis *steps*.

Os dados foram colocados em tabelas, segundo o elemento, nas várias populações processadas.

Para melhor visualização, os valores de assimetria e curtose foram plotados em gráficos específicos com nível de significância de 95%.

Os histogramas foram construídos com os dados logaritmizados e naqueles cujas populações aceitaram a distribuição lognormal, locaram-se linhas representando o limiar, permitindo separar os resultados anômalos dos normais.

Os mapas de distribuição geoquímica para sedimentos de corrente foram elaborados na escala 1:500.000, integrados com a geologia (traços globais das unidades litoestratigráficas). Os intervalos estão representados por círculos estabelecidos na seguinte ordem: <MG; MG a MG x DG, MG x DG a MG x DG<sup>2</sup>; MG x DG<sup>2</sup> a MG x DG<sup>3</sup> e >MG x DG<sup>3</sup>.

### 7.4 - Sedimentos de corrente

#### 7.4.1 - Considerações preliminares

A interpretação dos teores de um dado elemento em sedimentos de corrente mostra-se uma tarefa bastante proble



mática, devido às inúmeras variáveis envolvidas, tanto relacionadas ao substrato rochoso drenado, como inerentes ao seu comportamento particular no ambiente secundário. Tratando-se com drenagens cujas bacias de captação atingem vários quilômetros quadrados, torna-se claro que o material nelas coletado dificilmente terá sua origem ligada a um único tipo litológico, representando, de um modo geral, uma gama variada de populações que podem estar completamente dissociadas no ambiente primário. Por outro lado, as diferentes mobilidades dos elementos, quando dispostos em condições exógenas (influenciadas pelo Eh - pH do meio, potencial iônico, fenômenos de adsorção, etc.), contribuem ainda mais para obscurecer a sua associação primária com o *bedrock* drenado.

A quase ausência de dados sobre a distribuição dos elementos menores nas seqüências estudadas obrigou-nos a recorrer aos valores referidos na bibliografia para litotipos semelhantes aos encontrados na área do Projeto Sapucaí, mormente aqueles fornecidos por SHAW (1954), GOLDSCHMIDT (1958), ENGEL & ENGEL (1958, 1960a e 1960b), HERZ & DUTRA (1960), TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), GUIMARÃES (1966), VLASOV (1966), WEDEPOHL (1969, 1970, 1972 e 1974), GOMES (1970), MEHNERT (1971) e LEVINSON (1974). As poucas informações disponíveis acerca das formações amostradas consistem em diversas rochas coletadas pelas equipes de mapeamento e no trabalho de GUIMARÃES & DUTRA (1962) sobre o maciço alcalino de Poços de Caldas, ambos listados na tabela II, juntamente com os teores médios em determinados tipos de rochas, retirados da bibliografia.

Assim, na impossibilidade de avaliar a real influência do *bedrock* e dos agentes secundários na quantificação dos teores assinalados em sedimentos de corrente, estabeleceram-se os seguintes critérios para a interpretação dos resultados analíticos registrados no presente estudo:

- 1 - As variações de teores nos sedimentos de corrente refletem, basicamente, mudanças nos teores do substrato rochoso drenado;

TABELA II - RESULTADOS ANALÍTICOS DE AMOSTRAS DE ROCHAS INSERIDAS NAS SEQUÊNCIAS ESTUDADAS E TEORES MÉDIOS FORNECIDOS NA BIBLIOGRAFIA

NÚMERO DA AMOSTRA	ROCHA	TEOR (%)				TEOR (ppm)																				
		Fe	Mg	Ca	Ti	Mn	B	Ba	Be	Co	Cr	Cu	La	Mo	Nb	Ni	Pb	Sc	Sn	Sr	V	Y	Zn	Zr		
JC-07A	Piroxênio-Granulito	5	0,7	2	0,7	700	nd	1500	<1	10	<10	70	70	5	10	5	30	15	nd	500	30	50	200	500		
JC-180	Charnoquito	10	5	7	>1	1500	nd	1000	<1	30	50	150	50	nd	<10	50	10	20	nd	1000	200	30	<200	100		
KY-86	Hornblenda-Granulito	5	2	3	0,7	1000	nd	500	1	20	100	100	20	nd	<10	50	10	20	nd	500	200	20	<200	70		
KY-154B	Biotita-Anfibolito	15	5	7	>1	1500	<10	700	<1	30	150	70	20	nd	10	100	15	20	nd	500	150	30	200	200		
KY-155A	Perknito	15	10	15	0,5	1500	10	<20	3	50	1500	300	nd	nd	<10	300	10	70	10	nd	300	30	<200	20		
KY-158	Anfibolito	10	7	10	0,7	1500	<10	200	<1	50	1500	150	nd	nd	<10	200	10	50	<10	200	200	30	<200	30		
KY-130A	Metamorfito básico	5	1,5	<0,05	0,7	1000	10	500	30	10	100	15	50	5	<10	50	20	15	nd	nd	70	70	200	500		
KY-130B	Biotita-Gnaiss	5	0,2	0,1	0,5	700	<10	1500	5	7	20	10	30	nd	<10	10	20	15	nd	100	10	70	200	500		
JC-132B	Biotita-Gnaiss	3	1,5	3	0,5	700	10	700	<1	20	150	15	50	nd	<10	50	10	10	nd	500	100	20	200	100		
JC-165	Hornblenda-Gnaiss	5	0,7	2	1	1000	<10	1500	<1	7	10	10	150	<5	20	nd	50	15	nd	200	20	70	<200	500		
LC-95E	Hornblenda-Gnaiss	10	2	5	>1	1500	15	100	<1	30	30	15	50	nd	<10	100	20	20	nd	200	150	50	<200	200		
DB-110	Migmatito	5	2	3	0,5	1000	<10	1000	1	20	150	<5	100	nd	<10	70	50	15	nd	500	100	30	<200	300		
JD-250	Migmatito	3	1	2	1	1000	nd	1000	1,5	10	20	15	70	nd	<10	5	30	15	nd	700	100	50	<200	100		
JC-107	Granada-micaxisto	5	2	1,5	1	1000	50	500	1	20	200	70	50	nd	<10	100	30	20	nd	200	150	30	<200	200		
JC-274	Metaultrabásito	1,5	5	0,7	0,07	300	<10	<20	nd	10	300	30	nd	nd	<10	200	10	5	nd	nd	30	10	nd	10		
WA-78A	Tinguaíto	3	0,2	1	0,5	2000	10	70	2	nd	30	<5	200	7	100	<5	70	nd	<10	1500	100	50	200	700		
B I B L I O G R A F I A	LEVINSON (1974)	Ultramáficas				0,3	1300	5	2	-	150	2000	10	3,3	0,3	15	2000	0,1	10	0,5	1	50	-	50	50	
		Basalto				0,9	2200	5	250	0,5	50	200	100	10,5	1	20	150	5	38	1	465	250	25	100	150	
		Granodiorito				0,8	1200	20	500	2	10	20	30	36	1	20	20	15	10	2	450	100	30	60	140	
		Granito				0,23	500	15	600	5	1	4	10	25	2	20	0,5	20	5	3	285	20	40	40	180	
G O M E S (1970)	ROCHAS ALCALINAS	MUNDIAIS																								
		BRASILEIRAS																								
		POÇOS DE CALDAS																								
GUIMARÃES & DUTRA (1962)																										



2 - Somente foram consideradas as concentrações de valores elevados ou baixos, desprezando-se os teores anômalos individuais ou distribuídos esparsamente, desde que não ligados a corpos rochosos reconhecidos ou sugeridos pelos trabalhos de mapeamento regional;

3 - As comparações entre as seqüências litoestratigráficas basearam-se principalmente nos seus teores médios em um determinado elemento, obtidos através de um tratamento estatístico das diversas populações amostradas; e

4 - Os comentários sobre a distribuição dos elementos envolvem tanto o aspecto qualitativo (contraste entre as porções com altos e baixos teores), como quantitativo (ordem de grandeza dos teores), com ênfase no primeiro.

Os elementos serão analisados individualmente, abordando-se seu comportamento sob dois aspectos: a) num primeiro plano, os resultados são tratados do ponto de vista estatístico, fornecendo-se informações acerca do grau de detecção nas amostras, teores médios nas diversas populações; valores mínimos e máximos, dispersão relativa, distribuição da frequência, testes de assimetria e curtose, correlações com outros elementos, etc.; b) numa segunda etapa, é comentada a sua distribuição na área estudada, relacionando-se, sempre que possível, a presença de determinados valores a certas feições geológicas, por eles provavelmente responsáveis. Para tanto foram utilizadas as cartas geológicas executadas pelas equipes de mapeamento, juntamente com as informações contidas no relatório geológico do Projeto Sapucaí. Tal sistemática não foi seguida apenas para aqueles elementos de menor importância ou com poucos resultados definidos.

---

\* As populações geoquímicas consideradas são as seguintes: Total, Complexo Amparo, Xistos e gnaisses Varginha, Complexo São João del Rei, Associação Paraíba, Complexo LAGUS-GG, Alcalina de Poços de Caldas, migmatitos e gnaisses.

## 7.4.2 - Cobre

### 7.4.2.1 - Generalidades

Em 597 amostras de sedimentos de corrente analisadas para cobre, cerca de 531 apresentaram valores definidos, variando de 5 ppm a 100 ppm. A média geométrica para a área total do projeto é de 14,221 e o desvio geométrico igual a 2,204. A média mais elevada para esse elemento, à semelhança de seus associados (cobalto, cromo e níquel), ocorre nos Xistos e gnaisses Varginha (22,532), com desvio geométrico igual a 2,147. A menor média foi registrada na Alcalina de Poços de Caldas (7,958), com desvio igual a 2,702 (tabela III).

Os coeficientes de variação entre as populações geológicas oscilaram de 0,818 no Complexo Amparo a 1,299 na Alcalina de Poços de Caldas.

Quanto à distribuição, a lognormalidade é admitida nos testes de Kolmogorov-Smirnov para todos os arquivos criados, sendo interessante destacar que, em algumas populações geológicas, há aceitação também dos testes de qui-quadrado. É o que acontece com os Xistos e gnaisses Varginha e a Associação Paraíba. A lognormalidade também é aceita *in totum* nos testes de assimetria e curtose (figura 15).

Considerando como uma única população a área total do projeto, o cobre correlaciona-se com cobalto, cromo, níquel e escândio, indicando uma associação ligada a termos básicos. Nas populações selecionadas por seqüências litoestratigráficas, as associações mais conspícuas com o cobre são observadas nos Xistos e gnaisses Varginha, onde o mesmo se associa com ferro, magnésio, titânio, manganês, cobalto, cromo, níquel, escândio e vanádio. Já no Complexo São João del Rei percebe-se uma forte afinidade do cobre com o escândio, embora a correlação desse elemento com ferro, vanádio e cromo não seja desprezível. Nos complexos granitóides a associação mais forte do cobre é com cromo e níquel, indican-

do uma forte origem a partir de termos básicos e ultrabásicos (figura 16).

#### 7.4.2.2 - Distribuição na área

No âmbito da área estudada são conhecidas poucas ocorrências de minerais cupríferos, a maioria delas apresentando interesse apenas mineralógico. Disseminações de calcopirita, geralmente associada à pirita, foram identificadas em biotita-hornblenda-gnaisses cataclásticos (nas proximidades de Conceição da Aparecida), em granoblastitos granatíferos (a noroeste de Varginha), em metagabro (arredores de Piranguinho) e em mármore magnésiano (Embaú-Mirim, município de Cruzeiro).

A análise dos sedimentos de corrente permitiu-nos estabelecer, de uma maneira aproximada, a distribuição do cobre nas diversas seqüências amostradas (anexo I). Os resultados colocaram em evidência a porção nordeste do projeto, mormente no domínio dos termos granatíferos do Complexo Varginha e na faixa sul do Complexo Lavras, onde foram encontrados teores entre 50 ppm e 100 ppm Cu. Valores um pouco inferiores e mais esparsamente distribuídos foram detectados a leste de Nova Resende, a sudoeste de Monte Belo, entre Jacutinga e Pouso Alegre, e em diversos outros pontos da área, de um modo geral sempre associados a corpos básicos e ultrabásicos.

Outrossim, nas seqüências com rochas ácidas, isto é, que contêm altos percentuais de sílica, os teores foram predominantemente baixos (entre 5 ppm e 20 ppm Cu), realçando a conhecida incompatibilidade entre esse elemento e a sílica. Tal situação está presente nos maciços graníticos (Morungaba e Porto dos Mendes) e nos complexos granitóides que sofreram profunda evolução petrológica, envolvendo processos de migmatitização, palingênese ou anatexia (Socorro, Paraisópolis e parte do Varginha). As formações epi e mesometamórficas mostram comportamento semelhante (exceto nas porções in

trusionadas por corpos básicos e ultrabásicos), embora os teores aqui sejam um pouco superiores, geralmente na faixa dos 20 ppm Cu.

No contexto regional, os resultados analíticos indicam a existência de uma estreita correlação entre a presença de rochas básico-ultrabásicas e a detecção de altos teores de cobre em sedimentos de corrente, pois amostras coletadas sobre esses corpos ou em suas adjacências, mostraram normalmente teores superiores a 50 ppm Cu. Esses corpos apresentam-se metamorfizados em graus bastante variados, ocorrendo desde tipos de alto grau (anfíbolitos, charnoquitos), normalmente inseridos nos complexos granitóide-migmatíticos como núcleos paleossomáticos ou maciços refratários à migmatização, até termos com pouco ou nenhum metamorfismo (epidiorito, metabasitos xistificados, peridotitos, dunitos), cuja filiação ígnea e natureza intrusiva pode ainda ser recuperada em diversos locais.

Ao primeiro desses tipos associamos alguns dos altos teores de cobre detectados no Complexo Varginha (a sul de Poço Fundo e a oeste de Botelhos), no Complexo Paraisópolis (a norte de Virgínia) e na Associação Paraíba do Sul (entre Delfim Moreira e Marmelópolis). Ao segundo relacionamos os valores elevados assinalados no Complexo Lavras, nas porções central e oriental do Complexo Campos Gerais (mormente a leste de Nova Resende) e no Complexo Itapira (entre Ouro Fino e Pouso Alegre).

Dessas áreas, somente a faixa meridional do Complexo Lavras apresenta um maior significado pela sua continuidade geográfica com o domínio dos termos granatíferos do Complexo Varginha, que mostraram igualmente altos teores de cobre. Nessa região, localizada a sul da cidade de Nepomuceno, ocorrem diversos tipos litológicos relacionados ao Complexo Lavras (ortognaisses, paragnaisses, micaxistos e mica-quartzitos, por vezes bastante cataclásados), nos quais estão embutidos inúmeros corpos metabásicos e metaultrabási-



CPRM

cos (clorita-tremolita-actinolita-xistos, serpentinitos, etc.), possivelmente responsáveis pelos altos teores de cobre ali determinados (50 ppm - 70 ppm).

Há outras regiões, no entanto, em que foram detectados teores expressivos de cobre (entre 30 ppm e 100 ppm) e onde a presença de corpos básicos ou ultrabásicos individualizados não é significativa. É o caso de uma faixa com cerca de 60 km de extensão, indo desde São Gonçalo do Sapucaí até pouco além de Carmo da Cachoeira. Ao longo dessa zona, os teores passam de 30 ppm - 50 ppm Cu no domínio dos biotita-hornblenda-gnaisses São Gonçalo (Complexo Amparo) e granada-biotita-xistos (Complexo Lambari), para 50 ppm - 100 ppm Cu na porção oriental do Complexo Varginha, ocupada por granada-biotita-xistos e gnaisses, e granoblastitos granatíferos.

É no contexto dessas últimas unidades litológicas, cuja principal área de exposição situa-se entre Varginha e Carmo da Cachoeira, que vamos encontrar a maior concentração de cobre, dentre todas as seqüências amostradas. Disseminações de pirita e calcopirita (?) foram observadas nessas rochas, principalmente nos termos de passagem para os charnoquitos e granulitos (CAVALCANTE et alii, 1977). Esses altos teores de cobre, associados a valores expressivos de cobalto, níquel, cromo, escândio e vanádio, denunciam a participação de material básico-ultrabásico na formação dessa seqüência litológica, uma petrogênese também reconhecida pelos autores acima, com base em suas características petrográficas: presença de níveis anfibolíticos granatíferos, passagens para tipos ricos em anfibólios e piroxênios, etc..

A intrusão alcalina de Poços de Caldas apresentou o menor teor médio dentre todas as unidades geológicas consideradas. Os teores da porção interna foram muito baixos e homogêneos (iguais ou inferiores a 5 ppm Cu), sendo algo superiores nas zonas de contato com as encaixantes granitóides, onde aparecem valores de até 50 ppm Cu. Uma notável ex

ceção a esse padrão foi registrada na borda ocidental da intrusão alcalina, onde duas amostras apresentaram teores de 100 ppm Cu, indicando que as rochas piroclásticas e lavas ankaratríticas ali aflorantes estão enriquecidas nesse elemento, em relação ao resto do maciço.

Os valores assinalados na porção interna da intrusão mostram-se bastante baixos quando comparados àqueles obtidos por GUIMARÃES & DUTRA (1962) em rochas desse maciço: entre 11 ppm e 144 ppm Cu, com uma média ao redor de 43 ppm Cu, mais de oito vezes superior ao teor médio fornecido por TUREKIAN & WEDEPOHL (1961) para as rochas alcalinas mundiais (5 ppm Cu). Assim, ou os valores de GUIMARÃES & DUTRA (op. cit.) estão superestimados (não sendo representativos para todo o maciço), ou ocorre uma forte dispersão desse elemento no ambiente secundário. Os dados apresentados por GROSSI SAD & DUTRA (1971) e ALMEIDA (1976) acerca do comportamento desse elemento durante a bauxitização das rochas alcalinas, nos fornecem uma idéia da influência dos processos exógenos na distribuição do cobre. Os primeiros daqueles autores encontraram um teor médio de 4,2 ppm Cu em onze amostras de bauxitas originadas de foiaíto com 30 ppm Cu. Já ALMEIDA (op. cit.) não registrou qualquer variação entre os teores de cobre no foiaíto fresco (no centro de um *boulder* de bauxita), com 10 ppm Cu, e o do material totalmente bauxitizado (9 ppm Cu), passando por estágios intermediários com teores entre 5 ppm e 8 ppm Cu.

TABELA III - SUMÁRIO DOS ESTIMADORES - COBRE

ANTI-LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	2,5	300	14,221	2,204	0,931	531:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	2,5	100	11,708	2,110	0,864	92:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	2,5	300	14,942	2,211	0,936	434:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	2,5	300	13,779	2,237	0,955	479:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	2,5	50	12,139	2,046	0,818	116:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	LOGNORMAL	5,0	100	22,532	2,147	0,890	44:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	2,5	70	16,508	1,960	0,890	85:87
ASSOCIAÇÃO PARAÍDA	LOGNORMAL	2,5	300	12,027	2,404	1,077	72:90
COMPLEXO LAGUS-GG	LOGNORMAL	2,5	100	14,809	2,125	0,874	134:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	2,5	100	7,958	2,702	1,299	27:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	2,5	50	13,547	1,879	0,699	99:111
GNAISSES	LOGNORMAL	2,5	200	15,668	2,006	0,790	133:139

OBS: - Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.  
 - Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

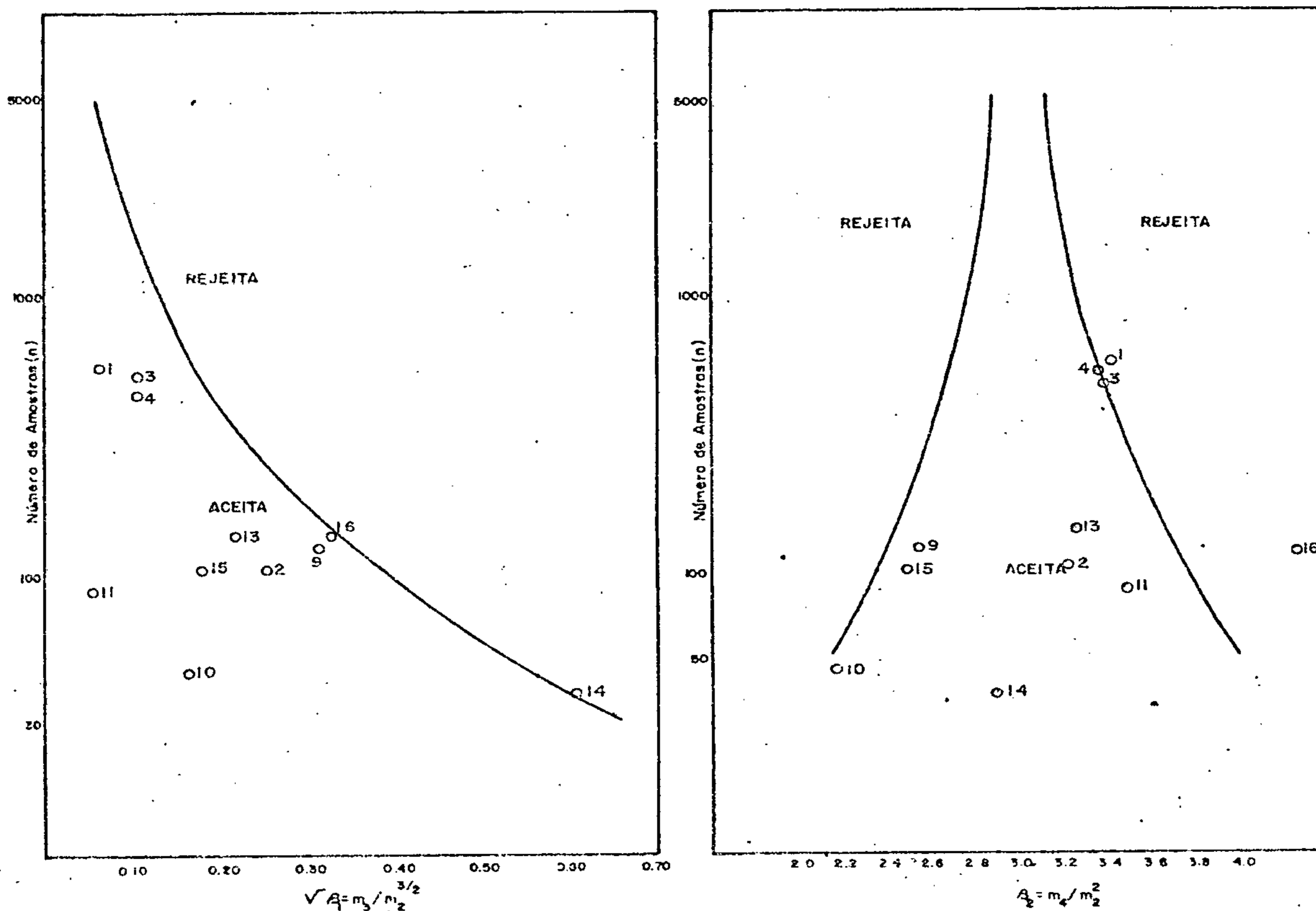
LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO
TOTAL	560	0,250	2,583	2,333	1,153	0,343	0,298
TOTAL AD1	101	0,250	2,083	1,833	1,068	0,324	0,303
TOTAL AD2	453	0,250	2,583	2,333	1,174	0,345	0,293
LEVANTAMENTO REGIONAL	508	0,250	2,583	2,333	1,139	0,350	0,307
COMPLEXO AMPARO	123	0,250	1,750	1,500	1,084	0,311	0,287
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	44	0,583	2,083	1,500	1,353	0,332	0,245
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	87	0,250	1,917	1,667	1,218	0,292	0,240
ASSOCIAÇÃO PARAÍDA	77	0,250	2,583	2,333	1,080	0,381	0,353
COMPLEXO LAGUS-GG	139	0,250	2,083	1,833	1,171	0,327	0,280
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	37	0,250	2,083	1,833	0,901	0,432	0,479
MIGMATITOS	100	0,250	1,750	1,500	1,132	0,274	0,242
GNAISSES	136	0,250	2,417	2,167	1,195	0,302	0,253

### TESTES DE DISTRIBUIÇÃO COBRE

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV				QUI-QUADRADO			
						F MÍN. 1,5		F MÍN. 50			
				5%	1%	5%	1%	5%	1%		
1	TOTAL	0,057	3,438	+	+	-	-	-	-		
2	TOTAL AD1	-0,252	3,234	+	+	-	-	+	+		
3	TOTAL AD2	0,101	3,399	+	+	-	-	-	-		
4	LEV REGIONAL	0,102	3,374	+	+	-	-	-	-		
9	COMPLEXO AMPARO	-0,313	2,541	+	+	-	-	-	-		
10	XISTOS e Gn. VARGINHA	-0,161	2,161	+	+	+	-	+	+		
11	COMPLEXO S. JOÃO DEL REI	-0,051	3,507	+	+	-	-	-	-		
12	ASSOCIAÇÃO PARAIBA	0,843*	5,046*	+	+	-	+	+	+		
13	COMPLEXO LAGUS-GG	0,215	3,268	+	+	-	-	-	-		
14	ALCALINA POÇOS DE CALDAS	0,607	2,914	+	+	-	-	-	-		
15	MIGMATITOS	-0,179	2,490	+	+	-	-	-	-		
16	GNAISSES	0,334	4,289	+	+	-	+	-	-		

+ Acerta a hipótese nula

- Rejeita a hipótese nula

\* Rejeitadas, o ponto cai além dos limites do quadro

Figura 15 - Testes de distribuição do elemento Cu: assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado; nas diversas populações



COBRE

MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		VISTOS E GN VARGINHA		COMPLEXO S J DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍSA		COMPLEXO LAGUS-GG		ALCALINA P DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	Cu	n	Cu	n	Cu	n	Cu	n	Cu	n	Cu	n	Cu	n	Cu	n	Cu	
Fe	531	○	116	⊙	44	●	85	⊙	72	○	134	·	27	○	99	⊙	133	○	Fe
Mg	527	·	113	·	44	⊙	85	·	72	○	133	·	27	⊙	98	○	131	·	Mg
Ca	445	(·)	99	·	30	·	70	·	66	·	115	·	21	⊙	87	(·)	113	(·)	Ca
Ti	339	○	83	⊙	22	⊙	62	○	67	○	59	·	13	·	81	○	82	·	Ti
Mn	529	·	116	○	44	⊙	85	○	72	○	134	·	25	·	99	○	133	○	Mn
B	315	(·)	82	○	25	⊙	69	·	38	(·)	68	(·)	7	·	55	(·)	83	·	B
Ba	530	·	116	·	44	·	85	·	72	·	134	·	27	⊙	99	·	133	·	Ba
Be	96	(·)	15	·	2	*	3	*	26	·	16	·	16	·	20	·	11	·	Be
Co	516	⊙	111	⊙	43	●	85	⊙	69	○	132	○	25	●	95	⊙	131	○	Co
Cr	531	⊙	116	○	44	⊙	85	○	72	⊙	134	⊙	27	○	99	⊙	133	○	Cr
Cu		●		●		●		●		●		●		●		●		●	Cu
La	489	(·)	99	·	42	○	69	·	68	·	131	○	27	·	88	(·)	125	(·)	La
Ni	523	⊙	114	⊙	44	●	85	○	70	○	131	⊙	26	●	97	⊙	133	○	Ni
Pb	486	·	104	·	36	○	71	·	70	·	130	·	27	·	94	·	118	·	Pb
Sc	474	⊙	94	⊙	42	●	85	⊙	68	○	116	○	21	⊙	88	⊙	117	○	Sc
Sr	129	·	20	○	1	*	8	*	25	·	36	·	21	○	22	(·)	22	·	Sr
V	531	○	116	○	44	⊙	85	⊙	72	⊙	134	·	27	·	99	○	133	○	V
Y	520	(·)	113	·	43	·	81	·	71	·	134	(·)	27	·	97	·	130	(·)	Y
Zr	331	·	79	·	33	·	51	·	57	○	64	(·)	12	·	67	○	86	·	Zr

LEGENDA

- n - nº de amostras que entraram no cálculo
- \* - insuficiência de valores definidos
- - < 0,3
- - 0,3 a 0,4
- ⊙ - 0,4 a 0,5
- ⊙ - 0,5 a 0,6
- ⊙ - 0,6 a 0,7
- ⊙ - 0,7 a 0,8
- ⊙ - > 0,8
- (·) - correlação negativa

Figura 16

COBRE

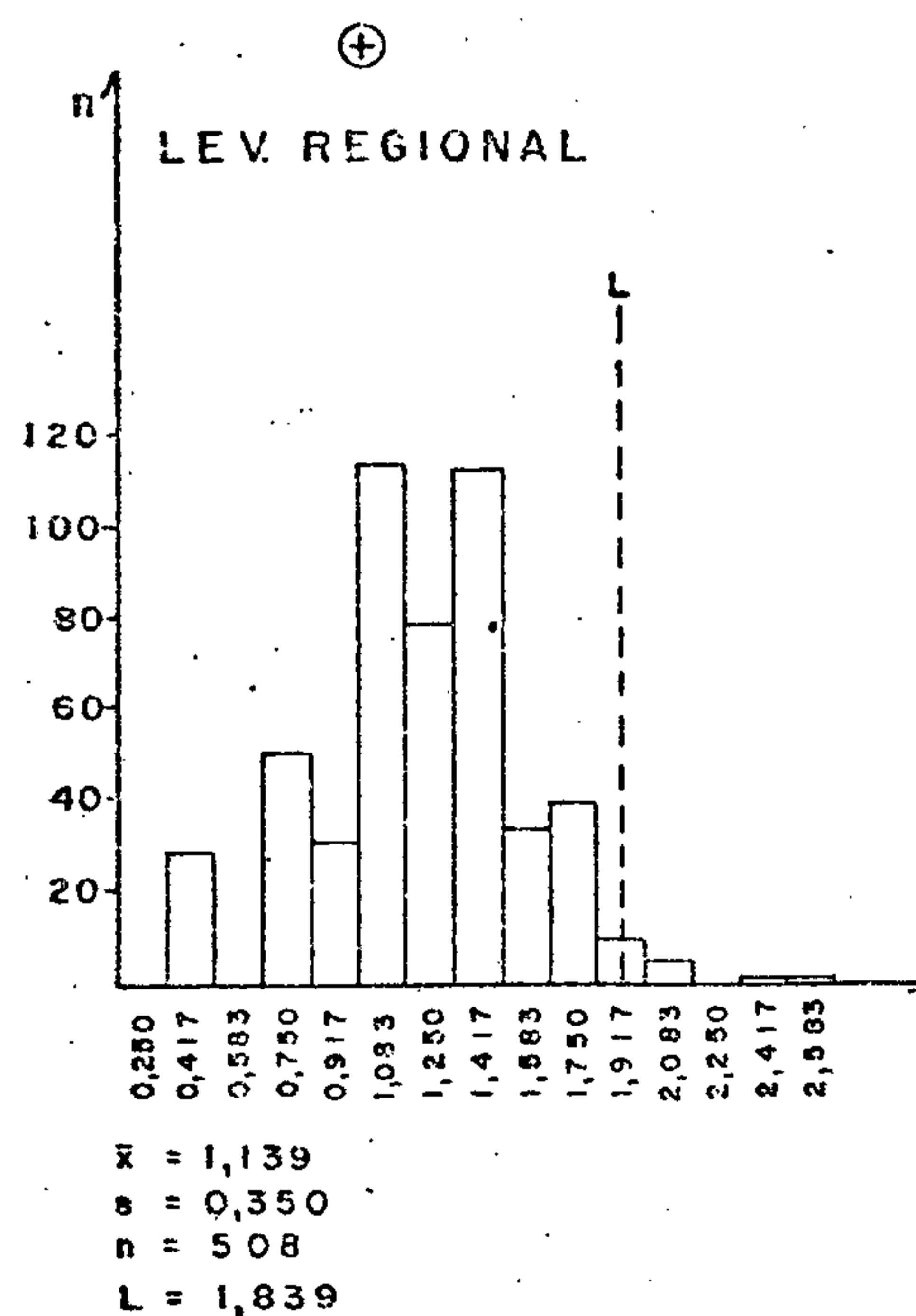
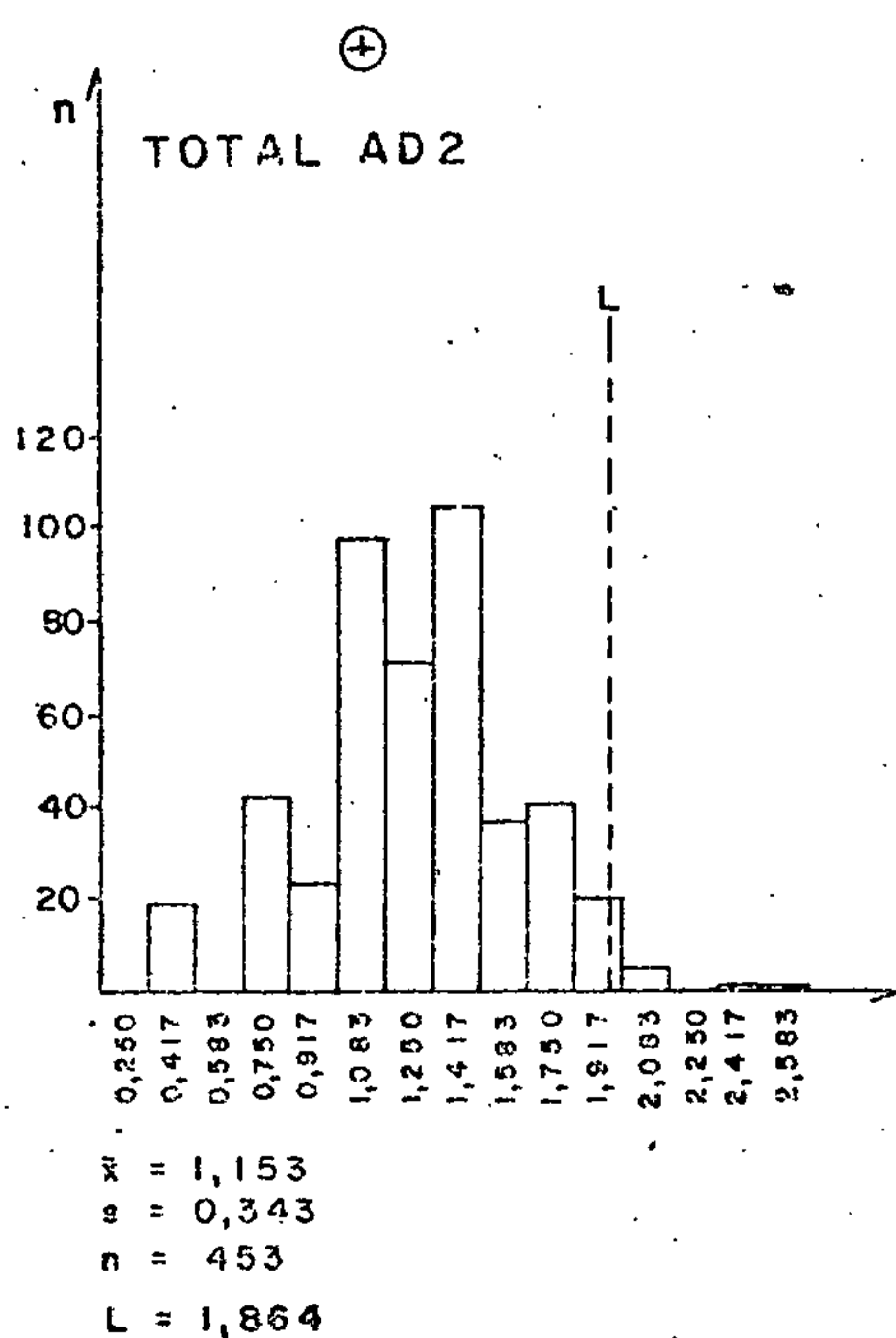
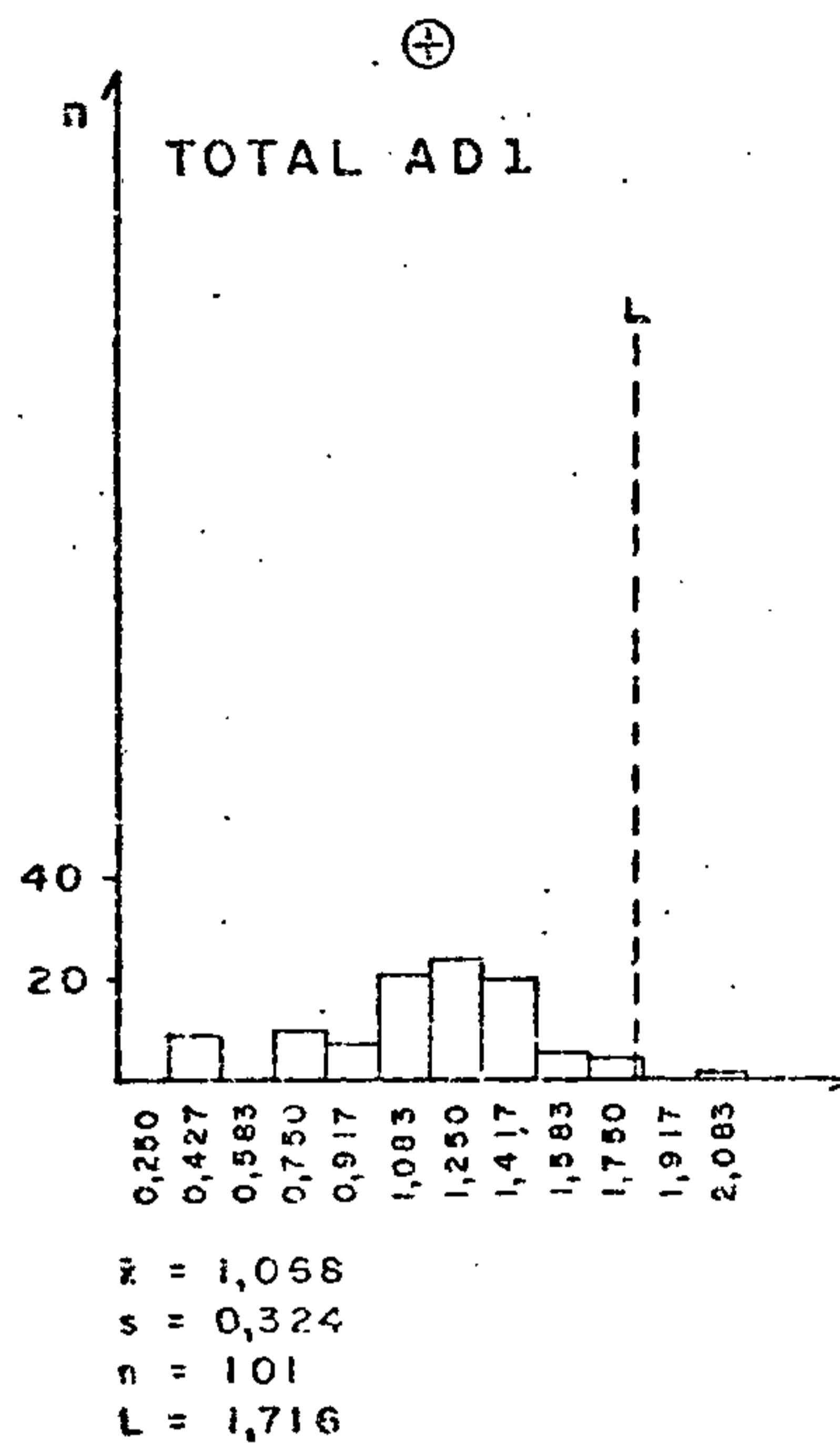
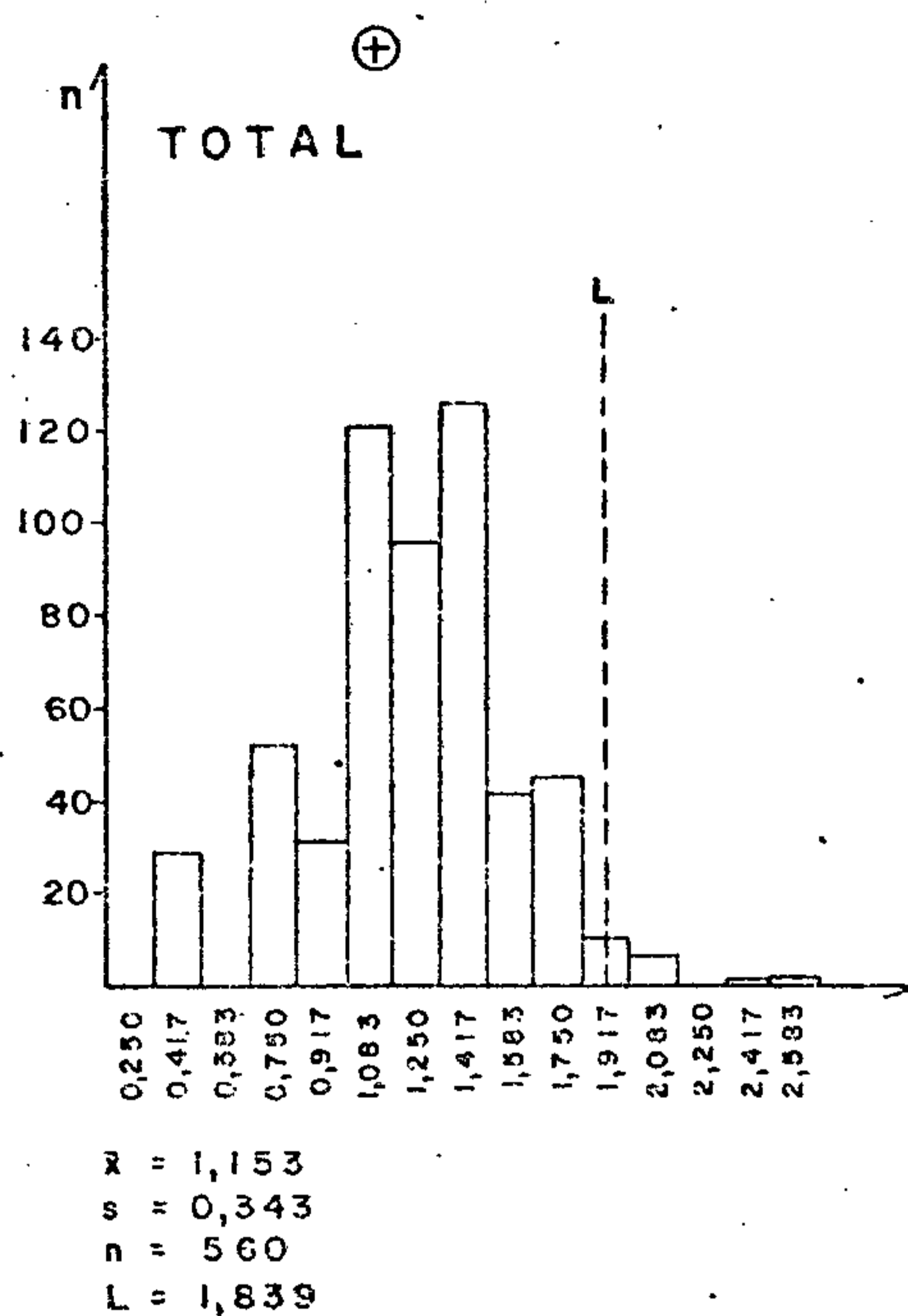


Figura 17 - Histogramas de dados logaritmizados.

C O B R E

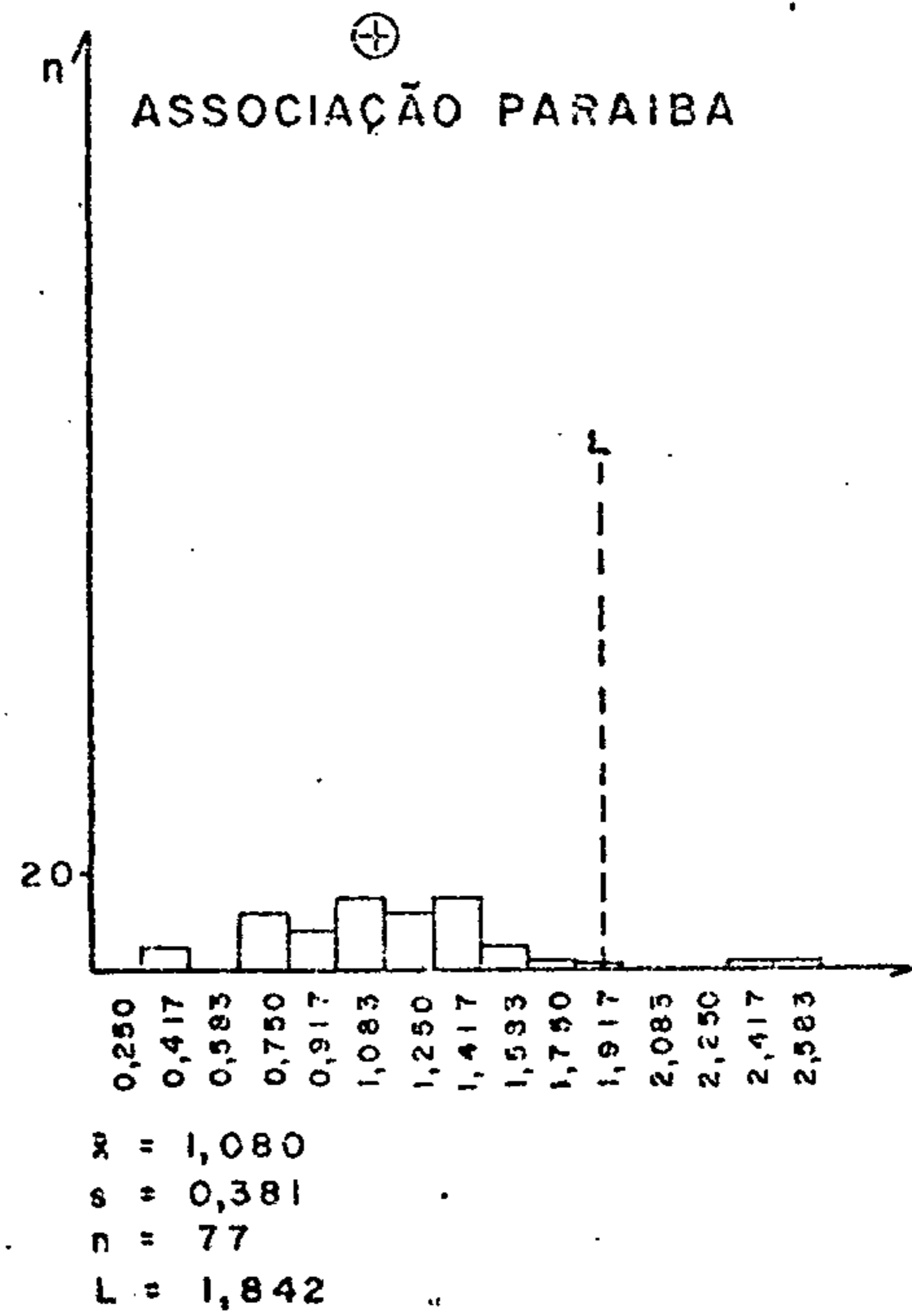
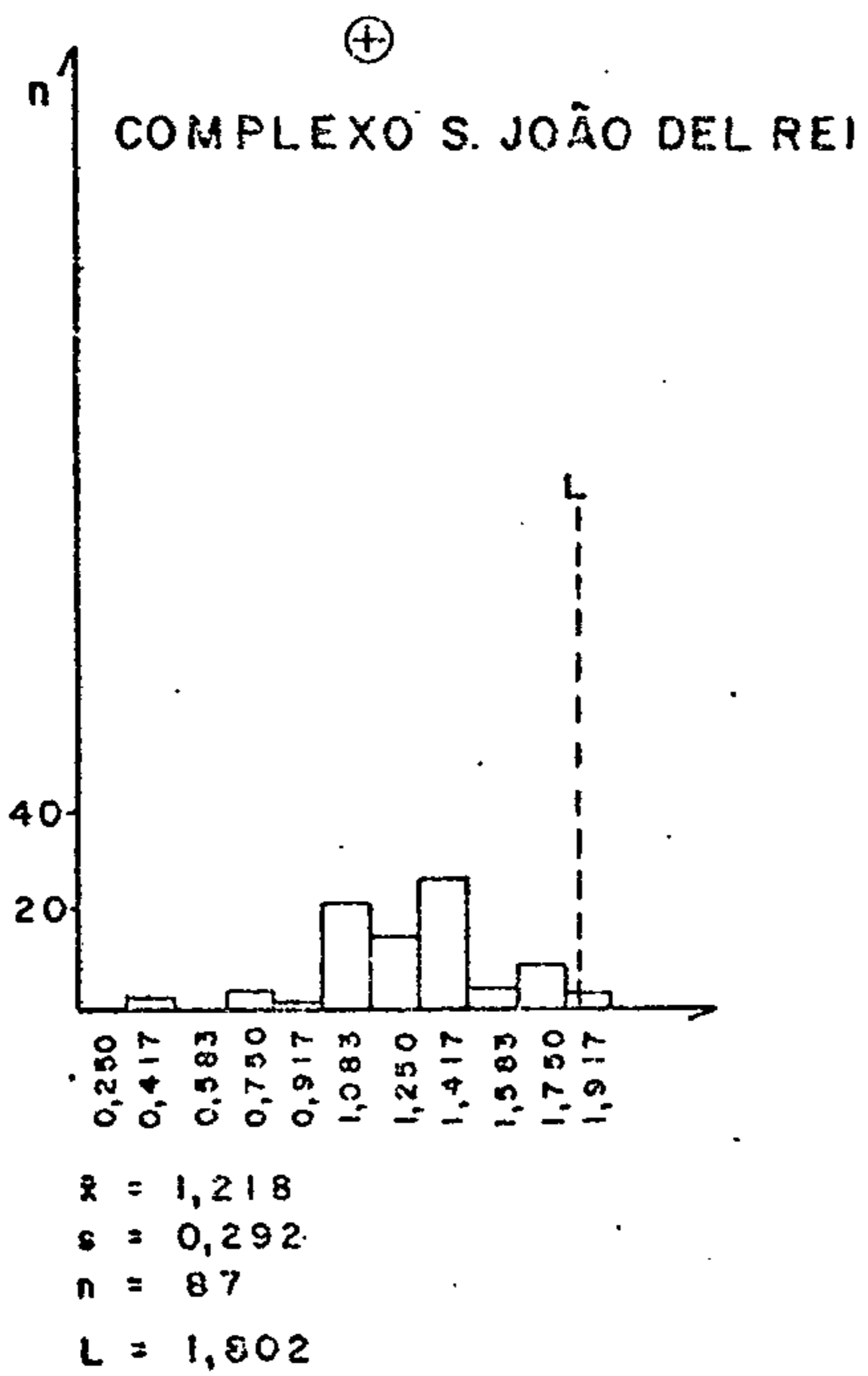
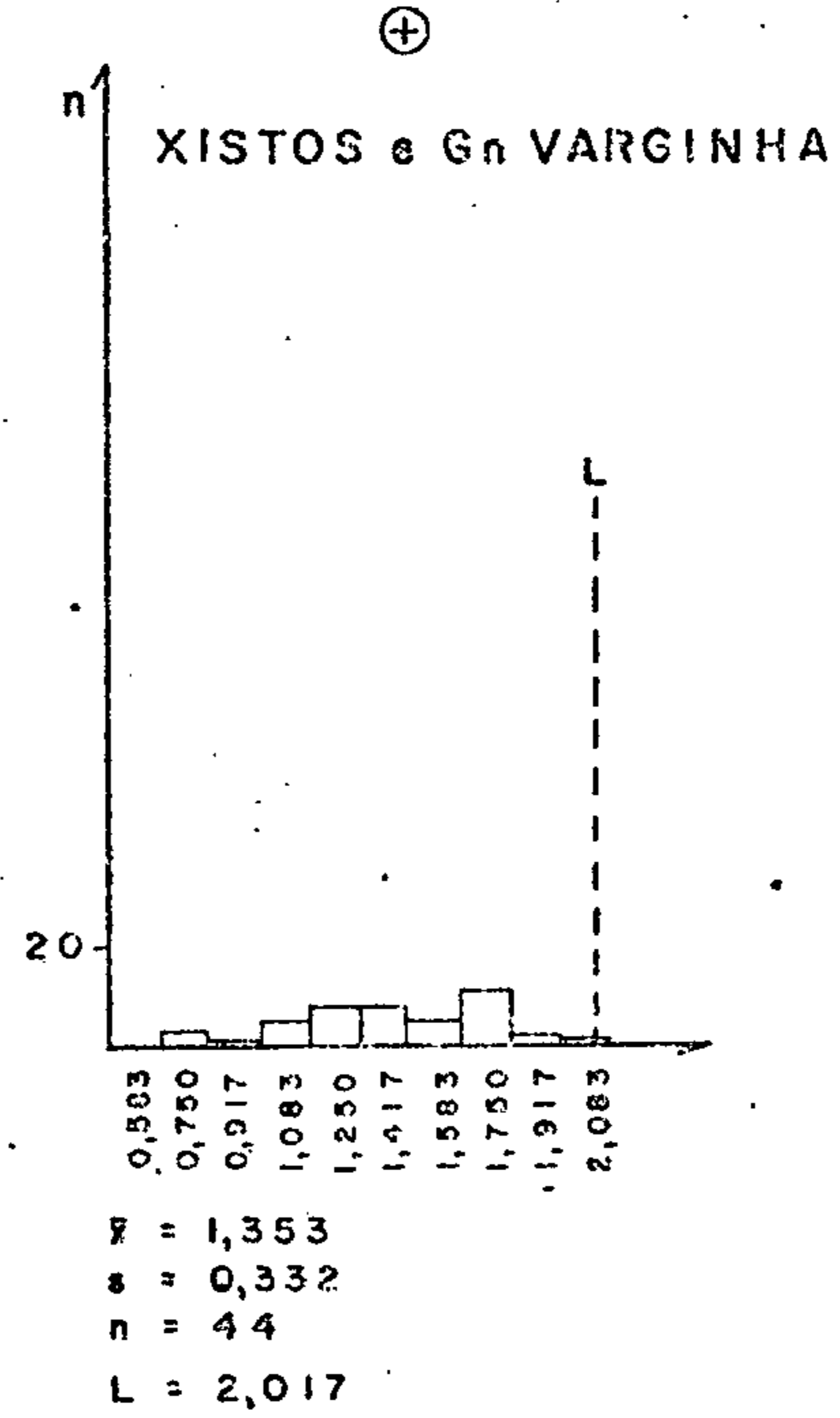
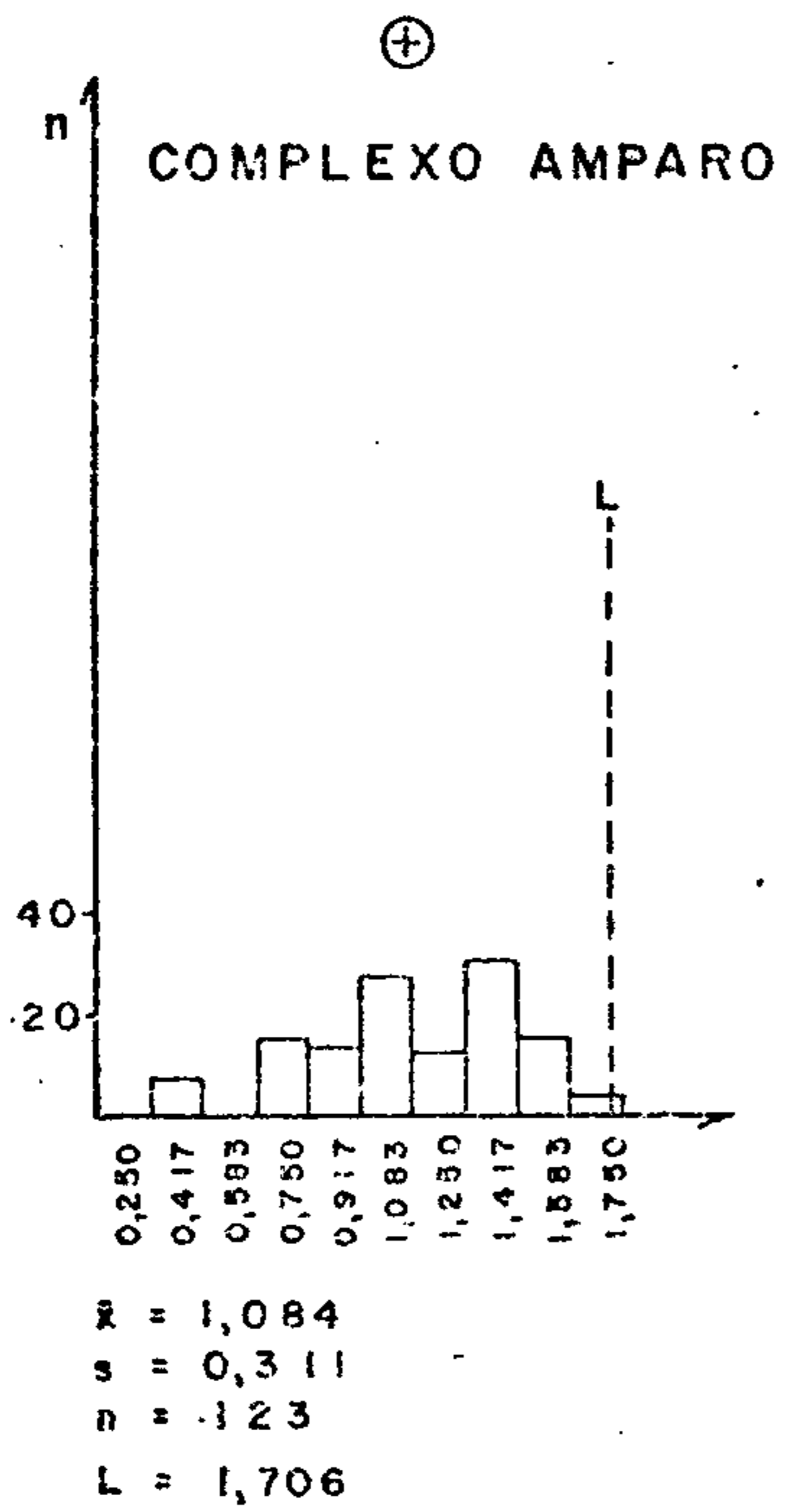


Figura 18 - Histogramas de dados logaritmizados.

COBRE

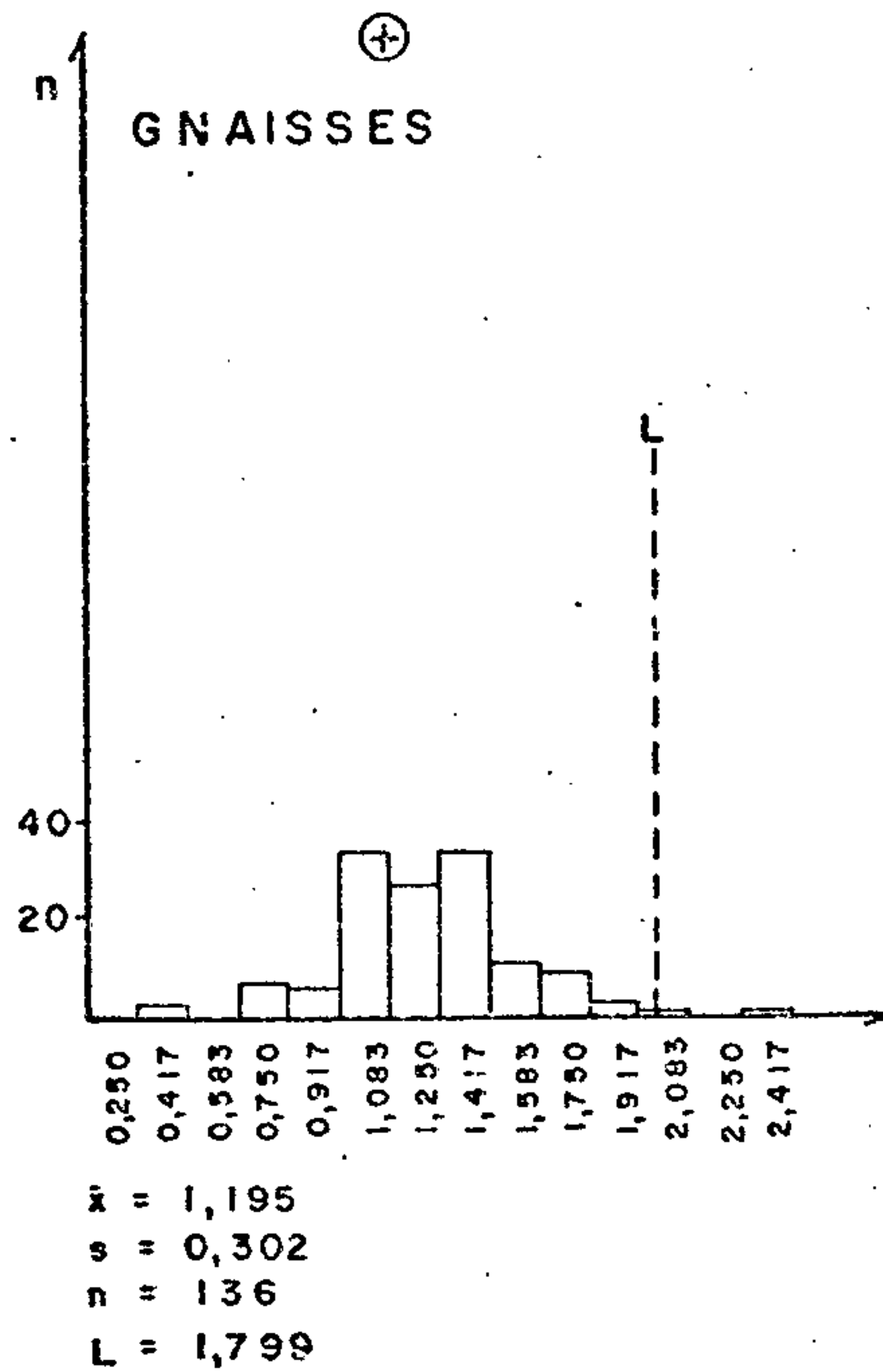
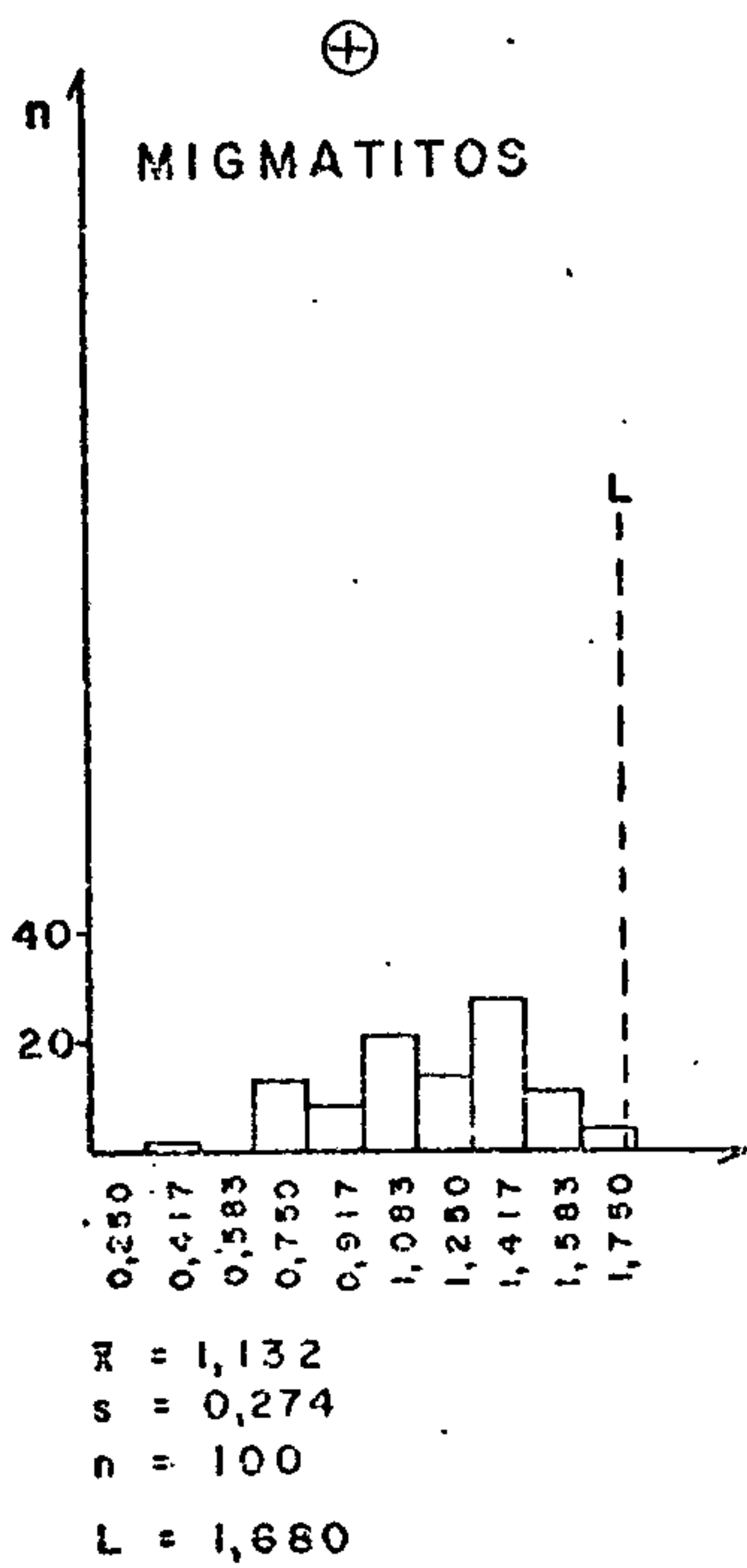
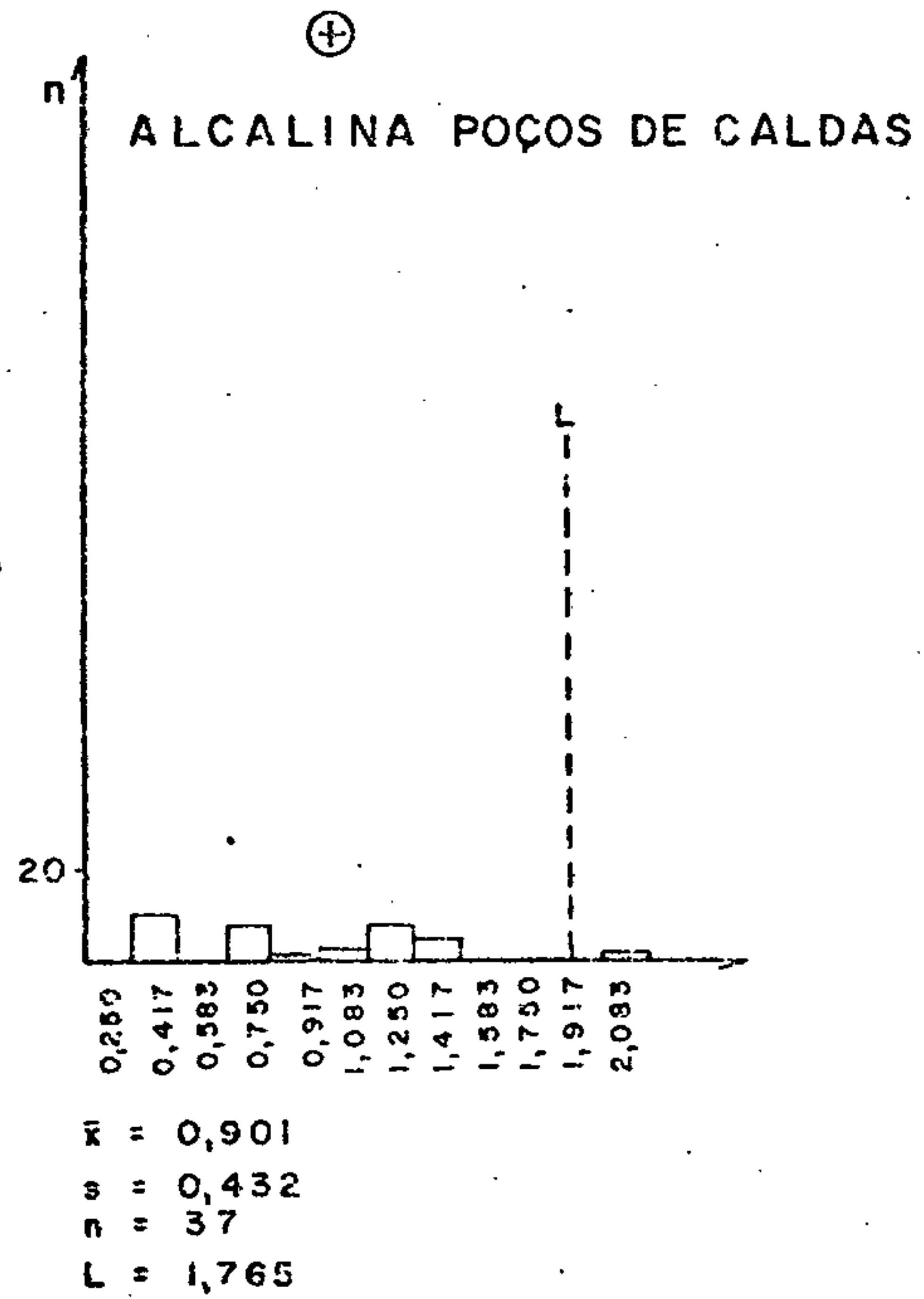
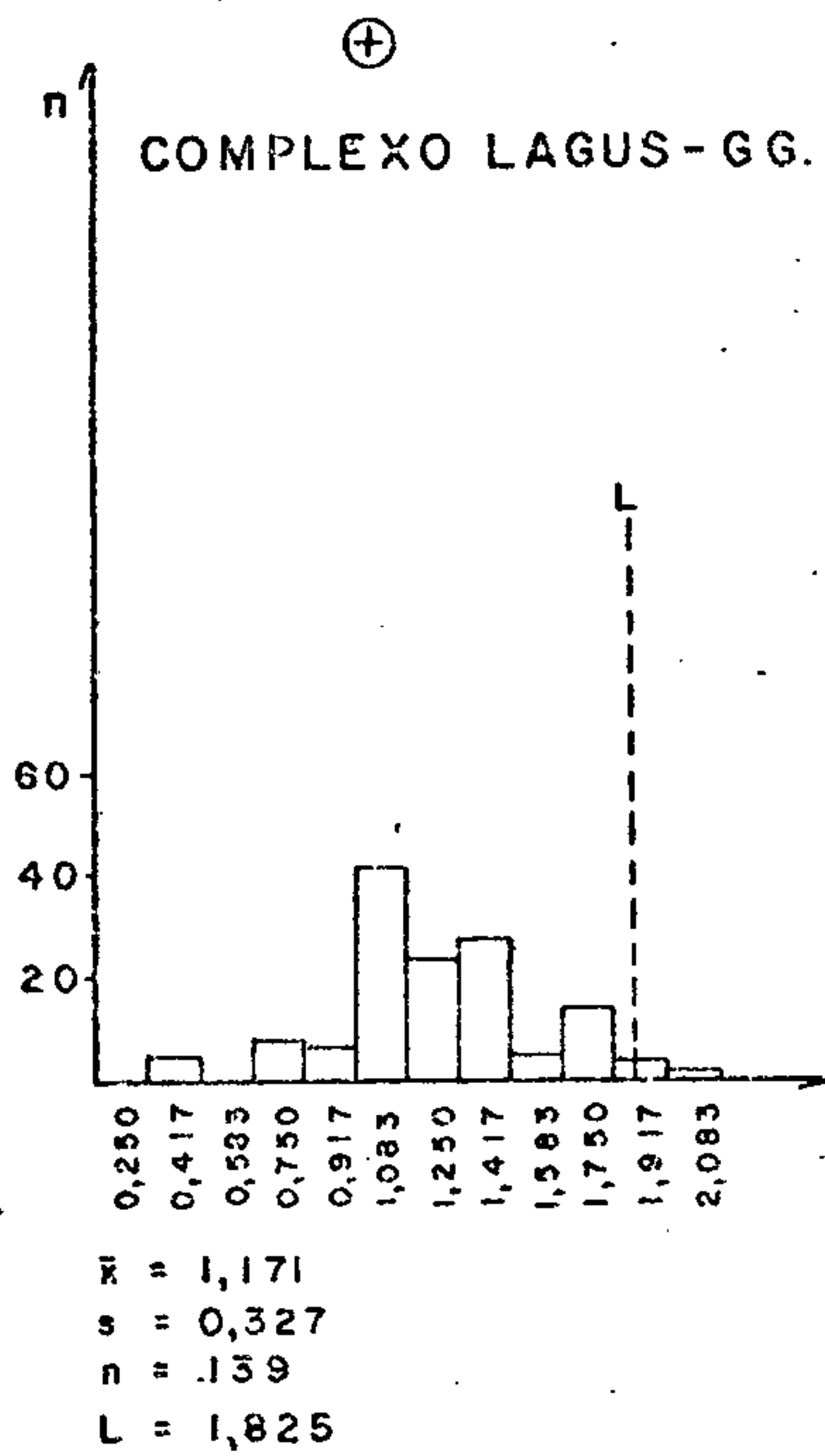


Figura 19 - Histogramas de dados logaritmizados.

### 7.4.3 - Cromo

#### 7.4.3.1 - Generalidades

Na área total o cromo apresentou grau de detecção 595:597, com os valores definidos variando entre 10 ppm e 1.000 ppm, dando uma média geométrica igual a 75,909 e desvio geométrico igual a 2,169. A média mais elevada situou-se nos Xistos e gnaisses Varginha com valor igual a 132,802 e desvio igual a 2,009. O valor máximo de 1.000 ppm foi obtido no Complexo LAGUS-GG.

A dispersão relativa do cromo oscilou muito pouco, obtendo-se o menor coeficiente de variação na Associação Paraíba (0,682) e o maior na Alcalina de Poços de Caldas (1,125). A sequência mais pobre em cromo é a Associação Paraíba, com média igual a 51,17, tendo o valor máximo atingido apenas 100 ppm (tabela IV).

Todas as populações amostradas aceitaram o teste de Kolmogorov-Smirnov para lognormalidade. Entre as populações representadas por seqüências litoestratigráficas, algumas admitiram não só o teste de lognormalidade de Kolmogorov-Smirnov, como também o teste de qui-quadrado, acatando a hipótese nula, segundo a qual não há diferença significativa entre a distribuição esperada e a observada. Esse fato ocorreu com as seguintes populações geológicas: Xistos e gnaisses Varginha, Complexo LAGUS-GG e Alcalina de Poços de Caldas (figura 20).

O cromo, como era de se esperar, é um elemento que depende muito do ambiente primário. Assim é que nas duas populações litológicas consideradas (migmatitos e gnaisses), houve uma aceitação total dos testes de lognormalidade de Kolmogorov-Smirnov, assim como do qui-quadrado.

Quanto ao teste de assimetria das populações geológicas, somente o Complexo LAGUS-GG rejeita a lognormalidade. Quanto ao teste de achatamento, apenas os Xistos e gnaisses Varginha e a Alcalina de Poços de Caldas aceitam a

hipótese nula da lognormalidade a um nível de significância de 95%.

O cromo correlaciona-se, em geral, com níquel e cobre, sendo essa associação mais conspícua nos Xistos e gnaisses Varginha, na Associação Paraíba e no Complexo LAGUS-GG. Deve-se ressaltar que no Complexo Amparo o único elemento correlacionável com o cromo é o níquel, enquanto que nos Xistos e gnaisses Varginha, além do níquel, temos cobre, ferro, cobalto, escândio e vanádio. Já na Associação Paraíba a correlação do cromo se dá principalmente com magnésio, cobre, níquel, ferro, titânio e escândio. Altíssima correlação entre o cromo e o cobalto foi observada na Alcalina de Poços de Caldas; secundariamente também com ferro, magnésio, cobre, níquel e escândio (figura 21).

#### 7.4.3.2 - Distribuição na área

A profunda afinidade existente entre o cromo e as rochas ultrabásicas, um fato geológico amplamente reconhecido, ficou bem caracterizada durante o atual levantamento geológico, onde a maioria dos altos teores desse elemento foram registrados, ou nas seqüências intrusionadas por corpos de natureza ultrabásica (Complexos Campos Gerais, Lavras e Amparo), ou nas unidades que receberam uma contribuição de material básico-ultrabásico na sua formação (principalmente os termos granatíferos do Complexo Varginha) (anexo II).

À semelhança do que ocorre com o cobre e o níquel, aos quais o cromo geralmente se associa, vamos encontrar os teores mais baixos desse elemento nos maciços graníticos (Morungaba e Porto dos Mendes), nas porções altamente granitizadas dos complexos granitóide-migmatíticos e na intrusão alcalina de Poços de Caldas\*. Nesses conjuntos detectaram-se teores entre 10 ppm e 70 ppm Cr, predominando valores ao redor de 50 ppm Cr.

---

\* No ribeirão do Quartel (borda oeste do maciço), que drena a principal faixa de afloramentos de rochas piroclásticas, registrou-se, excepcionalmente, um teor de 300 ppm Cr.



CPRM

Teores dessa mesma ordem foram assinalados igualmente nas seqüências metamórficas em que os processos de granitização/migmatitização atuaram menos intensamente: Associação Paraíba do Sul, Complexos Amparo e Itapira e borda oriental do Complexo Paraisópolis. Nessas unidades, no entanto, ocorrem diversas amostras com teores ao redor de 100 ppm - 150 ppm Cr, por vezes atingindo 200 ppm Cr (intrusão alcalino-básico-ultrabásica de Ponte Nova), ou mesmo 700 ppm Cr (área de exposição de xistos ultrabásicos, a leste de Heliodora, inseridos no Complexo Amparo), o que resulta num teor médio regional superior ao do conjunto anterior.

No domínio das formações epi a mesometamórficas (Complexos Lambari, Rio Elvas e Campos Gerais e Grupo Bambuí) os teores se elevam globalmente, com a maioria dos valores situando-se entre 100 ppm e 150 ppm Cr. De modo idêntico ao que ocorre com os teores de cobre e níquel, a distribuição do cromo nessas seqüências vai ser bastante influenciada pela presença de corpos ultrabásicos. Como essas rochas são raras no Complexo Lambari, poucas são as amostras onde os teores alcançam 200 ppm Cr. Já no Complexo Campos Gerais, onde tais intrusões ocorrem em grande número, teores acima de 200 ppm Cr tornam-se comuns, aparecendo diversos resultados com 500 ppm - 700 ppm Cr.

Detectaram-se valores dessa amplitude tanto entre Nova Resende e Conceição da Aparecida, como a sul de Campos Gerais, sempre associados a corpos de rochas ultrabásicas. Na primeira área, junto às localidades de Gramma e fazenda Catalão, tais corpos ultrabásicos (dunitos, serpentinitos, piroxenitos e serpentina-anfibólio-xistos) estão mineralizados à cromita, o que levou a CPRM a desenvolver um programa de pesquisas na área (Projeto Catalão), que concluiu pela inexistência de minério em quantidade economicamente explorável (SANTOS et alii, 1976). Rochas metabásicas e metaultrabásicas, bastante afins às anteriores, ocorrem embutidas em diversos litotipos do Complexo Lavras, a elas relacionando-se os teores elevados de cromo ali registrados (500 ppm a 1.000 ppm).



CPRM

Na área de afloramentos dos termos granatíferos do Complexo Varginha (xistos, gnaisses e granoblastitos), quer na porção oriental daquela unidade (entre Varginha e Carmo da Cachoeira), como no extremo ocidental (a norte de Guaxupê), foram assinalados teores de cromo acima de 200 ppm, por vezes alcançando 500 ppm Cr, confirmando o seu grande potencial metalífero, já denunciado pelos altos teores de cobre e níquel nela detectados.



TABELA IV — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — CROMO

ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	5	1.000	75,909	2,169	0,906	595:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	5	500	58,809	2,642	1,253	106:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	10	1.000	80,576	2,040	0,814	478:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	5	1.000	76,074	2,158	0,898	543:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	10	500	62,781	1,954	0,752	132:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	LOGNORMAL	20	500	132,802	2,009	0,792	44:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	15	700	128,345	1,961	0,757	87:87
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	LOGNORMAL	5	100	51,170	1,856	0,682	88:90
COMPLEXO LAGUS-GG	LOGNORMAL	10	1.000	79,207	2,021	0,801	153:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	10	300	49,774	2,470	1,125	37:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	5	150	56,584	1,797	0,640	110:111
GNAISSES	LOGNORMAL	15	1.000	97,041	1,962	0,759	139:139

OBS: - Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.

- Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

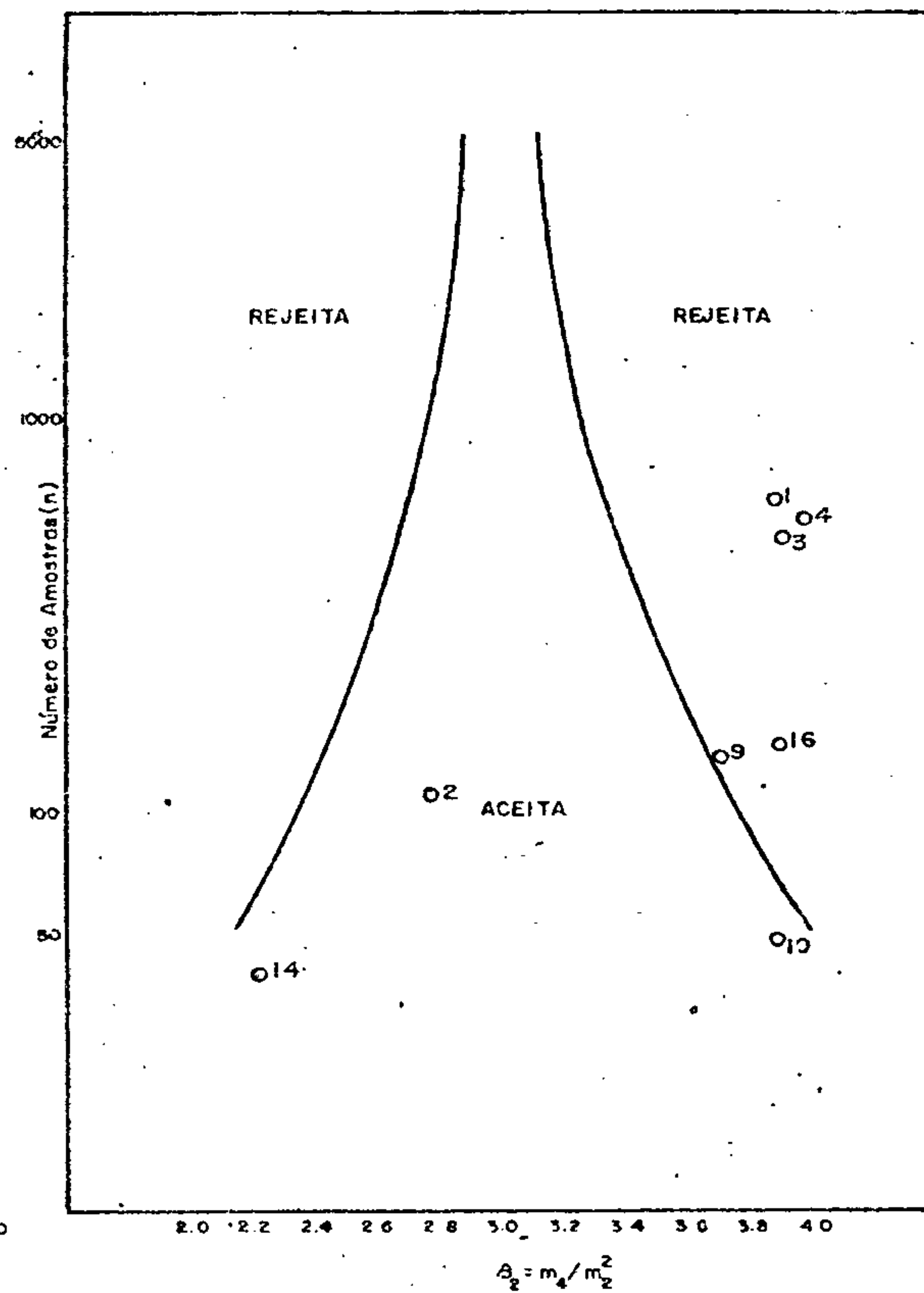
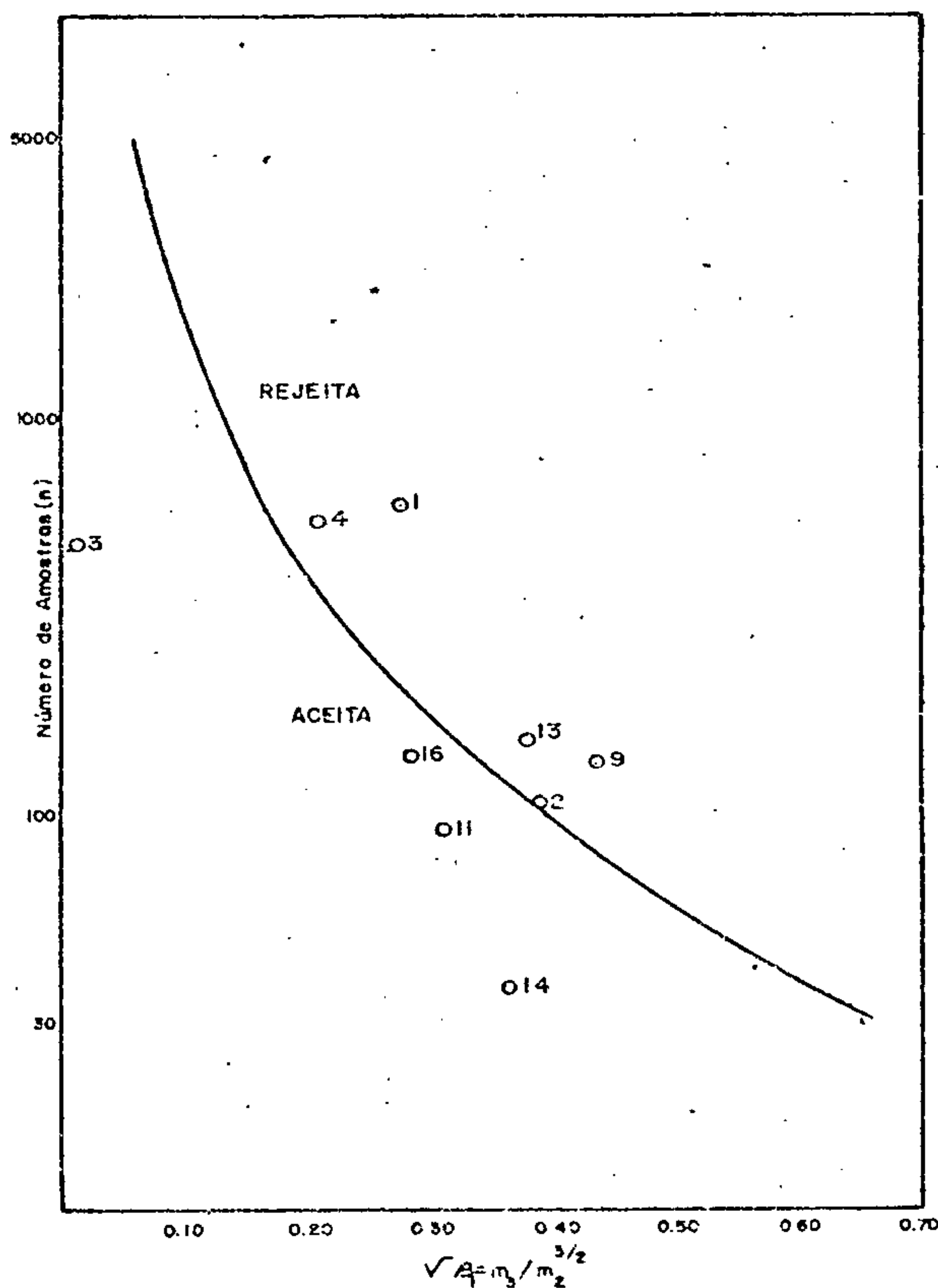
LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO
TOTAL	597	0,583	3,083	2,500	1,880	0,336	0,179
TOTAL AD1	108	0,583	2,750	2,167	1,769	0,422	0,238
TOTAL AD2	478	0,917	3,083	2,167	1,906	0,310	0,162
LEVANTAMENTO REGIONAL	545	0,583	3,083	2,500	1,881	0,334	0,178
COMPLEXO AMPARO	132	0,917	2,750	1,833	1,798	0,291	0,162
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	44	1,250	2,750	1,500	2,123	0,303	0,143
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	87	1,083	2,917	1,833	2,108	0,292	0,139
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	90	0,583	2,083	1,500	1,709	0,268	0,157
COMPLEXO LAGUS-GG	153	0,917	3,083	2,167	1,899	0,306	0,161
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	36	0,917	2,583	1,667	1,697	0,393	0,231
MIGMATITOS	111	0,583	2,250	1,667	1,753	0,254	0,145
GNAISSES	139	1,083	3,083	2,000	1,987	0,293	0,147

## TESTES DE DISTRIBUIÇÃO CROMO

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV		QUI-QUADRADO			
				5%	1%	F. MÍN. 1,5		F. MÍN. 50	
						5%	1%	5%	1%
1	TOTAL	-0,274	3,929	+	+	-	-	-	-
2	TOTAL AD 1	-0,389	2,772	+	+	-	+	-	-
3	TOTAL AD 2	-0,007	3,941	+	+	-	-	-	-
4	LEV. REGIONAL	-0,209	4,012	+	+	-	-	-	-
9	COMPLEXO AMPARO	-0,439	3,736	+	+	-	+	-	-
10	XISTOS e Gn VARGINHA	-0,800*	3,938	+	+	+	+	+	+
11	COMPLEXO S. JOÃO DEL REI	-0,311	4,429*	+	+	-	-	+	-
12	ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	-1,389*	5,526*	+	+	+	-	+	+
13	COMPLEXO LAGUS-GG.	0,382	4,970*	+	+	+	+	+	+
14	ALCALINA POÇOS DE CALDAS	-0,368	2,201	+	+	+	+	+	+
15	MIGMATITOS	-1,220*	5,274*	+	+	+	+	+	+
16	GNAISSES	0,289	3,939	+	+	+	+	+	+

+ Aceita a hipótese nula

- Rejeita a hipótese nula

\* Rejeitadas o ponto cai além dos limites do quadro

Figura 20— Testes de distribuição do elemento Cr: assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado; nas diversas populações.

### CROMO

#### MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

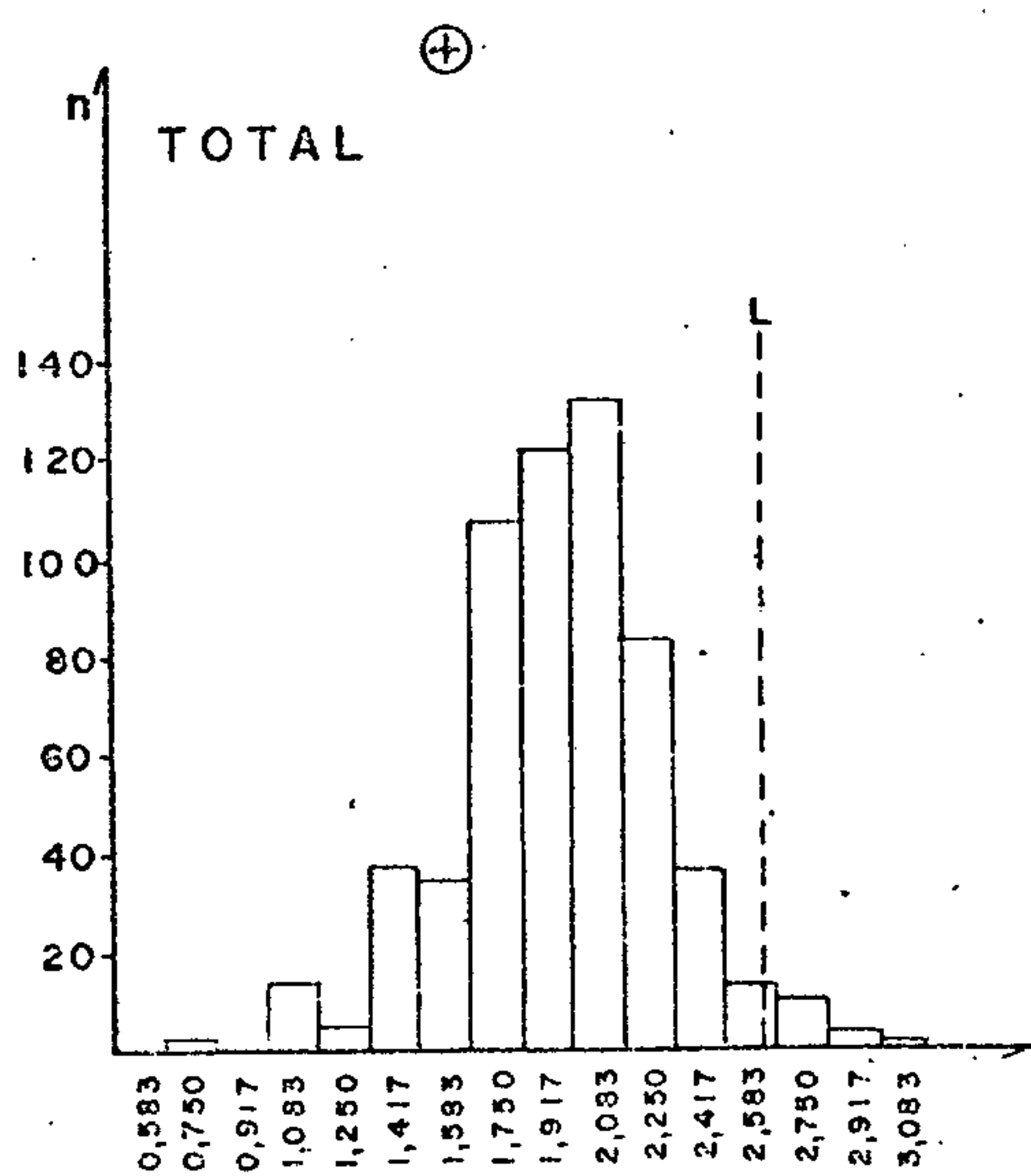
	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOS E GN VARGINHA		COMPLEXO S J DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-GG		ALCALINA P DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	Cr	n	Cr	n	Cr	n	Cr	n	Cr	n	Cr	n	Cr	n	Cr	n	Cr	
Fe	595	○	132	·	44	●	87	○	88	●	153	·	37	●	110	●	139	·	Fe
Mg	589	·	128	·	44	○	87	○	88	●	151	·	37	●	109	·	136	·	Mg
Ca	487	·	109	·	30	·	70	·	80	○	131	(-)	22	●	97	·	116	·	Ca
Ti	366	○	90	○	22	○	64	●	72	●	63	○	22	○	83	●	85	○	Ti
Mn	592	·	132	·	44	●	87	●	88	○	153	(-)	34	○	110	·	139	·	Mn
B	353	·	92	(-)	25	(-)	71	(-)	47	○	76	(-)	15	·	60	(-)	87	·	B
Ba	592	(-)	132	·	44	(-)	86	(-)	88	○	152	○	37	○	110	(-)	139	(-)	Ba
Be	112	○	16	·	2	*	3	*	29	(-)	18	·	26	(-)	22	(-)	11	(-)	Be
Co	567	○	121	·	43	●	85	○	85	○	150	·	31	●	106	·	135	○	Co
Cr		●		●		●		●		●		●		●		●		●	Cr
Cu	531	●	116	○	44	●	85	○	72	●	134	●	27	○	99	●	133	○	Cu
La	550	(-)	113	(-)	42	·	70	·	84	(-)	150	(-)	37	·	99	(-)	129	(-)	La
Ni	575	●	127	●	44	●	87	●	86	●	148	●	29	●	108	●	138	●	Ni
Pb	545	(-)	118	(-)	36	·	71	(-)	86	·	148	(-)	37	(-)	105	·	123	(-)	Pb
Sc	495	○	101	·	42	●	85	○	71	●	122	○	26	●	92	●	119	·	Sc
Sr	160	·	22	○	1	*	8	*	36	·	45	·	29	○	27	(-)	22	·	Sr
V	594	○	131	○	44	●	87	●	88	●	153	○	37	·	110	●	138	●	V
Y	582	(-)	129	(-)	43	(-)	81	·	87	(-)	153	(-)	37	·	108	(-)	136	·	Y
Zr	359	·	87	·	33	(-)	53	○	62	○	71	○	18	·	71	·	89	(-)	Zr

#### LEGENDA

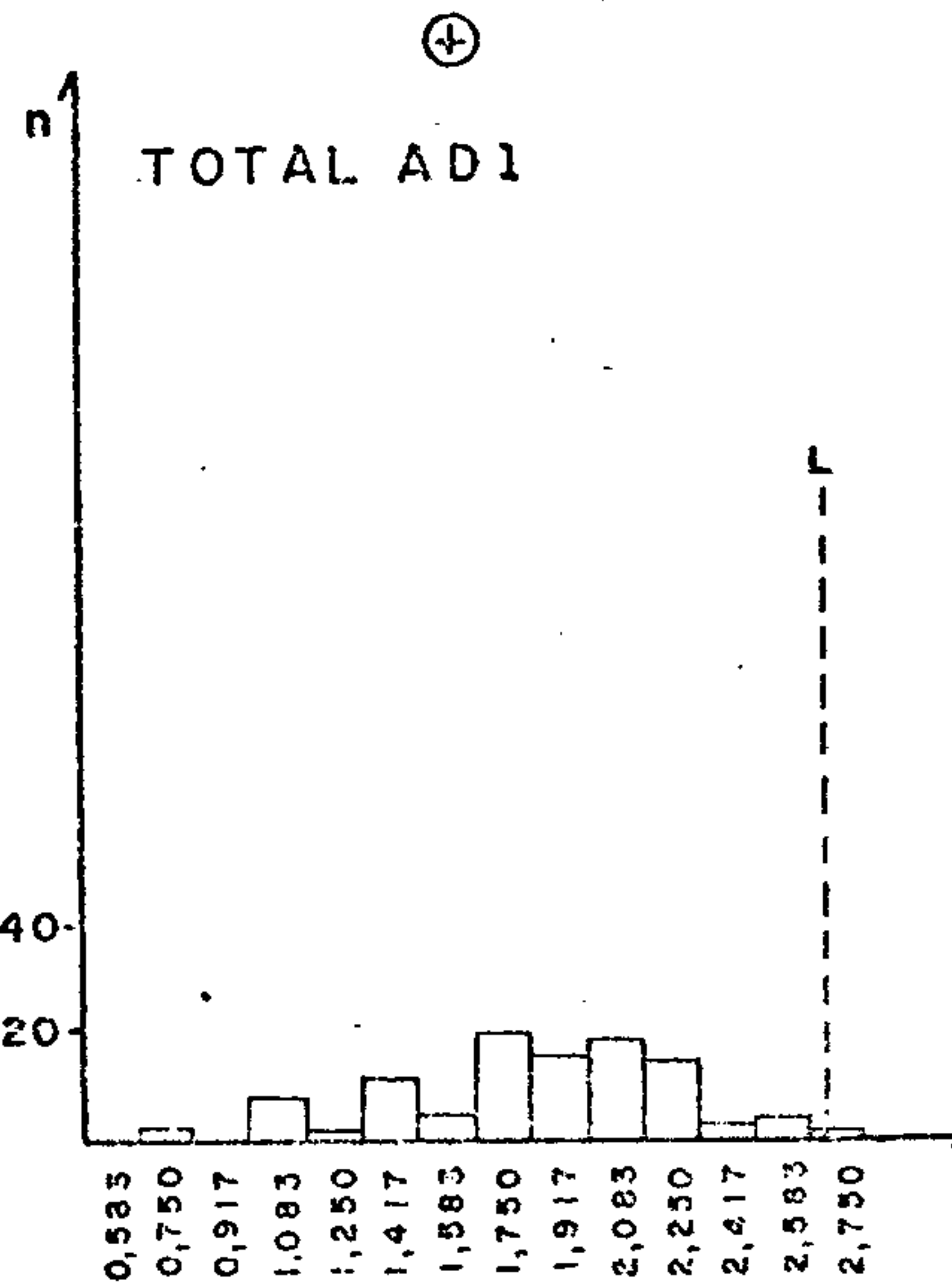
- n - nº de amostras que entraram no cálculo  
 \* - insuficiência de valores definidos  
 · - < 0,3  
 ○ - 0,3 a 0,4  
 ○ - 0,4 a 0,5  
 ● - 0,5 a 0,6  
 ● - 0,6 a 0,7  
 ● - 0,7 a 0,8  
 ● - > 0,8  
 (-) - correlação negativa

Figuro 21

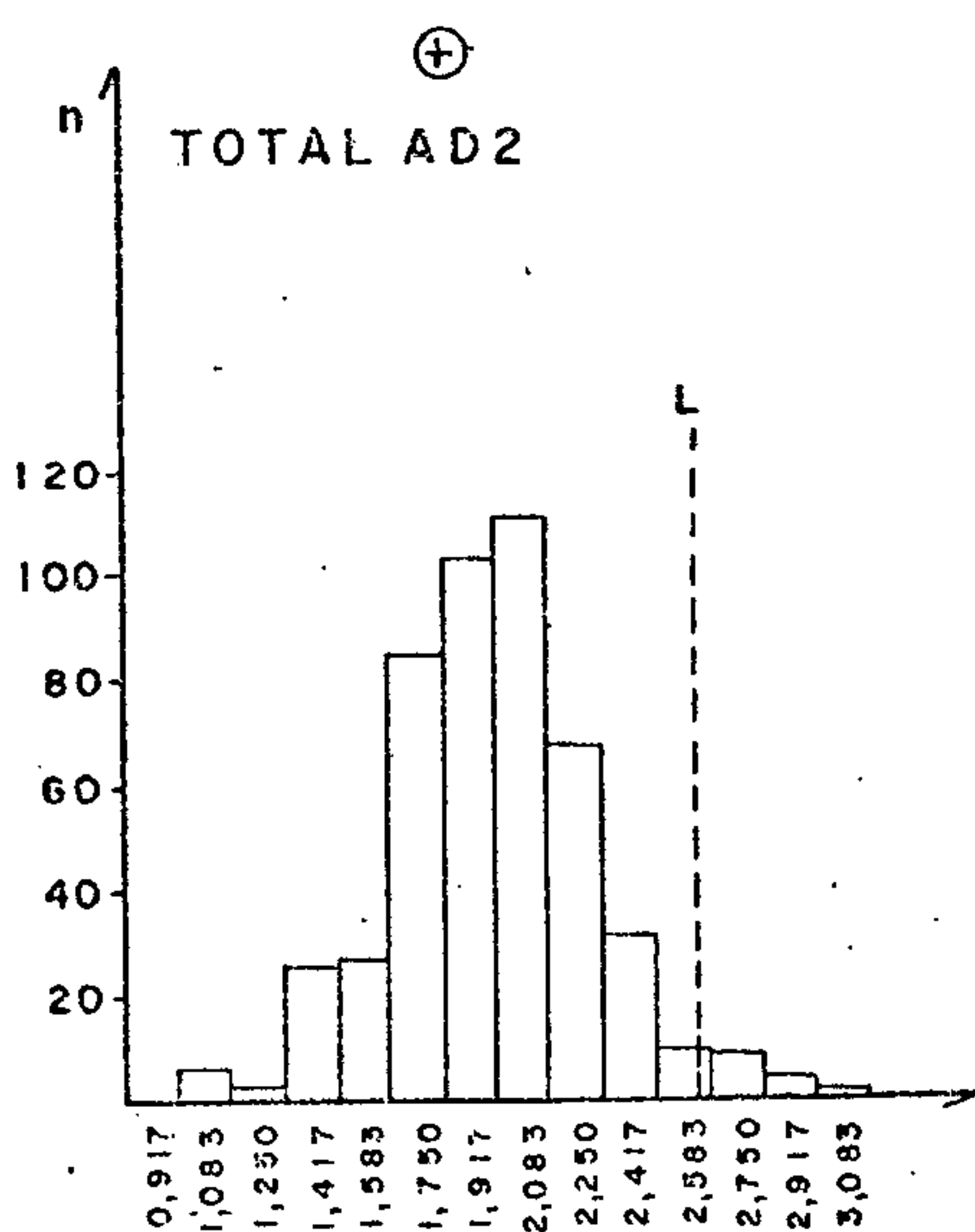
CROMO



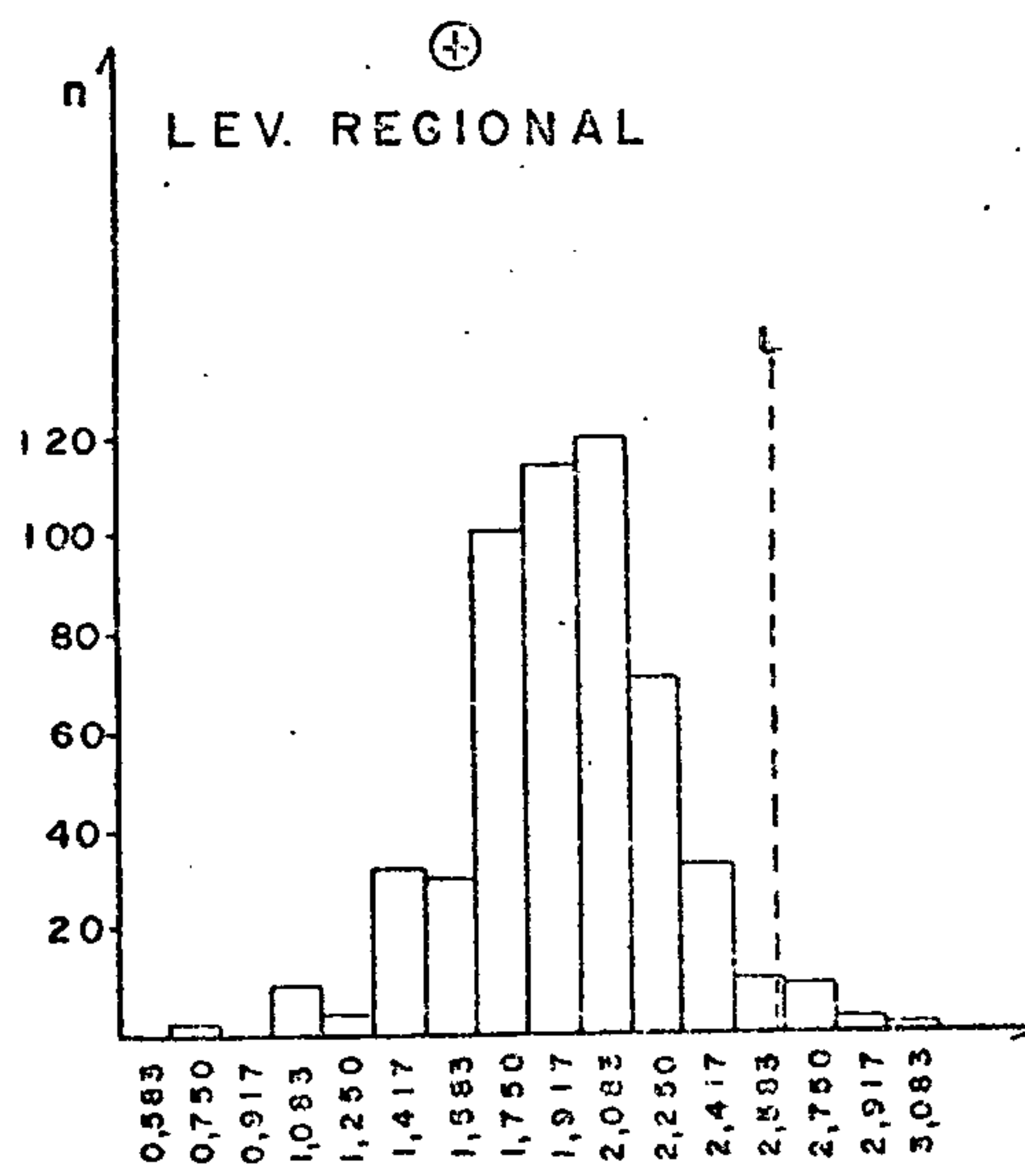
$\bar{x} = 1,880$   
 $s = 0,336$   
 $n = 597$   
 $L = 2,552$



$\bar{x} = 1,769$   
 $s = 0,422$   
 $n = 108$   
 $L = 2,613$



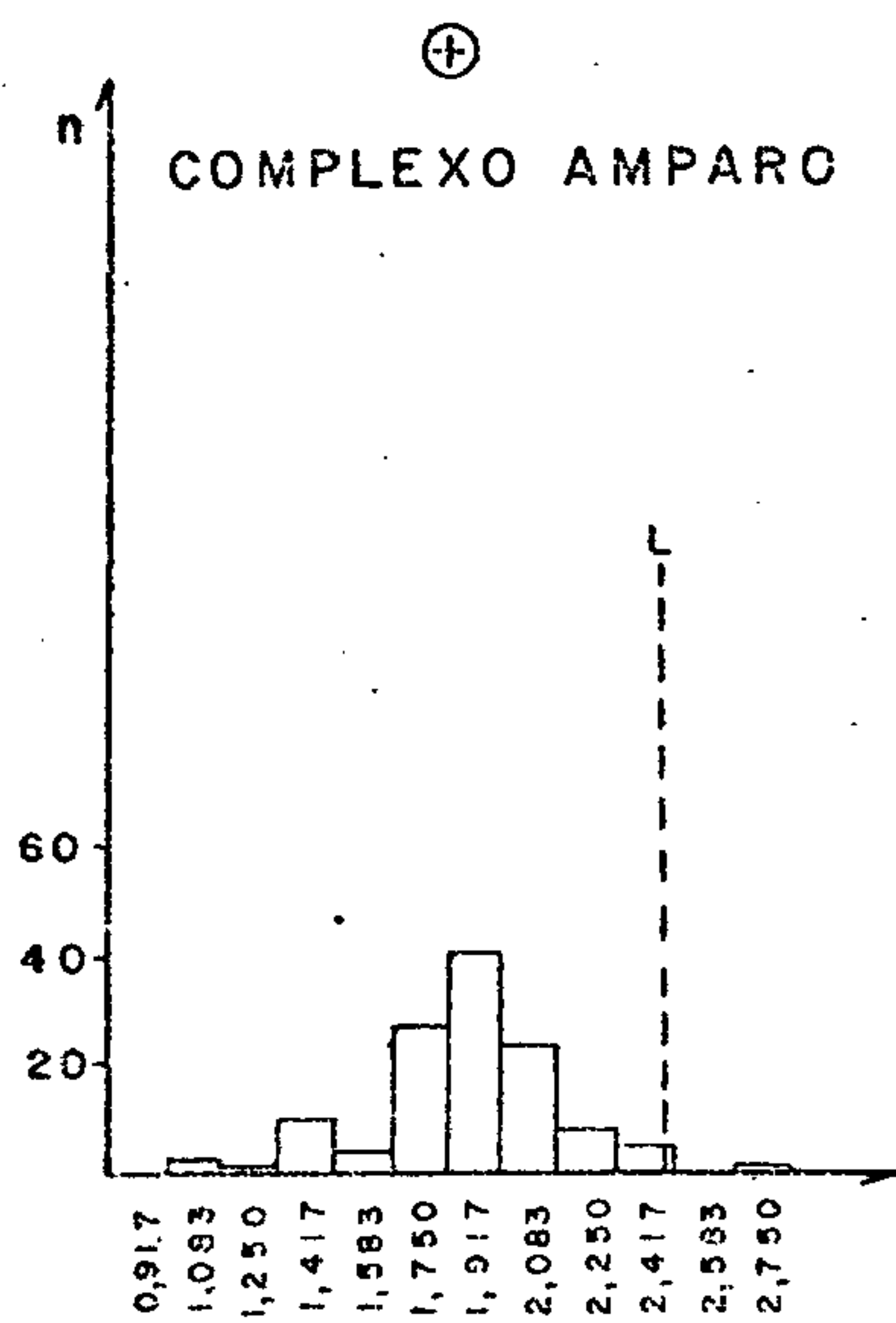
$\bar{x} = 1,906$   
 $s = 0,310$   
 $n = 478$   
 $L = 2,526$



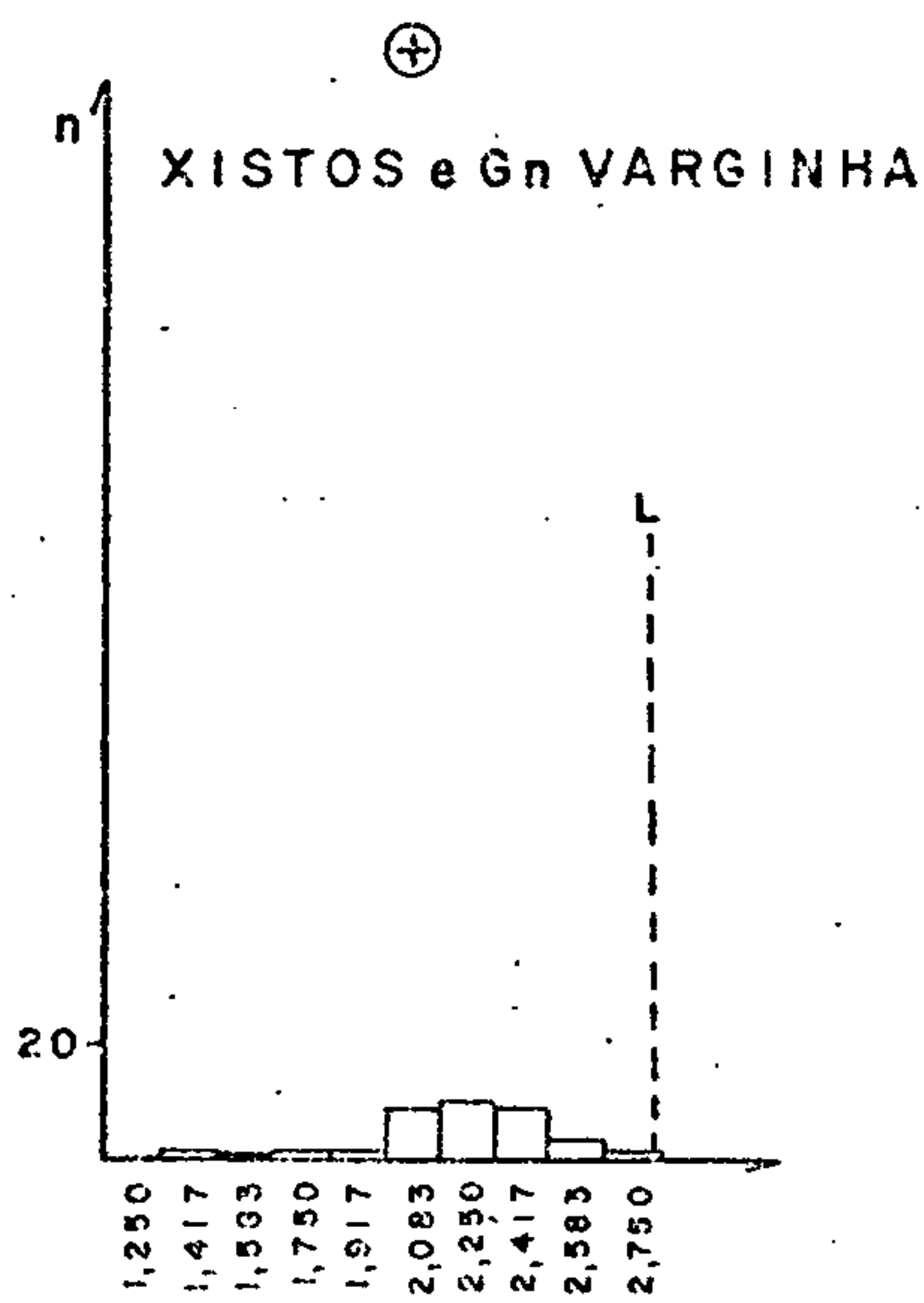
$\bar{x} = 1,881$   
 $s = 0,334$   
 $n = 545$   
 $L = 2,549$

Figura 22 - Histogramas de dados logaritmizados.

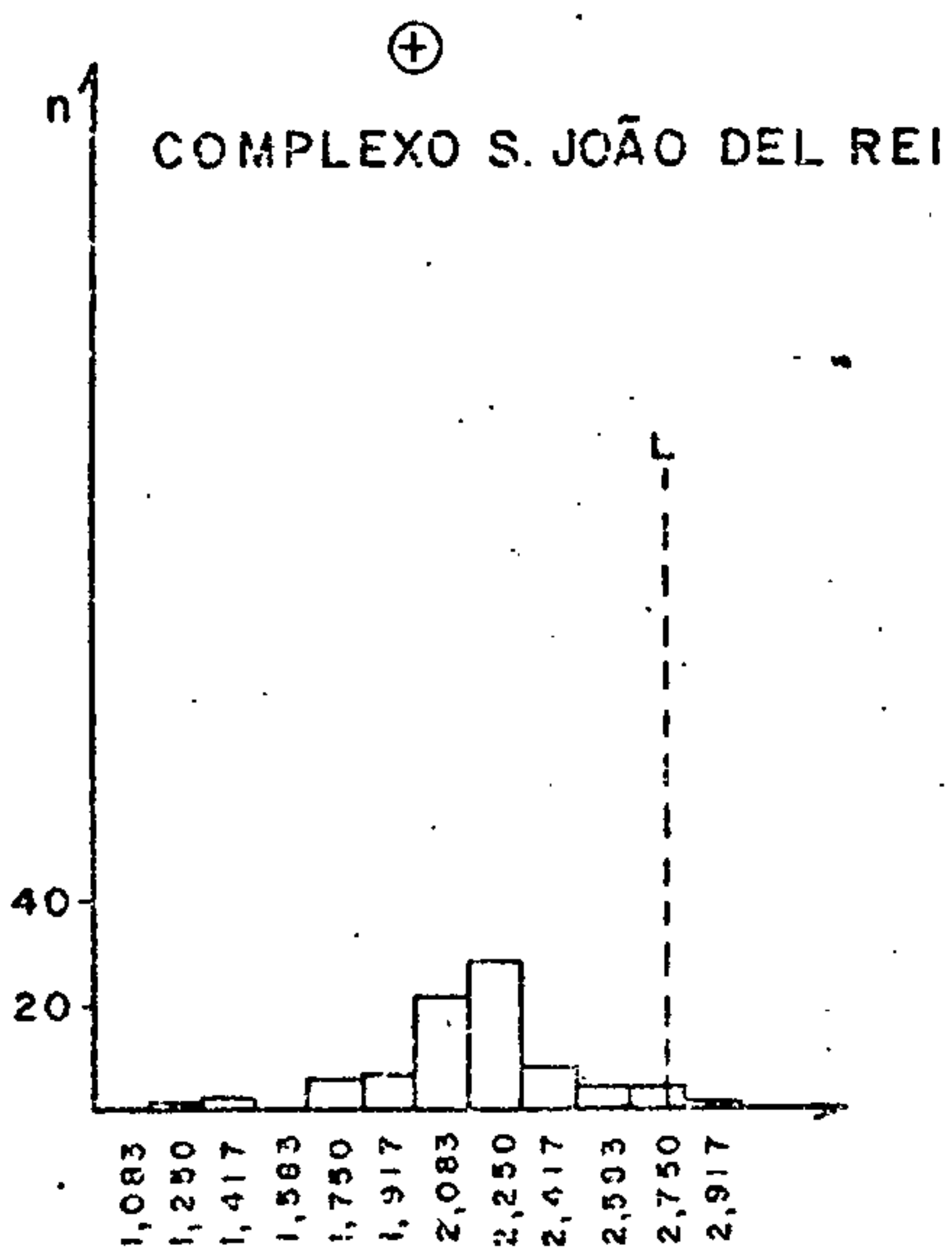
CROMO



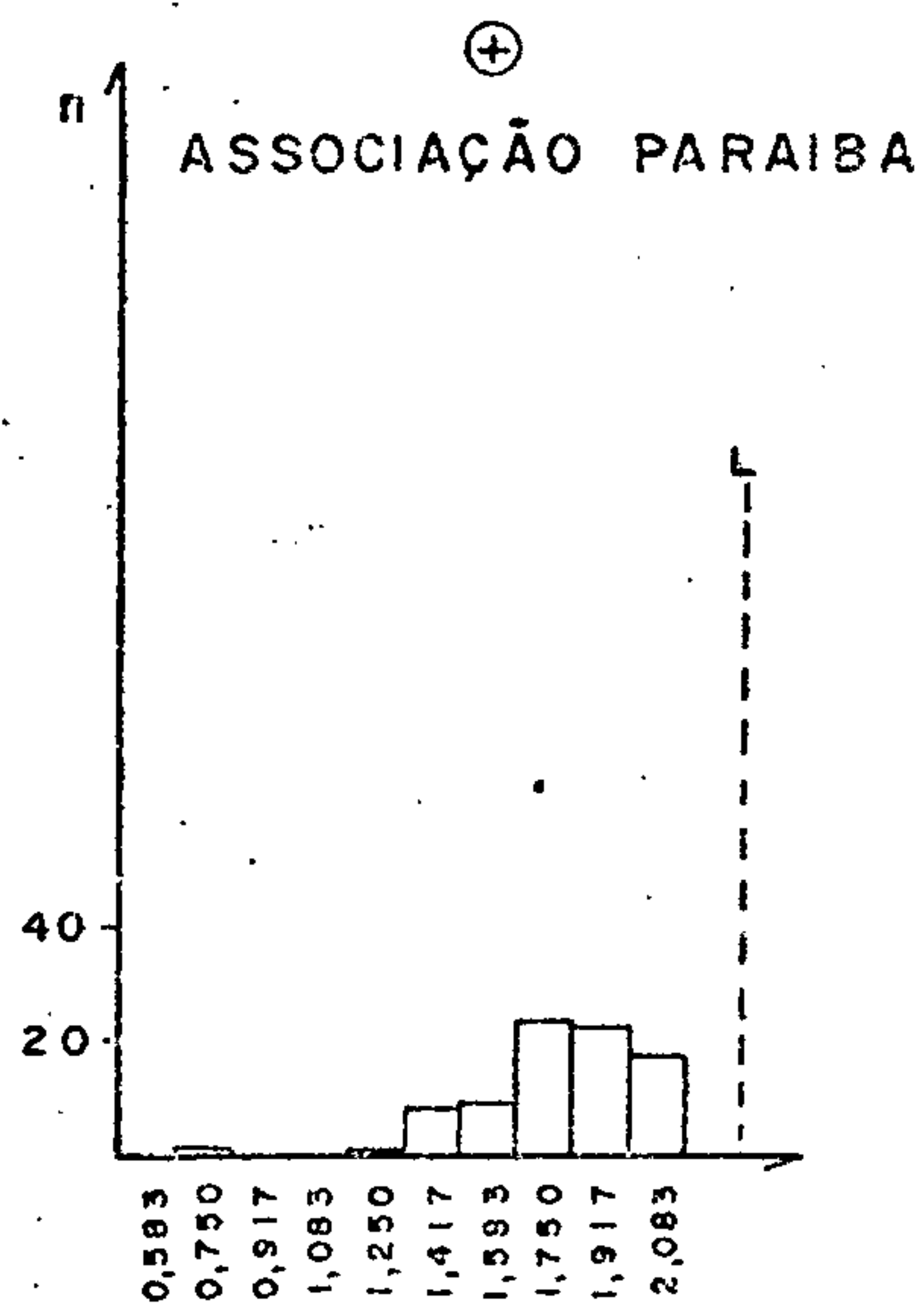
$\bar{x} = 1,798$   
 $s = 0,291$   
 $n = 132$   
 $L = 2,380$



$\bar{x} = 2,123$   
 $s = 0,303$   
 $n = 44$   
 $L = 2,729$



$\bar{x} = 2,108$   
 $s = 0,292$   
 $n = 87$   
 $L = 2,692$



$\bar{x} = 1,709$   
 $s = 0,268$   
 $n = 90$   
 $L = 2,245$

Figura 23 - Histogramas de dados logaritmizados.

CROMO

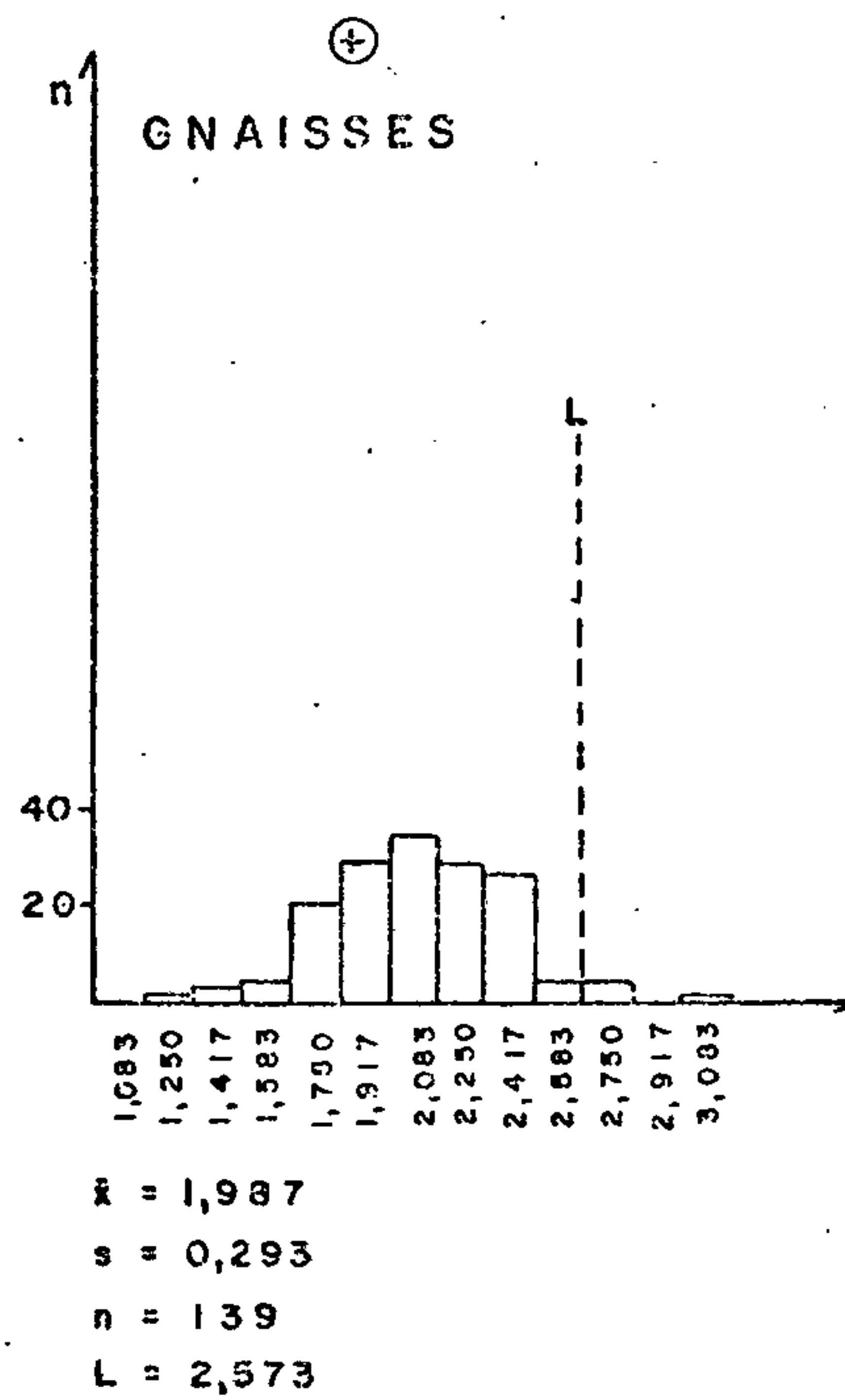
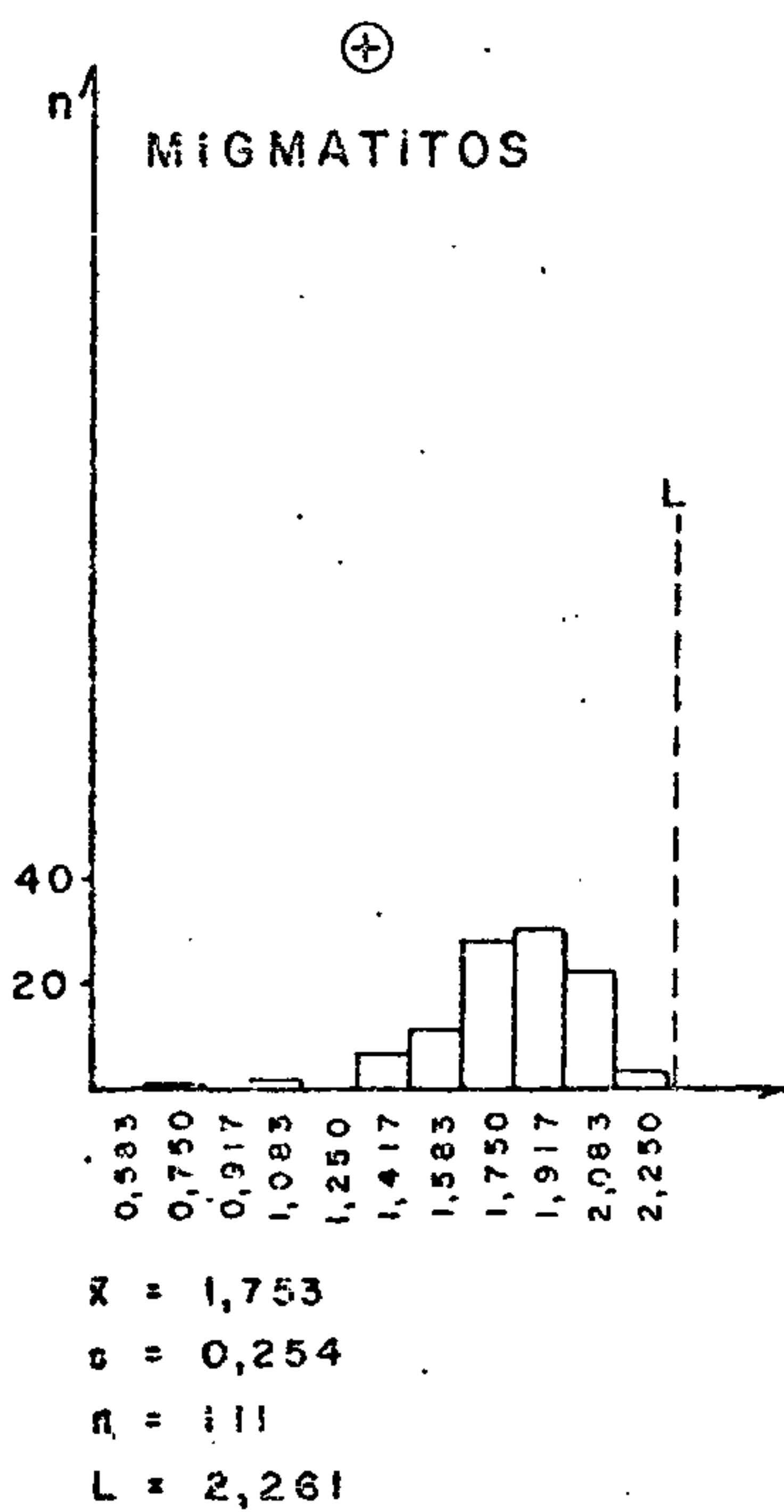
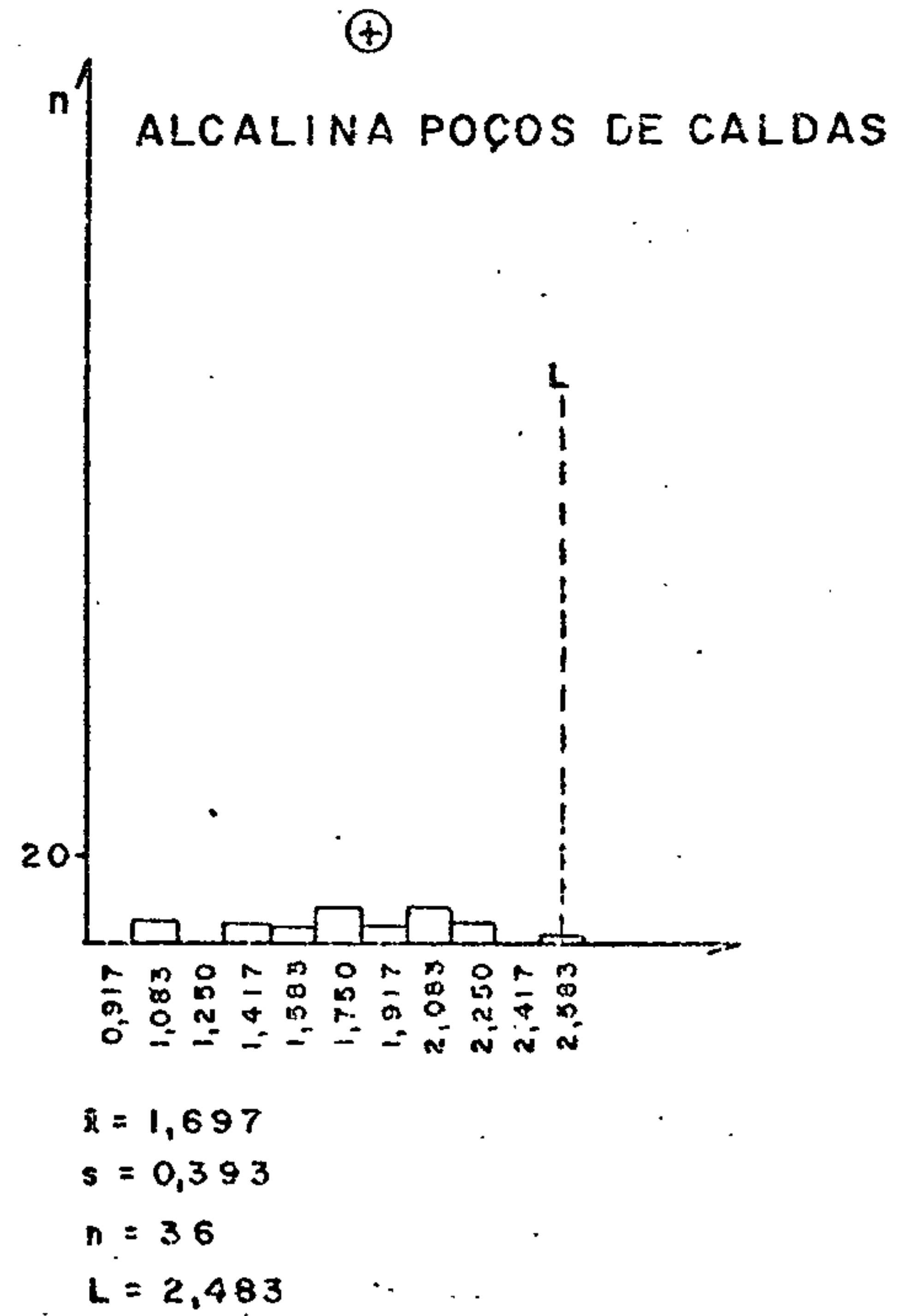
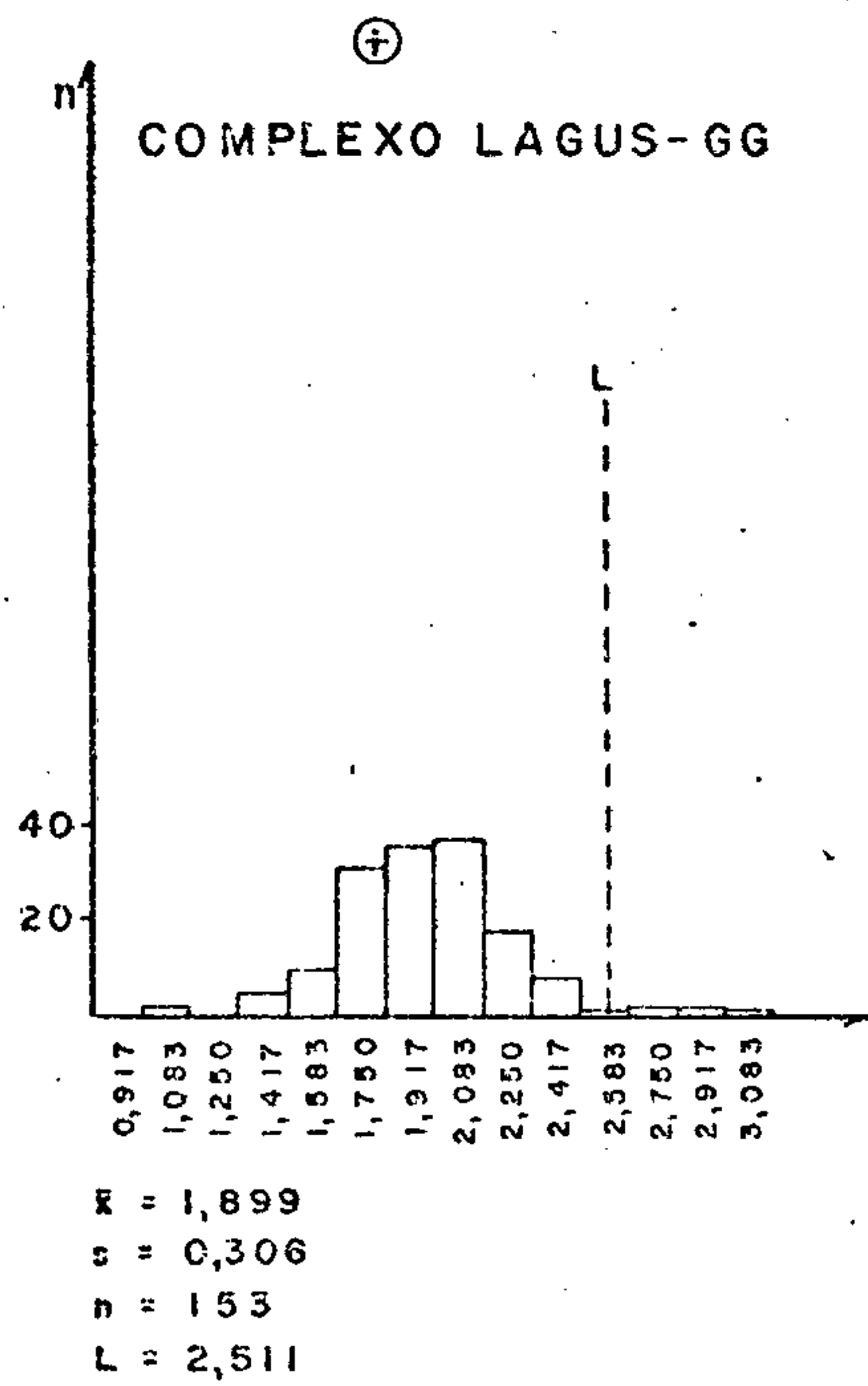


Figura 24 - Histogramas de dados logaritmizados.

#### 7.4.4 - Níquel

##### 7.4.4.1 - Generalidades

Em 597 amostras analisadas para níquel, 575 tiveram valores definidos, com teores variando de 5 ppm a 200ppm e média geométrica igual a 19,949.

Dentre as populações geológicas, as mais altas concentrações foram observadas no Complexo São João del Rei, com média geométrica igual a 27,343 e desvio geométrico igual a 2,006, enquanto que os teores mais baixos ocorreram na Alcalina de Poços de Caldas, onde a média geométrica foi de apenas 9,678 e o desvio geométrico de 2,837. É curioso enfatizar o comportamento antagônico do níquel e do lantânio nessas duas populações, pois o Complexo São João del Rei apresentou a mais alta média para níquel e a mais baixa média para lantânio, ao passo que a Alcalina de Poços de Caldas mostrou, ao contrário daquela unidade, a mais elevada média para lantânio e a mais baixa para níquel, entre todas as populações consideradas. (tabela V).

Quanto à distribuição, a lognormalidade foi admitida nos testes de Kolmogorov-Smirnov em todas as populações geológicas. O comportamento do níquel apresenta uma distribuição muito próxima da lognormalidade, quando suas populações são constituídas unicamente por amostras coletadas em drenagens com áreas menores que  $10 \text{ km}^2$ , pois nas duas populações desse tipo (Área total e Levantamento regional) foram aceitos, não só os testes de Kolmogorov-Smirnov como também o de qui-quadrado. Das populações geológicas, somente a Associação Paraíba rejeitou o teste de assimetria para lognormalidade, enquanto que no teste de curtose somente o Complexo LAGUS-GG não o aceitou (figura 25).

O níquel associa-se na área total principalmente com cobalto e cromo e secundariamente com cobre. Já nas populações geológicas há maior preferência para determinadas assembléias, dependendo da seqüência litoestratigráfica dre



nada. No Complexo Amparo é verificada uma associação do níquel com cobalto, cromo, cobre e estrôncio, enquanto que nos Xistos e gnaisses Varginha há forte correlação deste elemento com cobre e cromo e secundariamente com cobalto e vanádio. Na Associação Paraíba o níquel correlaciona-se fortemente com cobalto e em menor grau com ferro, cromo, escândio e vanádio. Outras associações conspícuas observadas foram as seguintes: níquel com magnésio, cobalto, cromo e vanádio no Complexo São João del Rei; níquel com cobalto, cobre, magnésio e escândio na Alcalina de Poços de Caldas e com cobalto, cromo, cobre e escândio no Complexo LAGUS-GG (figura 26).

#### 7.4.4.2 - Distribuição na área

A disposição geral dos teores de níquel mostra-se muito semelhante à do cobre, apresentando normalmente valores baixos nas seqüências ácidas e elevados nas unidades portadoras de rochas básicas e ultrabásicas, sugerindo uma forte coerência geoquímica entre esses elementos na maior parte das formações estudadas.

Os teores mais baixos de toda a área foram detectados na porção interna da intrusão alcalina de Poços de Caldas (ao redor de 5 ppm Ni), compatíveis com aqueles obtidos por GUIMARÃES & DUTRA (1962) em rochas desse maciço (4 ppm Ni). Na zona de contato com as encaixantes, os teores de níquel elevam-se (15 ppm - 30 ppm), atingindo 50 ppm na borda sudeste, ocupada por fenitos. Na faixa de ocorrência de lavas ankaratríticas e rochas piroclásticas (porção ocidental da intrusão) registraram-se teores de até 100 ppm Ni.

Nos maciços graníticos de Morungaba e Porto dos Mendes, bem como nas porções altamente granitizadas dos Complexos Socorro, Paraisópolis e Varginha foram assinalados teores bastante baixos de níquel, geralmente na faixa de 5 ppm a 20 ppm. Já nos conjuntos menos granitizados (domínio da Associação Paraíba do Sul e porção oriental dos Complexos Paraisópolis e Amparo) os teores de níquel são um pouco maio-



res (20 ppm a 30 ppm), mostrando esparsamente alguns valores superiores (50 ppm - 70 ppm), quase sempre associados a corpos básico-ultrabásicos.

Esse é o caso de alguns pontos na região de Natércia, que apresentaram 50 ppm Ni e estão ligados a anfibolitos, anteriormente pesquisados para esse elemento. Situação semelhante ocorre na intrusão alcalino-básico-ultrabásica de Ponte Nova (a sul de Sapucaí-Mirim), onde se detectou o mais alto teor de todo o projeto: 200 ppm Ni. Diversas amostras colhidas a sul desse corpo apresentaram teores entre 50 ppm e 70 ppm Ni, estando inseridas na Associação Paraíba do Sul, aqui representada por granitóides porfiroblásticos (ortognais?) e migmatitos bandados com paleossoma anfibolítico, cortados por inúmeros diques básico-alcalinos e alcalinos, possivelmente filiados ao mesmo evento magmático que originou a intrusão de Ponte Nova.

Os teores de níquel nas formações epi e mesometamórficas são muito semelhantes aos dos conjuntos menos granitizados, mas a presença de corpos básicos ou ultrabásicos em determinadas regiões influencia grandemente o padrão de valores desse elemento. Assim, no contexto do Complexo Lambari, onde essas rochas são raras, os teores situam-se geralmente entre 20 ppm e 30 ppm Ni, por vezes atingindo 50 ppm Ni. Já no Complexo Campos Gerais, onde esses corpos apresentam ampla distribuição, é comum o registro de valores acima de 50 ppm Ni, ocorrendo diversas amostras com teores de 100 ppm - 150 ppm Ni, a maioria coletada entre Nova Resende e Conceição da Aparecida. Nessa região ocorrem inúmeros corpos de rochas ultrabásicas que parecem representar o prolongamento para sudeste, da faixa de ultrabásitos de Pratápolis naquela área encerrando a importante jazida do morro do Níquel.

Rochas semelhantes às anteriores acham-se embutidas no Complexo Lavras e a elas estariam possivelmente associados os altos teores de níquel detectados a sul e leste de



CPRM

Nepomuceno (entre 50 ppm e 150 ppm). Valores nesse intervalo foram registrados também no domínio dos Complexos Amparo e Itapira, especialmente na zona de ocorrência de metabasitos xistificados ou de corpos anfibolíticos, como nas regiões de Arcadas e Águas de Lindóia, inseridas no Complexo Amparo.

Os teores de níquel presentes na porção oriental do Complexo Varginha, embora não tão significativos quanto os de cobre, mostraram-se também elevados (entre 50 ppm e 100 ppm), sendo maiores nos granada-gnaisses e granoblastitos granatíferos. Valores semelhantes foram assinalados nas imediações de Monte Belo, em granada-granulitos relacionados a essa mesma seqüência.



CPRM

TABELA V — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — NÍQUEL

## ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	2,5	200	19,949	2,264	0,975	575:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	2,5	200	19,869	2,531	1,170	102:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	2,5	150	19,906	2,210	0,935	462:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	2,5	200	19,612	2,289	0,992	523:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	2,5	150	20,937	2,172	0,909	127:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	LOGNORMAL	5,0	150	21,773	2,186	0,918	44:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	5,0	150	27,343	2,006	0,790	87:87
ASSOCIAÇÃO PARAIBA	LOGNORMAL	2,5	70	17,271	2,173	0,909	86:90
COMPLEXO LAGUS-GG	LOGNORMAL	2,5	150	18,932	2,207	0,933	148:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	2,5	100	9,678	2,837	1,402	29:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	2,5	70	17,474	1,966	0,761	108:111
GNAISSES	LOGNORMAL	2,5	150	25,546	2,049	0,820	138:139

OBS: - Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.

- Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

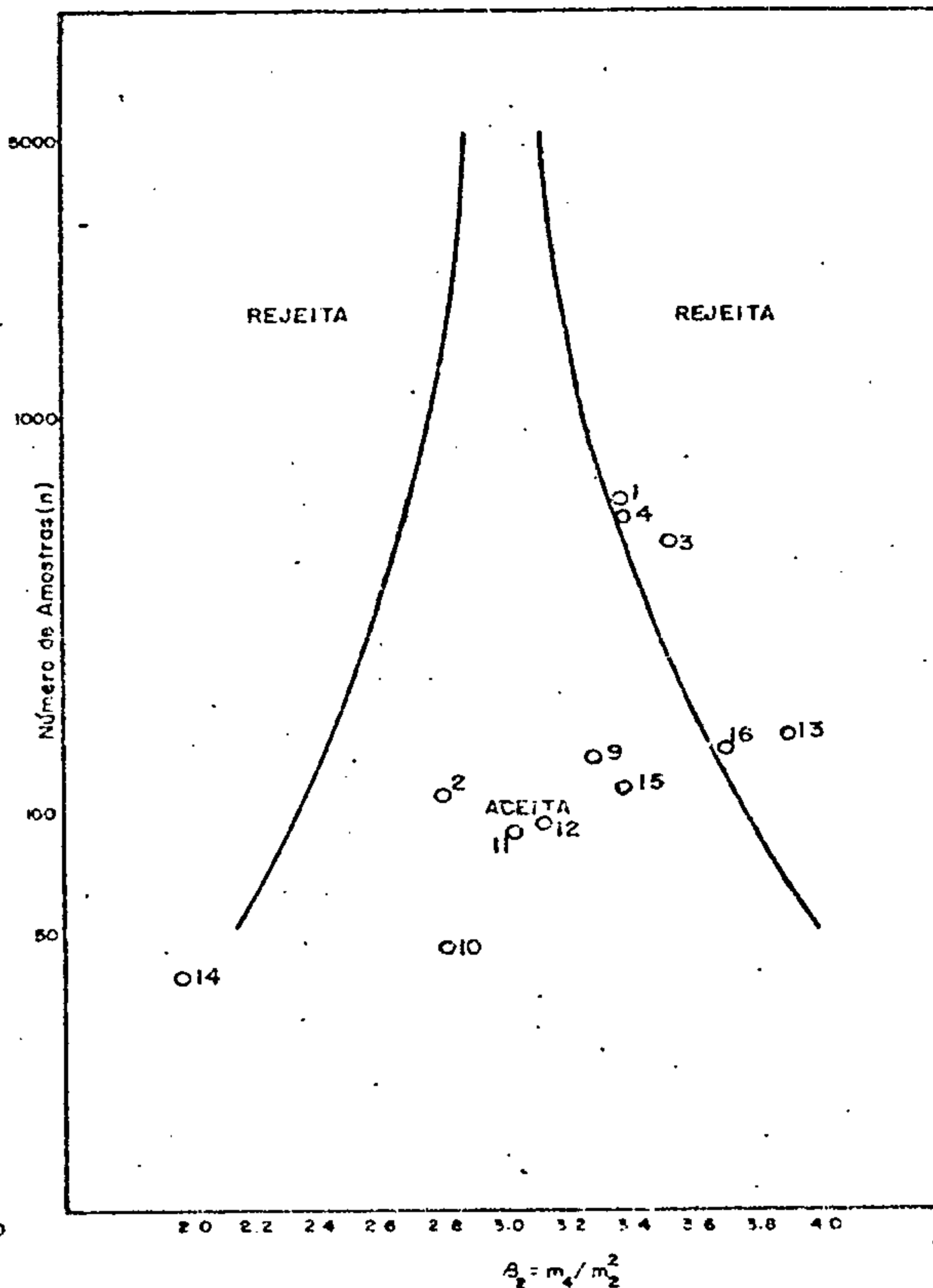
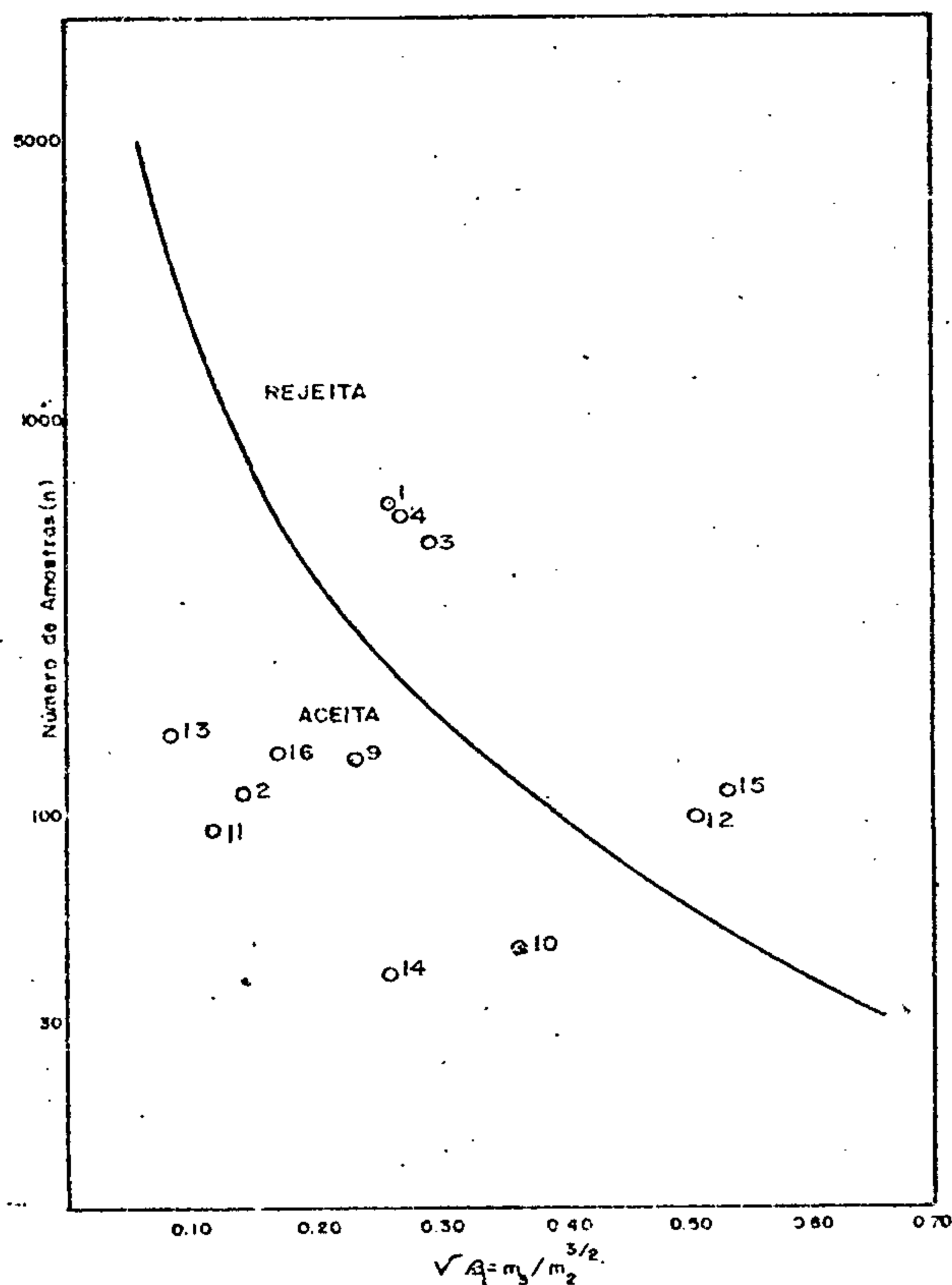
## LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO
TOTAL	595	0,250	2,417	2,167	1,300	0,355	0,273
TOTAL AD1	107	0,250	2,417	2,167	1,298	0,403	0,311
TOTAL AD2	477	0,250	2,250	2,000	1,299	0,344	0,265
LEVANTAMENTO REGIONAL	543	0,250	2,417	2,167	1,293	0,360	0,278
COMPLEXO AMPARO	130	0,250	2,250	2,000	1,321	0,337	0,255
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	44	0,583	2,083	1,500	1,338	0,340	0,254
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	87	0,583	2,250	1,667	1,437	0,302	0,272
ASSOCIAÇÃO PARAIBA	90	0,250	1,917	1,667	1,237	0,337	0,272
COMPLEXO LAGUS-GG	153	0,250	2,250	2,000	1,250	0,344	0,269
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	37	0,250	2,083	1,833	0,986	0,453	0,459
MIGMATITOS	110	0,250	1,917	1,667	1,242	0,294	0,236
GNAISSES	139	0,250	2,250	2,000	1,407	0,311	0,221

## TESTES DE DISTRIBUIÇÃO NÍQUEL

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV				QUI-QUADRADO			
				5%		1%		F. MÍN. 1,5		F. MÍN. 50	
				5%	1%	5%	1%	5%	1%		
1	TOTAL	-0,265	3,393	-	-	-	-	-	-	-	
2	TOTAL AD1	-0,143	2,811	+	+	+	+	-	+		
3	TOTAL AD2	-0,298	3,551	-	-	-	-	-	-		
4	LEV. REGIONAL	-0,274	3,383	-	-	-	-	-	-		
9	COMPLEXO AMPARO	-0,238	3,296	+	+	-	-	-	-		
10	XISTOS e Gn. VARGINHA	-0,371	2,820	+	+	-	-	-	+		
11	COMPLEXO S. JOÃO DEL REI	0,117	3,049	+	+	-	-	-	-		
12	ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	-0,512	3,144	+	+	-	-	-	-		
13	COMPLEXO LAGUS-GG	-0,088	3,911	+	+	-	-	-	-		
14	ALCALINA POÇOS DE CALDAS	0,261	1,976	+	+	-	-	-	+		
15	MIGMATITOS	-0,533	3,403	-	+	-	-	-	-		
16	GNAISSES	0,174	3,692	+	+	-	-	-	-		

+ Aceita a hipótese nula

- Rejeita a hipótese nula

Figura 25 — Testes de distribuição do elemento Ni: assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado; nas diversas populações

## NÍQUEL

### MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

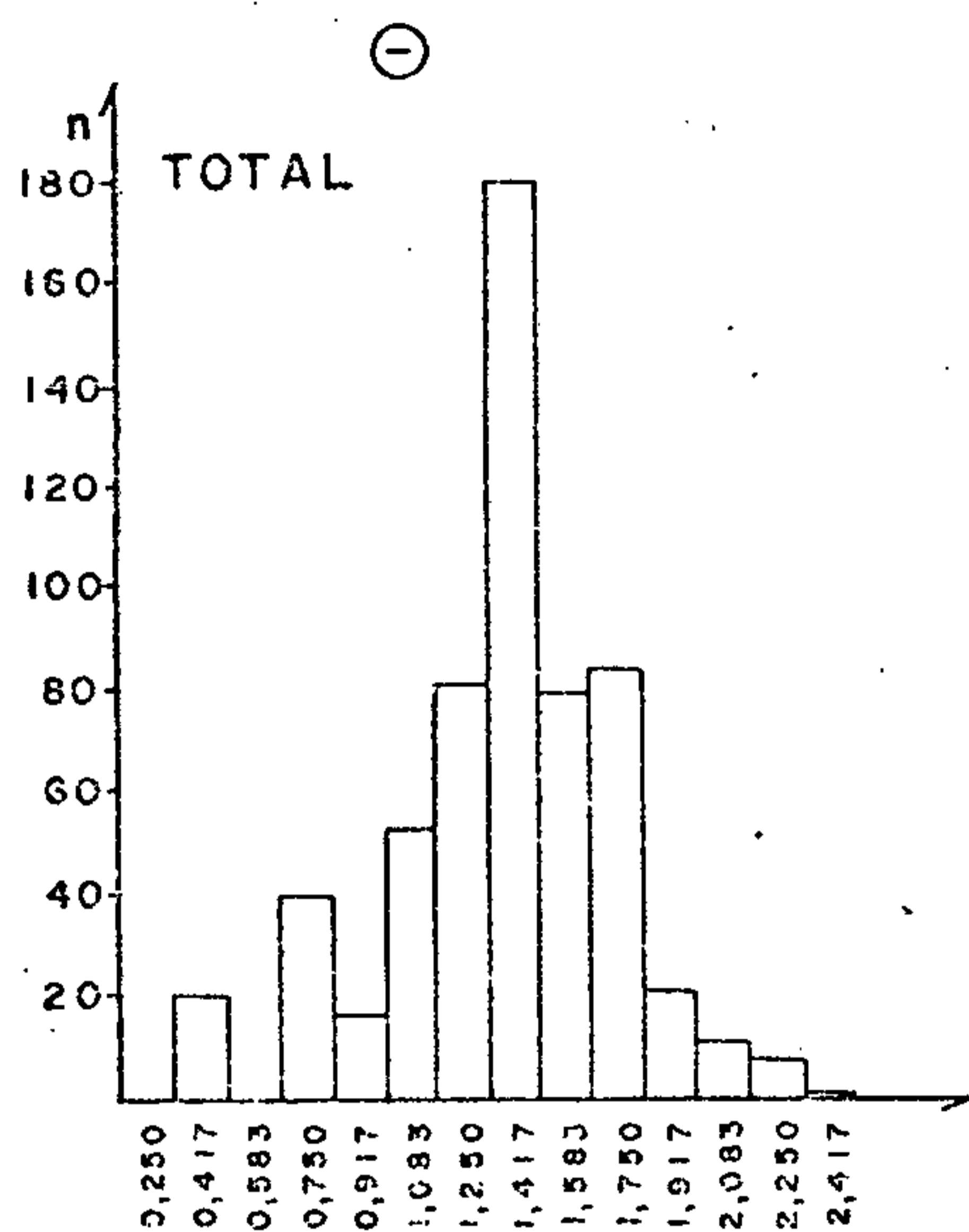
	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOS E GN VARGINHA		COMPLEXO S J DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-GG		ALCALINA P. DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	Ni	n	Ni	n	Ni	n	Ni	n	Ni	n	Ni	n	Ni	n	Ni	n	Ni	
Fe	575	○	127	○	44	●	87	○	86	●	148	○	29	○	108	⊙	138	·	Fe
Mg	571	○	125	●	44	●	87	●	86	●	146	·	29	●	108	○	136	○	Mg
Ca	480	·	107	○	30	·	70	·	78	○	128	·	22	●	96	○	116	·	Ca
Ti	348	○	85	○	22	●	64	○	70	●	60	·	14	(-)	81	○	84	○	Ti
Mn	573	·	127	·	44	●	87	●	86	●	148	·	27	·	108	○	138	·	Mn
B	343	(-)	89	(-)	25	⊙	71	(-)	47	⊙	75	(-)	9	·	59	⊙	86	(-)	B
Ba	572	·	127	·	44	·	86	(-)	86	○	147	(-)	29	●	108	·	138	·	Ba
Be	101	⊙	16	(-)	2	*	3	*	27	·	17	(-)	18	(-)	21	·	11	(-)	Be
Co	553	●	119	●	43	●	85	●	83	●	145	●	26	●	104	●	135	●	Co
Cr	575	●	127	●	44	●	87	●	86	●	148	●	29	●	108	●	138	●	Cr
Cu	523	●	114	●	44	●	85	○	70	○	131	●	26	●	97	●	133	○	Cu
La	533	(-)	110	(-)	42	·	70	·	83	·	145	(-)	29	·	98	(-)	129	(-)	La
Ni		●		●		●		●		●		●		●		●		●	Ni
Pb	528	(-)	116	·	36	·	71	·	84	·	143	·	29	(-)	104	·	123	·	Pb
Sc	483	○	99	·	42	○	85	○	69	●	120	●	20	●	90	●	119	·	Sc
Sr	153	·	22	○	1	*	8	*	36	○	44	·	23	●	26	·	22	·	Sr
V	575	○	127	·	44	●	87	●	86	●	148	○	29	·	108	○	138	○	V
Y	563	(-)	125	·	43	(-)	81	·	85	·	148	(-)	29	(-)	107	·	135	(-)	Y
Zr	348	·	85	·	33	(-)	53	·	60	·	69	(-)	13	(-)	69	·	89	(-)	Zr

### LEGENDA

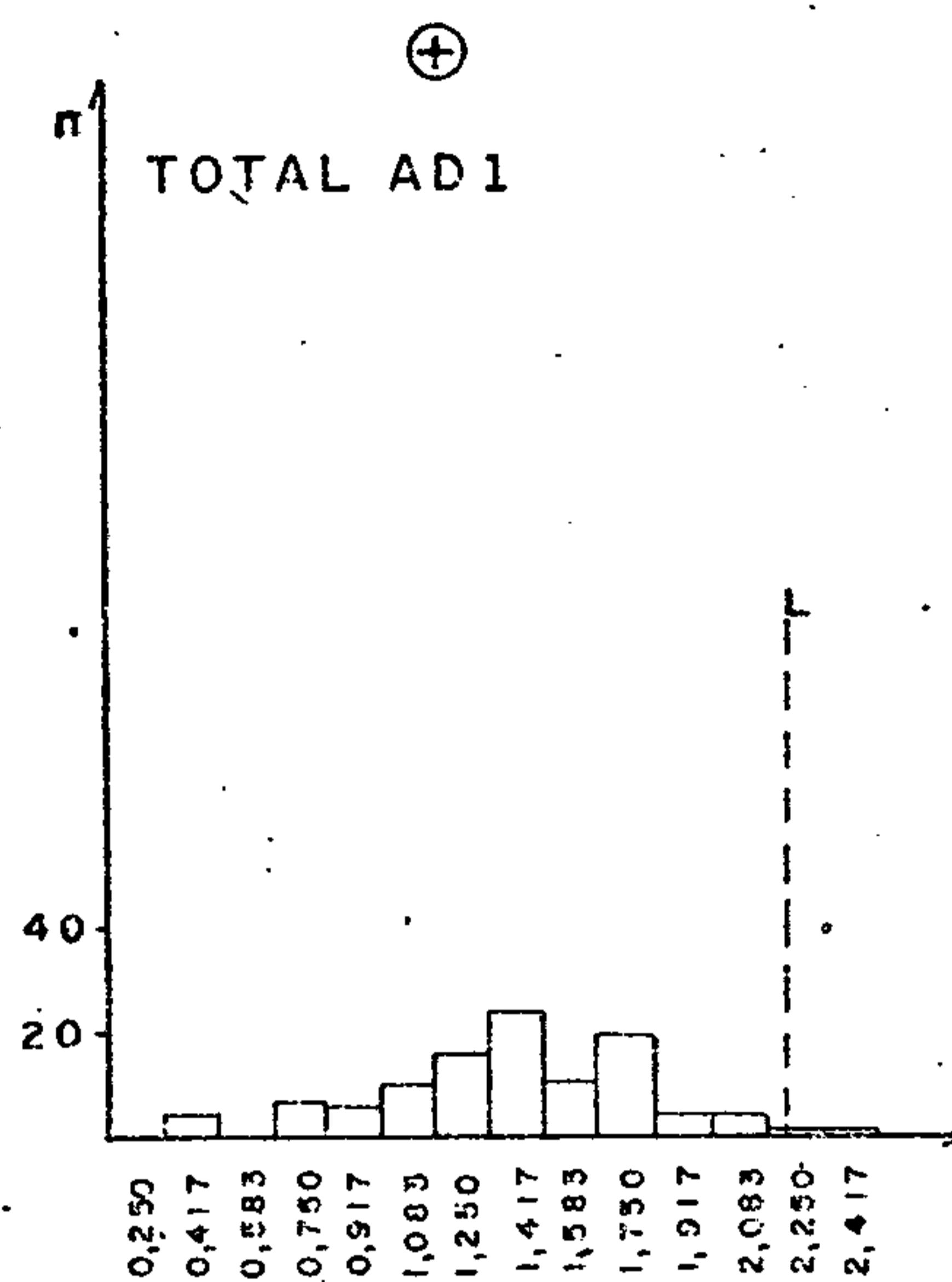
- n - nº de amostras que entraram no cálculo
- \* - insuficiência de valores definidos
- - < 0,3
- - 0,3 a 0,4
- - 0,4 a 0,5
- ⊙ - 0,5 a 0,6
- - 0,6 a 0,7
- - 0,7 a 0,8
- - > 0,8
- (-) - correlação negativa

Figura 26

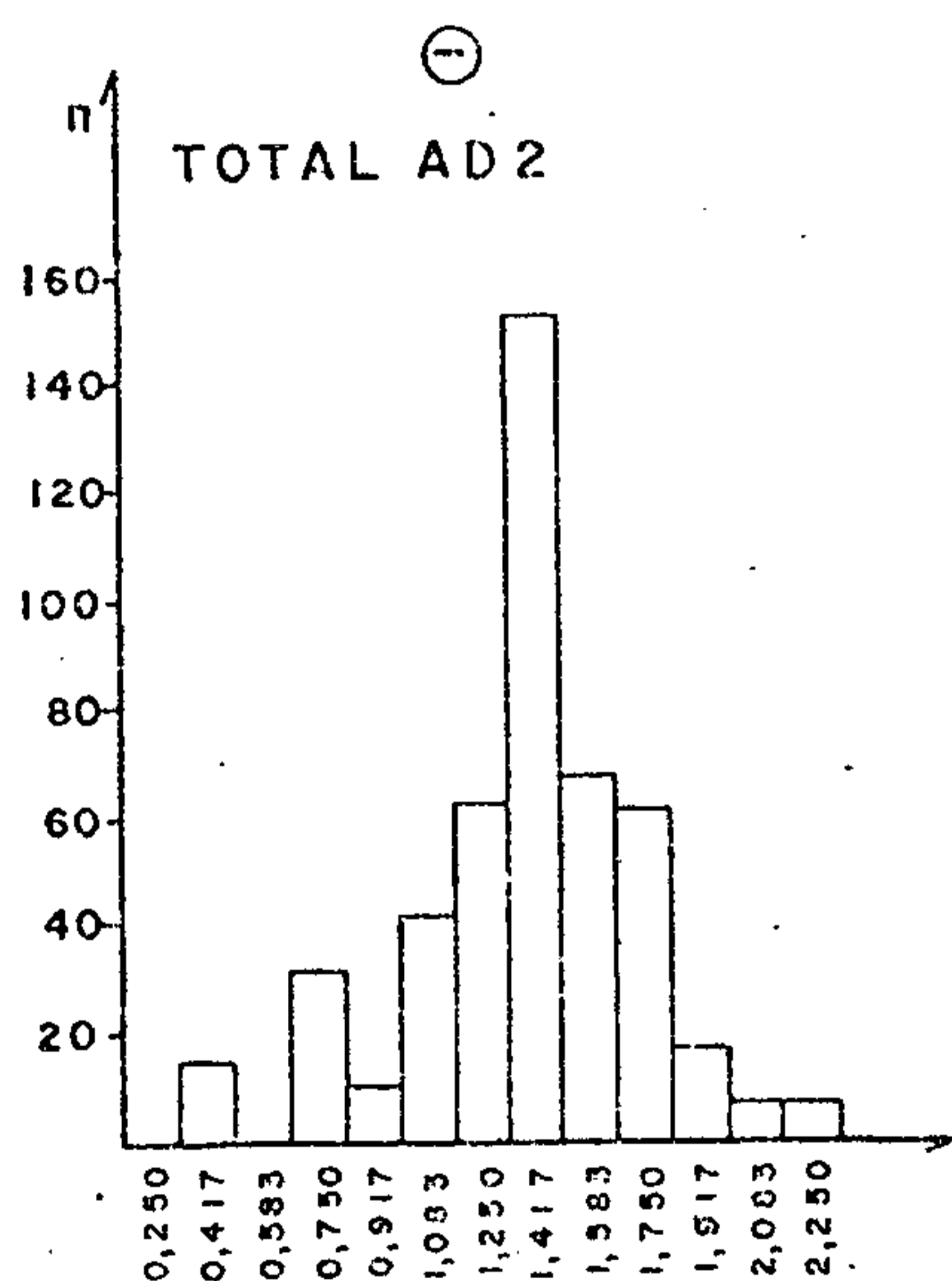
# NÍQUEL



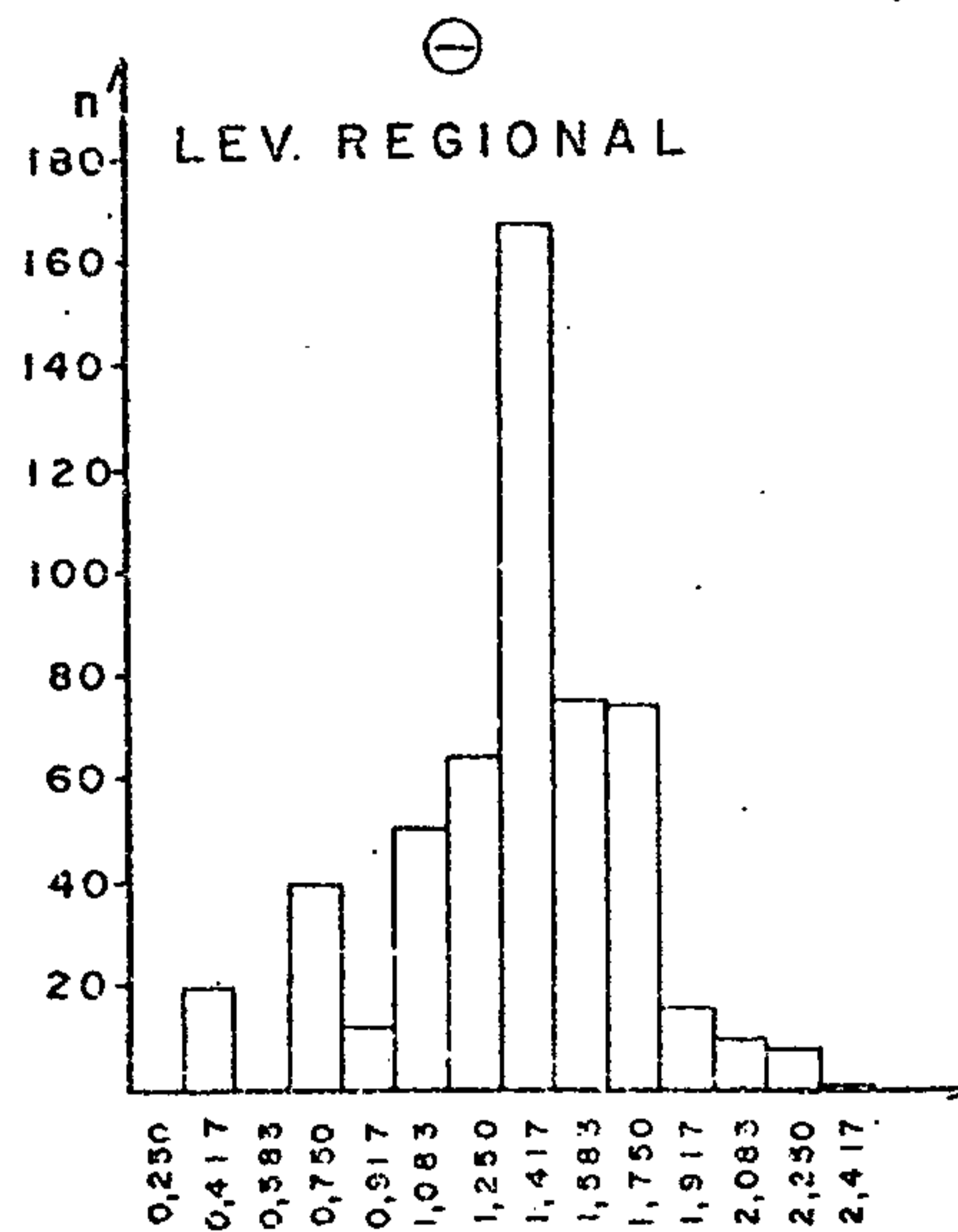
$\bar{x} = 1,300$   
 $s = 0,355$   
 $n = 595$



$\bar{x} = 1,269$   
 $s = 0,433$   
 $n = 107$   
 $L = 2,104$



$\bar{x} = 1,299$   
 $s = 0,344$   
 $n = 477$



$\bar{x} = 1,293$   
 $s = 0,360$   
 $n = 543$

Figura 27 - Histogramas de dados logaritmizados.

## NÍQUEL

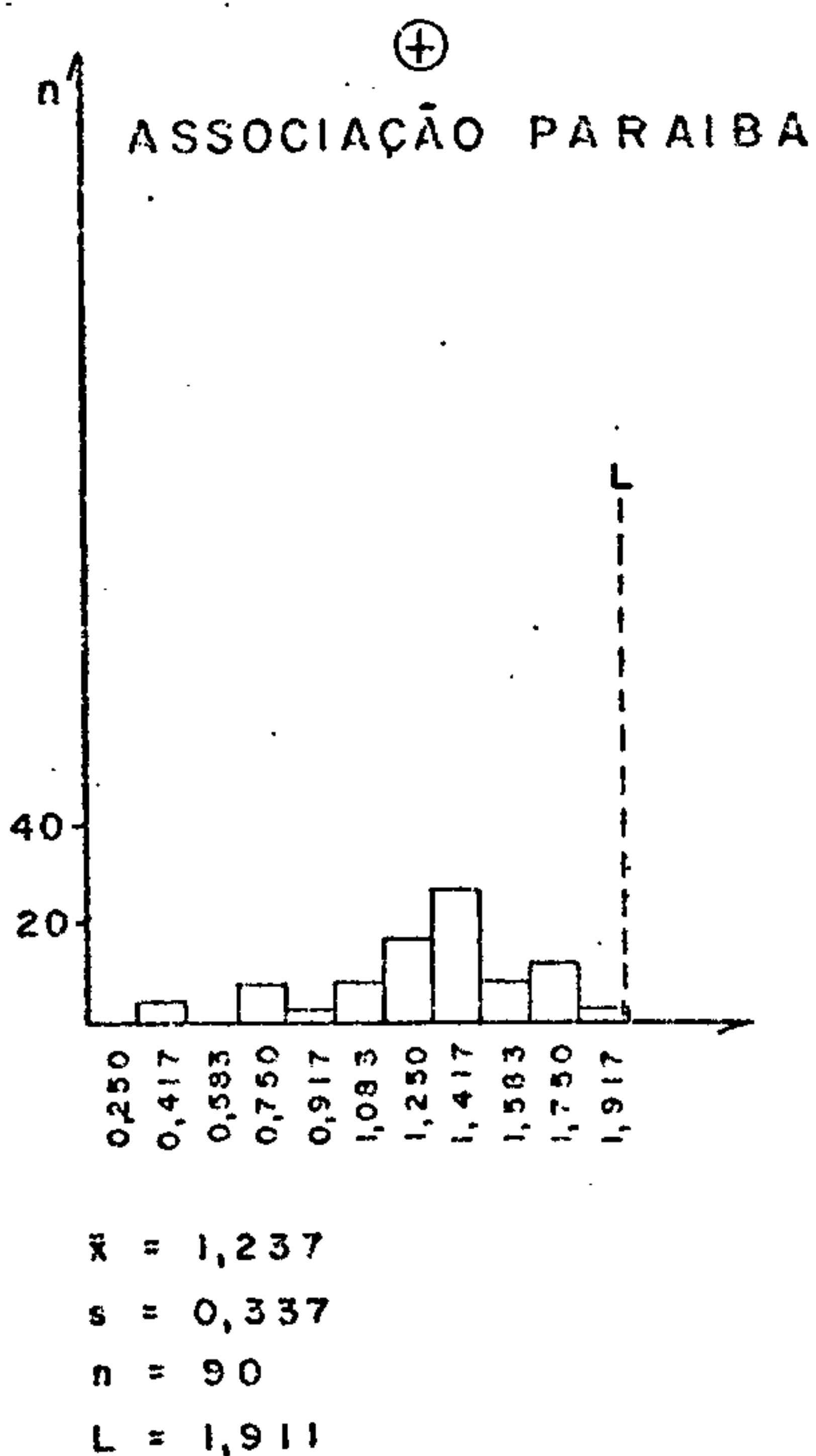
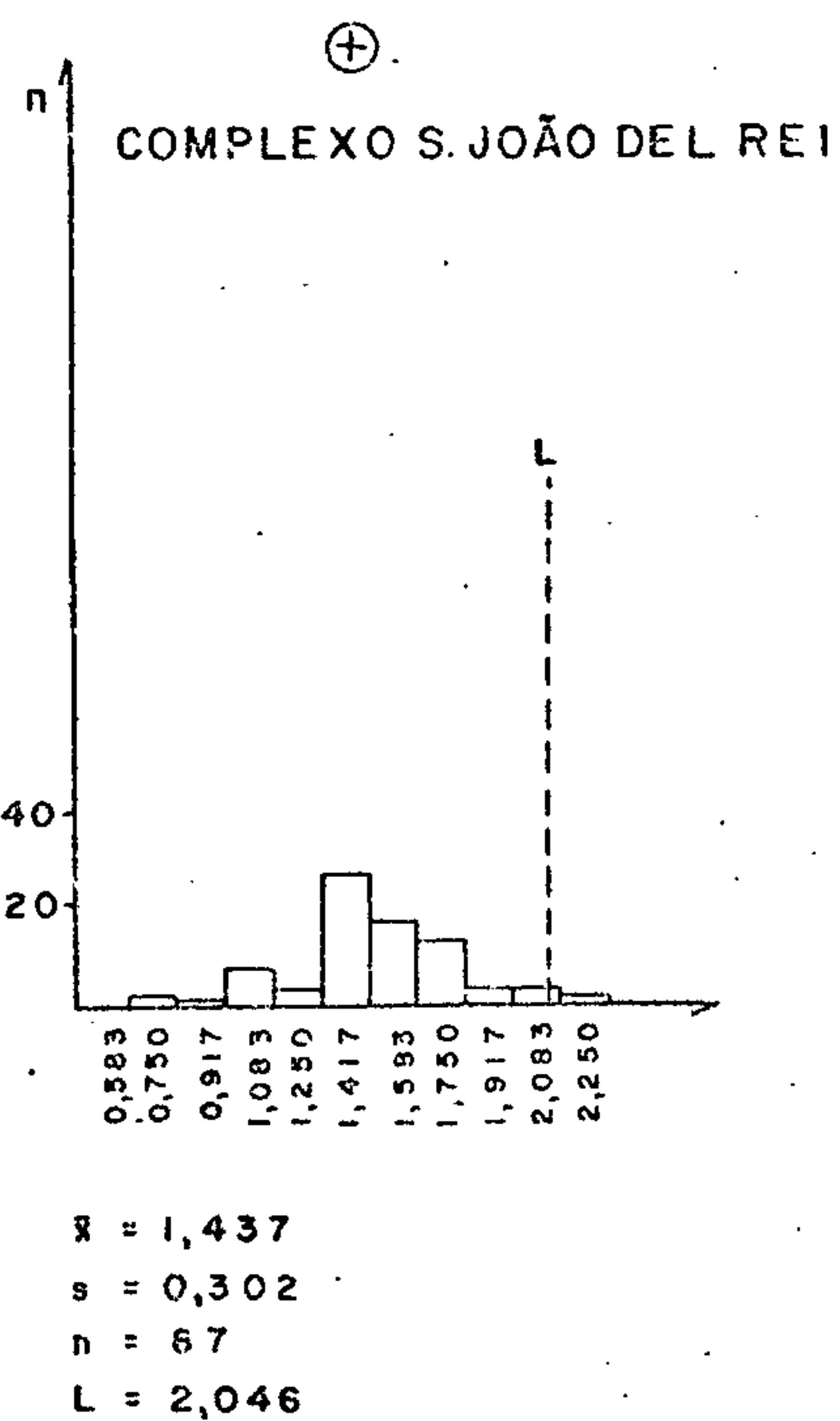
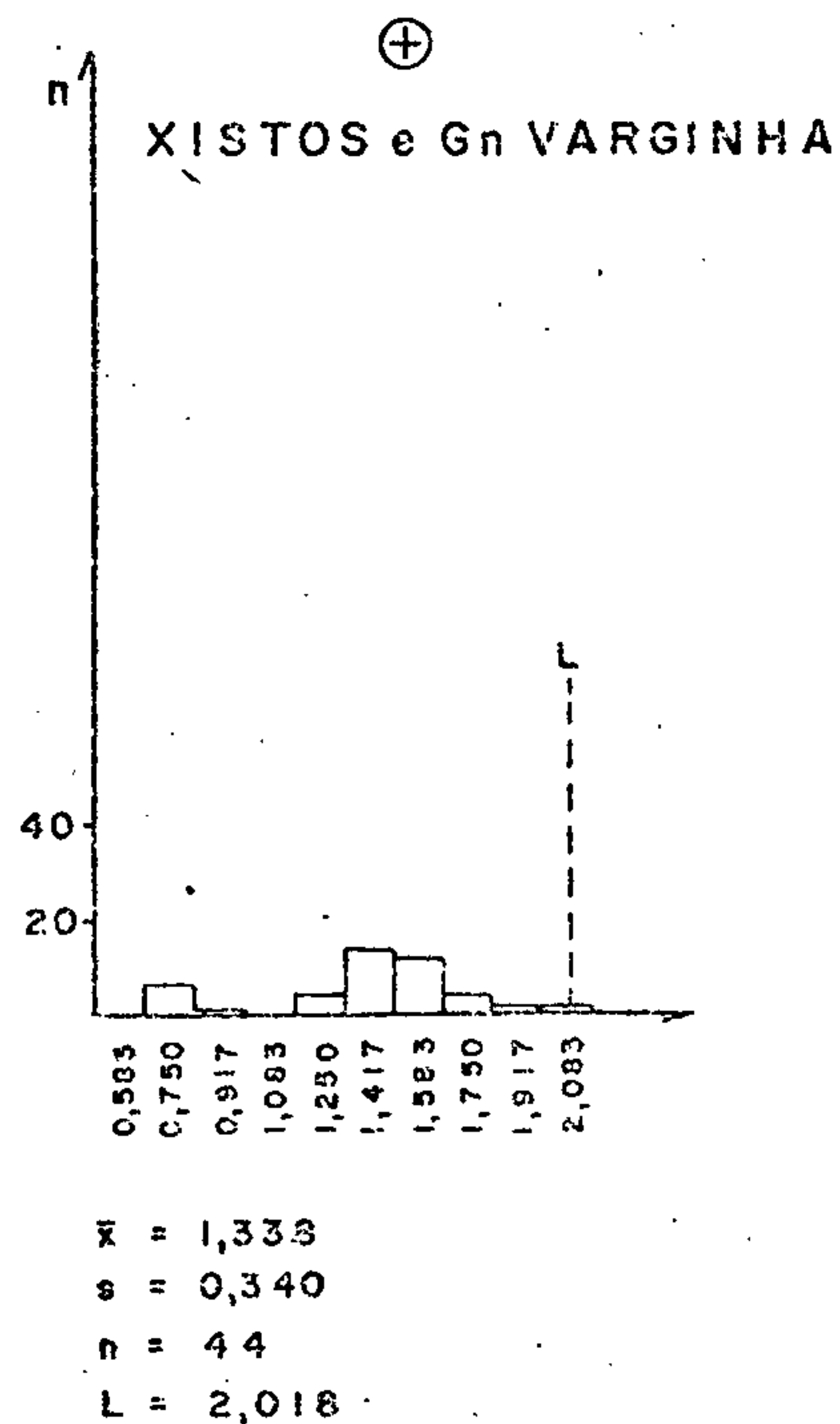
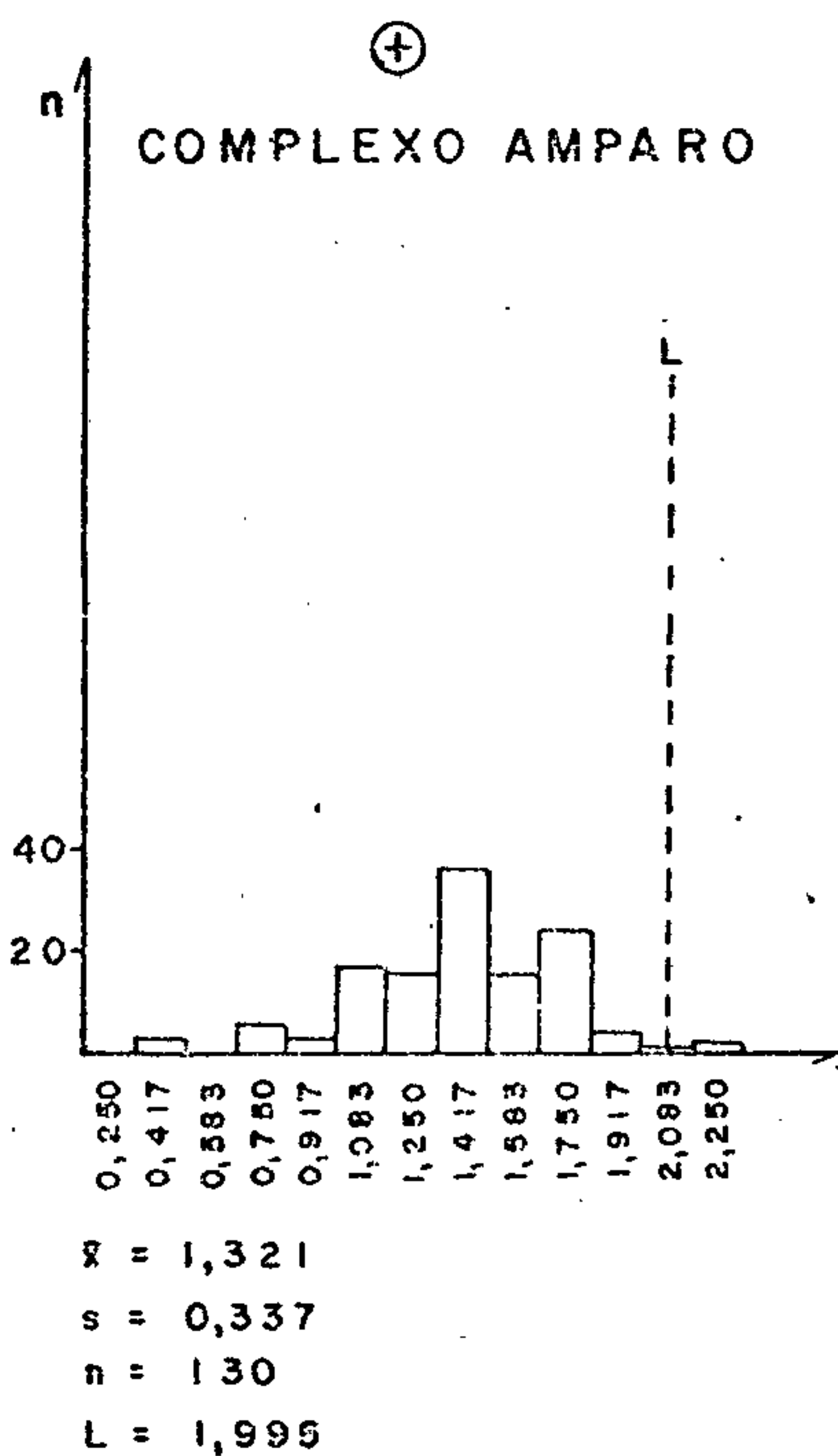
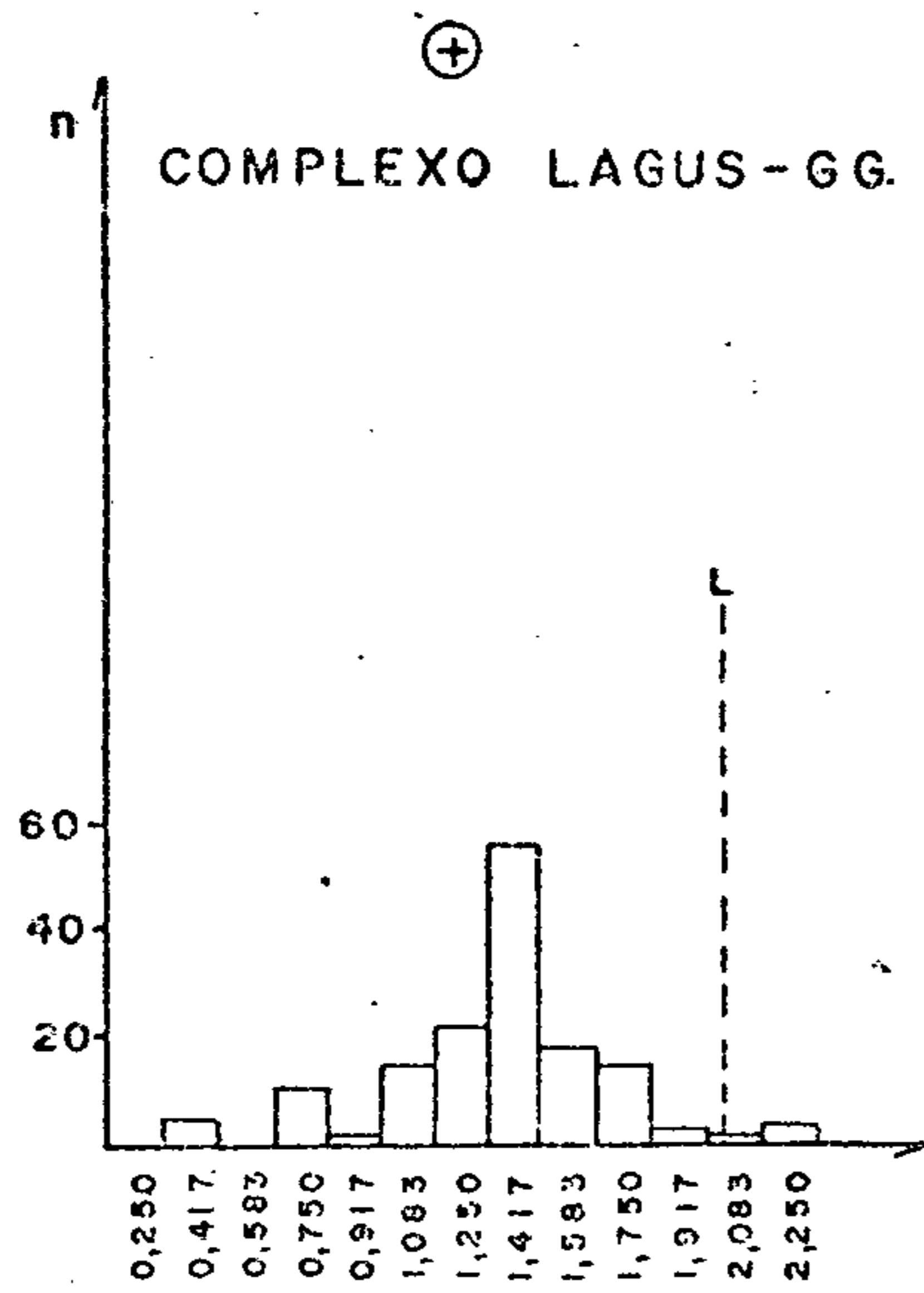
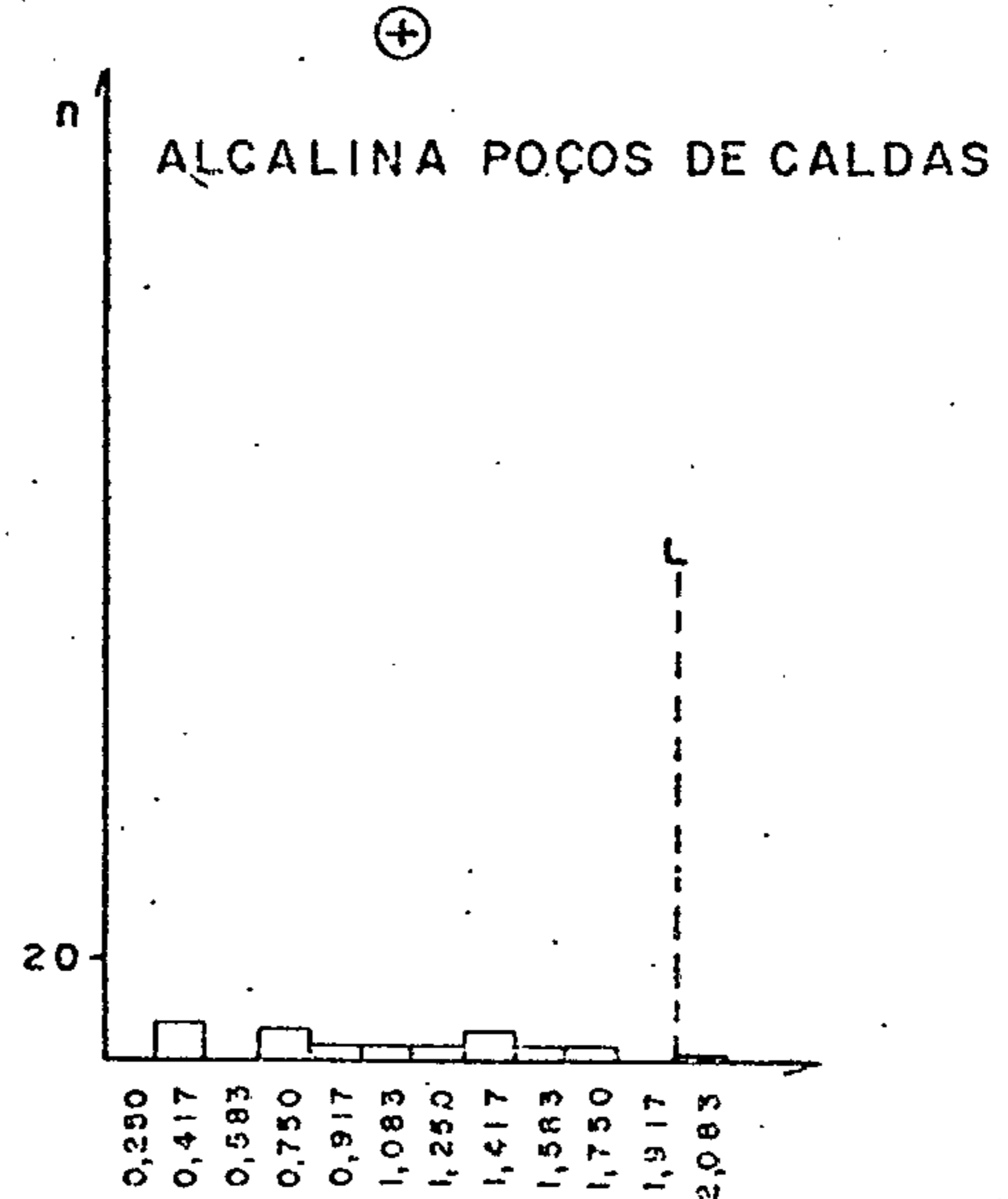


Figura 28 - Histogramas de dados logaritmizados.

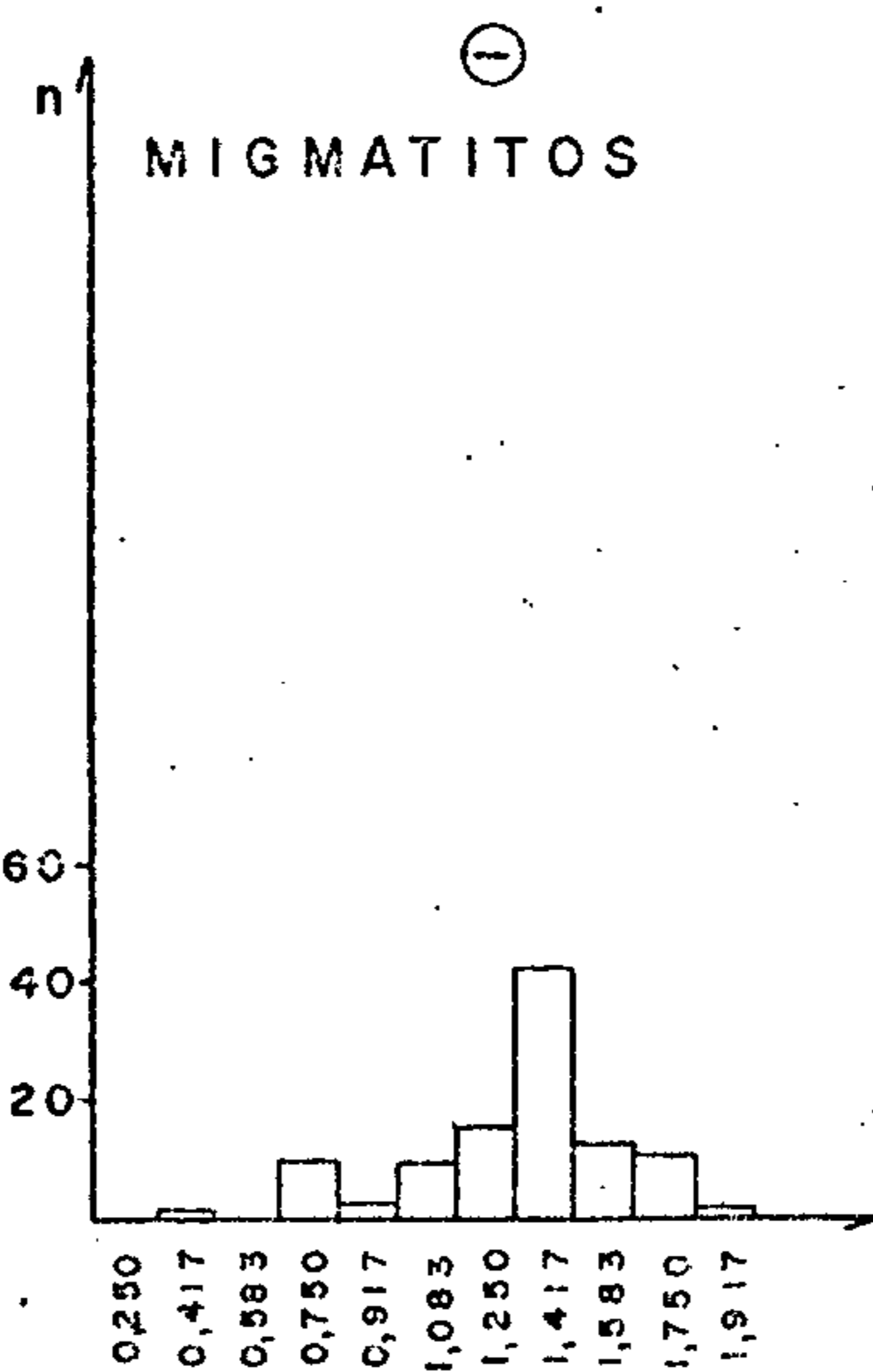
## NÍQUEL



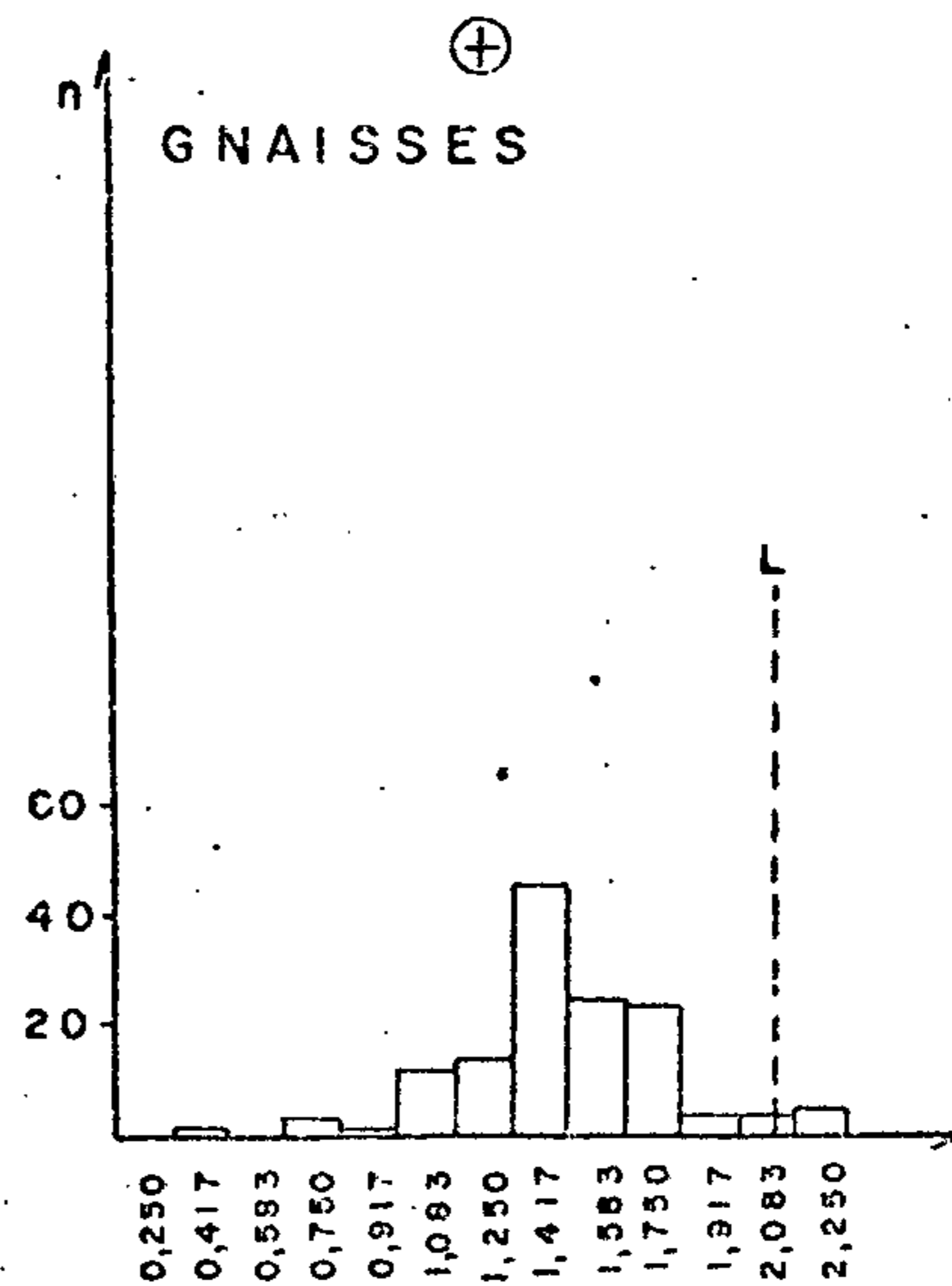
$\bar{x} = 1,250$   
 $s = 0,344$   
 $n = 153$   
 $L = 1,938$



$\bar{x} = 0,986$   
 $s = 0,453$   
 $n = 37$   
 $L = 1,892$



$\bar{x} = 1,242$   
 $s = 0,294$   
 $n = 110$



$\bar{x} = 1,407$   
 $s = 0,311$   
 $n = 139$   
 $L = 2,029$

Figura 29 - Histogramas de dados logaritmizados.



#### 7.4.5 - Cobalto

##### 7.4.5.1 - Generalidades

Na área total o cobalto apresentou grau de detecção de 567:597, com os valores definidos variando entre 5 ppm e 200 ppm, apresentando uma média geométrica igual a 10,537 e um desvio geométrico de 1,825. A média mais elevada foi observada no Complexo LAGUS-GG, sendo igual a 11,258, com desvio igual a 1,697 (tabela VI).

É interessante frisar que não houve grande variação no valor médio das diversas populações amostradas; além do mais, a amplitude foi a mesma para todas elas, com valor mínimo igual a 5 ppm e máximo igual a 30 ppm. Os coeficientes de variação, quando considerados em função das seqüências litoestratigráficas, oscilaram entre 0,567 no Complexo São João del Rei, a 0,920 na Alcalina de Poços de Caldas.

Quanto à distribuição de freqüência, os testes de Kolmogorov-Smirnov foram aceitos para todas as populações geológicas, devendo-se enfatizar que os Xistos e gnaisses Varginha e o Complexo São João del Rei admitiram também os testes de qui-quadrado (figura 30).

Para o caso da assimetria, deve-se destacar que a um nível de significância de 95%, todas as populações geológicas, litológicas e por tamanho de área de drenagem aceitaram a lognormalidade. Já no teste de curtose o mesmo não ocorreu na área total e na Alcalina de Poços de Caldas..

Dentre as grandes unidades litoestratigráficas, houve forte correlação do cobalto com níquel, escândio, vanádio, ferro e manganês na Associação Paraíba; com níquel e manganês no Complexo São João del Rei; com cobre, cromo, níquel, ferro e manganês nos Xistos e gnaisses Varginha; com níquel, ferro e manganês no Complexo Amparo; com ferro, níquel e escândio no Complexo LAGUS-GG e, finalmente, com cromo, níquel, escândio, ferro e magnésio na Alcalina de Poços de Caldas (figura 31).

Dessas associações devemos destacar, por sua importância genética, aquela dos Xistos e gnaisses Varginha, cuja tendência associativa entre cobalto, cobre, ferro, manganês, cromo e níquel, poderia refletir também a influência de fatores secundários na concentração desses elementos, denunciado pela presença de ferro e manganês que podem ter provocado fenômenos de coprecipitação. Entretanto, deve ser ressaltado que a presença de cromo entre eles não poderia, a priori, ser considerada como resultante da atuação de processos secundários.

#### 7.4.5.2 - Distribuição na área

A quase totalidade dos sedimentos de corrente analisados mostrou teores de cobalto entre 5 ppm e 30 ppm, valor esse superado em apenas duas amostras. Apesar do estreito intervalo de variação dos teores, é possível visualizar, globalmente, uma certa distribuição diferencial do cobalto nas várias seqüências litoestratigráficas estudadas (anexo IV).

A maior concentração natural desse elemento em rochas de caráter básico-ultrabásico pôde ser constatada também na área trabalhada, tanto pelo alto teor assinalado na intrusão alcalino-básico-ultrabásica de Ponte Nova (200 ppm Co, o maior de todo o projeto), como pela sua distribuição em anfíbolitos, metabasitos e tipos afins, listados anteriormente na tabela II. Assim, nas formações que englobam material de natureza básico-ultrabásica, como é o caso dos Complexos Campos Gerais, Lavras, Itapira e Amparo, e ainda no domínio dos termos granatíferos do Complexo Varginha, foram detectados teores na faixa superior dos resultados analíticos: 20 ppm - 30 ppm Co.

Hã, no entanto, diversas regiões onde predominam rochas ácidas (granitos porfiroblásticos, migmatitos granitóides e migmatitos bandados), que são normalmente pobres em cobalto, e onde foram registrados, nos sedimentos de corren

te, teores semelhantes aos das seqüências anteriores. Tal fato está bem caracterizado nos Complexos Socorro, Paraisópolis (porção sudeste) e Varginha (mormente ao redor da intrusão alcalina de Poços de Caldas), e, ainda, no extremo sudeste da Associação Paraíba do Sul (adjacências de Monteiro Lobato). Embora alguns desses altos valores estejam associados a corpos de primitiva ascendência básica, é bastante provável, que, pelo menos parte deles, devam-se à concentração de cobalto por processos secundários, ligados à coprecipitação desse elemento com óxidos/hidróxidos de ferro e manganês, os quais apresentam-se enriquecidos nessas amostras, especialmente aquelas coletadas no âmbito do Complexo Socorro.

De modo inverso, os teores mais baixos de cobalto em sedimentos de corrente (desde inferiores a 5 ppm até 7 ppm) foram registrados na intrusão alcalina de Poços de Caldas, no maciço granítico de Porto dos Mendes e na porção oriental do Complexo Amparo, ocupada por migmatitos porfiroblásticos e bandados. Os dados assinalados na intrusão alcalina de Poços de Caldas concordam com o valor médio dos resultados obtidos por GUIMARÃES & DUTRA (1962) em rochas desse maciço: 3,1 ppm Co.

Nas demais seqüências os teores de cobalto são muito variáveis (entre 5 ppm e 30 ppm), dominando os valores baixos (5 ppm - 10 ppm) nos conjuntos migmatitizados em maior escala (Associação Paraíba do Sul, porção oriental do Complexo Paraisópolis), e teores algo superiores (10 ppm - 15 ppm) nas formações epi e mesometamórficas (Complexo Lambari e grande parte do Complexo Campos Gerais). Esporadicamente algumas amostras revelam teores de até 30 ppm Co.

TABELA VI — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — COBALTO

ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	2,5	200	10,537	1,825	0,660	567:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	2,5	200	10,668	2,000	0,785	98:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	2,5	50	10,430	1,783	0,630	458:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	2,5	200	10,350	1,839	0,670	517:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	2,5	30	10,238	1,942	0,744	121:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	LOGNORMAL	2,5	30	11,166	1,785	0,632	43:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	2,5	30	9,539	1,695	0,567	85:87
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	LOGNORMAL	2,5	30	9,826	1,771	0,622	85:90
COMPLEXO LAGUS-66	LOGNORMAL	2,5	30	11,258	1,697	0,568	150:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	2,5	30	8,954	2,188	0,920	31:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	2,5	30	9,822	1,742	0,600	106:111
GNAISSES	LOGNORMAL	2,5	30	11,115	1,754	0,609	135:139

OBS: - Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.  
 - Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

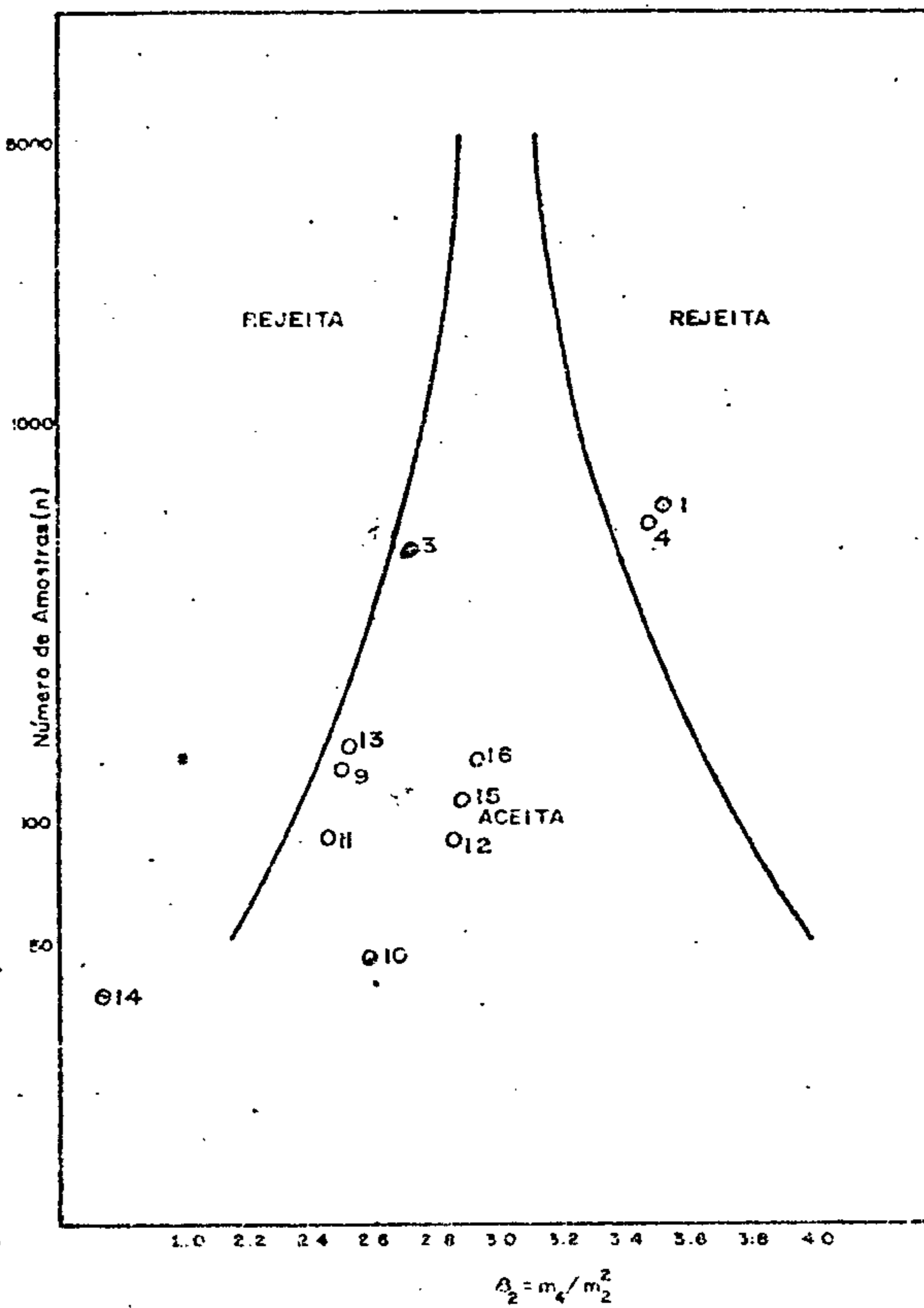
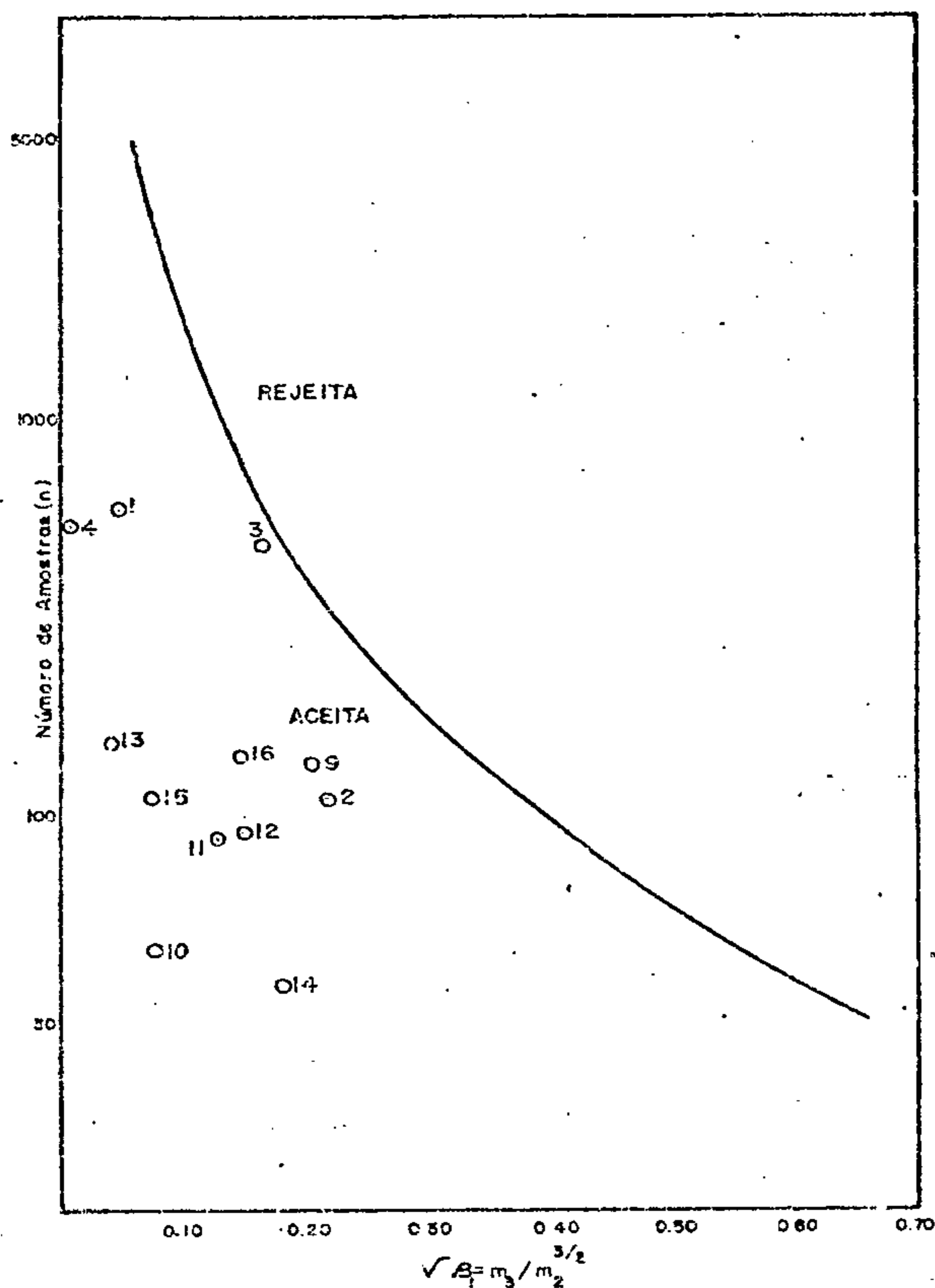
LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO
TOTAL	591	0,250	2,417	2,167	1,023	0,261	0,255
TOTAL AD1	106	0,250	2,417	2,167	1,028	0,301	0,293
TOTAL AD2	474	0,250	1,750	1,500	1,018	0,251	0,247
LEVANTAMENTO REGIONAL	540	0,250	2,417	2,167	1,015	0,264	0,261
COMPLEXO AMPARO	130	0,250	1,583	1,333	1,010	0,288	0,285
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	44	0,250	1,583	1,333	1,048	0,252	0,240
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	87	0,250	1,583	1,333	0,980	0,229	0,234
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	89	0,250	1,583	1,333	0,992	0,248	0,250
COMPLEXO LAGUS-66	152	0,250	1,583	1,333	1,051	0,230	0,218
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	36	0,250	1,583	1,333	0,952	0,340	0,357
MIGMATITOS	110	0,250	1,583	1,333	0,992	0,241	0,243
GNAISSES	139	0,250	1,583	1,333	1,046	0,244	0,233

## TESTES DE DISTRIBUIÇÃO COBALTO

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV		QUI-QUADRADO			
				5%	1%	F MÍN. 1,5		F MÍN. 50	
						5%	1%	5%	1%
1	TOTAL	-0,044	3,545	+	+	-	-	-	-
2	TOTAL AD1	0,218	5,043*	+	+	-	-	+	+
3	TOTAL AD2	-0,162	2,735	+	+	-	-	-	-
4	LEV. REGIONAL	0,005	3,503	+	+	-	-	-	-
9	COMPLEXO AMPARO	-0,204	2,504	+	+	-	-	-	-
10	XISTOS e Gn. VARGINHA	-0,076	2,591	+	+	+	+	+	+
11	COMPLEXO SJOÃO DEL REI	-0,129	2,468	+	+	+	+	+	+
12	ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	-0,198	2,862	+	+	-	-	-	-
13	COMPLEXO LAGUS-GG.	-0,040	2,522	+	+	-	-	-	-
14	ALCALINA PÇOS DE CALDAS	-0,180	1,753	+	+	-	-	-	-
15	MIGMATITOS	-0,074	2,900	+	+	-	-	-	-
16	GNAISSES	-0,149	2,950	+	+	-	-	-	-

+ Aceita a hipótese nula

- Rejeita a hipótese nula

\* Rejeitadas, o ponto cai além dos limites do quadro

Figura 30 — Testes de distribuição do elemento Co: assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado, nas diversas populações.

### COBALTO

#### MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOS E GN VARGINHA		COMPLEXO S J DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-06		ALCALINA DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	Co	n	Co	n	Co	n	Co	n	Co	n	Co	n	Co	n	Co	n	Co	
Fe	567	⊕	121	⊕	43	⊕	85	⊕	85	⊕	150	⊕	31	⊕	106	⊕	135	⊕	Fe
Mg	566	○	120	○	43	○	85	⊕	85	○	150	○	31	⊕	105	○	135	○	Mg
Ca	479		106	○	29		70	○	79	•	130	○	21	○	94	○	116		Ca
Ti	340	○	80	○	21	○	62		69	○	60		16		79		81	○	Ti
Mn	564	⊕	121	⊕	43	⊕	85	⊕	85	⊕	150	⊕	28		106	⊕	135	⊕	Mn
B	332	(-)	83	(○)	25	(○)	69	(-)	45	(○)	75	(-)	9		60	(-)	83	(-)	B
Ba	566	○	121	○	43	○	85		85	⊕	150		31	⊕	106	○	135		Ba
Be	106	(-)	16	(-)	2	✱	3	✱	29		18	○	20	(○)	22	○	11	(-)	Be
Co		⊕		⊕		⊕		⊕		⊕		⊕		⊕		⊕		⊕	Co
Cr	567	○	121		43	⊕	85	○	85	○	150		31	⊕	106		135	○	Cr
Cu	516	⊕	111	⊕	43	⊕	85	⊕	69	○	132	○	25	⊕	95	⊕	131	○	Cu
La	527		106		41	○	69		81		147		31		95		129		La
Ni	553	⊕	119	⊕	43	⊕	85	⊕	83	⊕	145	⊕	26	⊕	104	⊕	135	⊕	Ni
Pb	525		112		35	○	71		83		146		31	(-)	101		122		Pb
Sc	482	⊕	98		41	⊕	85	⊕	69	⊕	121	⊕	22	⊕	90	○	119	○	Sc
Sr	153		22	○	1	✱	8	✱	35		45		23		26	(-)	22	○	Sr
V	567	○	121		43	⊕	85	○	85	⊕	150	○	31		106		135	○	V
Y	556		118	(-)	42		81		84		150		31	(-)	104		132	(-)	Y
Zr	347		83	(-)	33		51		60		70	(-)	16	(-)	70	(-)	88	(-)	Zr

#### LEGENDA

- n - nº de amostras que entraram no cálculo
- ✱ - insuficiência de valores definidos
- - < 0,3
- - 0,3 a 0,4
- - 0,4 a 0,5
- ⊕ - 0,5 a 0,6
- ⊕ - 0,6 a 0,7
- ⊕ - 0,7 a 0,8
- ⊕ - > 0,8
- (-) - correlação negativa

Figura 31

## COBALTO

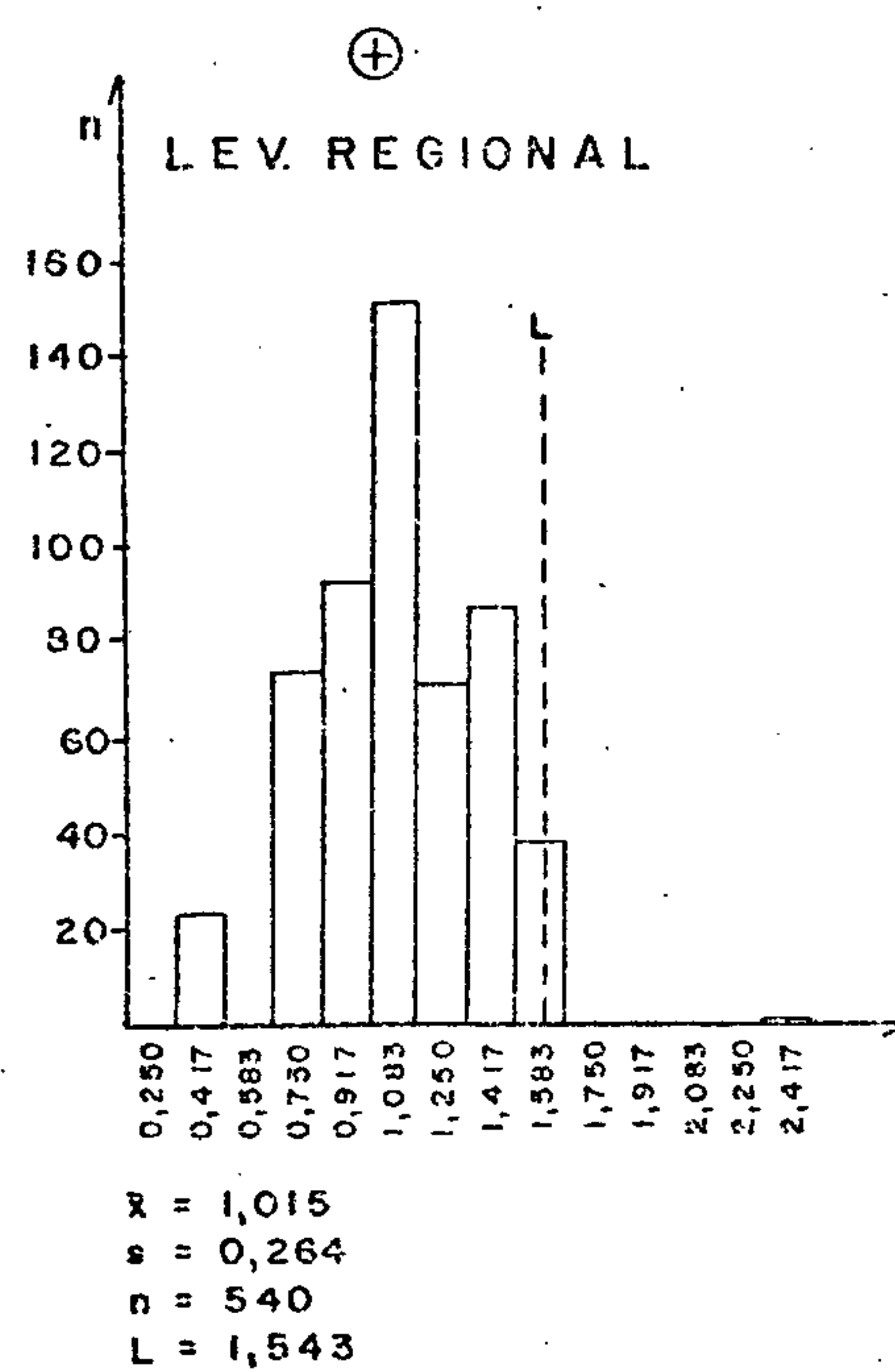
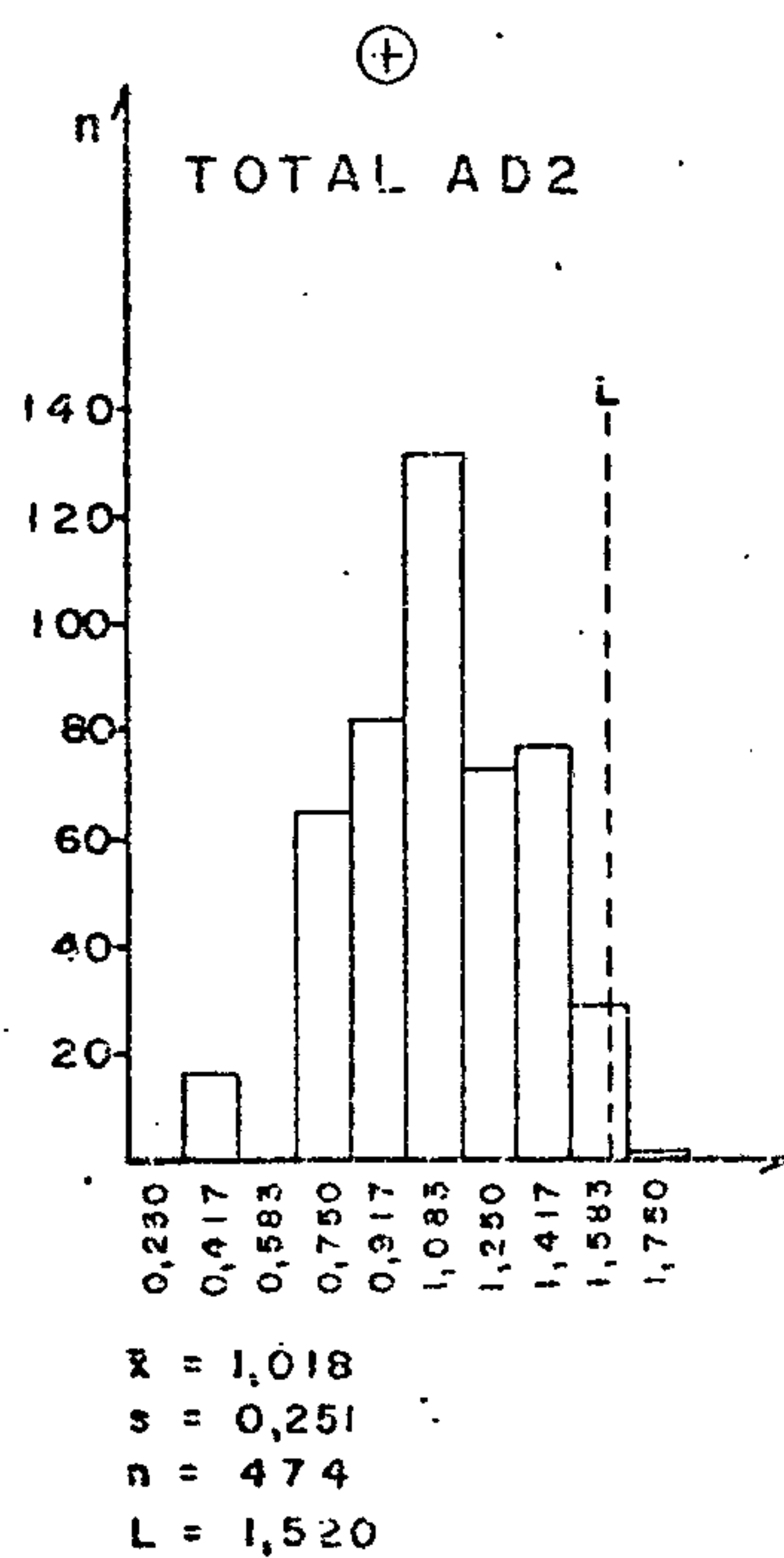
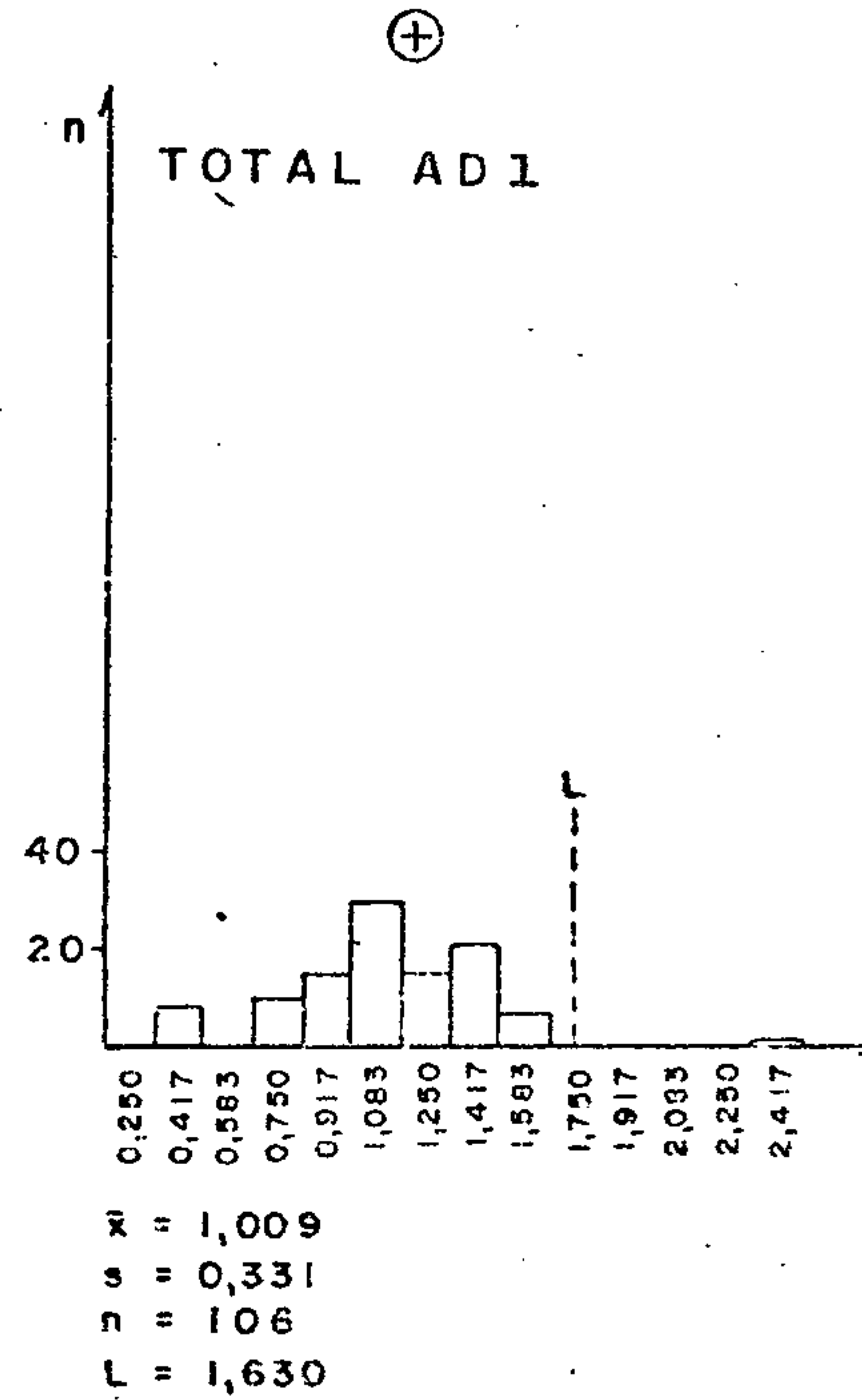
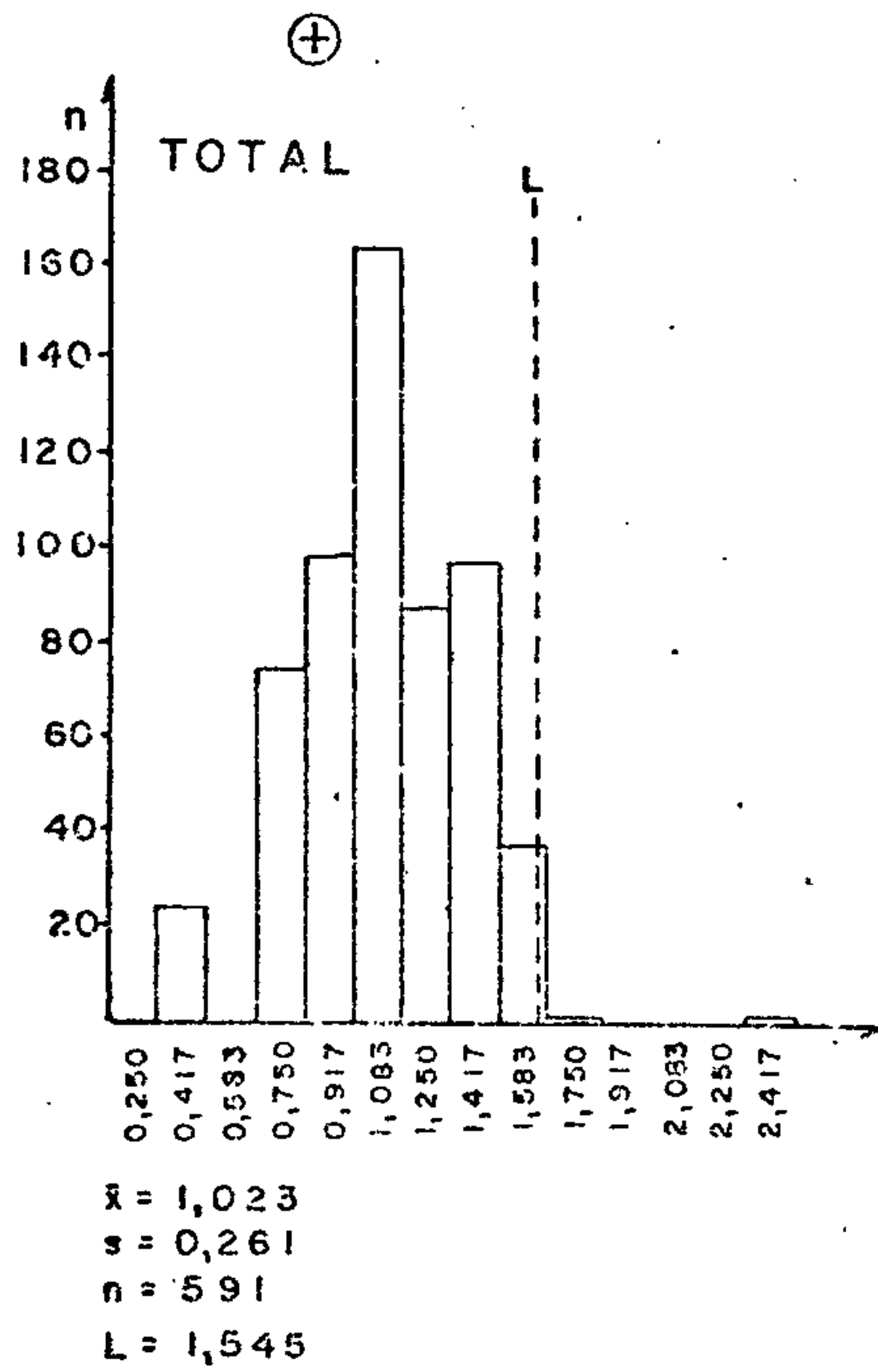


Figura 32 - Histogramas de dados logaritmizados.

COBALTO

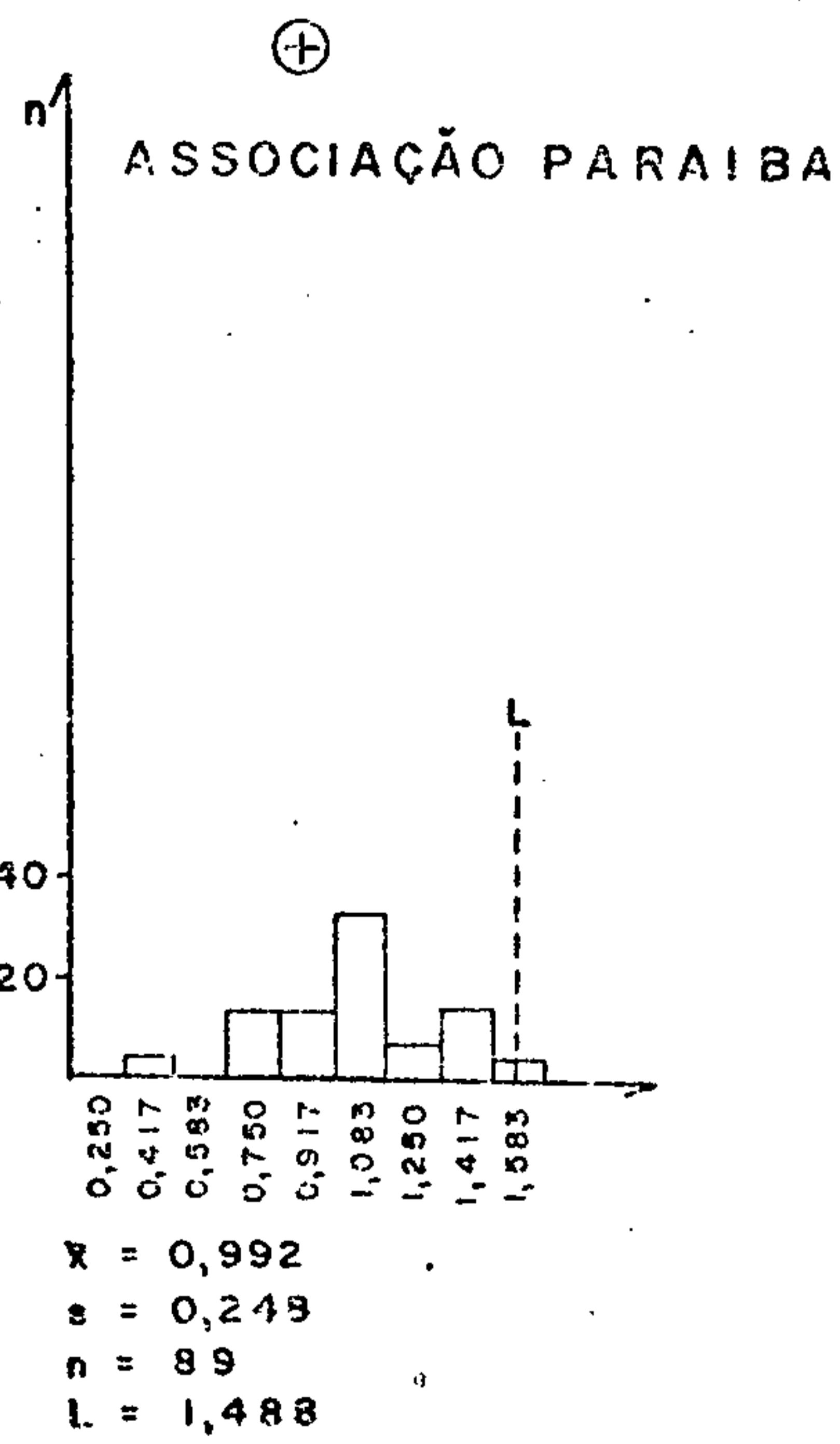
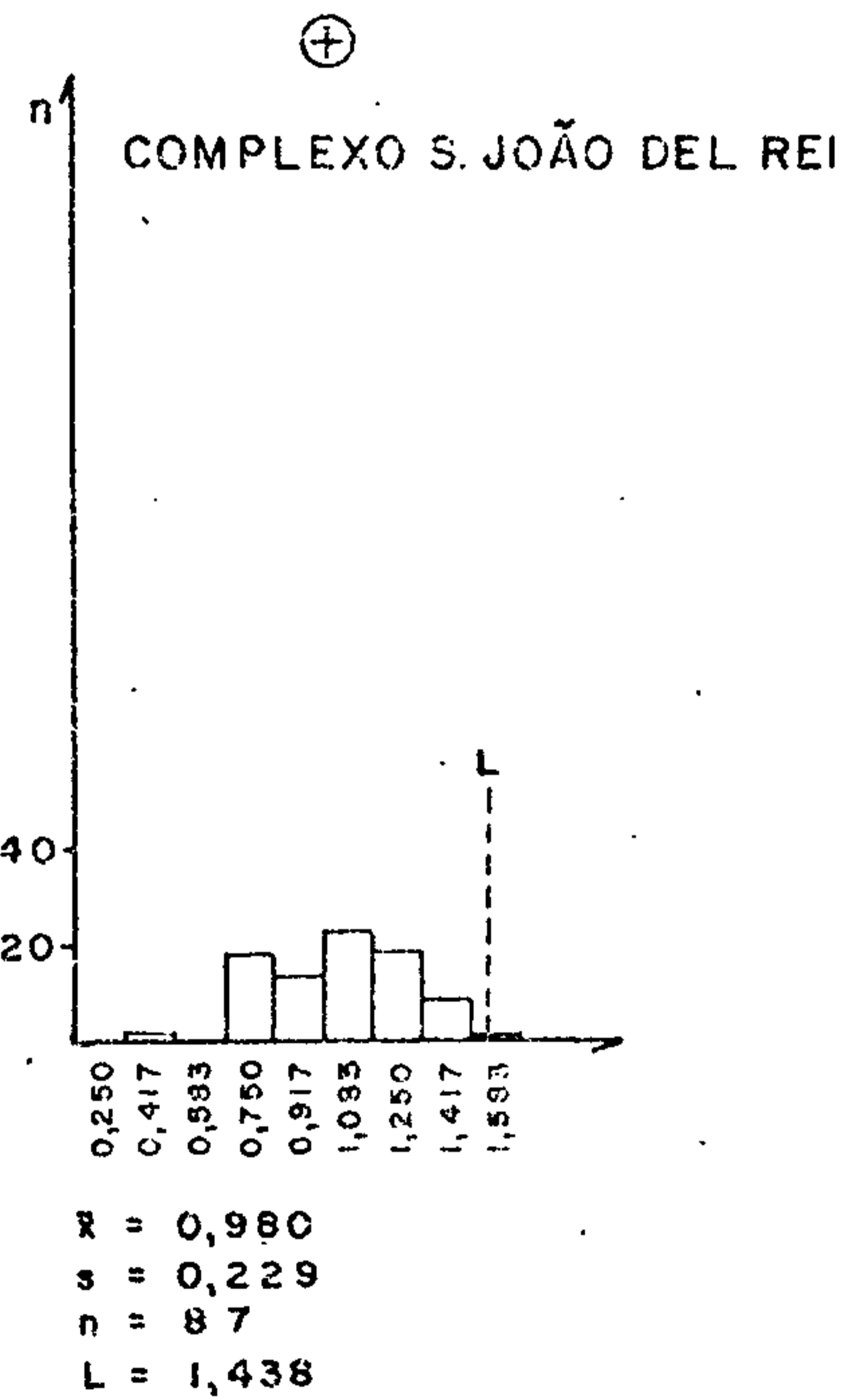
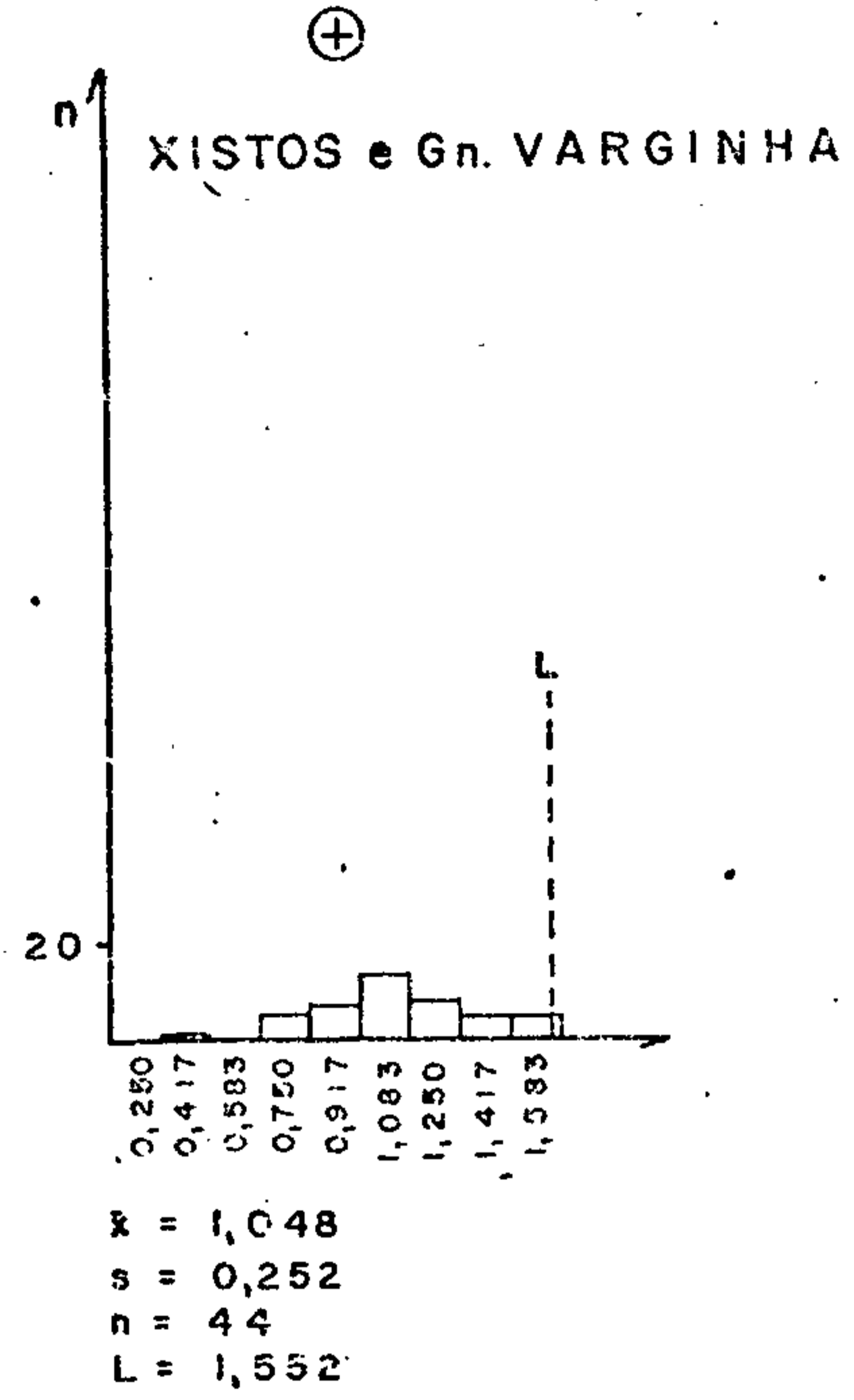
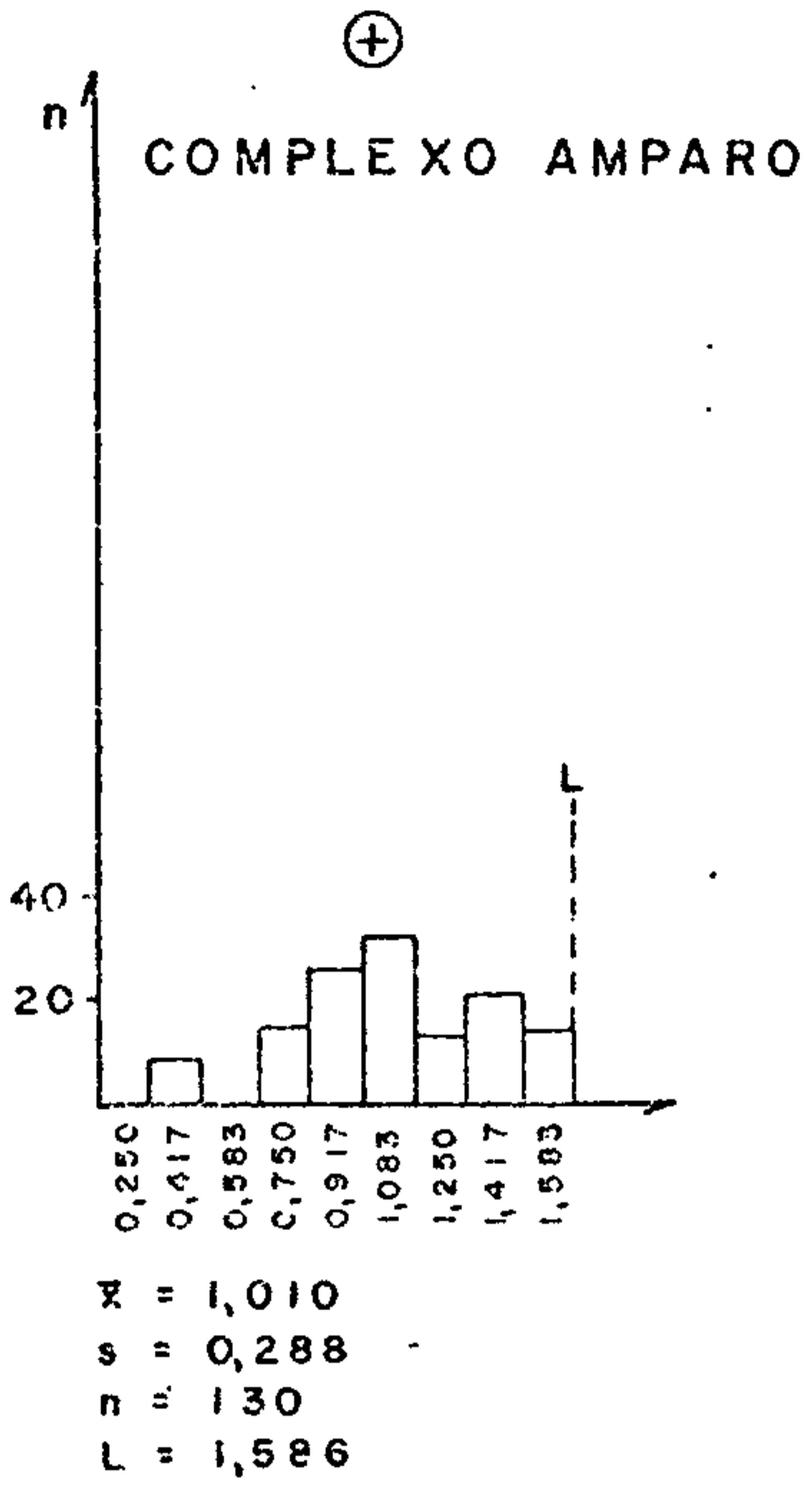


Figura 33 - Histogramas de dados logaritmizados.



COBALTO

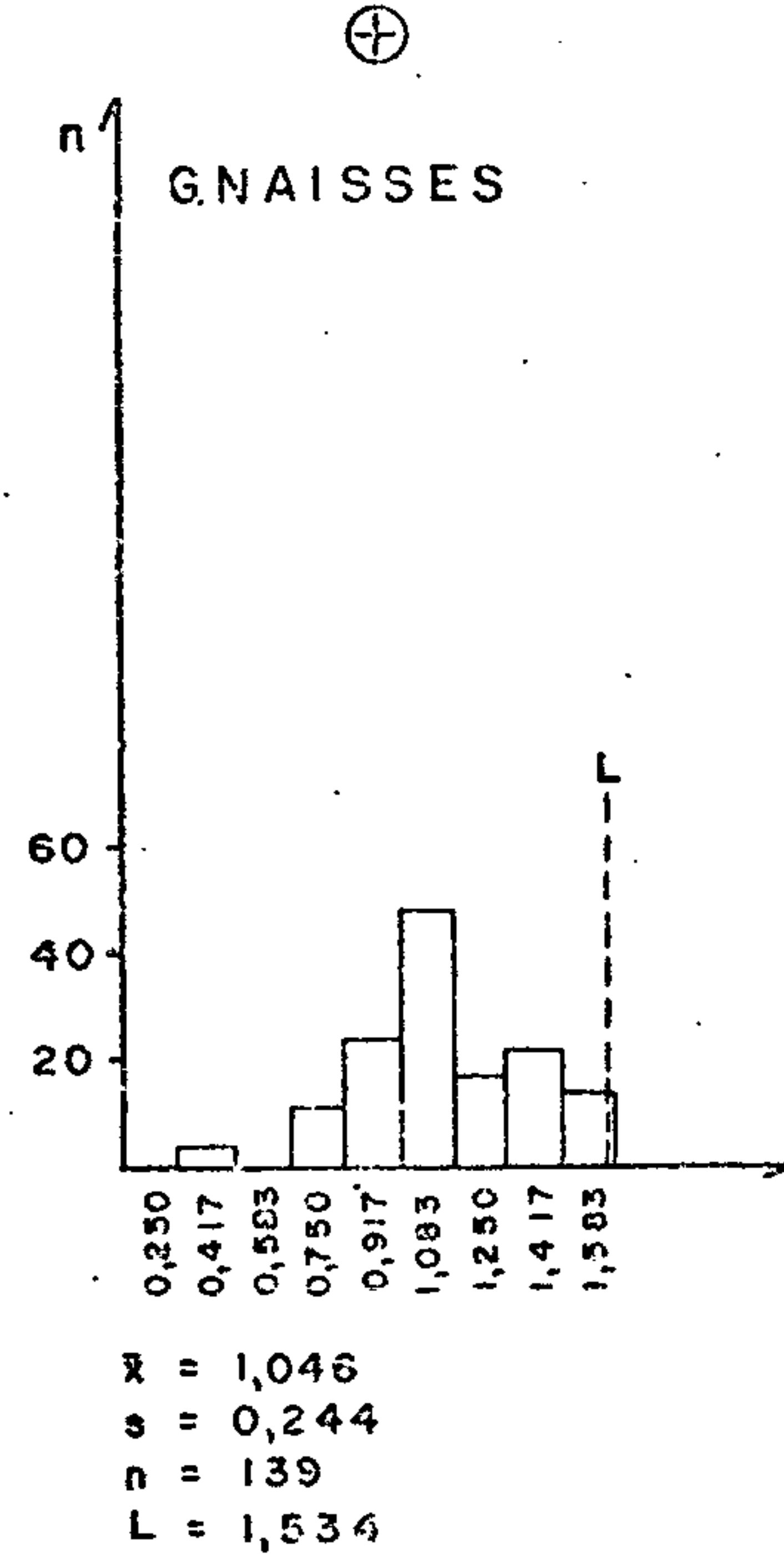
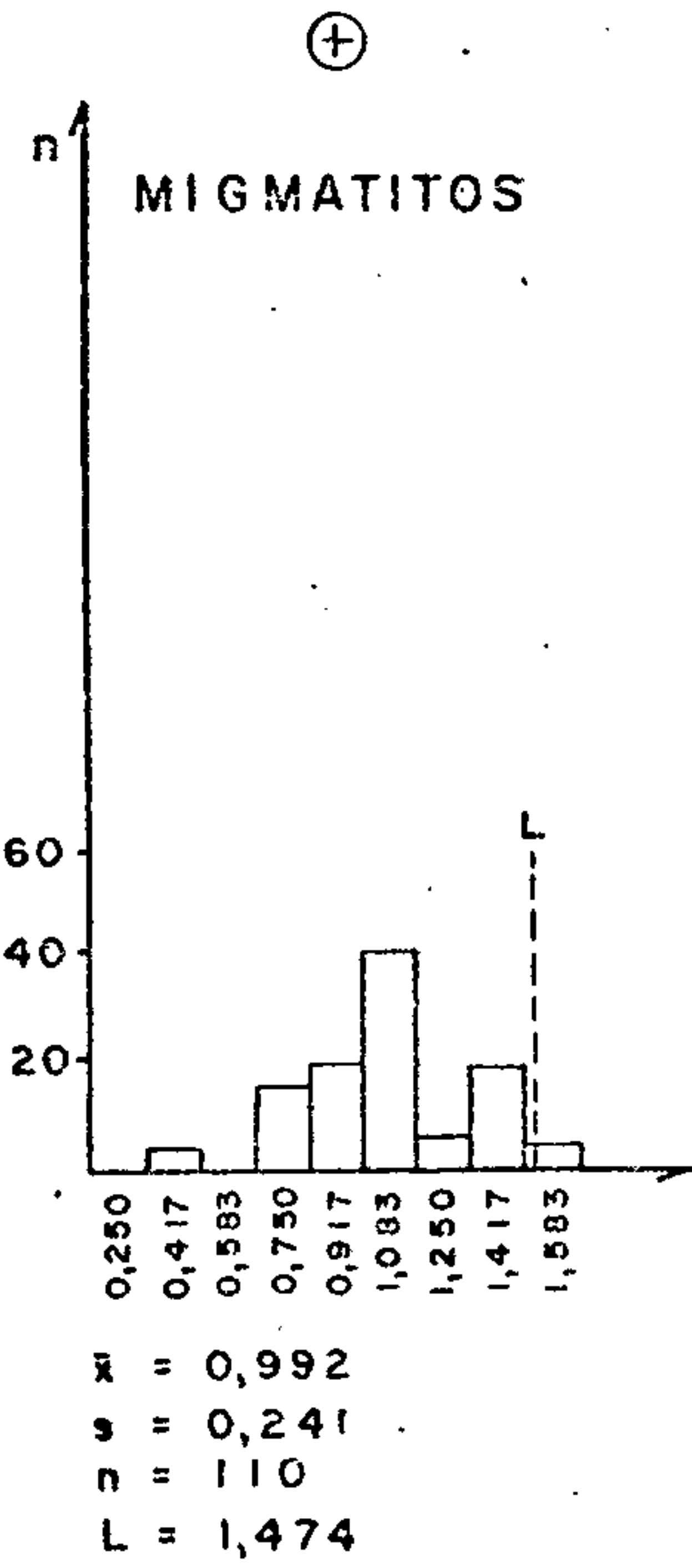
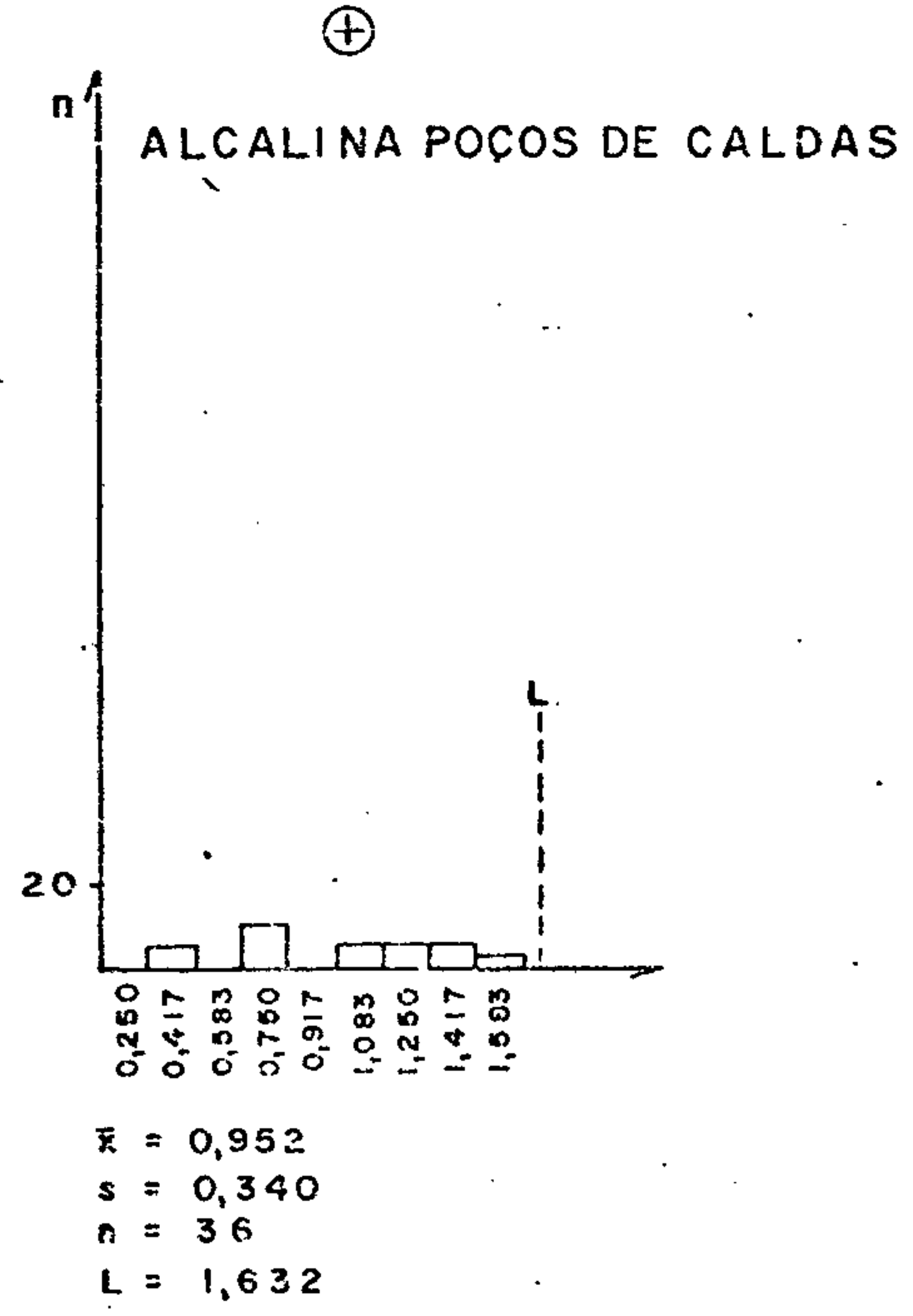
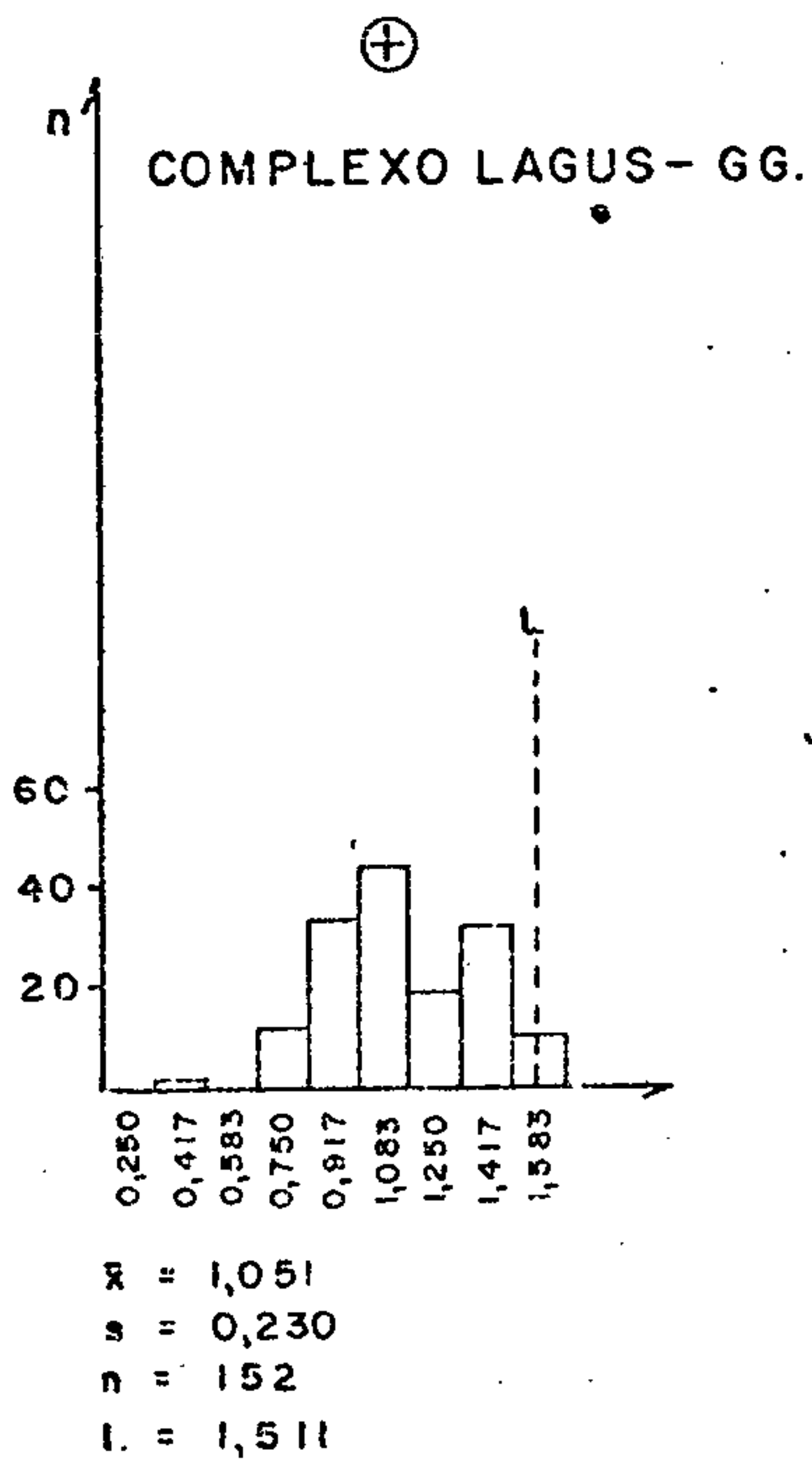


Figura 34 - Histogramas de dados logaritmizados.

#### 7.4.6 - Escândio

##### 7.4.6.1 - Generalidades

Na área total o escândio apresentou grau de detecção de 495:597, com valores oscilando entre 5 ppm e 50 ppm. Os teores mais elevados concentraram-se nos Xistos e gnaisses Varginha, onde a média geométrica alcançou 13,508, enquanto que na área total a média geométrica foi da ordem de 10,400. A menor média geométrica foi observada na Alcalina de Poços de Caldas (8,411). Dentre as populações de metamorfos, os mais baixos teores são observados na Associação Paraíba, reconhecidamente pobre em termos básicos (tabela VII).

Com exceção da Alcalina de Poços de Caldas, as demais populações aceitaram os testes de lognormalidade de Kolmogorov-Smirnov, sendo interessante destacar que algumas populações admitiram também os testes de qui-quadrado. Entre as quatro populações selecionadas por tamanho de área de drenagem, as duas com área de drenagem menor que 10 km<sup>2</sup> aceitaram não só os testes de Kolmogorov-Smirnov, como também os de qui-quadrado. Já no caso das populações geológicas, os Xistos e gnaisses Varginha admitiram todos os testes de lognormalidade (tanto Kolmogorov-Smirnov, como qui-quadrado). Entre as populações litológicas, os gnaisses aceitaram os dois testes, isto é, de Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado. Os testes de assimetria e curtose, com exceção do Complexo LAGUS-GG, aceitaram a lognormalidade para todas as outras populações geológicas (figura 35).

Na área total o escândio correlacionou-se com ferro, cobalto, cobre e vanádio, enquanto que nas populações geológicas foram observadas as seguintes associações com o escândio: ferro e cobre no Complexo Amparo; ferro, cobre, cobalto, cromo, níquel e vanádio nos Xistos e gnaisses Varginha; ferro, vanádio, cobre e cobalto no Complexo São João del Rei; ferro, cobalto, vanádio, níquel e magnésio na Associação Paraíba e, finalmente, ferro, cobalto, níquel e vanádio no Complexo LAGUS-GG (figura 36).

#### 7.4.6.2 - Distribuição na área

O quadro regional da distribuição do escândio em sedimentos de corrente (anexo V) pôs em evidência a sua já conhecida afinidade por rochas básicas, registrando-se os mais altos teores desse elemento no âmbito das seqüências portadoras de material dessa natureza. Tal fato geoquímico ficou bem caracterizado no domínio dos termos granatíferos do Complexo Varginha, onde foram assinalados os valores mais elevados de toda a área estudada (entre 20 ppm e 50 ppm Sc), associando-se a teores expressivos de cobre, cromo, níquel, cobalto e vanádio.

Os chamados "complexos granitóides" (Socorro, Paraisópolis, Varginha e Lavras) apresentaram teores normalmente inseridos entre 10 ppm e 20 ppm Sc, estando esses últimos, de um modo geral, ligados à presença de corpos de primitiva ascendência básica, mas hoje profundamente transformados: charnoquitos, anfibolitos e metabasitos.

Nos demais conjuntos litoestratigráficos detectaram-se teores baixos de escândio, geralmente no intervalo de 5 ppm a 15 ppm, com predominância de valores da ordem de 7 ppm a 10 ppm. Entretanto, nas áreas de exposição de rochas básico-ultrabásicas algumas amostras alcançaram até 20 ppm Sc.

O maciço alcalino de Poços de Caldas exibiu os menores teores desse elemento, atingindo no máximo 5 ppm Sc, refletindo os baixos valores presentes nas rochas dessa intrusão (média de 12,7 ppm Sc; GUIMARÃES & DUTRA, 1962). Já na borda oeste dessa intrusão, onde afloram rochas piroclásticas de caráter básico, os teores se elevam, atingindo 20 ppm Sc.



CPRM

## TABELA VII — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — ESCÂNDIO

### ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIÇÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	2,5	50	10,400	1,712	0,579	495:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	2,5	30	9,247	1,751	0,607	85:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	2,5	50	10,660	1,695	0,566	404:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	2,5	50	10,241	1,694	0,566	448:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	2,5	20	9,126	1,750	0,607	101:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	LOGNORMAL	2,5	50	13,508	1,761	0,614	42:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	2,5	20	9,920	1,649	0,533	85:87
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	LOGNORMAL	2,5	20	8,588	1,591	0,491	71:90
COMPLEXO LAGUS-60	LOGNORMAL	2,5	30	12,261	1,546	0,457	122:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	5,0	20	8,411	1,754	0,609	26:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	2,5	20	9,590	1,618	0,511	92:111
GNAISSES	LOGNORMAL	2,5	30	10,997	1,663	0,543	119:139

OBS: - Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.  
- Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

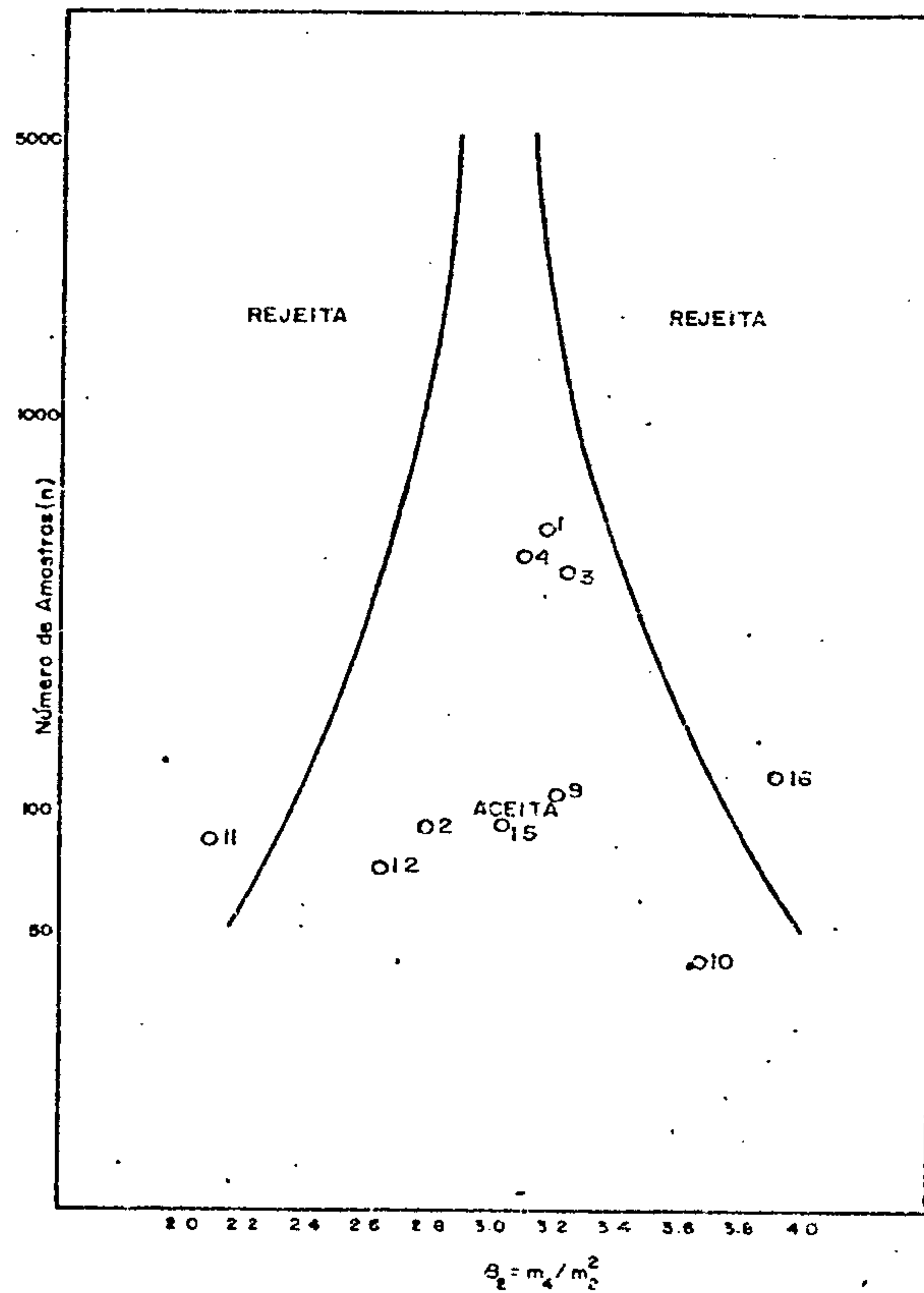
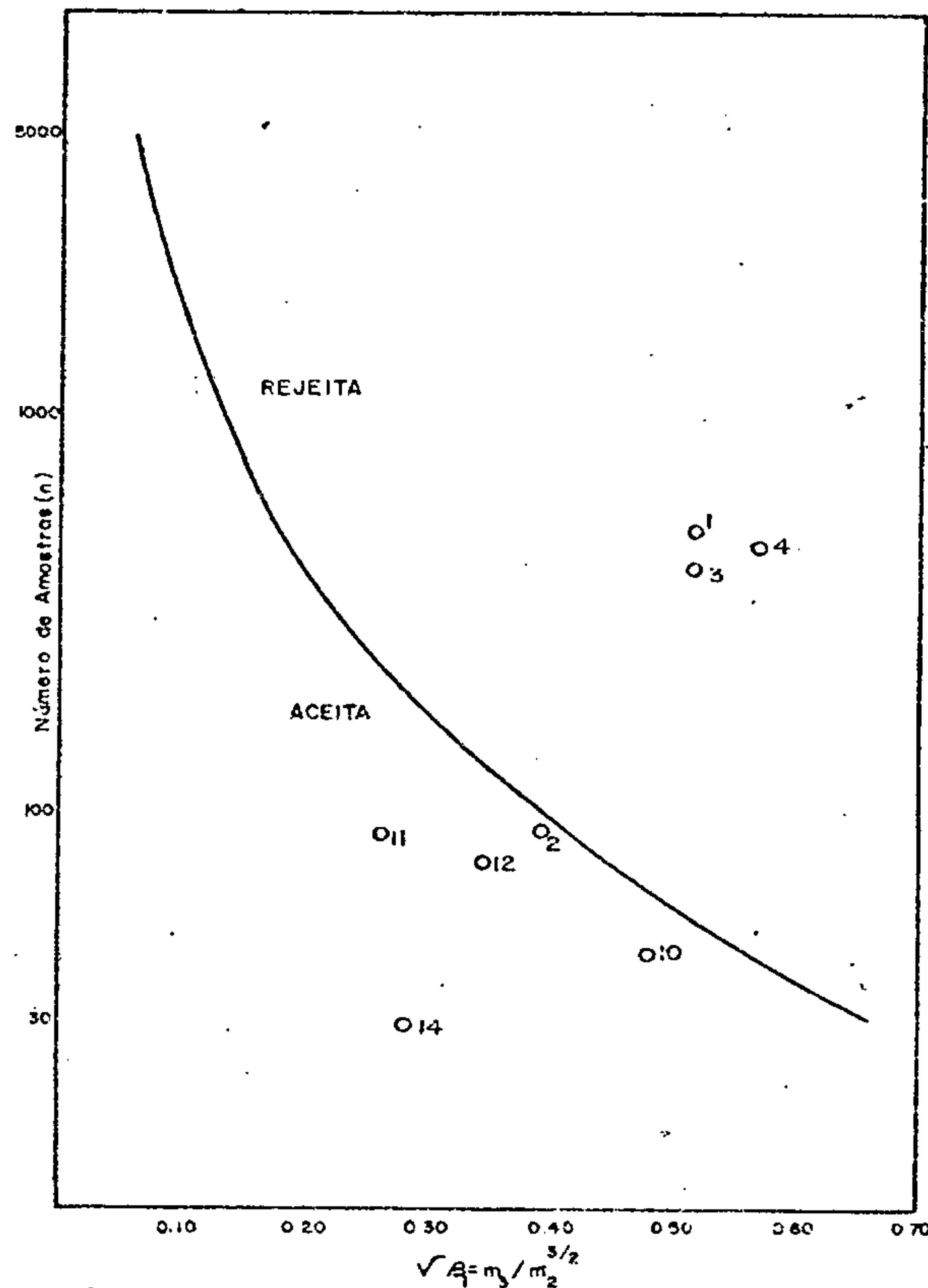
### LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIÇÃO
TOTAL	513	0,250	1,750	1,500	1,017	0,234	0,230
TOTAL AD1	90	0,250	1,583	1,333	0,966	0,243	0,252
TOTAL AD2	416	0,250	1,750	1,500	1,028	0,229	0,223
LEVANTAMENTO REGIONAL	464	0,250	1,750	1,500	1,010	0,229	0,227
COMPLEXO AMPARO	111	0,250	1,417	1,167	0,960	0,243	0,253
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	43	0,250	1,750	1,500	1,131	0,246	0,217
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	86	0,250	1,417	1,167	0,997	0,217	0,218
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	73	0,250	1,417	1,167	0,934	0,202	0,216
COMPLEXO LAGUS-60	124	0,250	1,583	1,333	1,089	0,189	0,174
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	26	0,250	1,417	0,833	0,925	0,244	0,264
MIGMATITOS	95	0,250	1,417	1,167	0,982	0,209	0,213
GNAISSES	124	0,250	1,583	1,333	1,041	0,221	0,212

## TESTES DE DISTRIBUIÇÃO ESCÂNDIO

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV		QUI-QUADRADO			
				5%	1%	F MÍN. 1,5		F MÍN. 50	
						5%	1%	5%	1%
1	TOTAL	-0,524	3,175	+	+	-	-	-	-
2	TOTAL AD1	-0,394	2,769	+	+	+	+	+	+
3	TOTAL AD2	-0,518	3,250	+	+	-	-	-	-
4	LEV REGIONAL	-0,573	3,109	+	+	-	-	-	-
9	COMPLEXO AMPARO	-0,861*	3,213	+	+	-	-	-	-
10	XISTOS e Gn. VARGINHA	-0,485	3,690	+	+	+	+	+	+
11	COMPLEXO S. JOÃO DEL REI	-0,255	2,093	+	+	-	-	-	-
12	ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	-0,345	2,652	+	+	-	-	-	-
13	COMPLEXO LAGUS-GG.	-1,159*	4,758*	+	+	-	-	-	-
14	ALCALINA POÇOS DE CALDAS	0,282	1,279*	-	-	-	-	-	-
15	MIGMATITOS	-0,730*	3,040	+	+	-	-	-	-
16	GNAISSES	-0,889*	3,929	+	+	+	+	+	+

+ Aceito a hipótese nula

- Rejeita a hipótese nula

\* Rejeitadas o ponto cai além dos limites do quadro

Figura 35 — Testes de distribuição do elemento Sc: assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado; nas diversas populações

ESCÂNDIO

MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

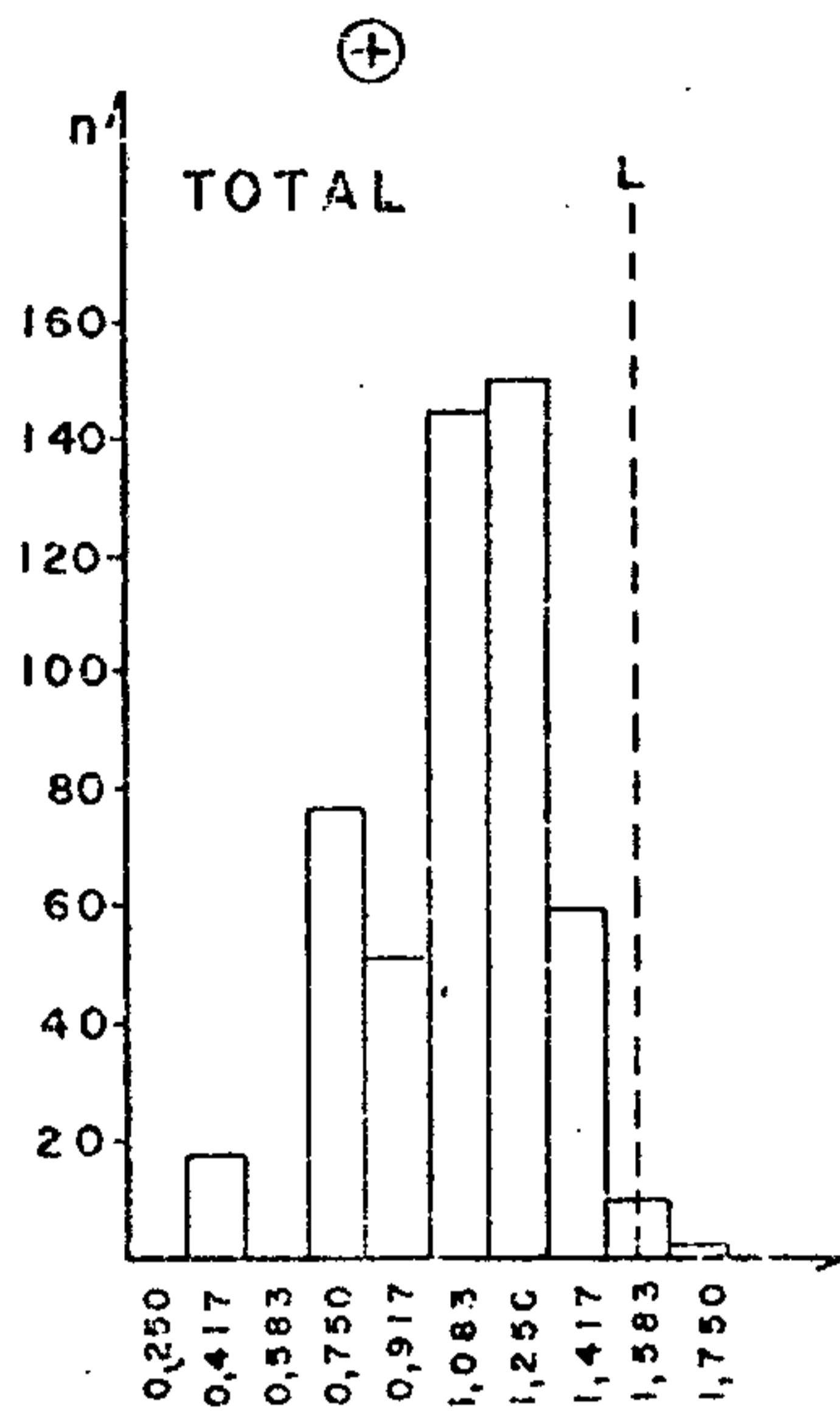
	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOS E GN VARGINHA		COMPLEXO S J DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-GG		ALCALINA P DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	Sc	n	Sc	n	Sc	n	Sc	n	Sc	n	Sc	n	Sc	n	Sc	n	Sc	
Fe	495	⊙	101	⊙	42	⊙	85	⊙	71	⊙	122	⊙	26	⊙	92	⊙	119	⊙	Fe
Mg	493	.	100	(-)	42	.	85	.	71	⊙	121	.	26	⊙	91	.	119	.	Mg
Ca	413	(-)	86	(-)	29	(-)	70	(-)	64	.	109	.	15	⊙	80	.	102	(-)	Ca
Ti	313	○	68	○	20	⊙	62	○	65	○	52	○	16	.	73	○	71	○	Ti
Mn	492	○	101	.	42	○	85	○	71	⊙	122	○	23	.	92	○	119	○	Mn
B	302	(-)	67	(-)	25	⊙	69	.	39	(-)	68	(-)	10	.	54	(-)	75	(-)	B
Ba	494	.	101	.	42	.	85	(-)	71	○	121	(-)	26	⊙	92	.	119	.	Ba
Be	97	○	13	(-)	2	*	3	*	25	.	16	.	21	(-)	18	.	10	.	Be
Co	482	⊙	98	.	41	⊙	85	⊙	69	⊙	121	⊙	22	⊙	90	○	119	○	Co
Cr	495	○	101	.	42	⊙	85	○	71	⊙	122	○	26	⊙	92	⊙	119	.	Cr
Cu	474	⊙	94	⊙	42	⊙	85	⊙	68	○	116	○	21	⊙	88	⊙	117	○	Cu
La	459	.	90	.	40	○	69	.	67	.	119	.	26	.	83	.	114	.	La
Ni	483	○	99	.	42	⊙	85	○	69	⊙	120	⊙	20	⊙	90	⊙	119	.	Ni
Pb	460	(-)	95	.	36	○	71	.	70	.	118	.	26	(-)	88	.	109	.	Pb
Sc		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙	Sc
Sr	121	.	17	○	1	*	8	*	24	(-)	35	.	19	⊙	18	.	21	.	Sr
V	495	⊙	101	○	42	⊙	85	⊙	71	⊙	122	⊙	26	.	92	⊙	119	○	V
Y	487	.	100	.	42	○	81	.	70	.	122	.	26	.	90	.	117	.	Y
Zr	338	.	77	.	32	.	51	.	59	.	70	(-)	16	.	69	.	84	.	Zr

LEGENDA

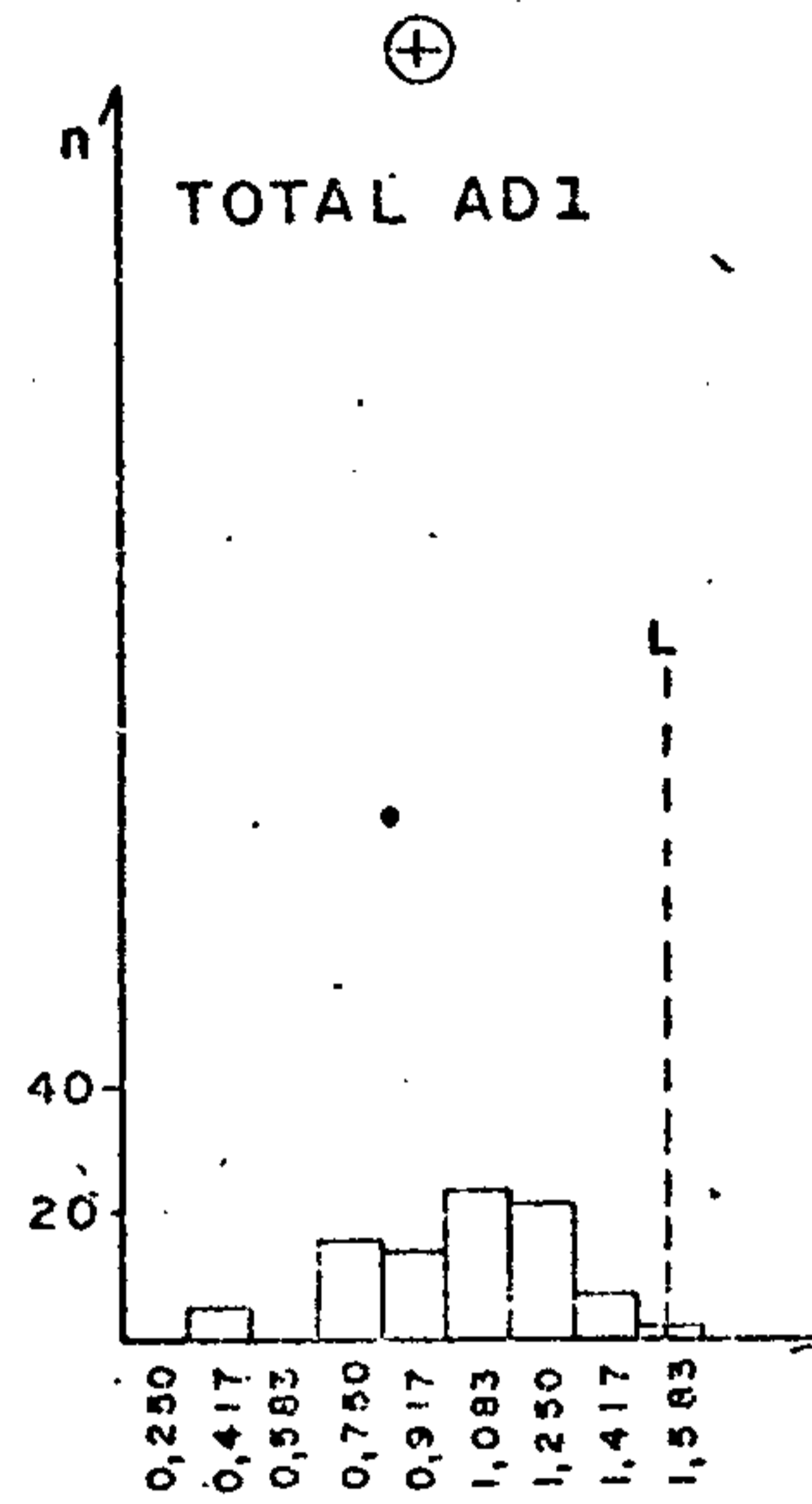
- n - nº de amostras que entraram no cálculo
- \* - insuficiência de valores definidos
- - < 0,3
- - 0,3 a 0,4
- - 0,4 a 0,5
- ⊙ - 0,5 a 0,6
- ⊙ - 0,6 a 0,7
- ⊙ - 0,7 a 0,8
- ⊙ - > 0,8
- (-) - correlação negativa

Figura 36

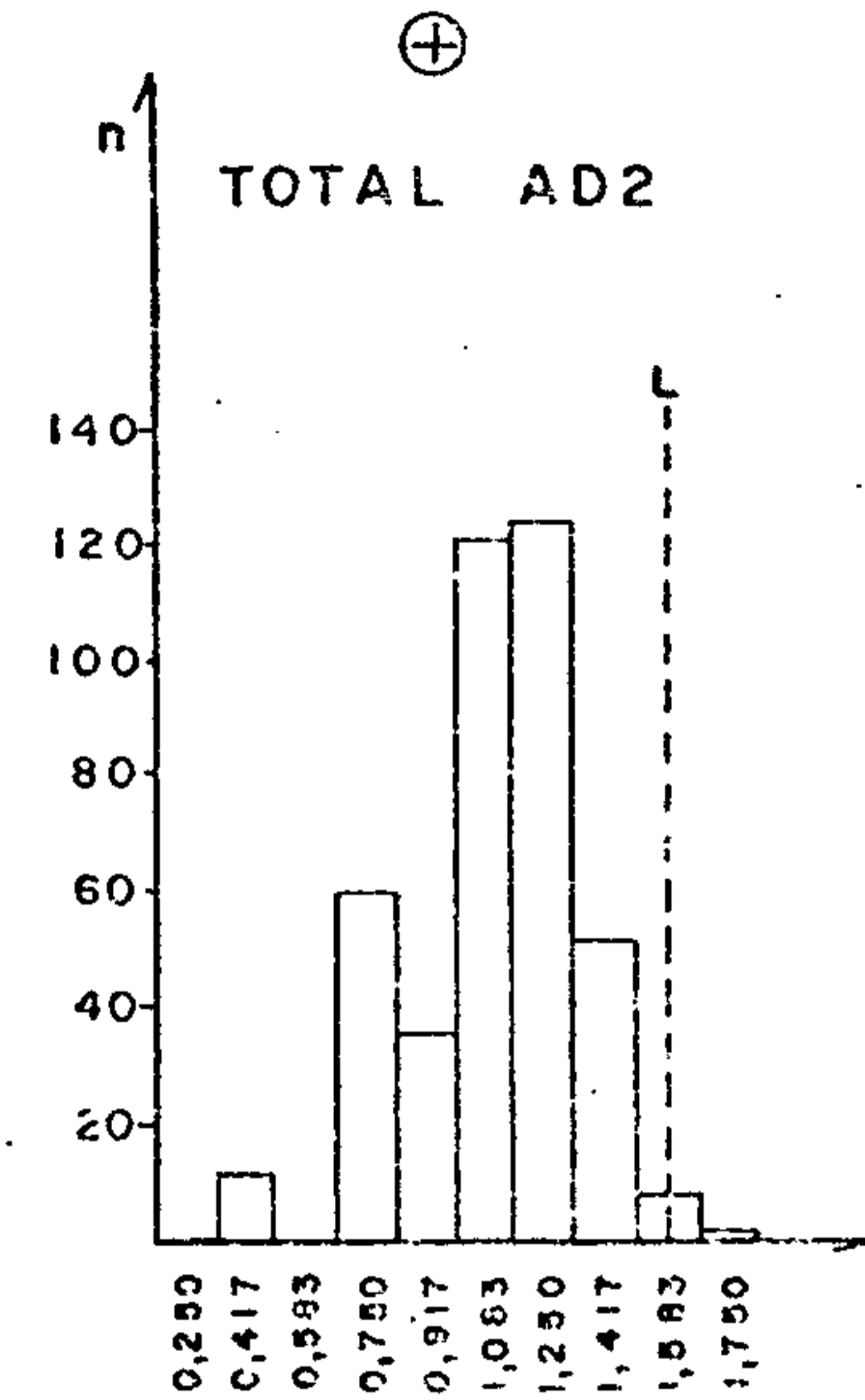
## ESCÂNDIO



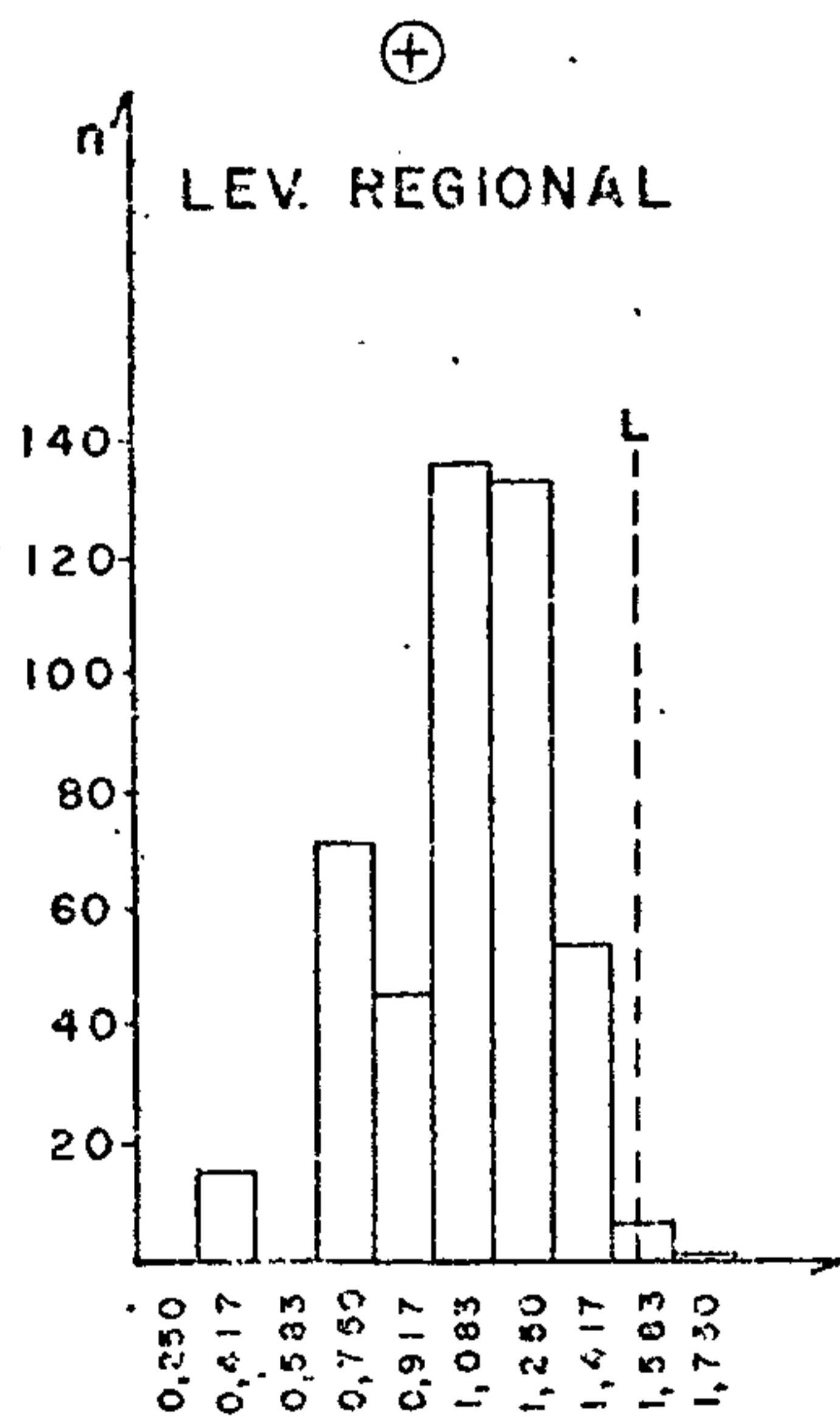
$\bar{x} = 1,017$   
 $s = 0,234$   
 $n = 513$   
 $L = 1,485$



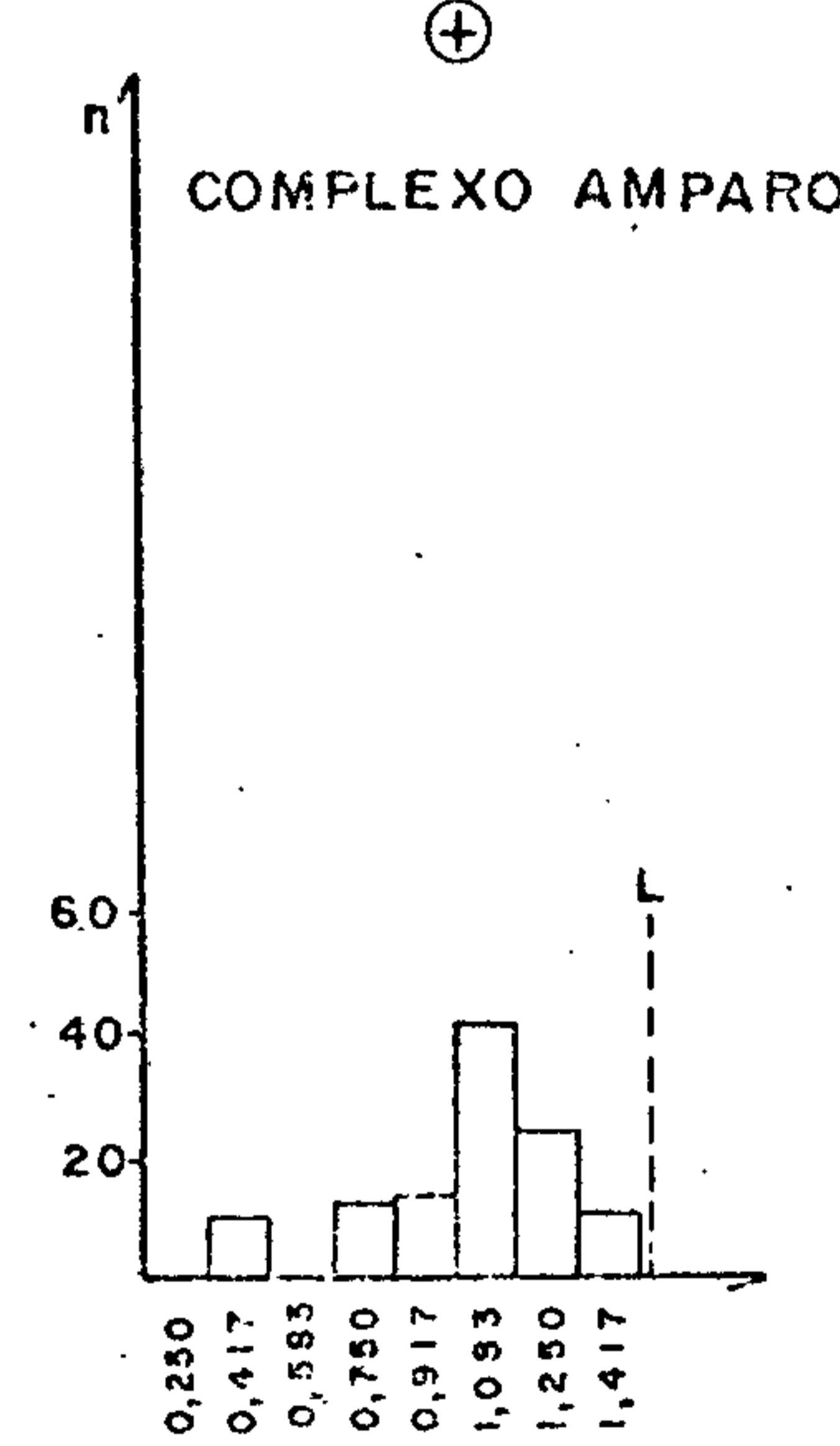
$\bar{x} = 0,966$   
 $s = 0,243$   
 $n = 90$   
 $L = 1,452$



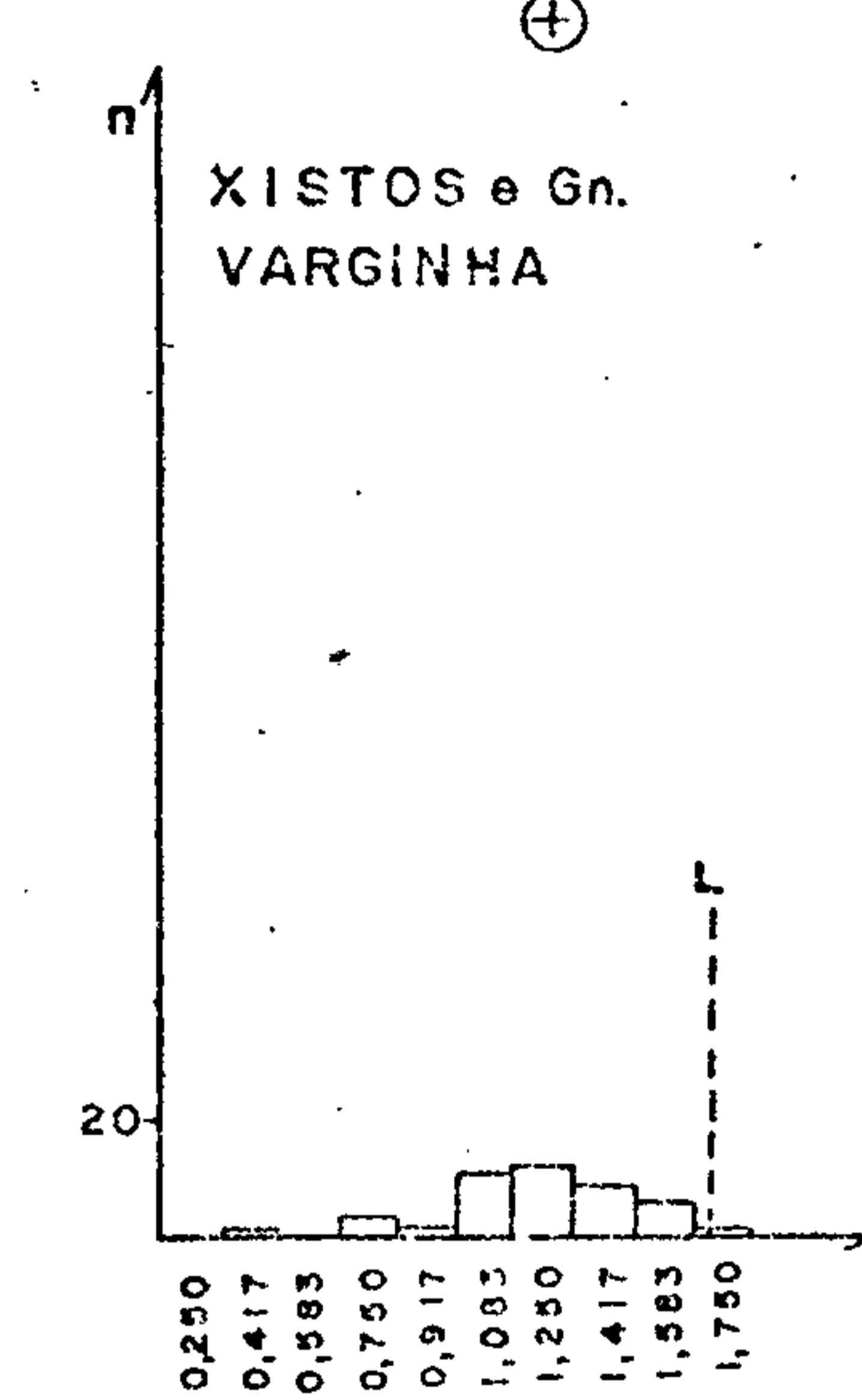
$\bar{x} = 1,028$   
 $s = 0,229$   
 $n = 416$   
 $L = 1,486$



$\bar{x} = 1,010$   
 $s = 0,229$   
 $n = 464$   
 $L = 1,468$



$\bar{x} = 0,960$   
 $s = 0,243$   
 $n = 111$   
 $L = 1,446$



$\bar{x} = 1,131$   
 $s = 0,246$   
 $n = 43$   
 $L = 1,623$

Figura 37 - Histogramas de dados logaritmizados.

### ESCÂNDIO

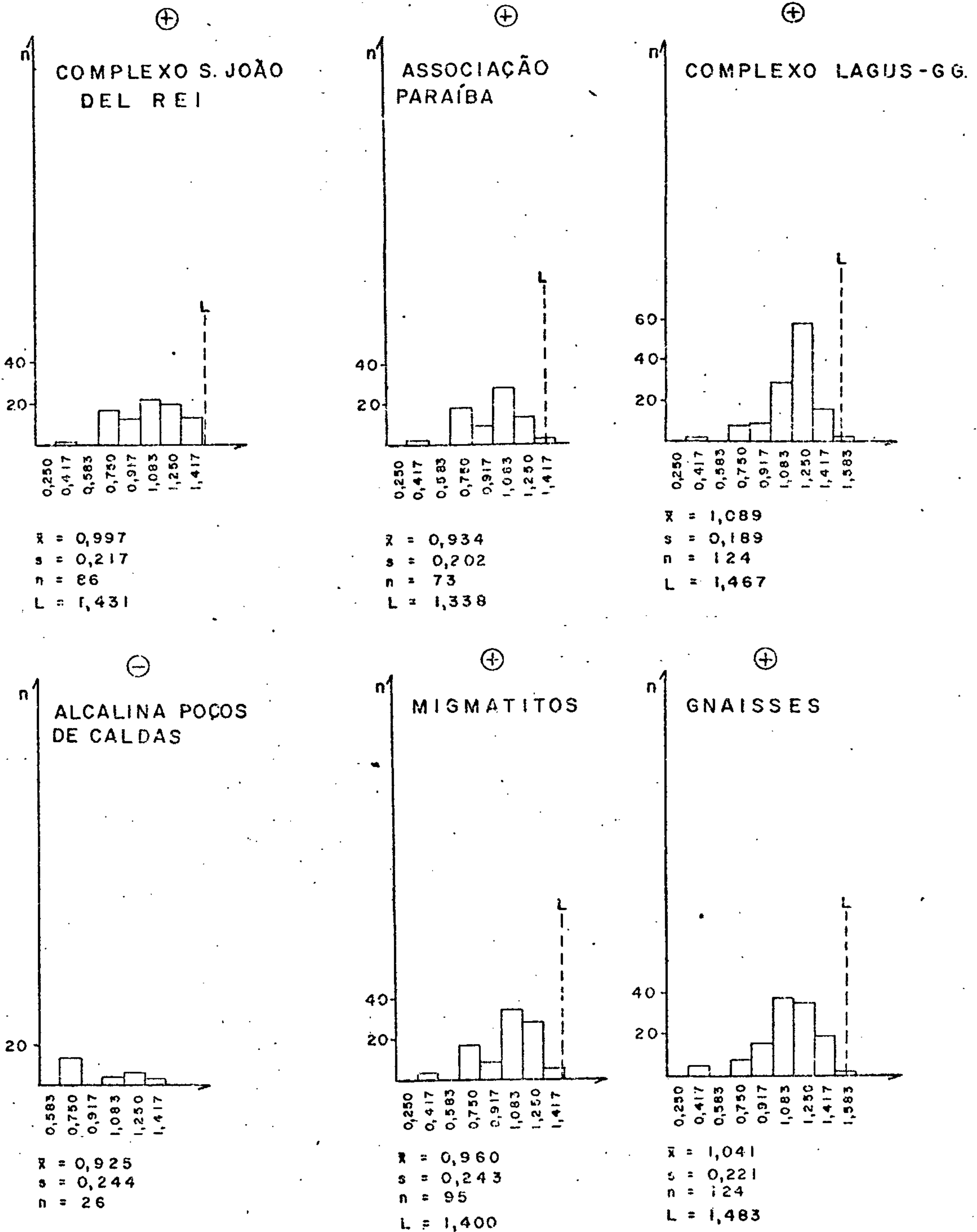


Figura 38 - Histogramas de dados logaritizados.



#### 7.4.7 - Vanádio

##### 7.4.7.1 - Generalidades

O grau de detecção do vanádio foi elevado (593:597), com os valores oscilando entre 10 ppm e 500 ppm. A média geométrica da área total é igual a 57,544, com desvio geométrico de 2,079.

Os teores mais elevados foram observados na Alcalina de Poços de Caldas, quando a média atingiu 112,564 e o desvio 1,876. Já no Complexo Amparo registraram-se os menores teores, dando uma média geométrica de apenas 33,443 e um desvio geométrico igual a 1,852 (tabela VIII).

Quanto à lognormalidade, os testes de Kolmogorov-Smirnov foram aceitos por todas as populações, sendo notável a grande suscetibilidade deste elemento quanto ao porte das bacias de drenagem, pois nas amostras com até 10 km<sup>2</sup> de área, a lognormalidade foi admitida tanto nos testes de Kolmogorov-Smirnov, quanto nos de qui-quadrado. Os Xistos e gnaisses Varginha e a Alcalina de Poços de Caldas foram as populações mais homogêneas, aceitando a lognormalidade em ambos os testes. O teste de assimetria admitiu a lognormalidade nos Xistos e gnaisses Varginha (população geológica) e nos gnaisses (população litológica). Quanto à curtose, os testes foram aceitos pelas populações geológicas Xistos e gnaisses Varginha e Alcalina de Poços de Caldas, e nas duas populações litológicas (migmatitos e gnaisses) (figura 39).

Na área total o vanádio correlacionou-se com ferro, escândio e titânio, enquanto que nas populações geológicas as correlações mais notáveis foram com os seguintes elementos: ferro, titânio, cromo, cobre e níquel nos Xistos e gnaisses Varginha; ferro, escândio, titânio, cobalto, cobre e níquel no Complexo São João del Rei; ferro, titânio, manganês, bário, cobalto, cobre, níquel e escândio na Associação Paraíba; ferro, escândio e titânio no Complexo LAGUS-GG; e ferro, titânio e lantânio na Alcalina de Poços de Caldas (figura 40).

#### 7.4.7.2 - Distribuição na área

O arranjo regional dos teores de vanádio em sedimentos de corrente colocou em evidência determinadas áreas com valores bastante homogêneos, cujos limites correspondem de uma maneira aproximada, aos de algumas unidades geológicas (anexo VI).

Tal situação é bem evidente no âmbito dos Complexos Amparo e Itapira, cujas faixas de exposição são praticamente "mapeadas" por teores baixos de vanádio (20 ppm - 50 ppm), destacando-as negativamente no quadro geoquímico regional exibido por esse elemento. Imagem inversa é oferecida pela intrusão alcalina de Poços de Caldas, onde a maioria dos valores situou-se entre 100 ppm e 200 ppm V (algumas amostras atingindo 300 ppm V), tornando-a uma das principais zonas de concentração de vanádio.

As seqüências litológicas constituídas principalmente por migmatitos e gnaisses (isto é, termos semelhantes aos do Complexo Amparo) caracterizam-se por teores um pouco superiores aos daquela unidade, mas ainda baixos em relação ao contexto regional: 50 ppm - 70 ppm V, por vezes alcançando 100 ppm V. É o que ocorre no domínio da Associação Paraíba do Sul (exceto no extremo sudeste), na porção oriental do Complexo Paraisópolis, em algumas áreas do Complexo Varginha (mormente a leste de Caldas) e nos terrenos ocupados pelo Complexo Campos Gerais, não intrusionados por corpos básico-ultrabásicos. O Complexo Lambari, composto por rochas epi-mesometamórficas, apresenta um comportamento similar, mas valores da ordem de 100 ppm V são mais comuns que nos conjuntos anteriores, inserindo-se predominantemente nos grana-biotita-xistos dessa formação, próximo ao contato com os xistos e gnaisses granatíferos do Complexo Varginha.

Teores de vanádio iguais ou superiores a 100 ppm, que são raros ou ausentes na maior parte das áreas ocupadas pelas unidades retromencionadas, passam a predominar amplamente no âmbito dos complexos granitóide-migmatíticos (Var-

ginha, Socorro e Paraisópolis) e na porção nordeste do projeto, onde ocorrem litotipos relacionados aos Complexos Lavras e Campos Gerais. Nessa última região afloram inúmeros corpos de natureza básico-ultrabásica, os quais contêm normalmente altos teores de vanádio (teor médio em basaltos: 250 ppm V; segundo LEVINSON, 1974), o que explicaria os valores elevados (ao redor de 100 ppm V) ali registrados. Esse fato é ainda mais marcante no contexto dos termos granatíferos do Complexo Varginha (xistos, gnaisses e granoblastitos), onde foram assinalados teores entre 100 ppm e 500 ppm V, com a maioria das amostras na faixa de 100 ppm a 200 ppm V, refletindo a efetiva participação de material básico-ultrabásico na sua formação.

No que diz respeito aos termos altamente migmatizados e/ou granitizados, esperar-se-ia que os teores de vanádio fossem baixos devido aos fenômenos de "debasificação" (HERZ & DUTRA, 1960; MEHNERT, 1971), que normalmente acompanha esse processo petrológico. Nesses conjuntos, no entanto, detectaram-se teores geralmente entre 100 ppm e 200 ppmV, os quais, pelo menos em parte, podem ser explicados pela presença de corpos charnoquítico-granulíticos, ricos em magnetita (mineral que apresenta quase sempre altos teores de vanádio). Tal hipótese é reforçada pelos teores presentes nas amostras oriundas de alguns maciços charnoquítico-granulíticos, como o de Cristina (Complexo Paraisópolis), que alcançam de 150 ppm a 200 ppm V.

TABELA VIII — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — VANÁDIO

ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	5	500	57,544	2,079	0,842	594:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	5	300	48,195	2,236	0,954	105:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	10	500	59,412	2,033	0,809	478:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	5	500	56,059	2,099	0,856	542:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	5	100	33,443	1,852	0,680	131:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	LOGNORMAL	10	500	79,260	2,344	1,032	44:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	10	150	58,168	1,739	0,599	87:87
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	LOGNORMAL	5	150	45,286	1,925	0,732	88:90
COMPLEXO LAGOS-GG	LOGNORMAL	10	300	74,345	1,897	0,712	153:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	20	300	112,564	1,876	0,697	37:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	5	150	43,583	1,913	0,723	110:111
GNAISSES	LOGNORMAL	5	500	54,057	2,153	0,895	138:139

OBS: - Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.  
 - Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

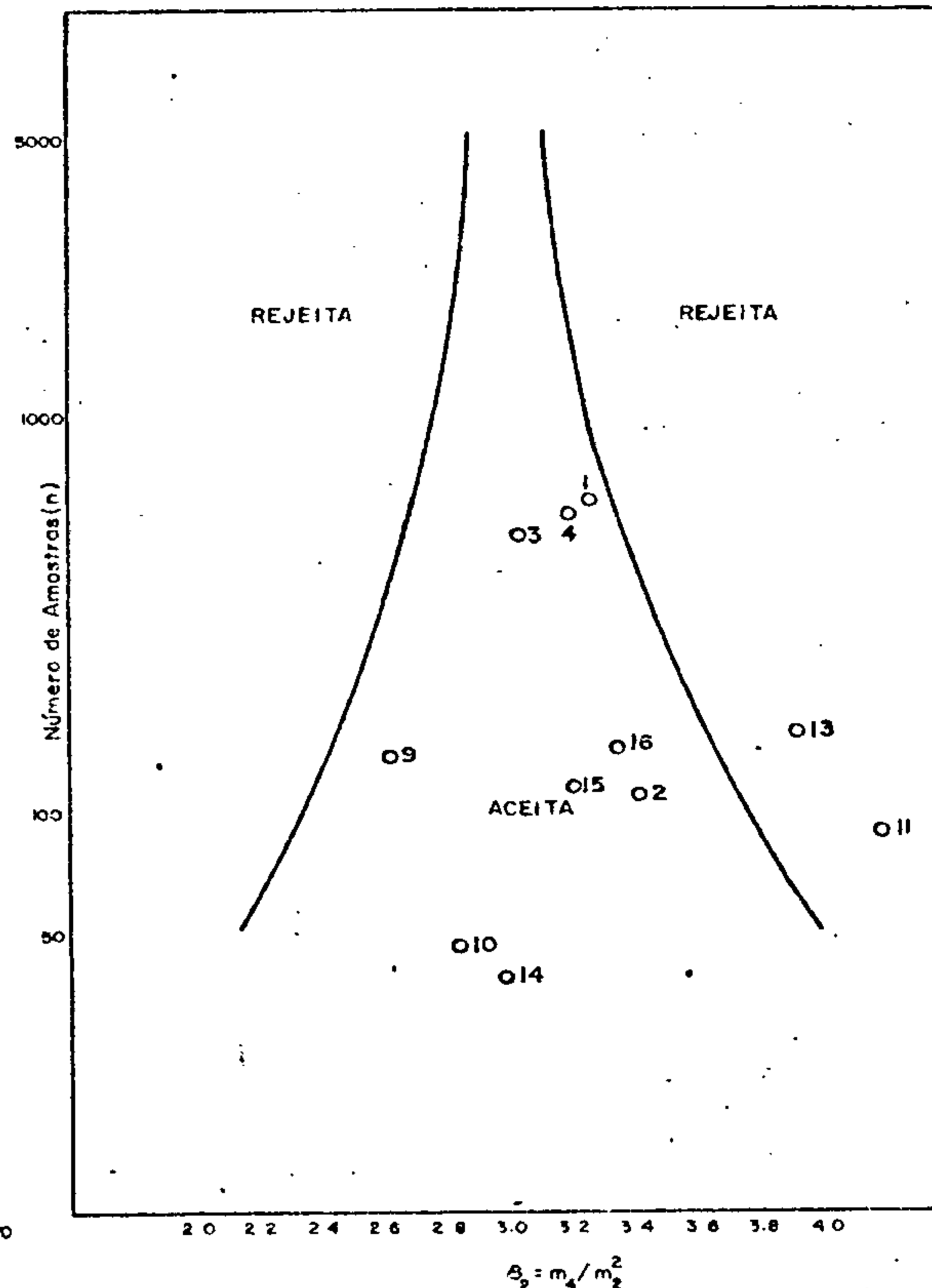
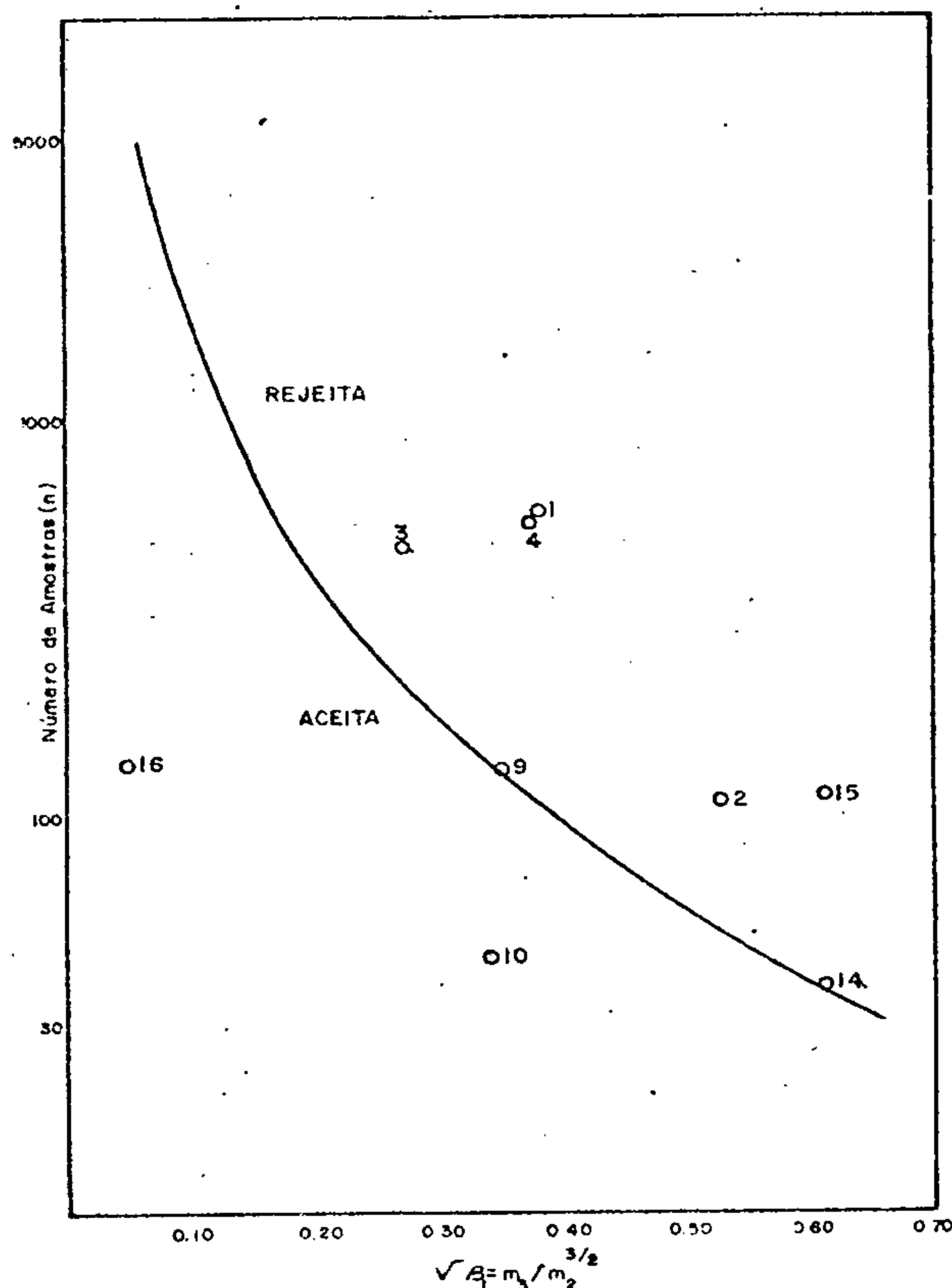
LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO
TOTAL	597	0,583	2,750	2,167	1,760	0,318	0,181
TOTAL AD1	108	0,583	2,583	2,000	1,683	0,349	0,208
TOTAL AD2	478	0,917	2,750	1,833	1,774	0,308	0,174
LEVANTAMENTO REGIONAL	545	0,583	2,750	2,167	1,749	0,322	0,184
COMPLEXO AMPARO	132	0,583	2,083	1,500	1,524	0,268	0,176
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	44	0,917	2,750	1,833	1,899	0,370	0,195
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	87	0,917	2,250	1,333	1,765	0,240	0,136
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	90	0,583	2,250	1,667	1,656	0,284	0,172
COMPLEXO LAGOS-GG	153	0,917	2,583	1,667	1,871	0,278	0,149
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	37	1,250	2,583	1,333	2,051	0,273	0,133
MIGMATITOS	111	0,583	2,250	1,667	1,639	0,282	0,172
GNAISSES	139	0,583	2,750	2,167	1,733	0,333	0,192

## TESTES DE DISTRIBUIÇÃO VANÁDIO

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV		QUI-QUADRADO			
				5%	1%	F MÍN. 1,5		F MÍN. 50	
						5%	1%	5%	1%
1	TOTAL	-0,385	3,273	+	+	-	-	-	-
2	TOTAL AD1	-0,530	3,432	+	+	+	+	+	+
3	TOTAL AD2	-0,276	3,041	+	+	-	-	-	-
4	LEV REGIONAL	-0,376	3,207	+	+	-	-	-	-
9	COMPLEXO AMPARO	-0,350	2,632	+	+	-	+	-	+
10	XISTOS e Gn VARGINHA	-0,342	2,841	+	+	+	+	+	+
11	COMPLEXOS JOÃO DEL REI	-1,046*	4,215	+	+	-	-	+	+
12	ASSOCIAÇÃO PARAIBA	1,053*	4,409*	+	+	-	-	-	-
13	COMPLEXO LAGUS-GG.	-0,760	3,944	+	+	-	-	-	-
14	ALCALINA POÇOS DE CALDAS	-0,619	3,017	+	+	+	+	+	+
15	MIGMATITOS	-0,618	3,236	+	+	-	-	-	-
16	GNAISSES	0,047	3,362	+	+	-	-	-	-

+ Aceita a hipótese nula

- Rejeita a hipótese nula

\* Rejeitadas o ponto cai além dos limites do quadro

Figura 39 — Testes de distribuição do elemento V - assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado; nas diversas populações

VANÁDIO

MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOS E GN VARGINHA		COMPLEXO S J DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-GG		ALCALINA DE CALDAS		NIGMATITOS		GNAISSES		
	n	V	n	V	n	V	n	V	n	V	n	V	n	V	n	V	n	V	
Fe	594	⊙	131	○	44	⊙	87	⊙	88	⊙	153	⊙	37	⊙	110	⊙	138	⊙	Fe
Mg	589	.	128	(-)	44	.	87	○	88	○	151	.	37	.	109	.	136	.	Mg
Ca	487	(-)	109	(-)	30	.	70	(-)	80	.	131	.	22	○	97	(-)	116	(-)	Ca
Ti	365	⊙	89	○	22	⊙	64	⊙	72	⊙	63	⊙	22	⊙	83	○	84	○	Ti
Mn	591	○	131	.	44	○	87	○	88	⊙	153	○	34	○	110	○	138	○	Mn
B	352	(-)	91	.	25	⊙	71	.	47	⊙	76	(-)	15	(-)	60	(-)	86	.	B
Ba	591	(-)	131	(-)	44	(-)	86	.	88	⊙	152	(-)	37	(-)	110	.	138	(-)	Ba
Be	112	○	16	.	2	*	3	*	29	.	18	○	26	○	22	.	11	.	Be
Co	567	○	121	.	43	⊙	85	○	85	⊙	150	○	31	.	106	.	135	○	Co
Cr	594	○	131	○	44	⊙	87	⊙	88	⊙	153	○	37	.	110	⊙	138	⊙	Cr
Cu	531	○	116	○	44	⊙	85	⊙	72	⊙	134	.	27	.	99	○	133	○	Cu
La	550	.	113	(-)	42	.	70	.	84	.	150	.	37	⊙	99	.	129	.	La
Ni	575	○	127	.	44	⊙	87	⊙	86	⊙	148	○	29	.	108	○	138	○	Ni
Pb	545	.	118	.	36	.	71	.	86	.	148	.	37	○	105	.	123	.	Pb
Sc	495	⊙	101	○	42	⊙	85	⊙	71	⊙	122	⊙	26	.	92	⊙	119	○	Sc
Sr	160	○	22	.	1	*	8	*	36	.	45	.	29	○	27	(-)	22	○	Sr
V		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙	V
Y	581	.	128	.	43	(-)	81	.	87	.	153	.	37	○	108	.	135	.	Y
Zr	359	○	87	.	33	○	53	○	62	○	71	.	18	.	71	.	89	.	Zr

LEGENDA

- n - nº de amostras que entraram no cálculo
- \* - insuficiência de valores definidos
- . - < 0,3
- - 0,3 a 0,4
- - 0,4 a 0,5
- ⊙ - 0,5 a 0,6
- ⊙ - 0,6 a 0,7
- ⊙ - 0,7 a 0,8
- ⊙ - > 0,8
- (-) - correlação negativa

Figura 40

## VANÁDIO

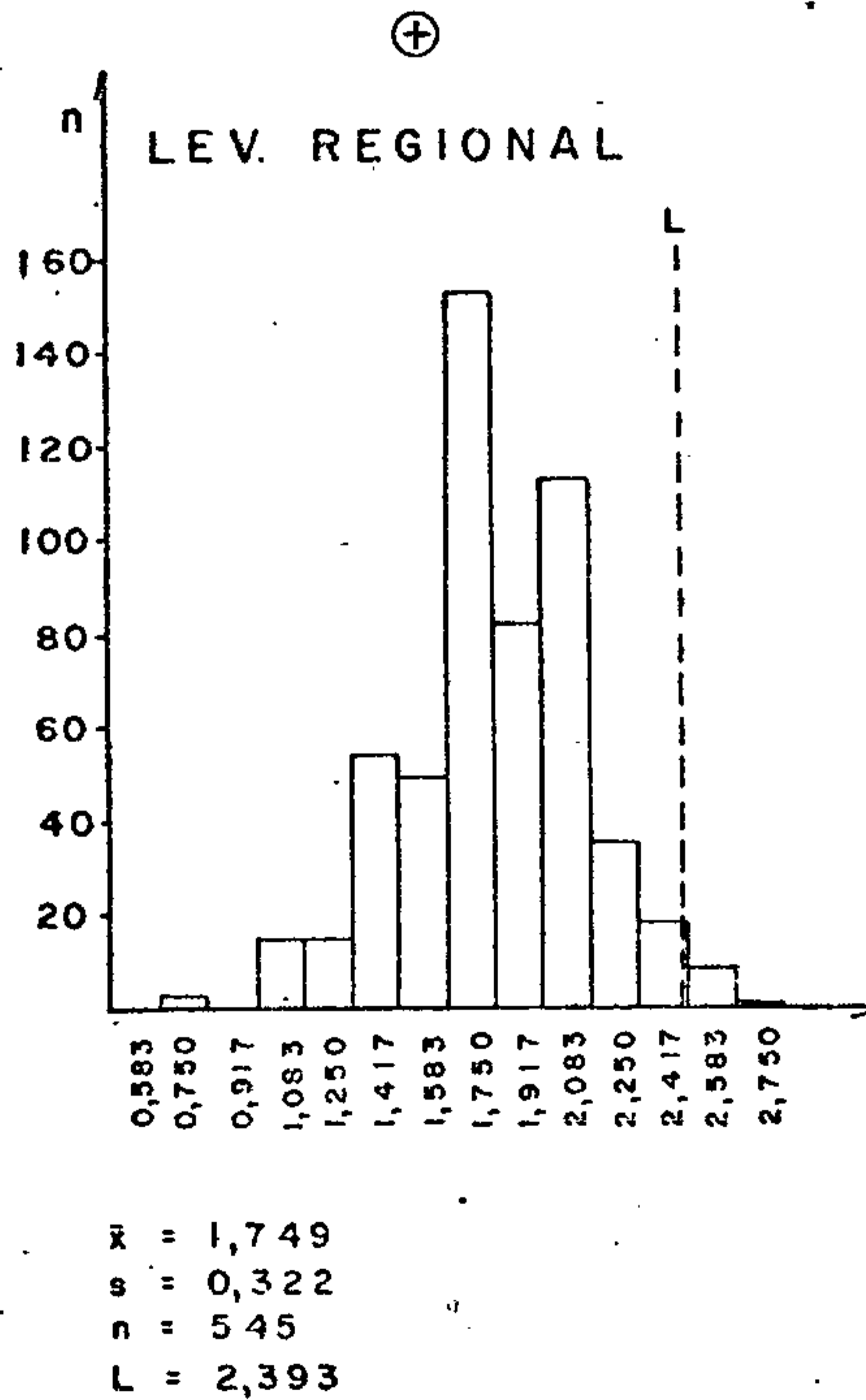
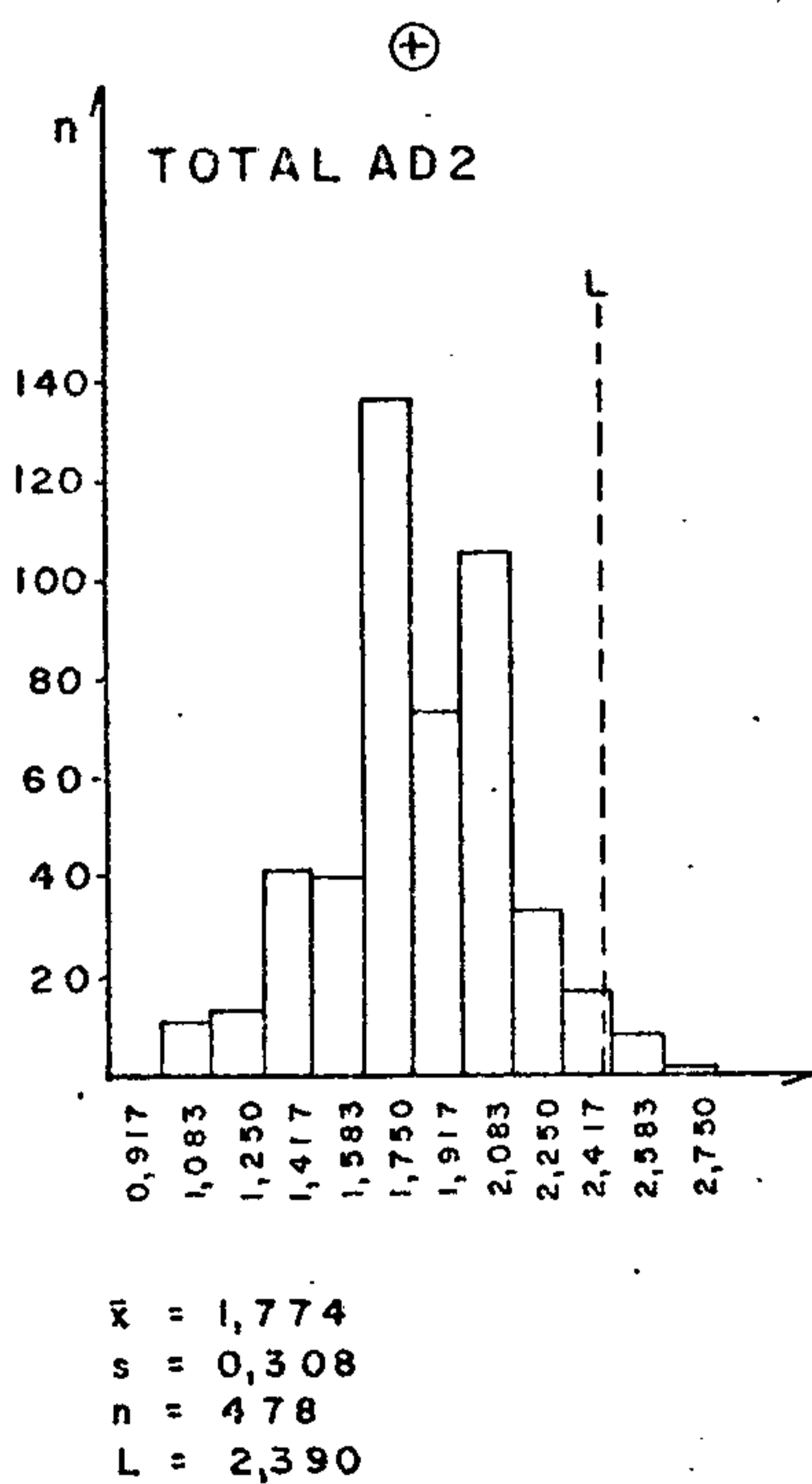
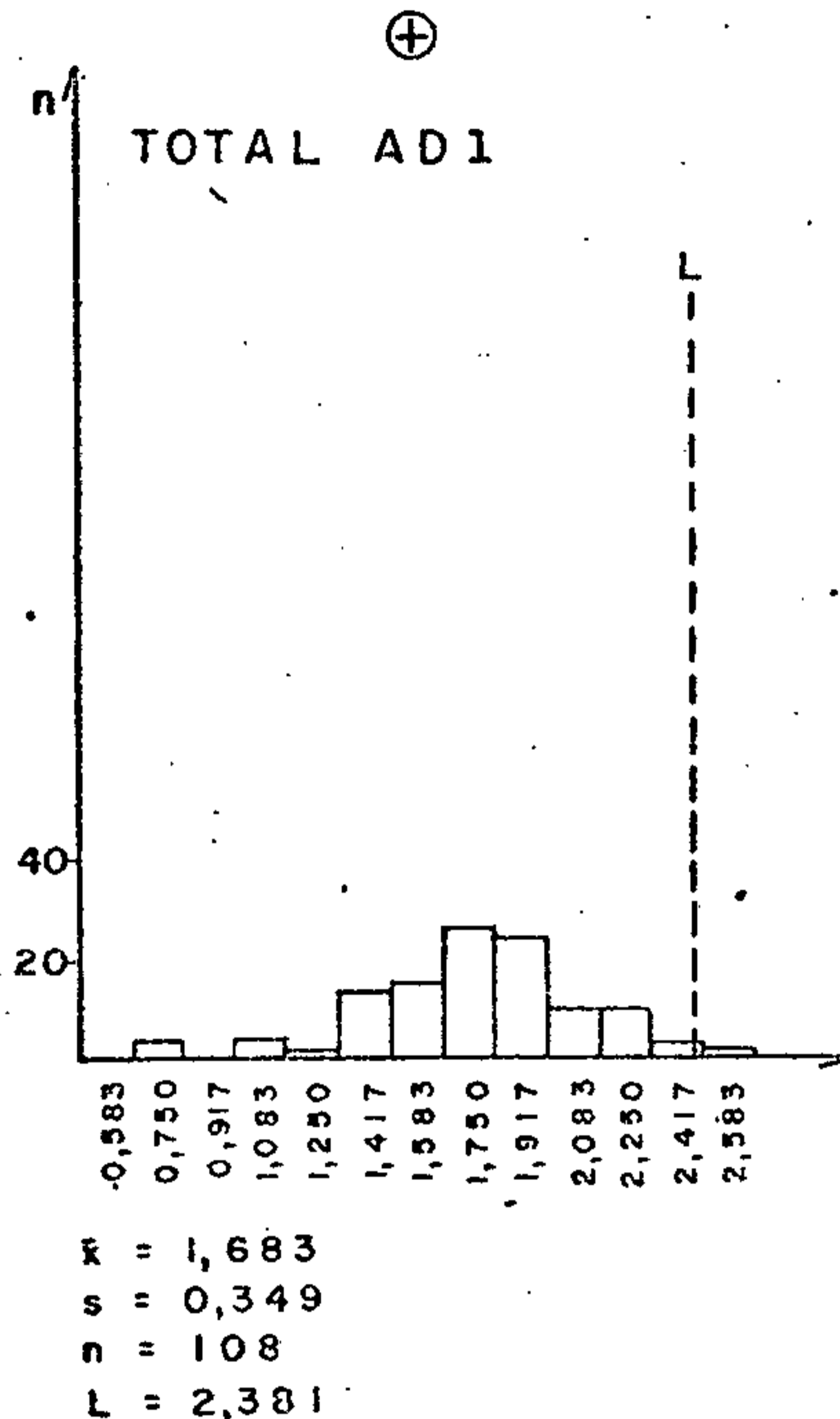
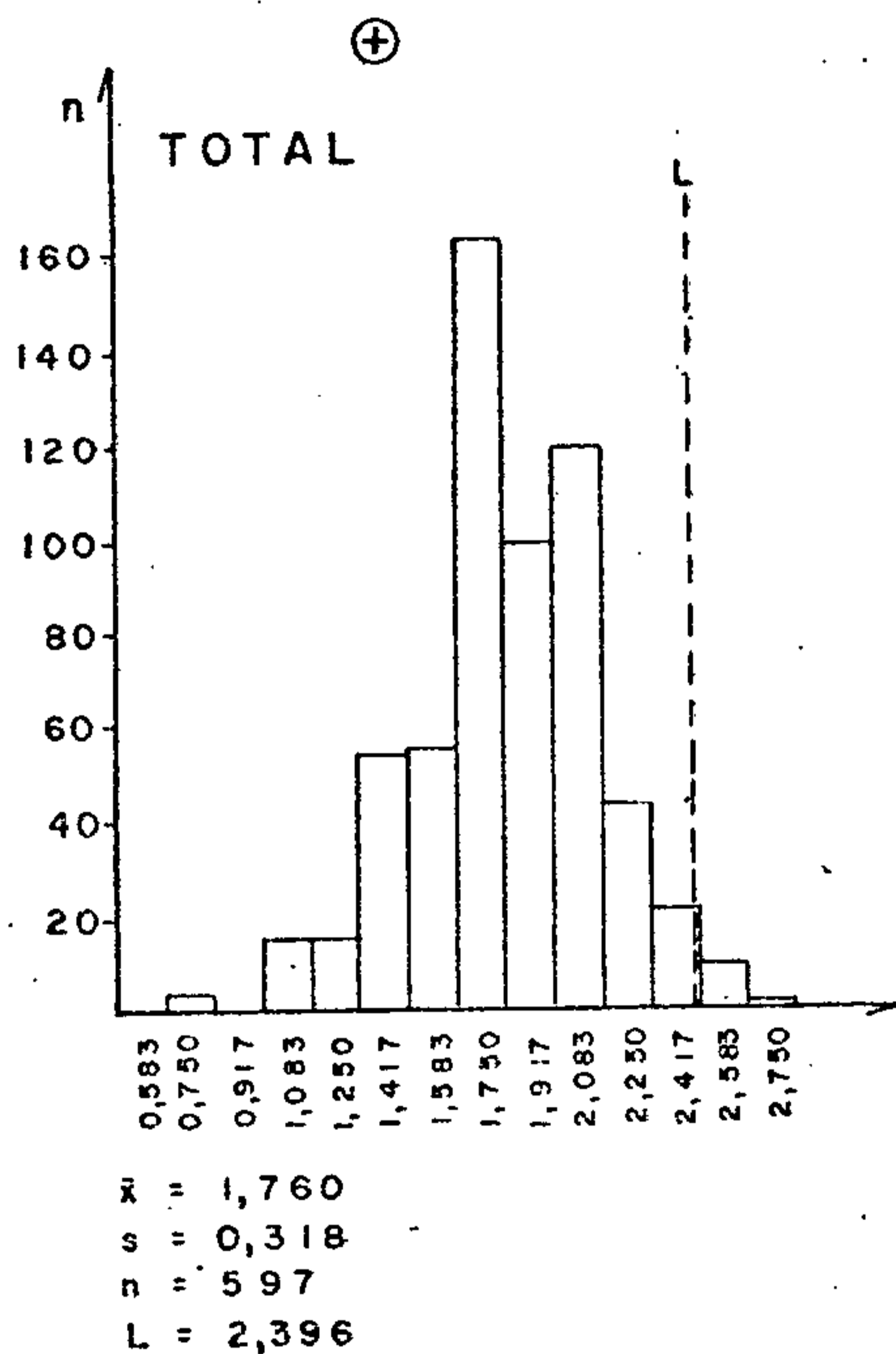


Figura 41 - Histogramas de dados logaritmizados.

## VANÁDIO

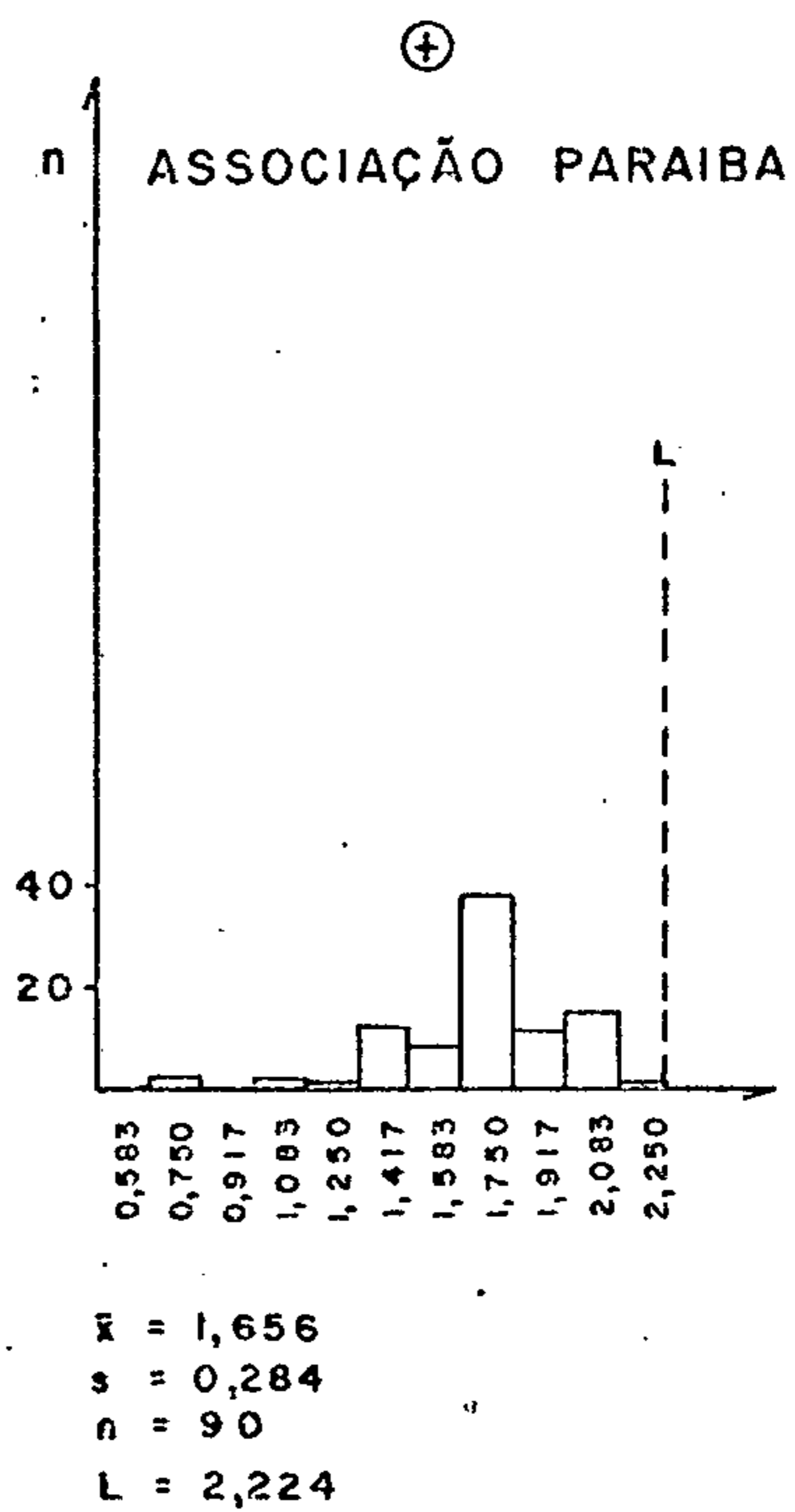
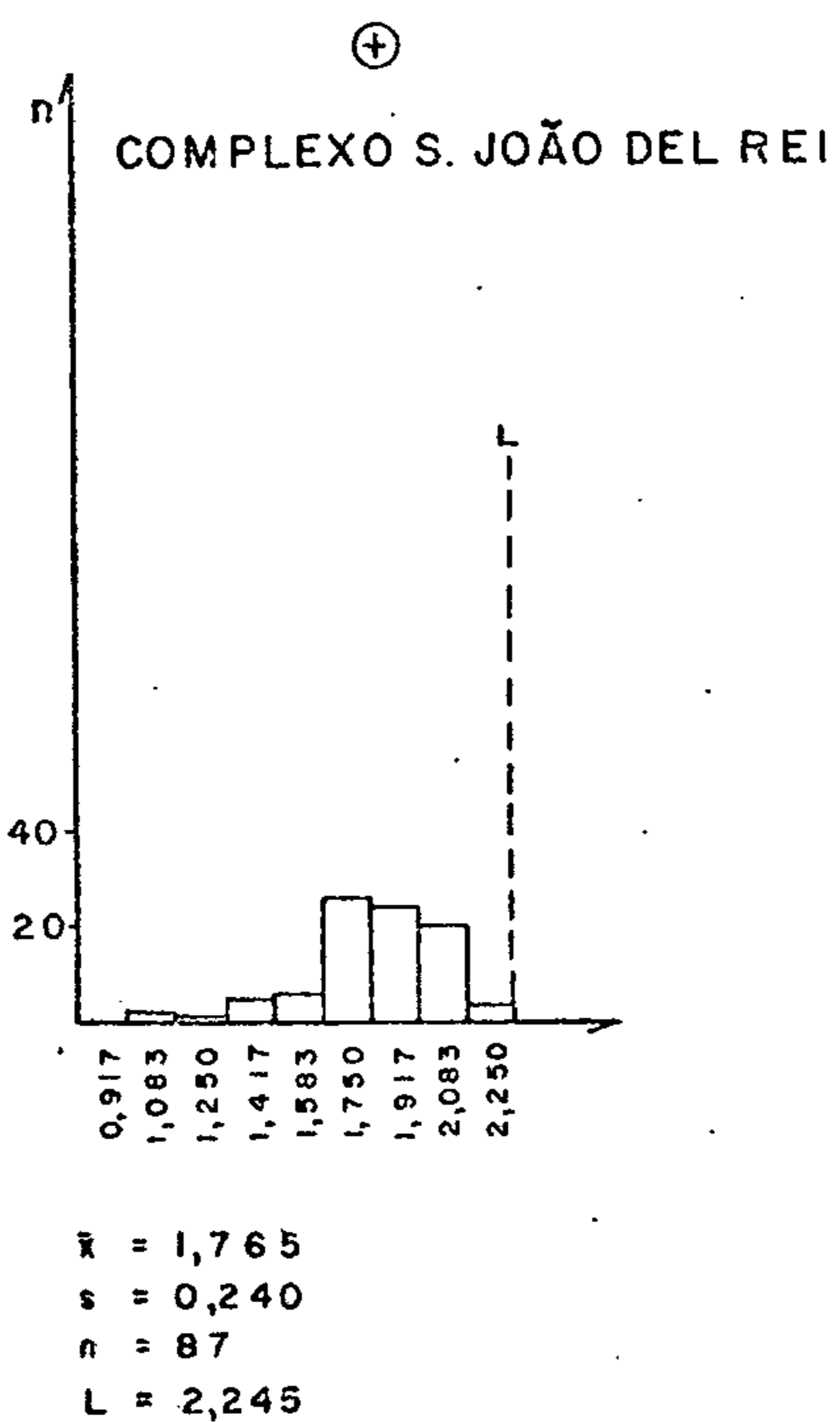
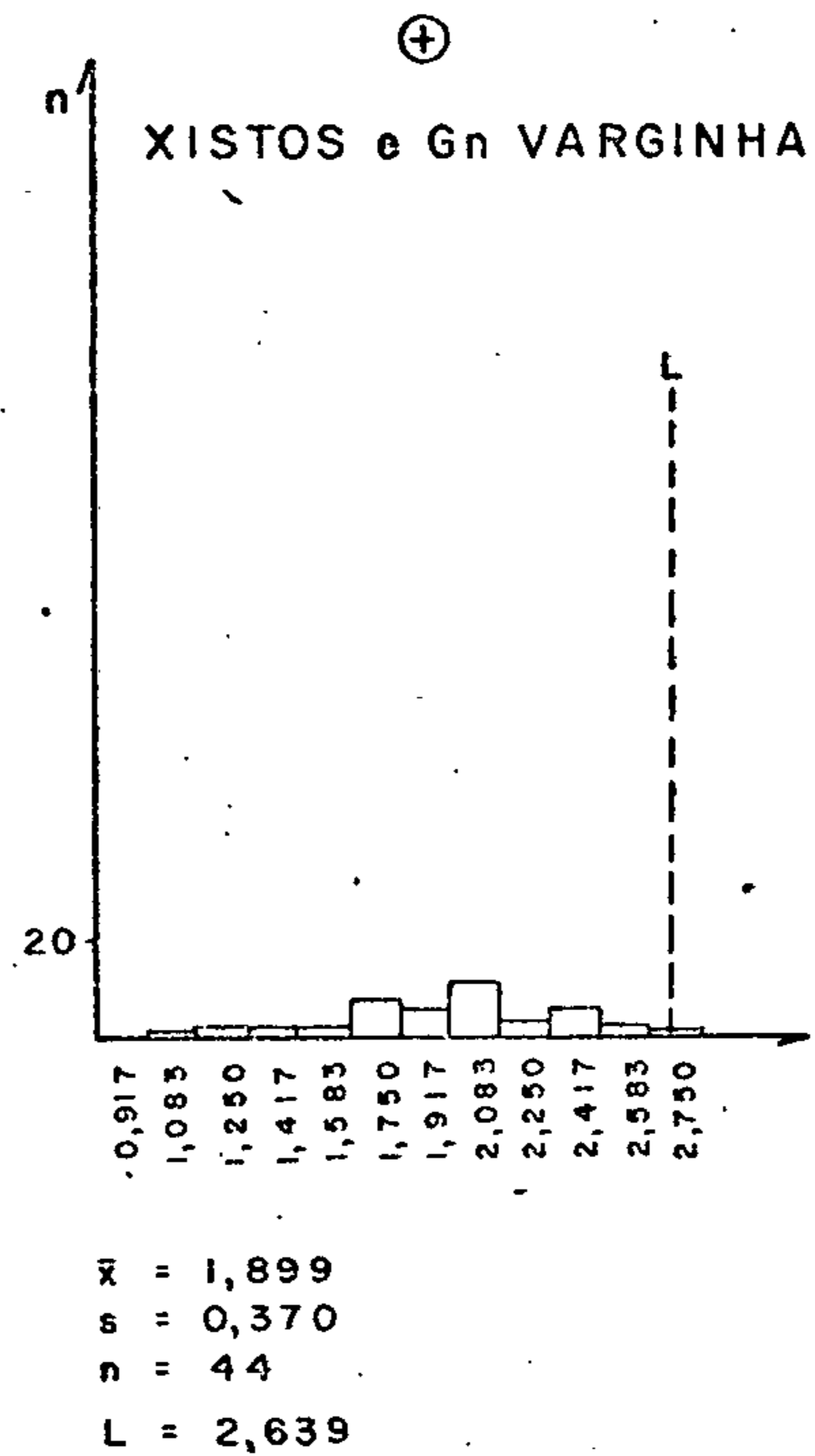
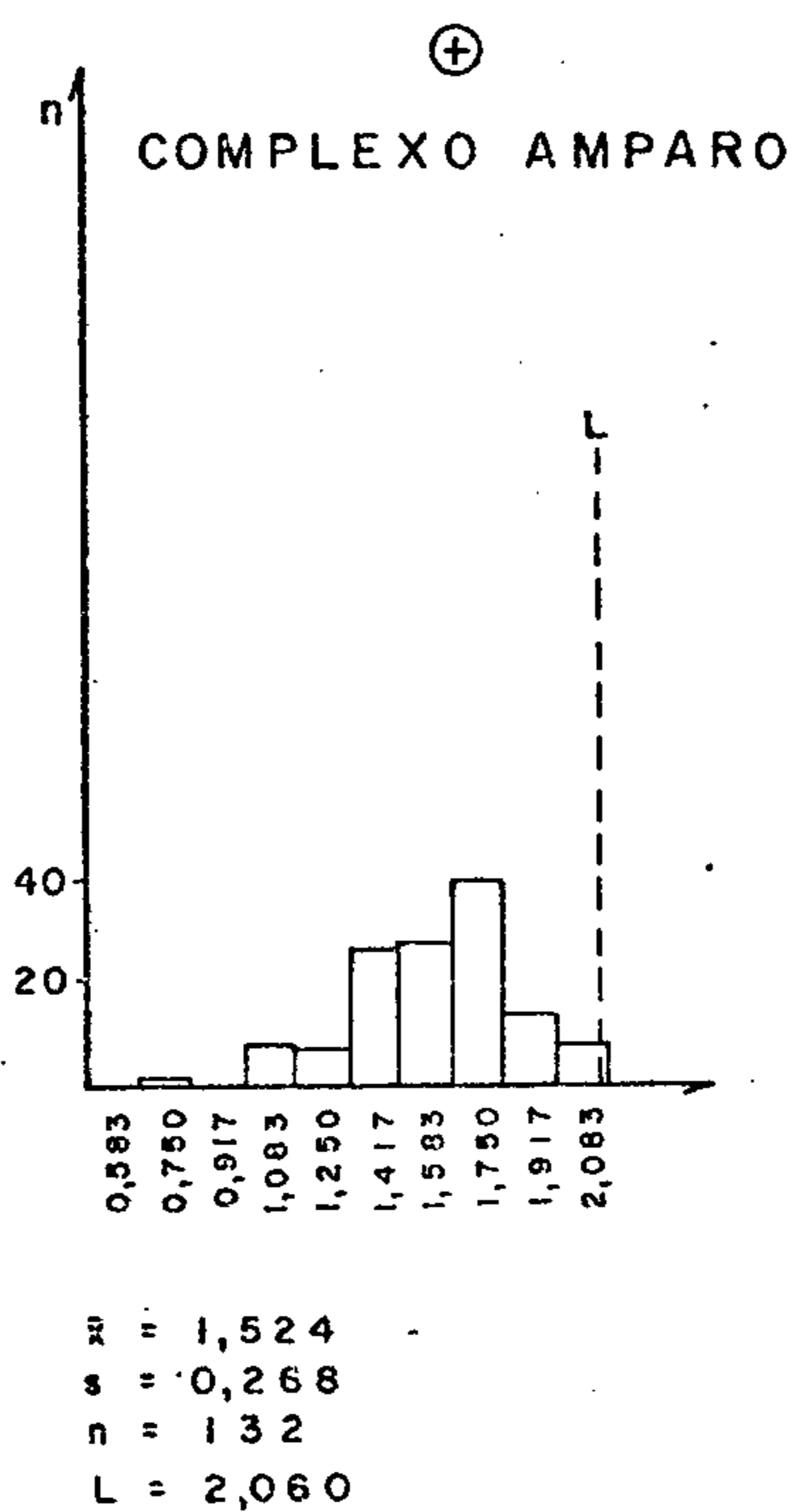
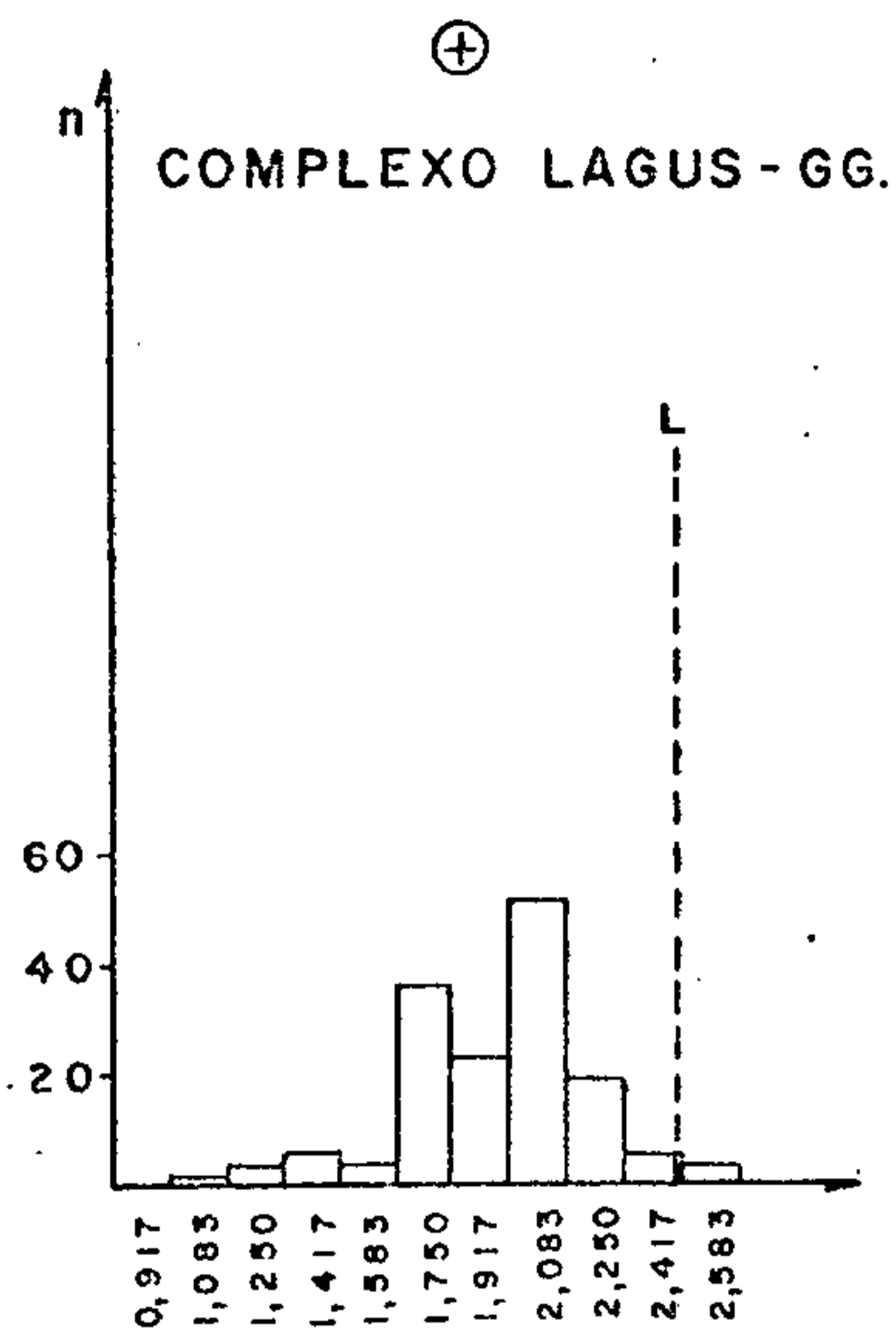


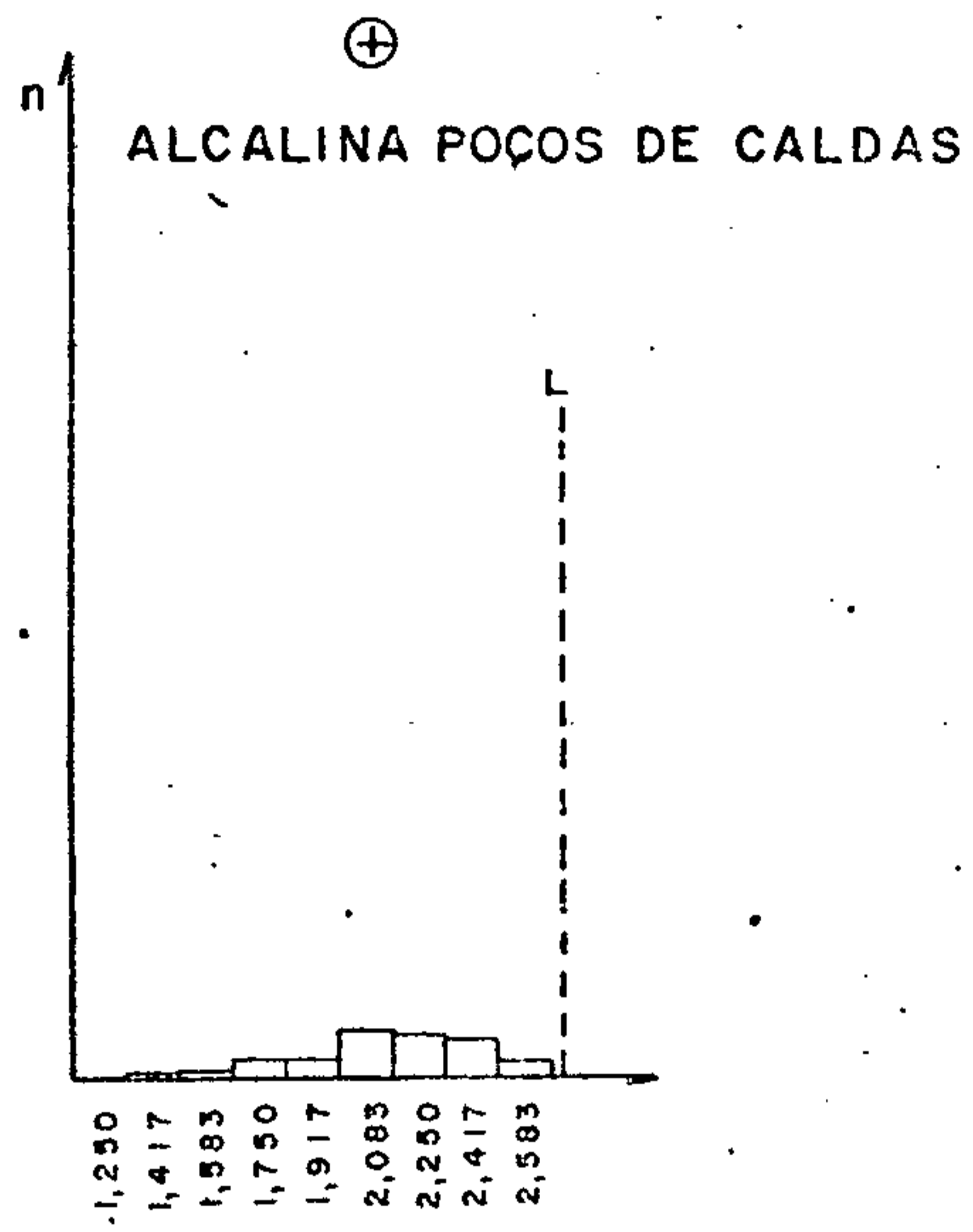
Figura 42 - Histogramas de dados logaritmizados.



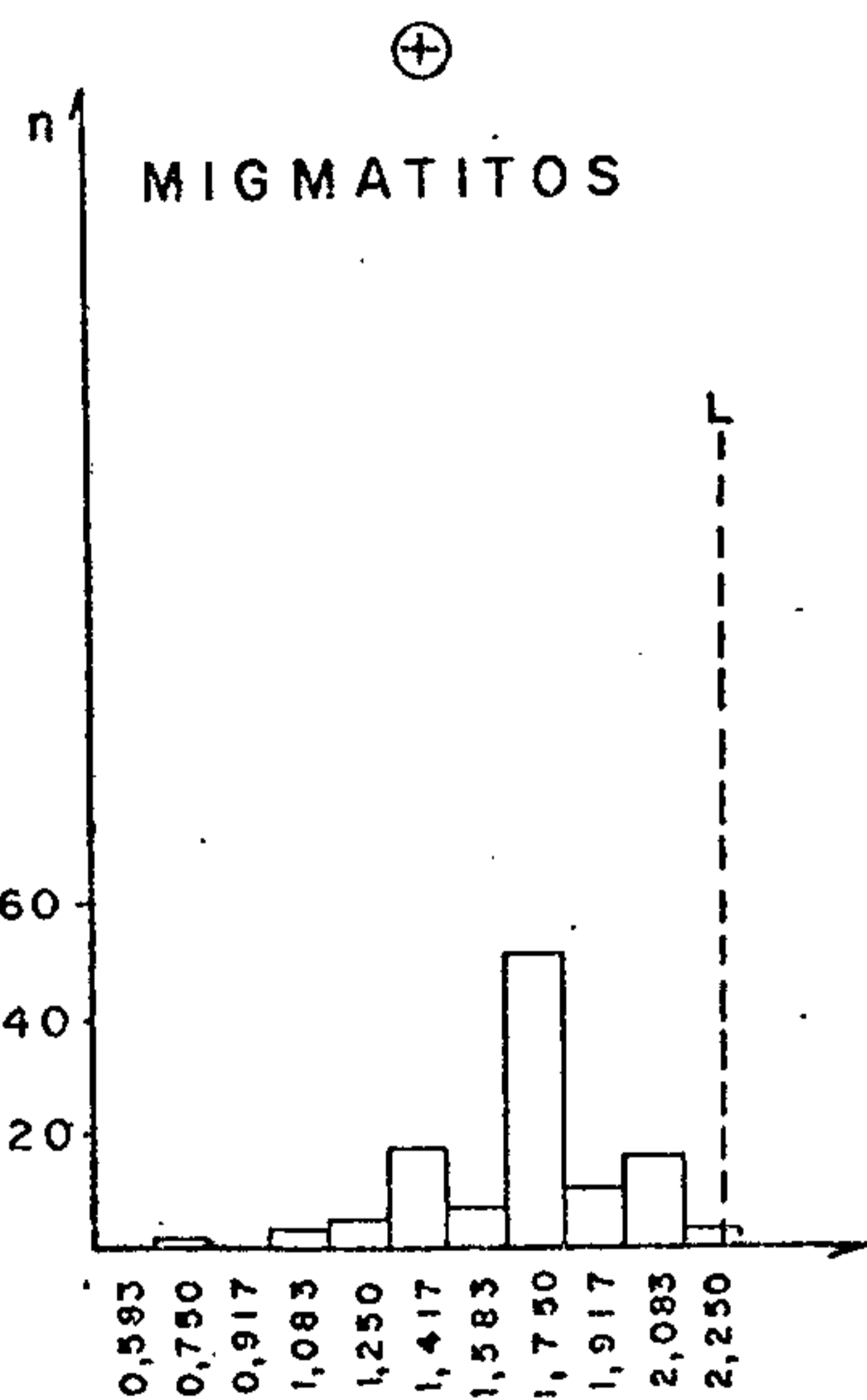
## VANÁDIO



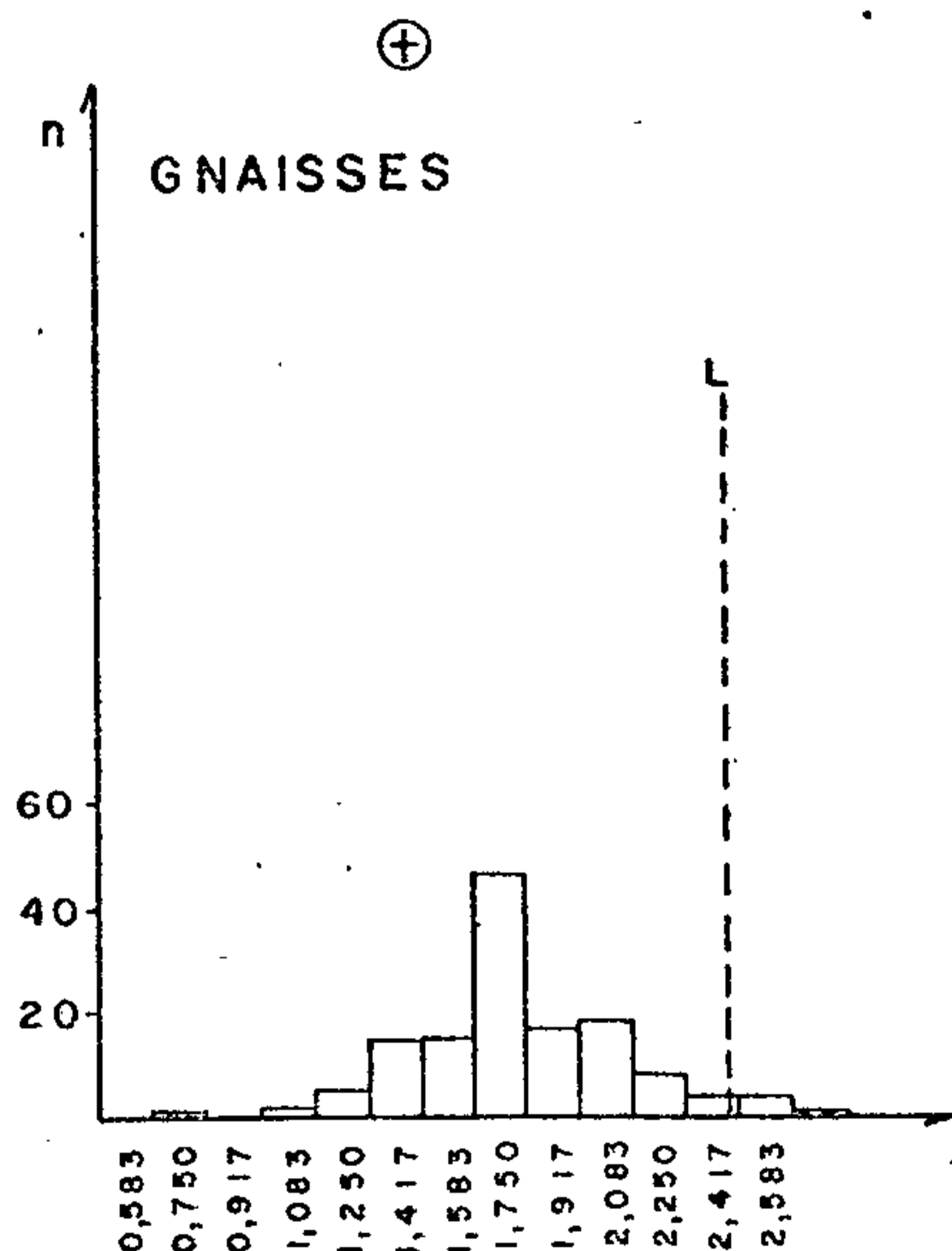
$\bar{x} = 1,871$   
 $s = 0,278$   
 $n = 153$   
 $L = 2,427$



$\bar{x} = 2,051$   
 $s = 0,273$   
 $n = 37$   
 $L = 2,597$



$\bar{x} = 1,639$   
 $s = 0,282$   
 $n = 111$   
 $L = 2,203$



$\bar{x} = 1,733$   
 $s = 0,333$   
 $n = 139$   
 $L = 2,399$

Figura 43 - Histogramas de dados logarítmizados.

## 7.4.8 - Chumbo

### 7.4.8.1 - Generalidades

O grau de detecção do chumbo na área total foi de 547:597, com média geométrica igual a 22,814 e desvio geométrico de 2,149. Os valores oscilaram de 10 ppm a 200 ppm. A maior média foi observada na Alcalina de Poços de Caldas (69,341) e a menor média no Complexo São João del Rei (12,223) (tabela IX).

Os testes de Kolmogorov-Smirnov foram aceitos para todas as populações. Quanto à assimetria, a lognormalidade só foi rejeitada pela Associação Paraíba, embora seja incontestável sua distribuição lognormal, pois a hipótese nula foi admitida até no teste de qui-quadrado. Já para a curtose a única população que caiu fora do campo de aceitação foi o Complexo LAGUS-GG (figura 44).

A dispersão relativa, quando considerada entre as populações geológicas, apresenta-se muito uniforme, ocorrendo o mais baixo coeficiente de variação no Complexo São João del Rei, com valor igual a 0,599, e o mais elevado no Complexo Amparo, igual a 0,829.

O chumbo correlacionou-se com ítrio e lantânio na Alcalina de Poços de Caldas e com o bário no Complexo Amparo. Nas demais populações não foi notada associação expressiva com este elemento. Dentro do Complexo Amparo a associação com bário é mais conspícua no âmbito do granito de Morungaba e a noroeste de Águas de Lindóia (figura 45).

### 7.4.8.2 - Distribuição na área

A íntima associação entre o chumbo e o potássio durante o estágio magmático, causada principalmente pela similaridade de seus raios iônicos, condicionou a distribuição desse elemento nos corpos ígneos amostrados. Nas formações metamórficas essa interrelação não ficou bem caracterizada, exceto nas porções altamente granitizadas (envolvendo, portanto, uma remobilização potássica), tanto pelos vários e-

ventos que as afetaram, como pela natural imprecisão na delimitação desses fenômenos (anexo VII).

No estágio magmático o chumbo concentra-se nas rochas graníticas e alcalinas, ricas em potássio, elemento ao qual substitui na estrutura dos feldspatos alcalinos, que são os principais minerais hospedeiros de chumbo nas rochas ígneas (GOLDSCHMIDT, 1958; WEDEPOHL, 1974). Essa situação ficou nitidamente delineada no presente levantamento, com os maiores teores de chumbo sendo detectados na intrusão alcalina de Poços de Caldas e nos maciços graníticos de Morungaba e do Mendanha.

No primeiro desses corpos (intrusão alcalina) foram assinalados teores entre 50 ppm e 200 ppm Pb, com a maioria das amostras situando-se no intervalo de 100 ppm a 150 ppm Pb. Nas bordas do maciço registraram-se valores mais baixos (30 ppm a 70 ppm Pb), compatíveis com os da unidade geológica encaixante da intrusão (Complexo Varginha), embora ocasionalmente ocorram teores de até 150 ppm Pb. Esses valores mostram-se bastante superiores ao teor médio de chumbo nas rochas alcalinas mundiais (14 ppm Pb; WEDEPOHL, op.cit), indicando, ou que esse maciço apresenta-se enriquecido nesse elemento em relação aos seus congêneres mundiais, ou que o chumbo está concentrado nos sedimentos de corrente por influência de fatores exógenos.

A primeira hipótese apóia-se nos altos teores de chumbo detectados em outros maciços agpaíticos (como o de Poços de Caldas): acima de 100 ppm Pb em Lovozero (VLASOVET alii, 1966) e 225 ppm Pb em Ilimaussaq (GERASIMOVSKY, 1974). Por outro lado, a baixa mobilidade desse elemento no ambiente secundário e a sua tendência de concentrar-se na fração argilosa durante a alteração das rochas (WEDEPOHL, 1974), justamente a analisada no presente trabalho, favoreceriam o seu acúmulo nos sedimentos aluviais.

As poucas e imprecisas informações sobre a distribuição do chumbo nesse maciço não permite ainda traçar uma

conclusão a esse respeito, embora pareça que ambos os processos tenham agido concordantemente no sentido de elevar os teores de chumbo desse corpo geológico. Assim, DUTRA (1966) encontrou teores entre 4,9 ppm e 46 ppm Pb em onze zircões dessa intrusão; WEDOW Jr. (1967) registrou teores entre 50 ppm e 500 ppm Pb em cinco amostras procedentes do Morro do Ferro; e GORSKY & GORSKY (1974), reportaram a presença de traços desse elemento em diversas rochas desse maciço. Esses dados, especialmente os primeiros, embora de significado restrito, do ponto de vista quantitativo, permitem identificar a presença de um outro fator de enriquecimento do chumbo nessa intrusão: a desintegração radioativa de urânio e tório (elementos presentes em teores elevados nesse maciço), conduzindo ao aparecimento de chumbo-alfa\*.

No que tange à concentração do chumbo por processos secundários, os dados disponíveis referem-se ao comportamento desse elemento durante a bauxitização das rochas alcalinas. GROSSI SAD & DUTRA (1971) encontraram pequena variação entre o teor de chumbo na rocha matriz (foiaito com 24 ppm) e na bauxita dela originada (31,5 ppm). Já ALMEIDA (1976) registra a presença de teores de até 114 ppm Pb em bauxitas resultantes da alteração de foiaitos com 22 ppm Pb, denunciando um elevado enriquecimento em chumbo durante a sua formação.

Os sedimentos de corrente oriundos dos maciços graníticos de Morungaba e do Mendanha, ou de suas áreas de influência, mostraram teores de chumbo entre 50 ppm e 100 ppm, igualmente assinalados no domínio do granitóide porfiroblástico da serra do Quebra-Cangalha (a sul de Guaratinguetã). Nos demais corpos graníticos ou granitóides, os teores foram mais baixos, situando-se geralmente na faixa entre 30 ppm e 70 ppm Pb. Nas porções altamente granitizadas dos Complexos Varginha, Socorro e Paraisópolis predominam teores

---

\* DUTRA (op. cit.) considerou todo o chumbo presente nos zircões analisados como sendo radiogênico e utilizou os seus teores para calcular a provável idade de formação do maciço.

entre 30 ppm e 50 ppm Pb, merecendo destaque a área próxima a Brazópolis (inserida na última sequência), que apresentou diversas amostras nessa faixa de valores e, igualmente, altos teores em bário.

Essa associação geoquímica chumbo-bário, presente também no maciço granítico de Morungaba, foi registrada ainda no trecho entre Águas de Lindóia e Barão Ataliba Nogueira, no âmbito dos Complexos Amparo e Itapira, com os teores de chumbo variando entre 50 ppm e 70 ppm (por vezes alcançando 100 ppm). Embora as feições geoquímicas ali presentes sejam em parte semelhantes às do maciço de Morungaba, os tipos litológicos aflorantes são diferentes, tratando-se de ortognaisses, paragnaisses, leptitos, rochas calcossilicatadas e milonitos. Uma outra área com características similares é a borda sudeste da serra da Mantiqueira, ocupada por gnaisses, migmatitos bandados e xistos (Complexo Piquete da Associação Paraíba do Sul), mas os teores de chumbo são aqui inferiores: 20 ppm - 50 ppm.

Nas demais sequências dominam normalmente teores baixos (10 ppm - 15 ppm Pb), com raras amostras atingindo 30 ppm ou 50 ppm Pb, como acontece nos Complexos Amparo, Paraísopolis (porção oriental), Varginha (domínio dos termos granatíferos), Campos Gerais e Campos do Jordão (faixa ocidental da Associação Paraíba do Sul). No Complexo Lambari, constituído predominantemente por epi e mesometamorfitos, a quase totalidade dos valores apresentaram-se no intervalo de 10 ppm a 15 ppm Pb, conferindo-lhe a menor média dentre todas as formações estudadas.



CPRM

## TABELA IX — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — CHUMBO

### ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	5	200	22,814	2,149	0,892	547:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	5	150	23,221	2,129	0,878	100:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	5	200	22,543	2,160	0,900	436:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	5	200	23,117	2,171	0,907	499:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	5	100	19,961	2,061	0,829	118:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	LOGNORMAL	5	50	13,223	1,771	0,621	36:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	5	50	12,753	1,739	0,599	71:87
ASSOCIAÇÃO PARAIBA	LOGNORMAL	5	150	31,685	1,903	0,716	88:90
COMPLEXO LAGUS-GG	LOGNORMAL	5	100	27,013	1,893	0,709	148:153
ALCALINA DE POCOS DE CALDAS	LOGNORMAL	30	200	69,341	1,779	0,627	37:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	5	100	23,125	1,858	0,684	106:111
GNAISSES	LOGNORMAL	5	100	17,974	1,942	0,744	123:139

OBS: - Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.

- Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras, analisadas quimicamente para determinado elemento.

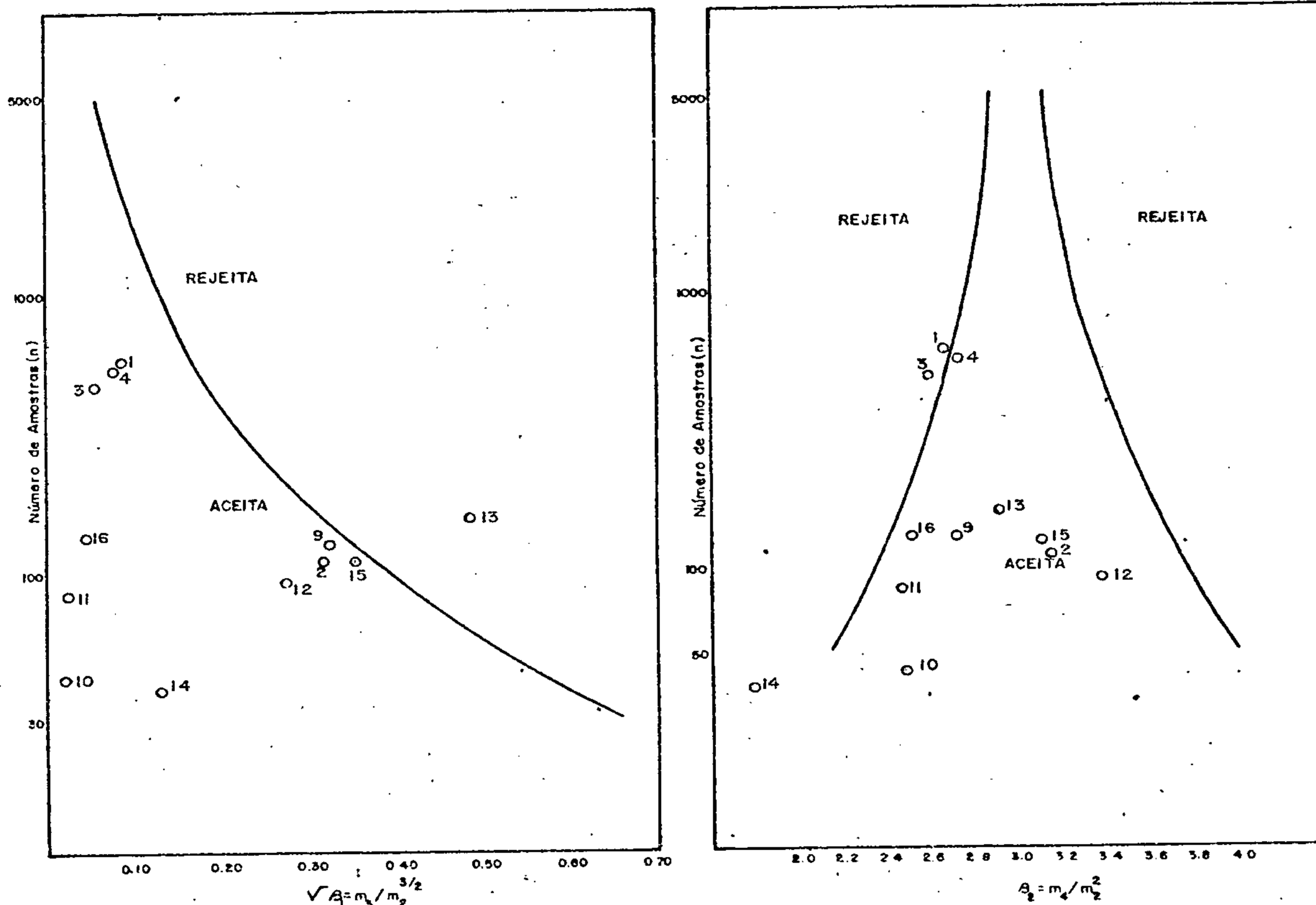
### LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO
TOTAL	584	0,583	2,417	1,833	1,358	0,332	0,245
TOTAL AD1	106	0,583	2,250	1,667	1,366	0,328	0,240
TOTAL AD2	467	0,583	2,417	1,833	1,353	0,335	0,247
LEVANTAMENTO REGIONAL	532	0,583	2,417	1,833	1,364	0,337	0,247
COMPLEXO AMPARO	125	0,583	2,083	1,500	1,300	0,314	0,242
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	42	0,583	1,750	1,167	1,121	0,248	0,221
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	83	0,583	1,750	1,167	1,106	0,240	0,217
ASSOCIAÇÃO PARAIBA	90	0,583	2,250	1,667	1,501	0,279	0,186
COMPLEXO LAGUS-GG	153	0,583	2,083	1,500	1,432	0,277	0,194
ALCALINA DE POCOS DE CALDAS	37	1,417	2,147	1,000	1,841	0,250	0,136
MIGMATITOS	111	0,583	2,083	1,500	1,364	0,269	0,197
GNAISSES	133	0,583	2,083	1,500	1,255	0,288	0,230

## TESTES DE DISTRIBUIÇÃO CHUMBO

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV				QUI-QUADRADO			
						F MÍN. 1,5		F MÍN. 50			
				5%	1%	5%	1%	5%	1%		
1	TOTAL	0,087	2,678	+	+	-	-	-	-		
2	TOTAL AD1	0,317	3,150	+	+	-	-	+	+		
3	TOTAL AD2	0,057	2,573	+	+	-	-	-	-		
4	LEV. REGIONAL	0,079	2,614	+	+	-	-	-	-		
9	COMPLEXO AMPARO	0,329	2,711	+	+	-	-	-	-		
10	XISTOS e Gn. VARGINHA	-0,018	2,472	+	+	-	+	-	+		
11	COMPLEXO S. JOÃO DEL REI	0,022	2,466	+	+	-	-	-	-		
12	ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	-0,277	3,378	+	+	+	-	+	+		
13	COMPLEXO LAGUS-GG	-0,492	2,925	+	+	-	+	-	+		
14	ALCALINA POÇOS DE CALDAS	-0,131	1,781	+	+	-	+	insufic.			
15	MIGMATITOS	-0,359	3,113	+	+	-	+	-	+		
16	GNAISSES	0,046	2,504	+	+	-	-	-	-		

+ Aceita a hipótese nula  
- Rejeita a hipótese nula

Figura 44 - Testes de distribuição do elemento Pb: assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado; nas diversas populações

CHUMBO

MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOS E GN VARGINHA		COMPLEXO S J DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-GG		ALCALINA P DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	Pb	n	Pb	n	Pb	n	Pb	n	Pb	n	Pb	n	Pb	n	Pb	n	Pb	
Fe	547		118	○	36	○	71	○	88		148		37		106		123	○	Fe
Mg	546		118	○	36		71	○	88		147	○	37	(-)	106	○	123	○	Mg
Ca	459		103		27		58		78		129		22	○	94		107		Ca
Ti	331	(-)	79		16		52		72	(-)	59		22	○	80		74	(-)	Ti
Mn	544		118		36		71		88		148	○	34		106		123		Mn
B	314	○	80	○	20	○	56		48	(-)	72	(-)	15	(-)	58	(-)	74	(-)	B
Ba	546	○	118	○	36	○	71	○	88		148	○	37	○	106	○	123	○	Ba
Be	112		16	○	2	*	3	*	29	(-)	18		26		22	(-)	11	○	Be
Co	525		112		35	○	71		83		146		31	(-)	101		122		Co
Cr	545	(-)	118	(-)	36		71	(-)	86		148	(-)	37	(-)	105		123	(-)	Cr
Cu	486		104		36	○	71		70		130		27		94		118		Cu
La	515	○	106		34		59		84	(-)	146		37	○	97		118	○	La
Ni	528	(-)	116		36		71		84		143		29	(-)	104		123		Ni
Pb		●		●		●		●		●		●		●		●		●	Pb
Sc	460	(-)	95		36	○	71		70		118		26	(-)	88		109		Sc
Sr	158	○	22		1	*	7	*	36	(-)	45		29		27	○	22		Sr
V	545		118		36		71		86		148		37	○	105		123		V
Y	542		117		36	○	70		87		148		37	●	105		122		Y
Zr	328		80	(-)	26		41		62	(-)	69	(-)	18	(-)	69		78		Zr

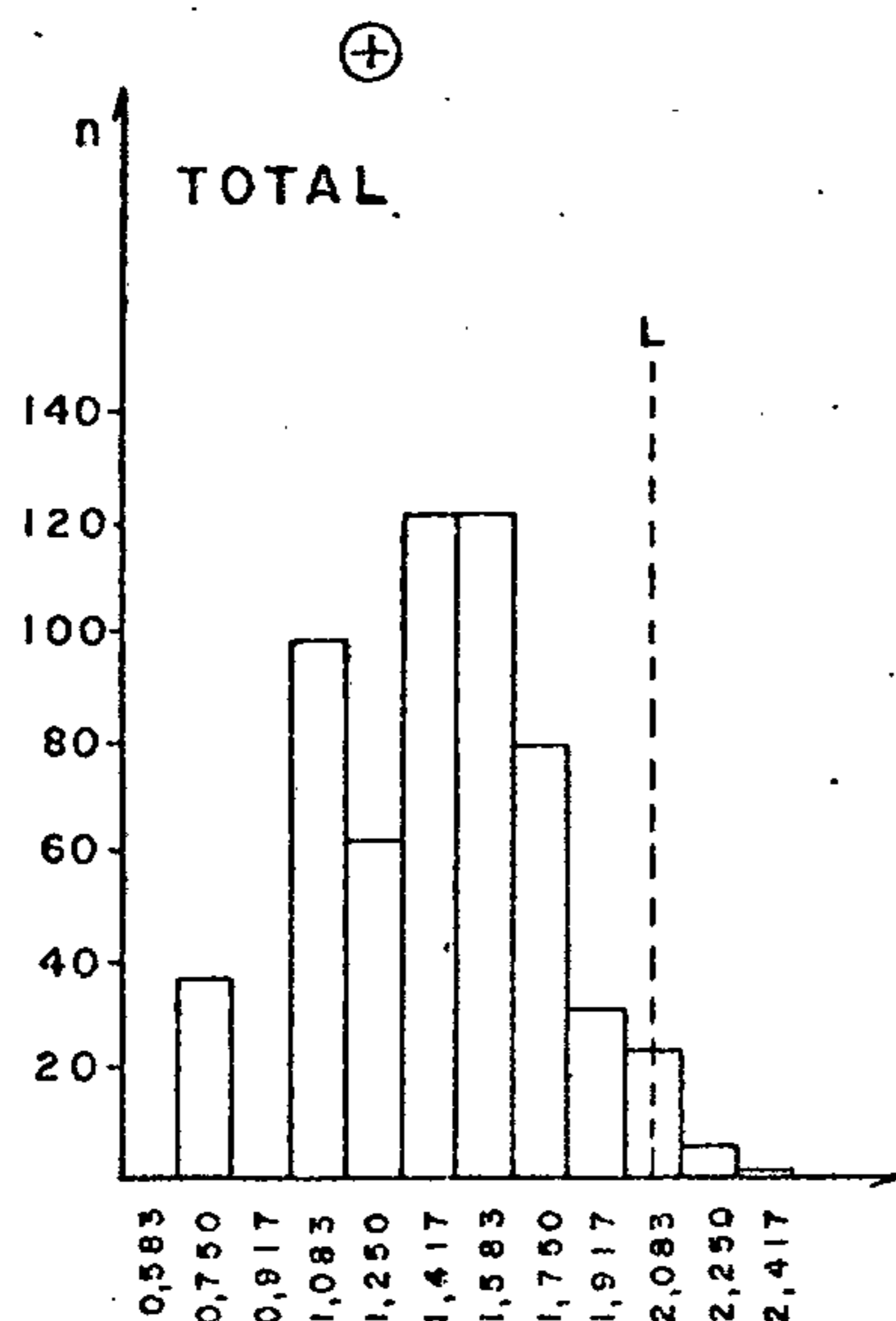
LEGENDA

- n - nº de amostras que entraram no cálculo
- \* - insuficiência de valores definidos
- - < 0,3
- - 0,3 a 0,4
- - 0,4 a 0,5
- - 0,5 a 0,6
- - 0,6 a 0,7
- - 0,7 a 0,8
- - > 0,8
- (-) - correlação negativa

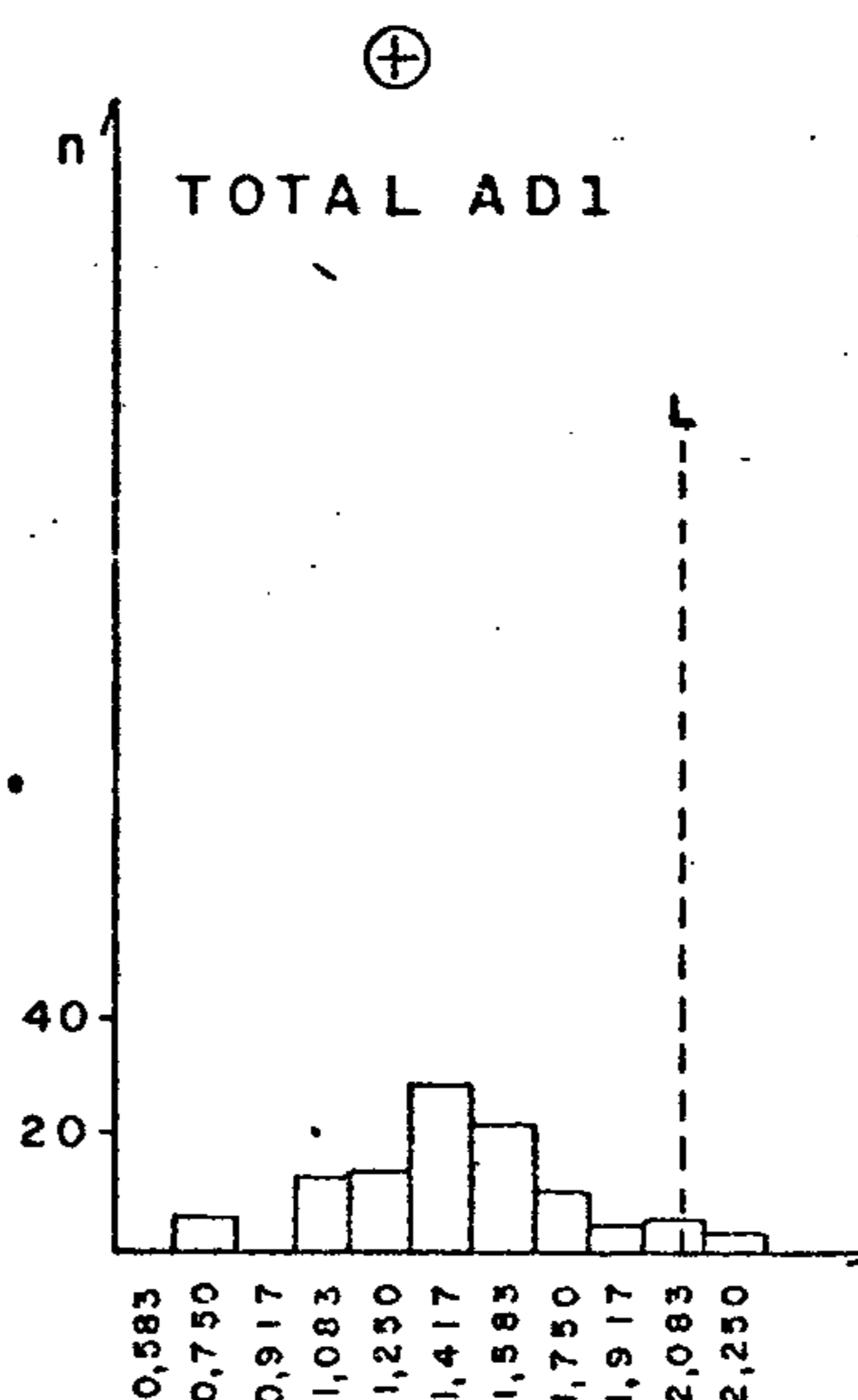
Figura 45



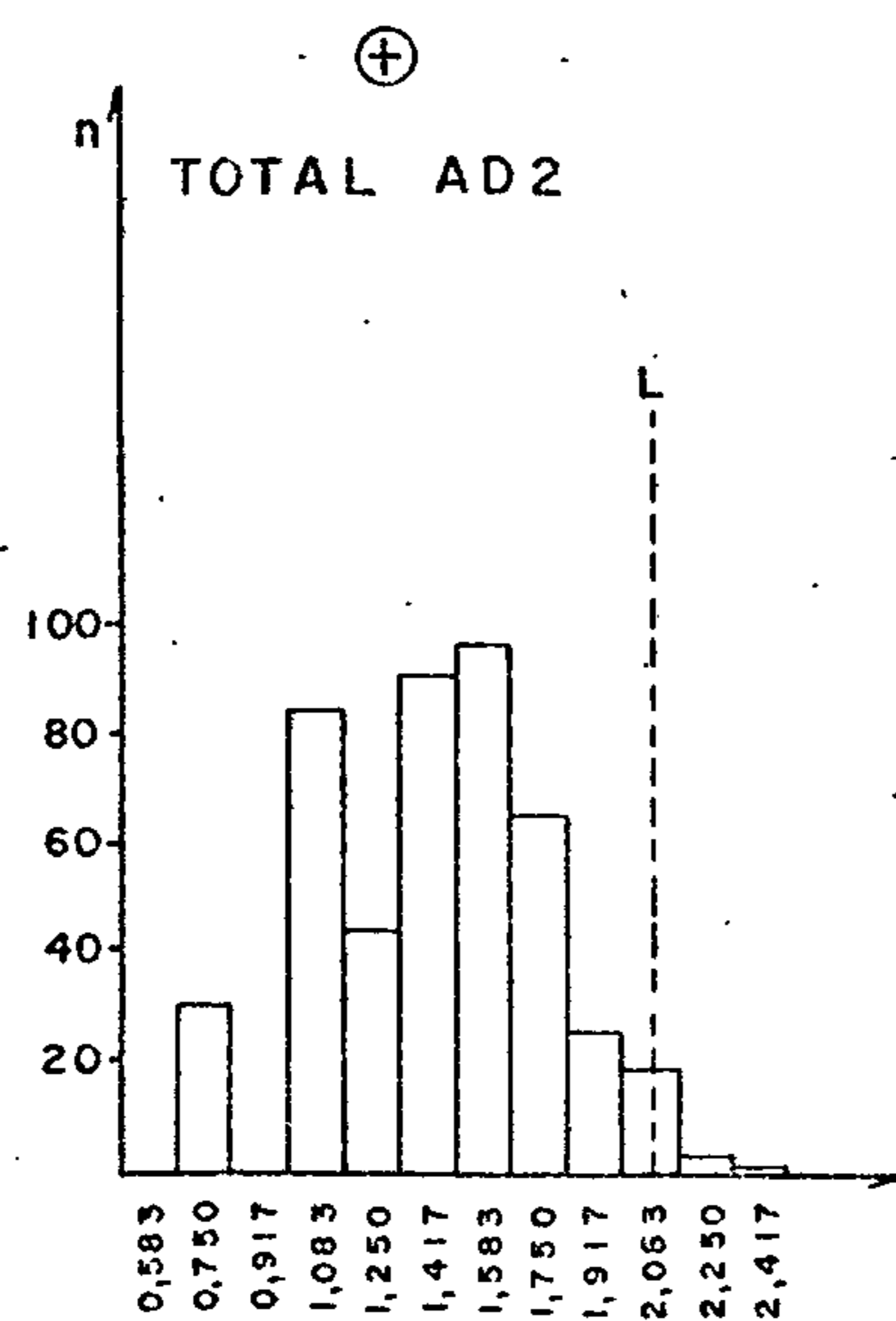
### CHUMBO



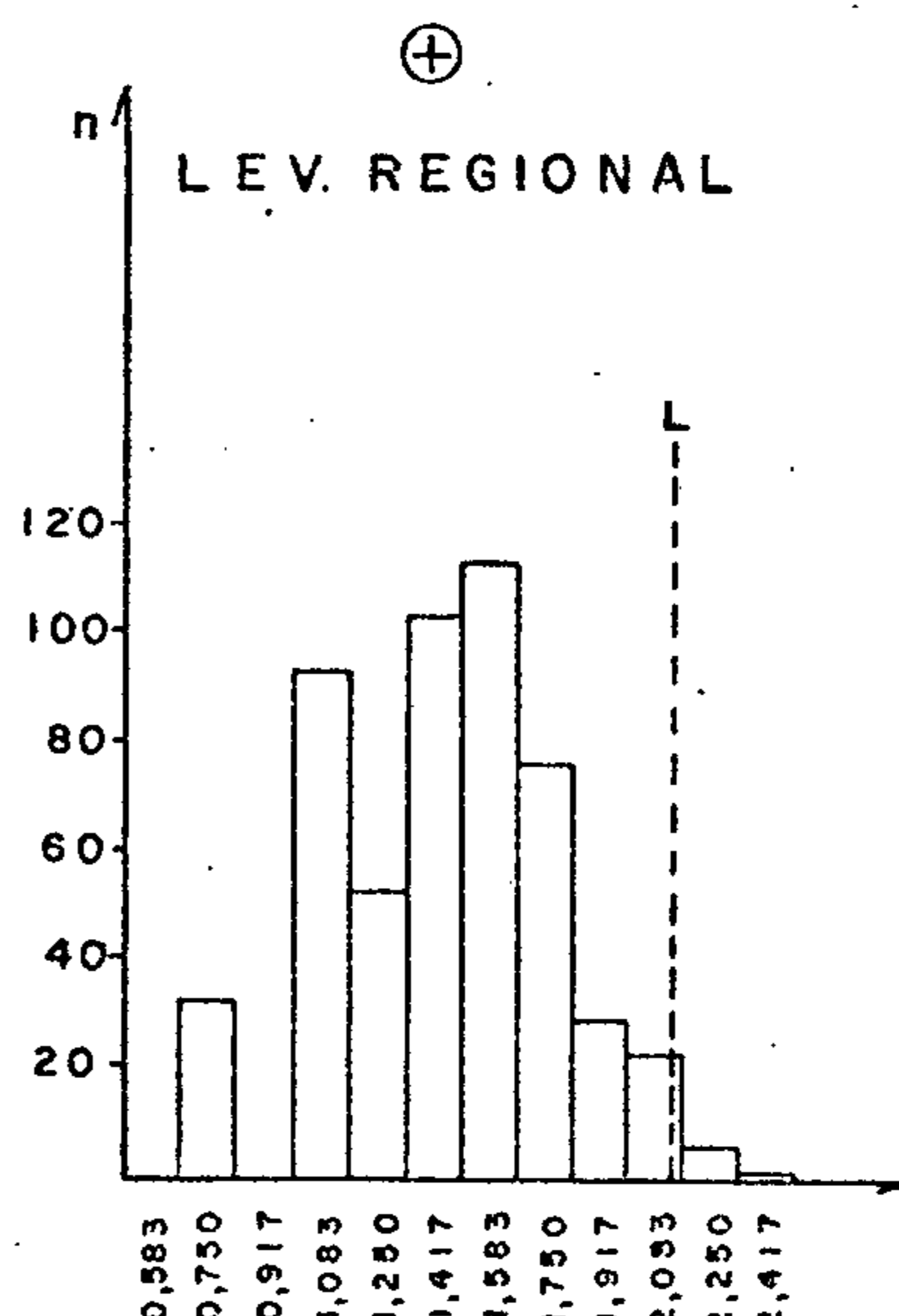
$\bar{x} = 1,358$   
 $s = 0,332$   
 $n = 584$   
 $L = 2,022$



$\bar{x} = 1,366$   
 $s = 0,328$   
 $n = 106$   
 $L = 2,022$



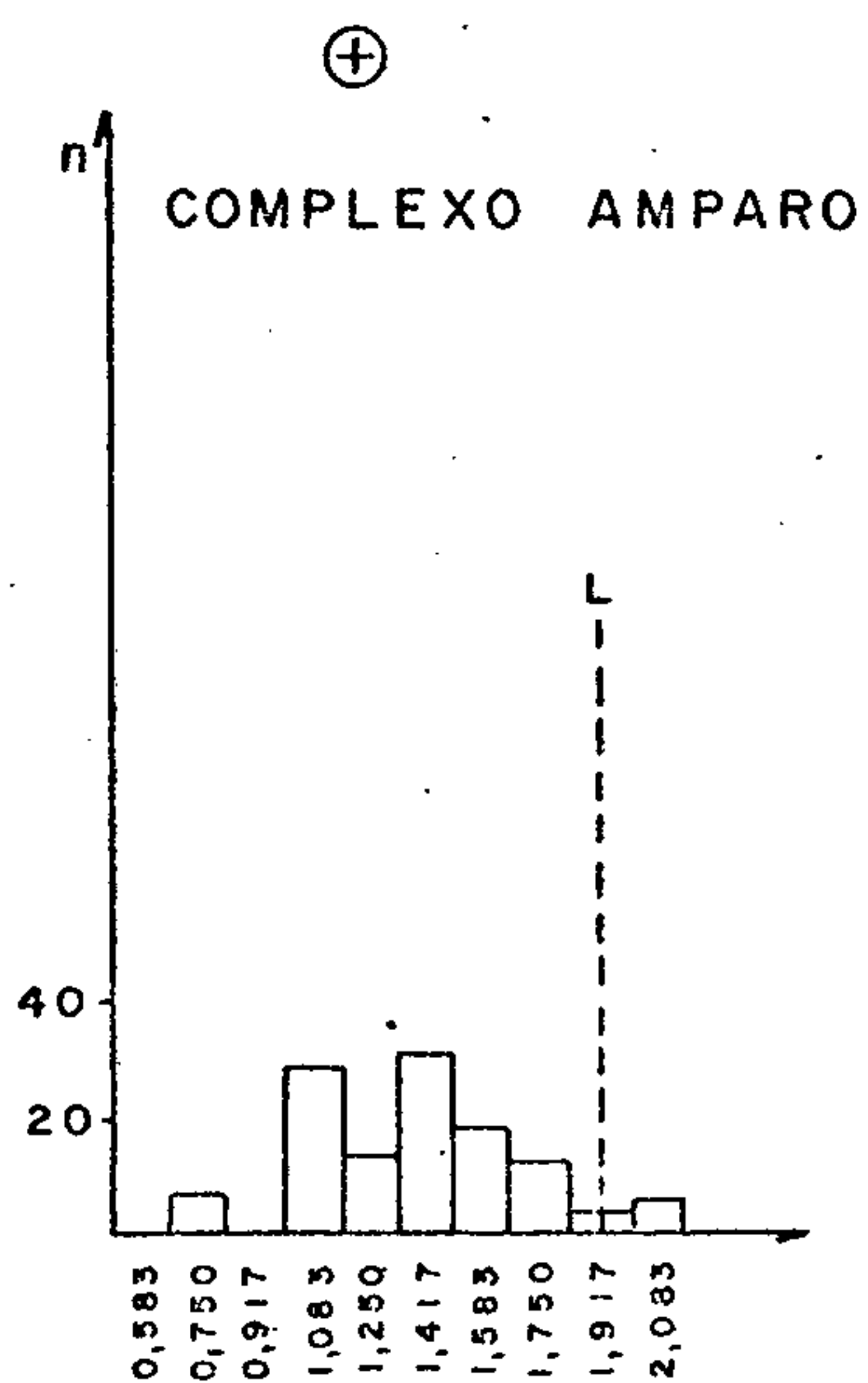
$\bar{x} = 1,353$   
 $s = 0,335$   
 $n = 467$   
 $L = 2,023$



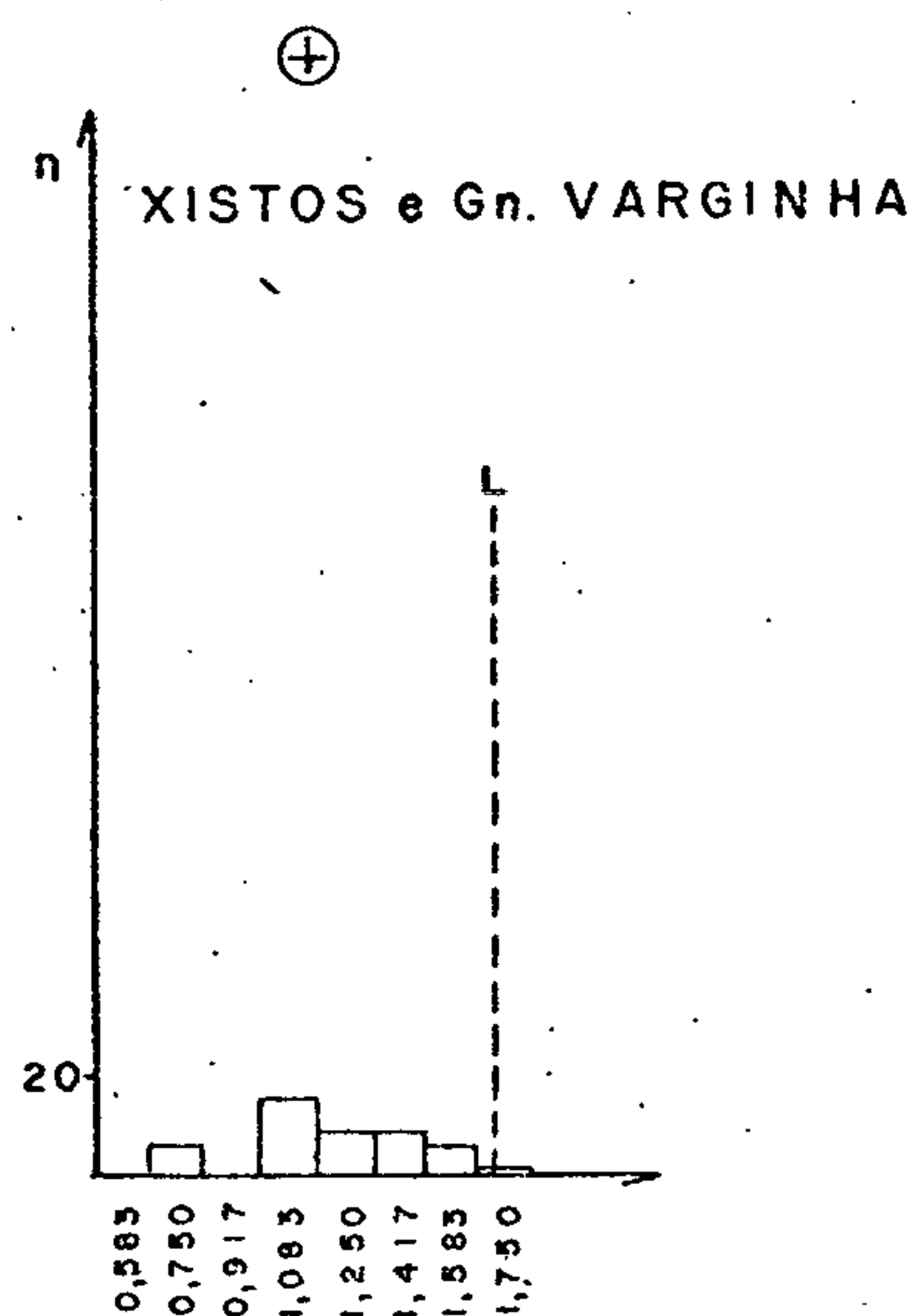
$\bar{x} = 1,356$   
 $s = 0,337$   
 $n = 532$   
 $L = 2,038$

Figura 46 - Histogramas de dados logaritmizados.

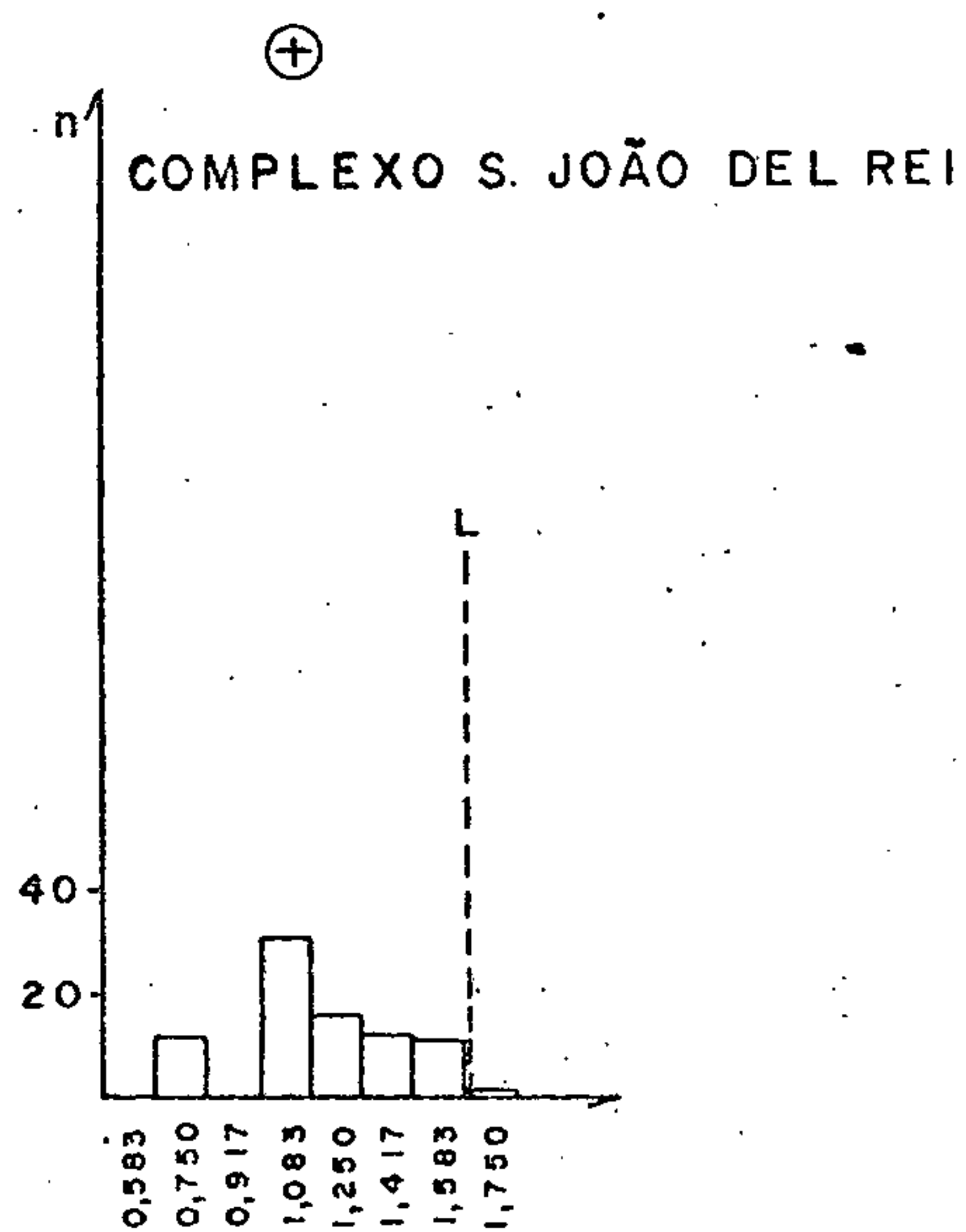
CHUMBO



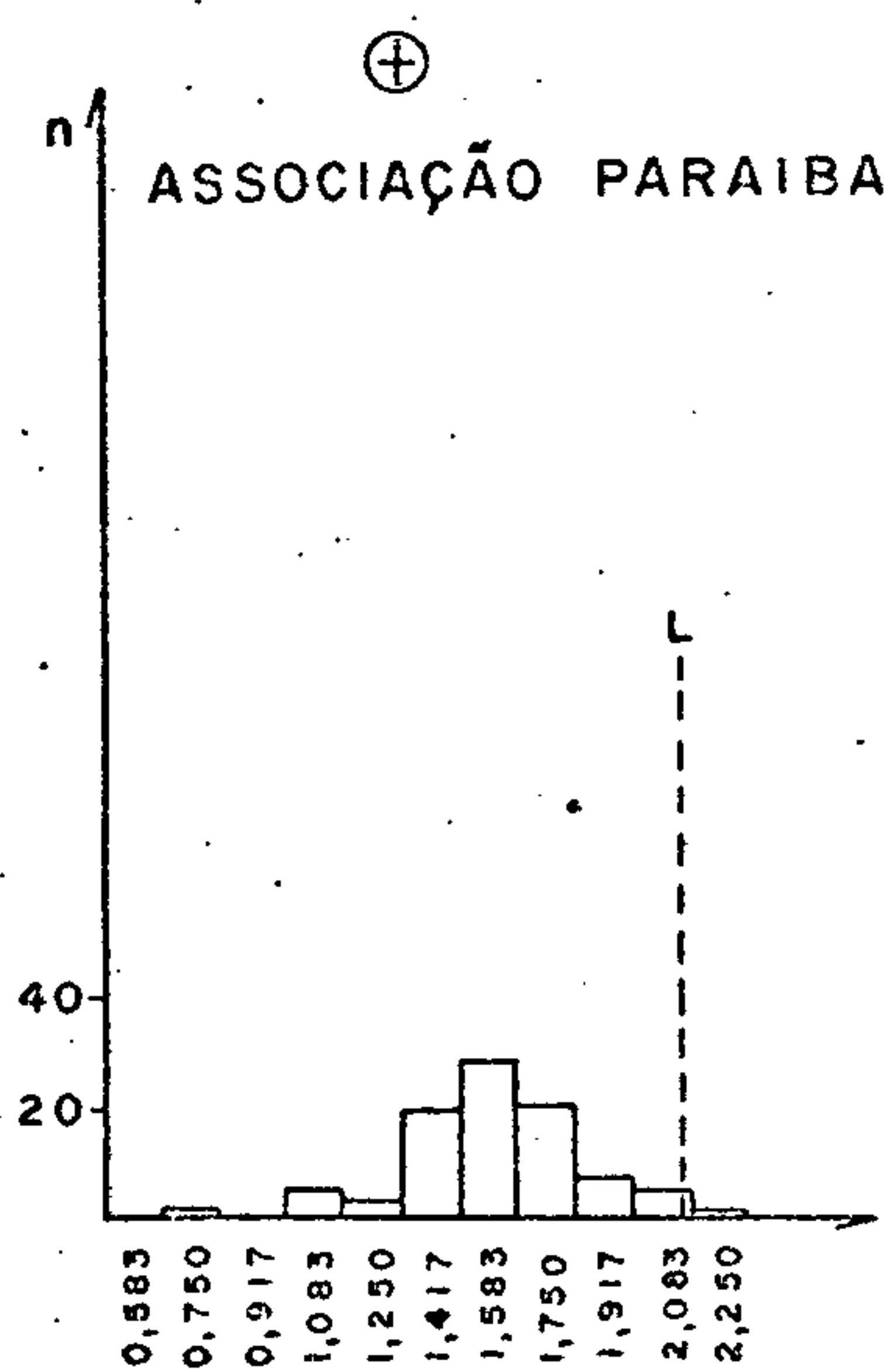
$\bar{x} = 1,300$   
 $s = 0,314$   
 $n = 125$   
 $L = 1,928$



$\bar{x} = 1,121$   
 $s = 0,248$   
 $n = 42$   
 $L = 1,617$



$\bar{x} = 1,106$   
 $s = 0,240$   
 $n = 83$   
 $L = 1,586$

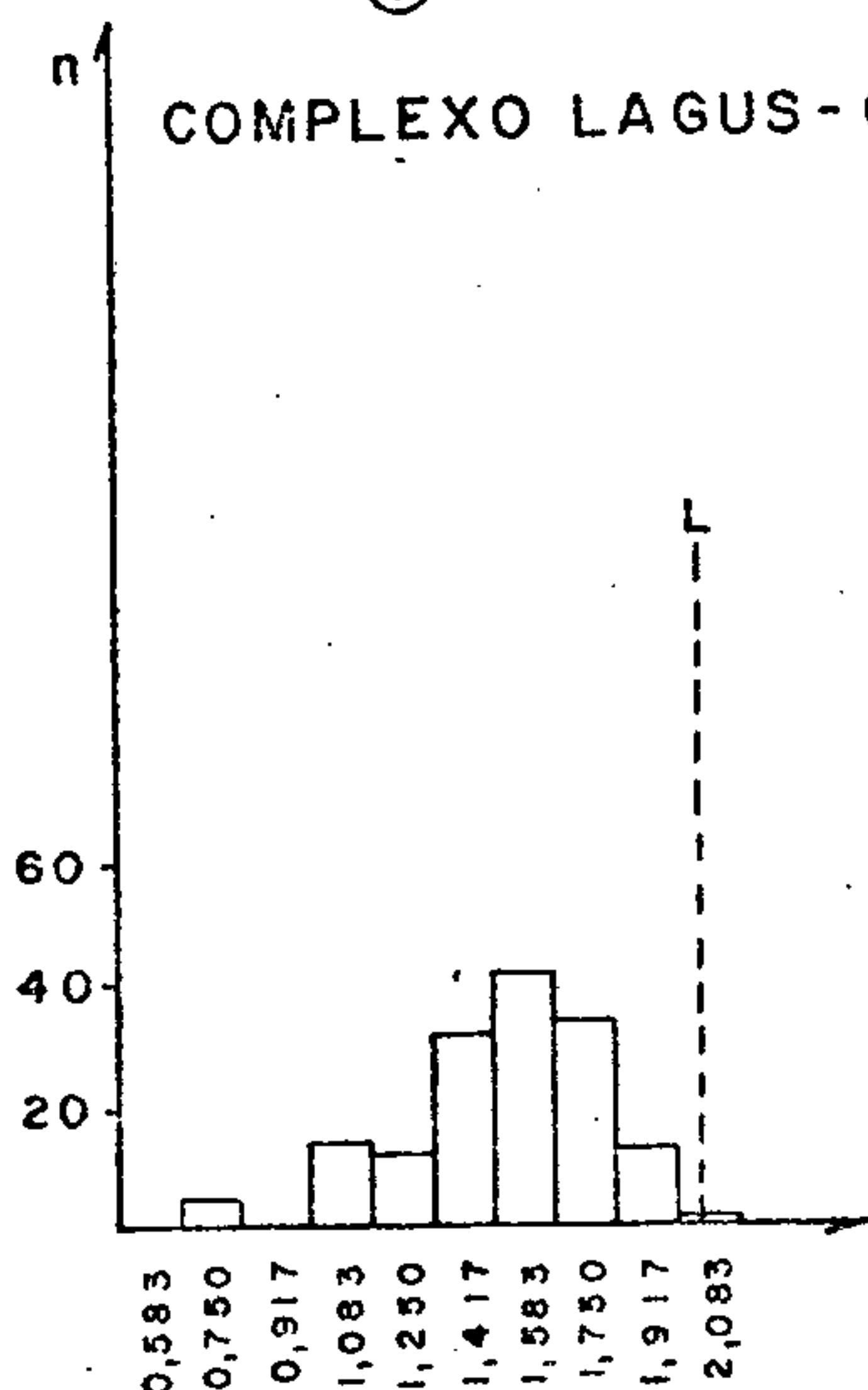


$\bar{x} = 1,501$   
 $s = 0,279$   
 $n = 90$   
 $L = 2,059$

Figura 47 - Histogramas de dados logaritmizados.

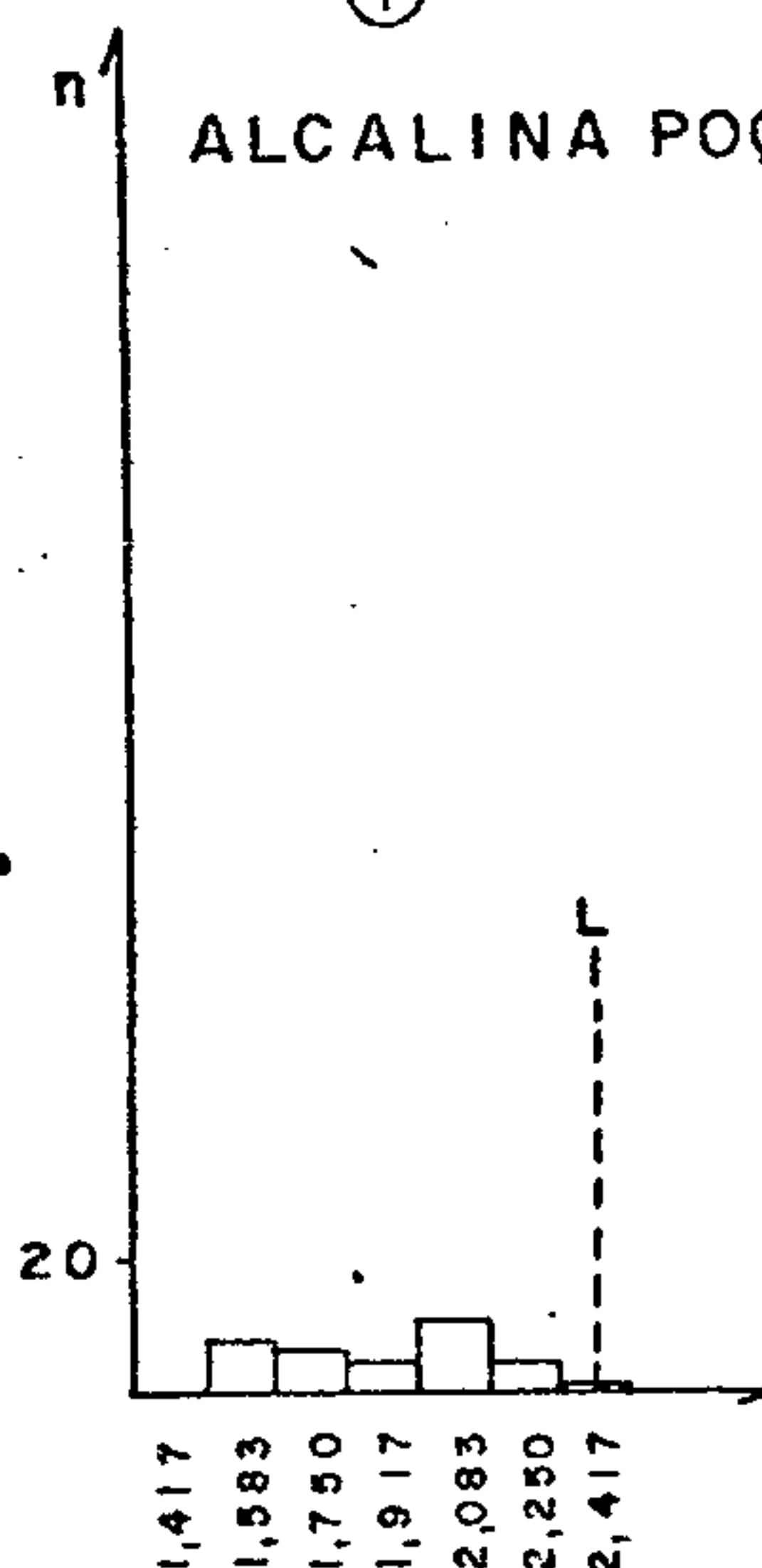
CHUMBO

⊕  
COMPLEXO LAGUS-GG.



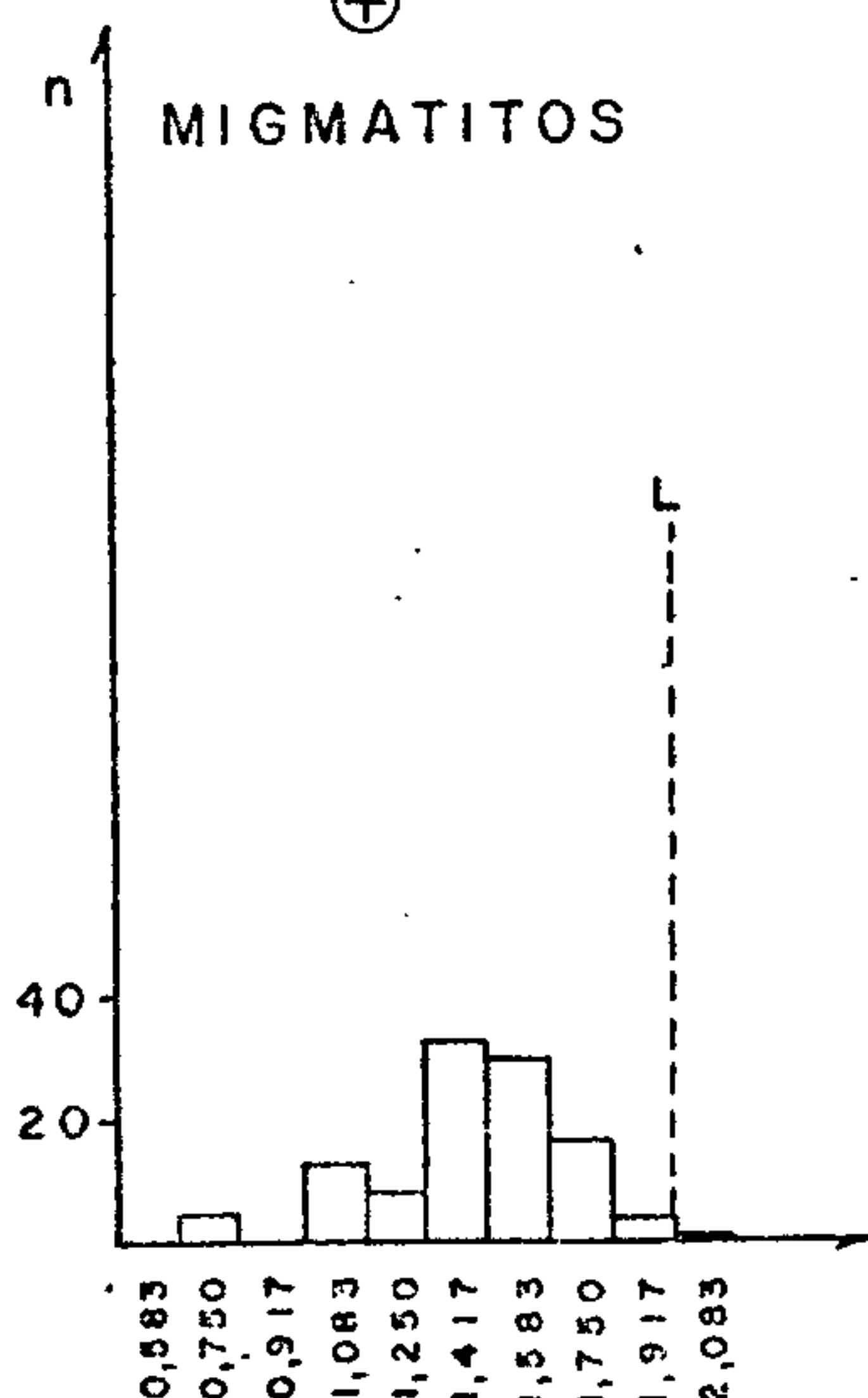
$\bar{x} = 1,432$   
 $s = 0,277$   
 $n = 125$   
 $L = 1,986$

⊕  
ALCALINA POÇOS DE CALDAS



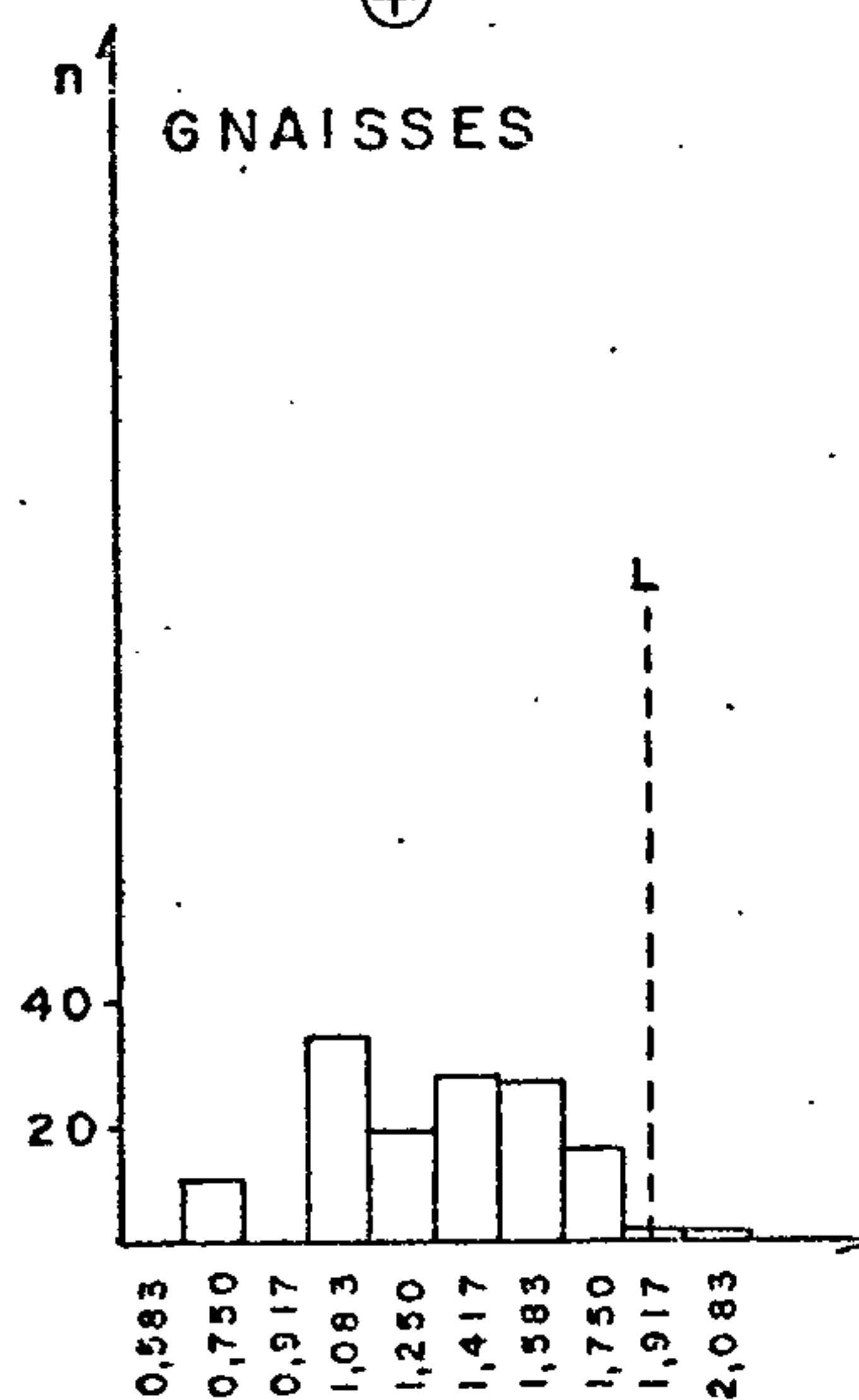
$\bar{x} = 1,841$   
 $s = 0,250$   
 $n = 37$   
 $L = 2,341$

⊕  
MIGMATITOS



$\bar{x} = 1,364$   
 $s = 0,269$   
 $n = 111$   
 $L = 1,902$

⊕  
GNAISSES



$\bar{x} = 1,255$   
 $s = 0,288$   
 $n = 133$   
 $L = 1,831$

Figura 48 - Histogramas de dados logaritmizados.

## 7.4.9 - Bário

### 7.4.9.1 - Generalidades

Das 597 amostras analisadas, cerca de 594 tiveram valores definidos para bário. Os teores mais elevados ocorreram no Complexo Amparo, com até 5.000 ppm Ba. A média mais elevada (660,646), entretanto, coube à Associação Paraíba (tabela X).

Dentre as populações geológicas e litológicas, apenas o Complexo São João del Rei rejeitou a lognormalidade no teste de Kolmogorov-Smirnov. Quanto à assimetria a lognormalidade não foi aceita pelo Complexo Amparo, que no entanto admitiu no teste de curtose (figura 49).

As mais altas correlações do bário são com chumbo e magnésio, considerando-se a totalidade das amostras como pertencentes a uma única população. Separando-as segundo as grandes unidades litoestratigráficas, vamos observar no Complexo Amparo a persistência de sua alta correlação com chumbo e magnésio, despontando também uma alta correlação com manganês\*. Na Associação Paraíba está ressaltada uma alta correlação do bário com o vanádio, observada apenas nessa unidade geológica; já que nas demais ela é baixíssima (figura 50).

Como era de se esperar, na Alcalina de Poços de Caldas o bário teve alta correlação com elementos alcalino-terrosos (Ba-Mg=0,650; Ba-Ca=0,625 e Ba-Sr=0,640). Nesse maciço deu-se também a mais baixa correlação entre bário e manganês, estando esse fato em concordância com os baixos teores de bário aí encontrados, o que confirma a hipótese de

---

\* Nas áreas onde a correlação entre bário, manganês e chumbo foi relativamente elevada, os teores elevados de bário devem ser cuidadosamente examinados, pois, segundo HAWKES & WEBB (1965, p.361), o bário pode ser utilizado como *pathfinder* dos depósitos de chumbo, zinco e prata, devido à sua associação paragenética com esses elementos.



que a associação entre esses dois elementos está relacionada com a presença de concentrações de bário.

#### 7.4.9.2 - Distribuição na área

O quadro regional dos teores de bário nos sedimentos de corrente (anexo VIII) revelou que a maior parte dos valores elevados desse elemento (iguais ou superiores a 1.000 ppm Ba) se fazem presentes na porção meridional do projeto, especialmente no domínio do granito de Morungaba e em determinadas áreas inseridas nos Complexos Paraisópolis, Amparo, Itapira e Piquete.

Na porção setentrional, à exceção das áreas fenitizadas ao redor da intrusão alcalina de Poços de Caldas, que apresentaram elevados teores de bário (1.500 ppm a 3.000 ppm), a ocorrência de altos valores (1.000 ppm a 1.500 ppm) restringe-se ao maciço granítico de Porto dos Mendes, a um corpo de gnaisses porfiroblásticos a norte de São Gonçalo do Sapucaí (englobado no Complexo Amparo) e a algumas amostras esparsas, na maioria das vezes associadas à presença de rochas granulítico-charnoquíticas\*, como a oeste de Botelhos (domínio do Complexo Varginha).

Os teores mais baixos de bário foram registrados no maciço alcalino de Poços de Caldas (entre 20 ppm e 700 ppm) e no contexto do Complexo Lambari (com a maioria das amostras apresentando de 200 ppm a 300 ppm). Tais teores elevam-se um pouco, quando no âmbito dos Complexos Campos Gerais, Rio Elvas e Amparo (a leste de Ouro Fino), dominando nesses conjuntos valores entre 300 ppm e 500 ppm Ba, por vezes superando 700 ppm Ba. Esses últimos valores (acima de 500 ppm Ba), pouco comuns nas unidades anteriores, passam a

---

\*Duas amostras de rochas dessa natureza (JC-07A: Piroxênio-granulito e JC-180: charnoquito), inseridas no Complexo Varginha, apresentaram teores de bário de 1.500 ppm e 1.000 ppm, respectivamente.

predominar nos complexos granitóide-migmatíticos (Lavras, Var<sup>g</sup>inha, Socorro e parte do Paraisópolis), onde ocorrem, isoladamente, algumas amostras com teores iguais ou superiores a 1.000 ppm Ba.

Dentre esses diversos padrões de teores, assumem uma importância especial, pelas implicações geológicas que se lhes associam, aqueles ligados ao granito de Morungaba, ao corpo granitóide que se estende desde São Francisco Xavier até a sul de Campos do Jordão e à intrusão alcalina de Poços de Caldas.

Segundo WERNICK (1967 e 1972), o maciço granítico de Morungaba é composto por duas intrusões: uma tardi-tectônica, constituída por granodioritos e tonalitos, e outra pós-tectônica, representada por granitos equigranulares. As amostras de sedimentos de corrente oriundas desse maciço apresentaram teores de bário entre 1.500 ppm e 5.000 ppm, conferindo-lhe a maior média (2.100 ppm) dentre as unidades litológicas estudadas. De acordo com GOLDSCHMIDT (1958) e PUCHELT (1972), durante a cristalização magmática o bário tende a concentrar-se nos primeiros feldspatos potássicos que se formam, portanto, naqueles de alta temperatura. Assim, o enriquecimento em bário, mostrado por esse corpo, leva-nos a acreditar que ele tenha-se originado em condições térmicas elevadas, um fato já reconhecido por WERNICK & FERNANDES (1972), para o caso dos granodioritos e tonalitos, através do estudo da triclinicidade dos feldspatos potássicos.

Uma explicação semelhante é aqui admitida como sendo a principal razão para a presença de altos teores de bário na faixa entre São Francisco Xavier e Santo Antônio do Pinhal. Junto à primeira localidade ocorre um corpo charnoquítico de composição calco-alcalina (SADOWSKY & CARNEIRO, 1974), no âmbito do qual registraram-se teores de bário entre 1.000 ppm e 2.000 ppm, concordantes com aqueles apresentados por GOLDSCHMIDT (1958) para rochas dessa natureza: 1.000

ppm a 5.000 ppm.

Em direção nordeste, esse corpo charnoquítico transiciona para um granitóide porfiroblástico, que se estende até sul de Campos do Jordão, ao longo do qual foram assinalados teores de bário semelhantes aos do conjunto anterior. Embora alguns autores (p. ex., EMMERMANN, 1969) atribuam o enriquecimento de bário em maciços similares ao aporte de soluções metassomáticas alcalinas (responsáveis pela porfiroblastese), parece mais lógico, no presente caso, admitir que esse corpo era originalmente rico em bário, provavelmente de origem magmática e com composição de granítica intermediária. As evidências a favor dessa hipótese são as seguintes: a) a existência de feições "intrusivas" a sul de Campos do Jordão, com a presença de hornfelsitos e contatos bruscos com as encaixantes (CAVALCANTE et alii, 1977); b) a homogeneidade apresentada por esse maciço em grande parte de sua exposição, lembrando um ortognaisse; c) a associação geoquímica de altos teores de bário a valores também elevados de estrôncio, cobalto, níquel, vanádio e lantânio nas amostras de sedimentos de corrente coletadas na área de exposição desse corpo ou em suas adjacências; d) a ocorrência de um maciço de composição intermediária na serra das Posses, evoluindo por granitização a um "migmatito granitóide" porfiroblástico, semelhante a esse corpo; e e) o fato de que os fenômenos de feldspatização atuaram intensamente também em outras áreas, que mostraram baixos teores de bário (o que é bem evidenciado no Complexo Varginha).

Teores de bário iguais ou superiores a 1.000 ppm foram detectados ainda em outras porções pré-cambrianas: a) entre Águas de Lindóia e Barão Ataliba Nogueira, área de ocorrência de ortognaises graníticos, paragnaises e calcosilicatadas, inseridos nos Complexos Amparo e Itapira; b) nas proximidades de Brazópolis, num domínio de rochas granulíticas e gnáissico-migmatíticas do Complexo Paraisópolis; c) na borda oriental da serra da Mantiqueira, entre Tremem-

bê e Piquete, ocupada por gnaisses migmatíticos e xistos do Complexo Piquete (Associação Paraíba do Sul); e d) na faixa de contato entre os Complexos Socorro e Amparo, desde Ouro Fino até Itatiba, ocupada por rochas granulíticas migmatitizadas, milonitos e inúmeros corpos de pegmatitos quartzo-feldspáticos.

A exceção da última área, as demais apresentam, como característica geoquímica comum, a associação do bário com o chumbo, uma feição também detectada no granito de Morungaba. A presença de baixos teores de chumbo e altos de bário na última região, sugere que esses valores devam estar associados aos gnaisses granulíticos migmatitizados ali aflorantes e não aos corpos pegmatíticos, já que, de um modo geral, nesses corpos ocorrem altos teores de chumbo e baixos de bário (PUCHELT, 1972; WEDEPOHL, 1974).

Uma outra feição geológica bastante interessante, evidenciada pelos teores de bário em sedimentos de corrente, é o contraste exibido pela intrusão alcalina de Poços de Caldas em relação às formações encaixantes, especialmente as porções fenitizadas (figura 54). As amostras coletadas no interior do maciço apresentaram um teor médio de bário ao redor de 190 ppm (o mais baixo dentre todas as seqüências estudadas), quase quatro vezes inferior ao valor médio dos resultados obtidos por GUIMARÃES & DUTRA (1962) em rochas desse maciço (906 ppm Ba), que é semelhante ao teor médio desse elemento nas rochas alcalinas mundiais: 892 ppm (GOMES, 1970). Admitindo-se que os valores de GUIMARÃES & DUTRA (op. cit.) sejam representativos para essa intrusão, a presença de teores bastante inferiores nos sedimentos de corrente deve estar ligada a uma alta dispersão do bário no ambiente secundário. Tal hipótese encontra apoio tanto na grande mobilidade desse elemento no meio exógeno, como na profunda alteração sofrida pelas rochas alcalinas, levando à formação de jazidas lateríticas. GROSSI SAD & DUTRA (1974), investigando o comportamento dos elementos menores durante os pro-



cessos de bauxitização, encontraram teores de 14 ppm Ba em bauxitas originadas de foiaftos com 250 ppm Ba, mostrando que esse elemento encontra-se empobrecido no material laterítico numa proporção que é quase vinte vezes inferior ao seu teor na rocha matriz.

Por outro lado, ao longo da zona de contato desse maciço com os litotipos granitóide-migmatíticos do Complexo Varginha, registraram-se altos teores de bário, mormente nas porções sudeste e sul, com os valores alcançando até 3.000 ppm. A associação entre os teores elevados e as porções fenitizadas indica que o enriquecimento em bário está, pelo menos em grande parte, ligado ao aporte das soluções metassomáticas alcalinas, responsáveis pela fenitização das encaixantes. Tal fenômeno é bem caracterizado pelo corpo sienítico da serra da Pedra Branca (a sul de Caldas), onde as ações metassomatizantes foram mais intensas, e no qual foram detectados teores de bário entre 2.000 ppm e 3.000 ppm, concordando com o teor médio desse elemento em sienitos: 2.753 ppm (PUCHELT, 1972).

TABELA X — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — BÁRIO

ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	10	5.000	425,414	2,302	1,002	594:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	70	5.000	471,693	2,335	1,026	108:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	10	3.000	412,265	2,305	1,004	475:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	10	5.000	426,761	2,301	1,002	543:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	20	5.000	400,773	2,546	1,181	132:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	LOGNORMAL	70	1.000	278,860	1,728	0,591	44:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	10	1.000	277,309	2,116	0,868	86:87
ASSOCIAÇÃO PARAIBA	LOGNORMAL	70	2.000	660,646	1,966	0,761	90:90
COMPLEXO LAGUS-GG	LOGNORMAL	10	3.000	508,862	2,104	0,860	152:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	50	2.000	406,244	2,470	1,131	37:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	20	3.000	257,313	2,105	0,860	111:111
GNAISSES	LOGNORMAL	50	2.000	369,691	2,113	0,866	139:139

OBS: - Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.  
 - Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

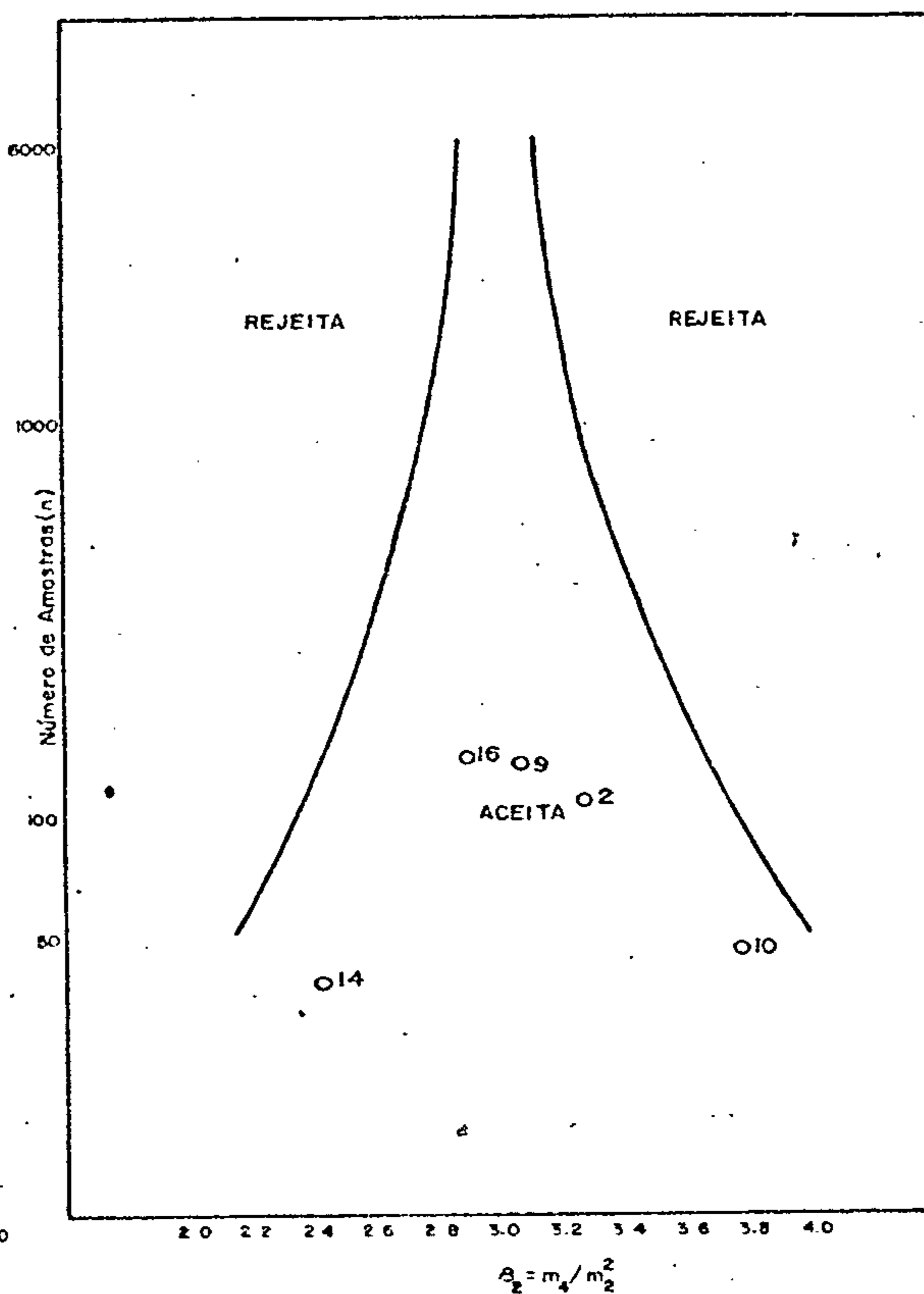
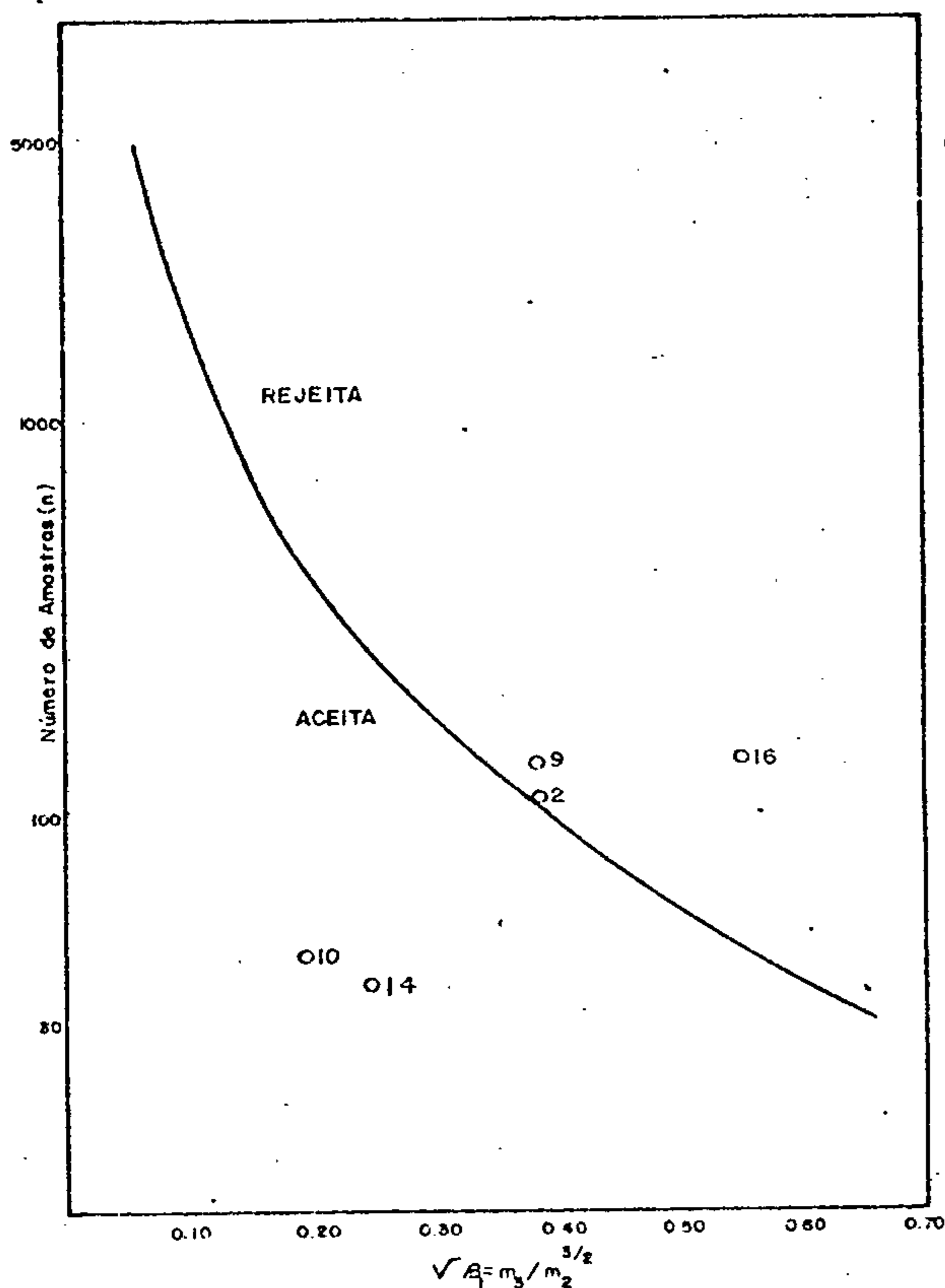
LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO
TOTAL	596	0,917	3,750	2,833	2,629	0,362	0,138
TOTAL AD1	108	1,750	3,750	2,000	2,674	0,368	0,138
TOTAL AD2	477	0,917	3,583	2,667	2,615	0,363	0,139
LEVANTAMENTO REGIONAL	545	0,917	3,750	2,833	2,630	0,362	0,138
COMPLEXO AMPARO	132	1,250	3,750	2,500	2,603	0,406	0,156
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	44	1,750	3,083	1,333	2,445	0,238	0,097
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	87	0,917	3,083	2,167	2,443	0,325	0,133
ASSOCIAÇÃO PARAIBA	90	1,750	3,417	1,667	2,820	0,293	0,104
COMPLEXO LAGUS-GG	153	0,917	3,583	2,667	2,707	0,323	0,119
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	37	3,417	1,833	2,609	2,609	0,394	0,151
MIGMATITOS	111	1,250	3,583	2,333	2,722	0,323	0,119
GNAISSES	139	1,583	3,417	1,833	2,568	0,325	0,127

## TESTES DE DISTRIBUIÇÃO BÁRIO

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV				QUI-QUADRADO			
				5%		1%		F. MÍN. 1,5		F. MÍN. 50	
				5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%
1	TOTAL	-0,754*	4,560*	-	-	-	-	-	-	-	-
2	TOTAL AD1	-0,393	3,285	+	+	-	-	-	-	-	-
3	TOTAL AD2	-0,825*	4,754*	-	-	-	-	-	-	-	-
4	LEV. REGIONAL	-0,707*	4,557*	-	-	-	-	-	-	-	-
9	COMPLEXO AMPARO	-0,388	3,072	+	+	+	+	-	-	+	+
10	XISTOS e Gn VARGINHA	0,196	3,796	+	+	-	-	-	-	-	-
11	COMPLEXO SJOÃO DEL REI	-1,723*	7,465*	-	-	-	-	-	-	-	-
12	ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	-1,361*	5,696*	+	+	-	-	+	+	+	+
13	COMPLEXO LAGUS-GG.	-1,046*	7,561*	+	+	-	+	-	-	+	+
14	ALCALINAPOÇOS DE CALDAS	-0,249	2,421	+	+	+	+	+	+	+	+
15	MIGMATITOS	-1,353*	6,107*	+	+	-	-	-	-	-	-
16	GNAISSES	-0,557	2,909	+	+	-	-	-	-	-	-

+ Aceita a hipótese nula

- Rejeita a hipótese nula

\* Rejeitadas o ponto cai além dos limites do quadro

Figura 49— Testes de distribuição do elemento Ba: assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado; nas diversas populações

## BÁRIO

### MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

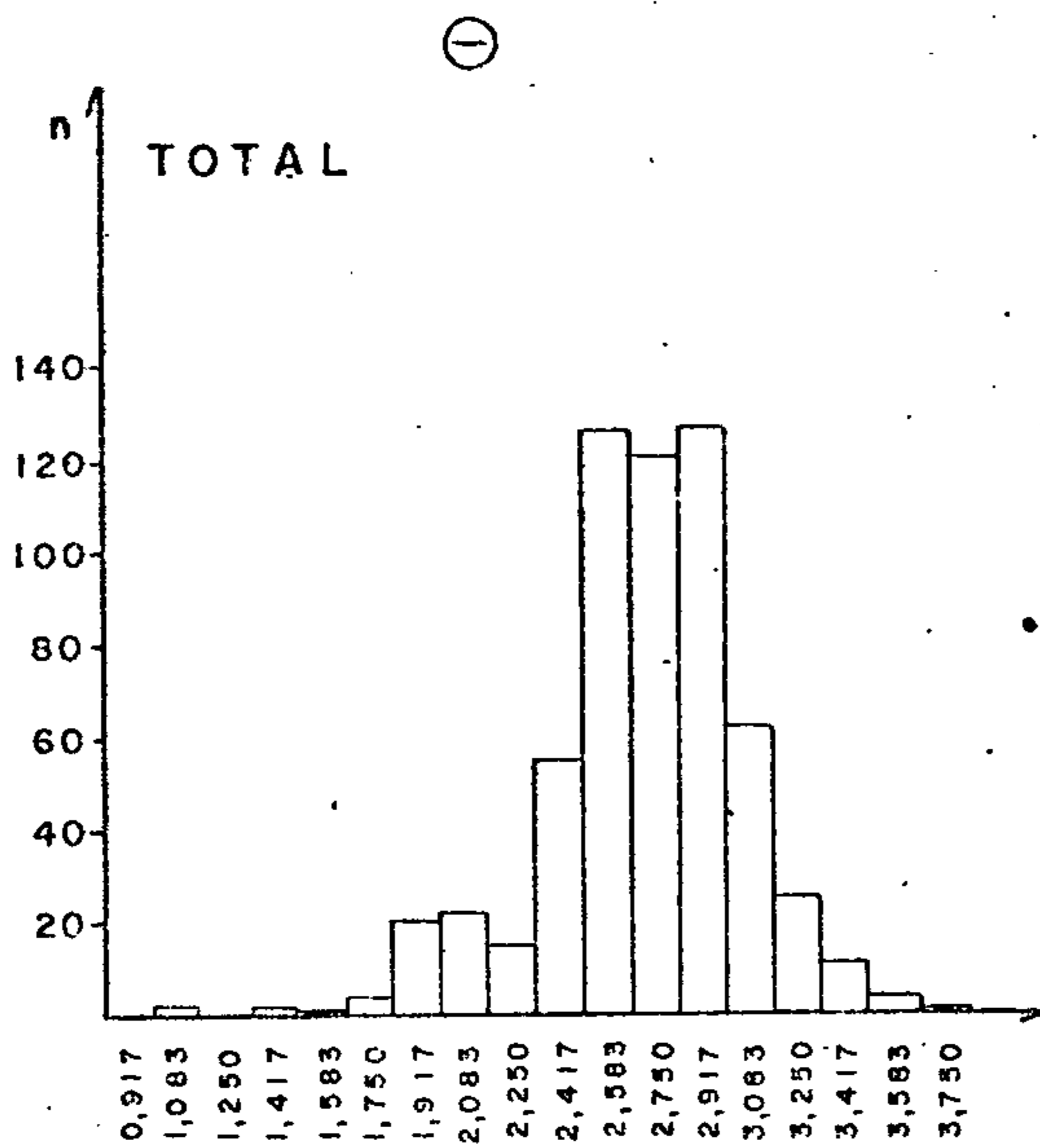
	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOS E GN VARGINHA		COMPLEXO S J DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-GG		ALCALINA P DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	Bo	n	Bo	n	Bo	n	Bo	n	Bo	n	Bo	n	Bo	n	Bo	n	Bo	
Fe	594		132	○	44	.	86	.	90	⊙	152	.	37	.	111	○	139	.	Fe
Mg	589	⊙	128	⊙	44	⊙	86	○	90	⊙	151	○	37	⊙	110	⊙	136	⊙	Mg
Ca	487	○	109	○	30	.	70	○	80	.	131	○	22	⊙	97	○	116	○	Ca
Ti	366	.	90	.	22	(-)	63	.	74	○	62	(-)	22	(-)	84	.	85	.	Ti
Mn	591	.	132	⊙	44	○	86	.	90	⊙	152	○	34	.	111	○	139	○	Mn
B	354	(-)	92	⊙	25	(-)	70	.	49	⊙	76	(-)	15	.	61	(-)	87	(-)	B
Ba		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙	Ba
Be	113	⊙	16	(-)	2	*	3	*	30	⊙	18	.	26	(-)	23	⊙	11	(-)	Be
Co	566	○	121	○	43	○	85	.	85	⊙	150	.	31	⊙	106	○	135	.	Co
Cr	592	(-)	132	.	44	(-)	86	(-)	88	○	152	⊙	37	○	110	(-)	139	(-)	Cr
Cu	530	.	116	.	44	.	85	.	72	.	134	.	27	⊙	99	.	133	.	Cu
La	549	.	113	.	42	.	69	.	86	.	149	.	37	(-)	100	.	129	.	La
Ni	572	.	127	.	44	.	86	(-)	86	○	147	(-)	29	⊙	108	.	138	.	Ni
Pb	546	○	118	⊙	36	○	71	○	88	.	148	○	37	⊙	106	○	123	⊙	Pb
Sc	494	.	101	.	42	.	85	(-)	71	○	121	(-)	26	⊙	92	.	119	.	Sc
Sr	160	.	22	(-)	1	*	8	*	36	○	45	○	29	⊙	27	.	22	.	Sr
V	591	(-)	131	(-)	44	(-)	86	.	88	⊙	152	(-)	37	(-)	110	.	138	(-)	V
Y	582	.	129	.	43	○	81	(-)	89	.	152	.	37	⊙	109	.	136	.	Y
Zr	359	.	87	(-)	33	(-)	52	○	64	○	70	.	18	.	72	.	89	(-)	Zr

### LEGENDA

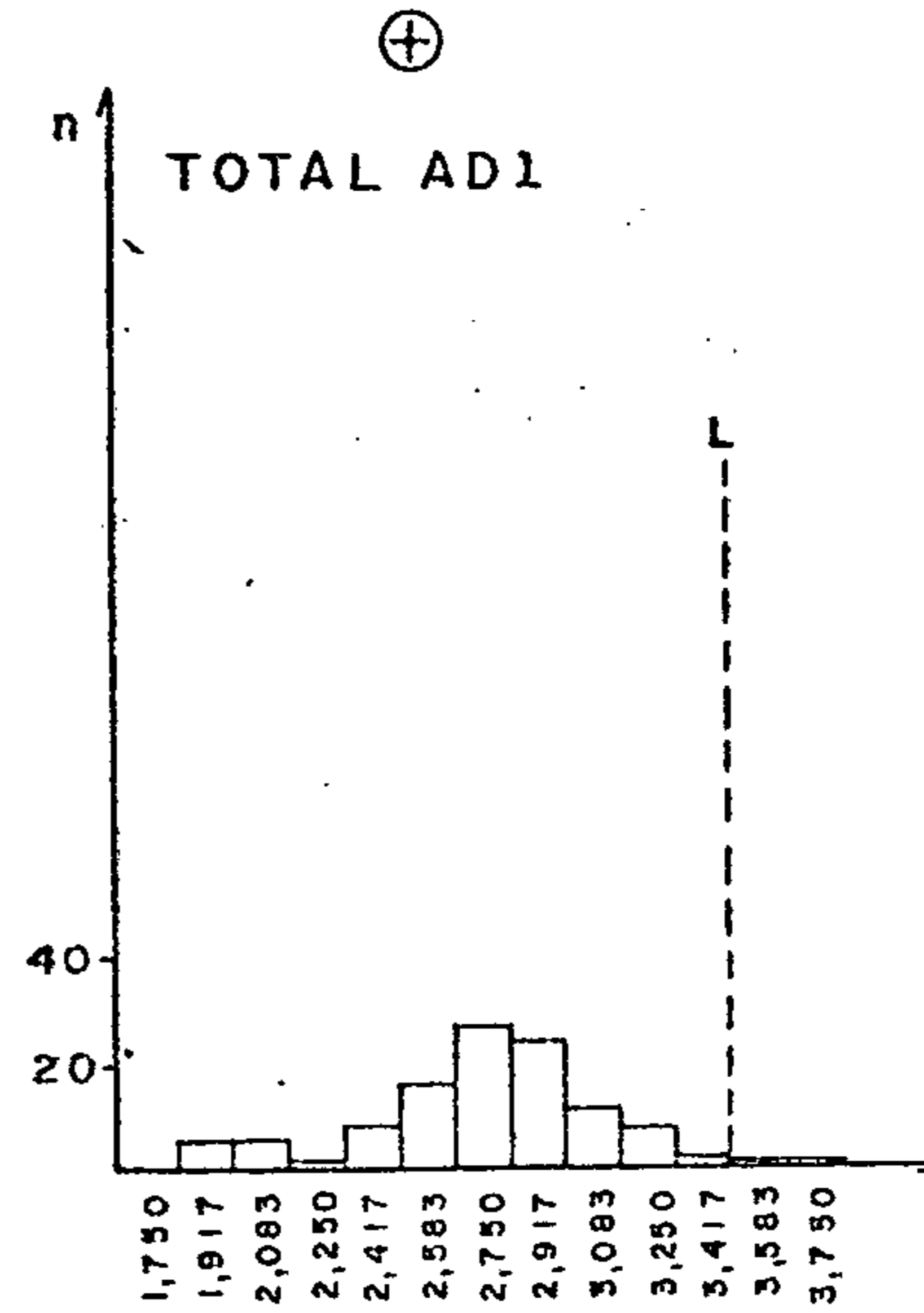
- n - nº de amostras que entraram no cálculo
- \* - insuficiência de valores definidos
- . - < 0,3
- - 0,3 a 0,4
- ⊙ - 0,4 a 0,5
- ⊙ - 0,5 a 0,6
- ⊙ - 0,6 a 0,7
- ⊙ - 0,7 a 0,8
- ⊙ - > 0,8
- (-) - correlação negativa

Figura 50

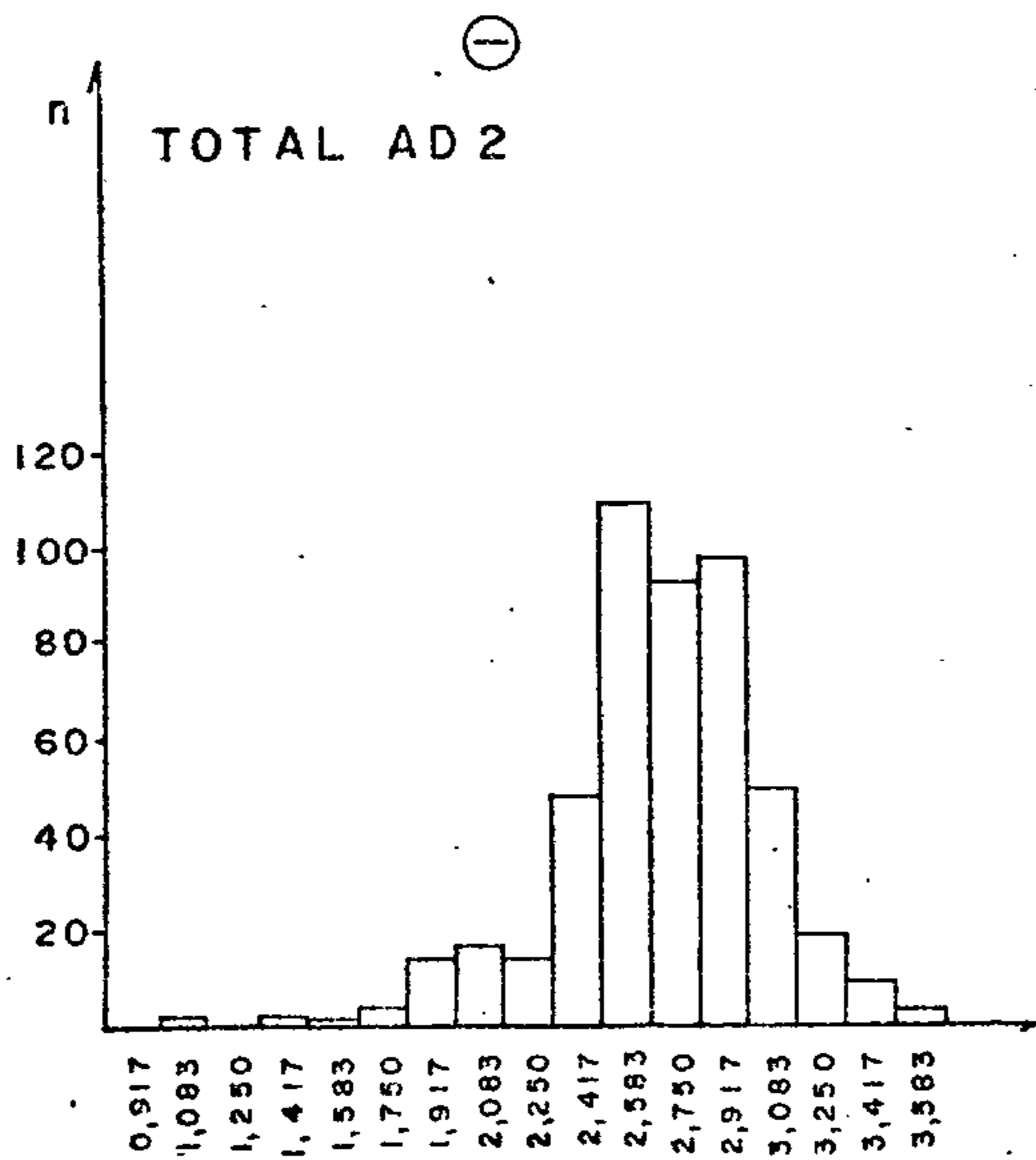
## BÁRIO



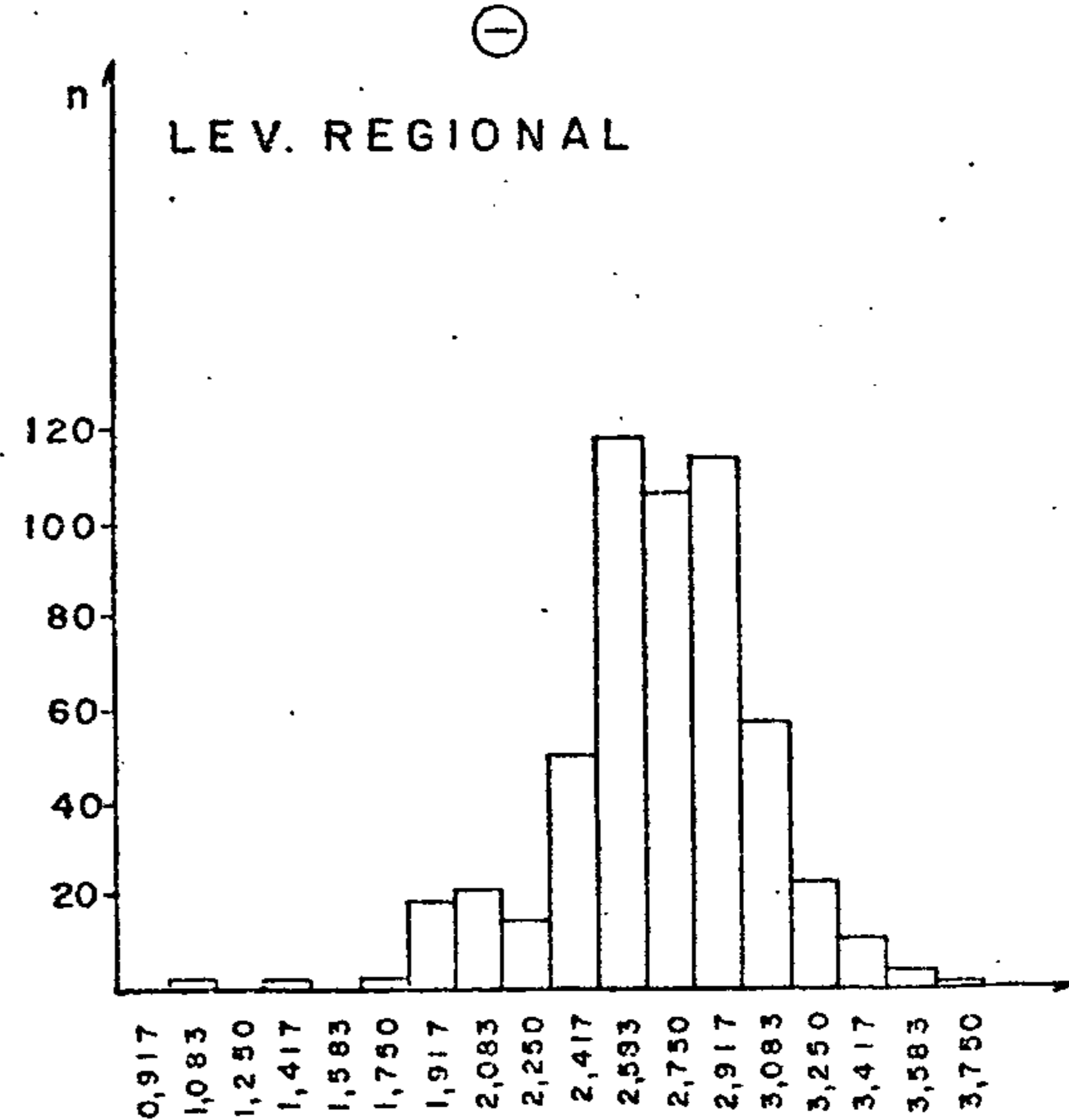
$\bar{x} = 2,629$   
 $s = 0,362$   
 $n = 596$



$\bar{x} = 2,674$   
 $s = 0,368$   
 $n = 108$   
 $L = 3,410$



$\bar{x} = 2,615$   
 $s = 0,363$   
 $n = 477$



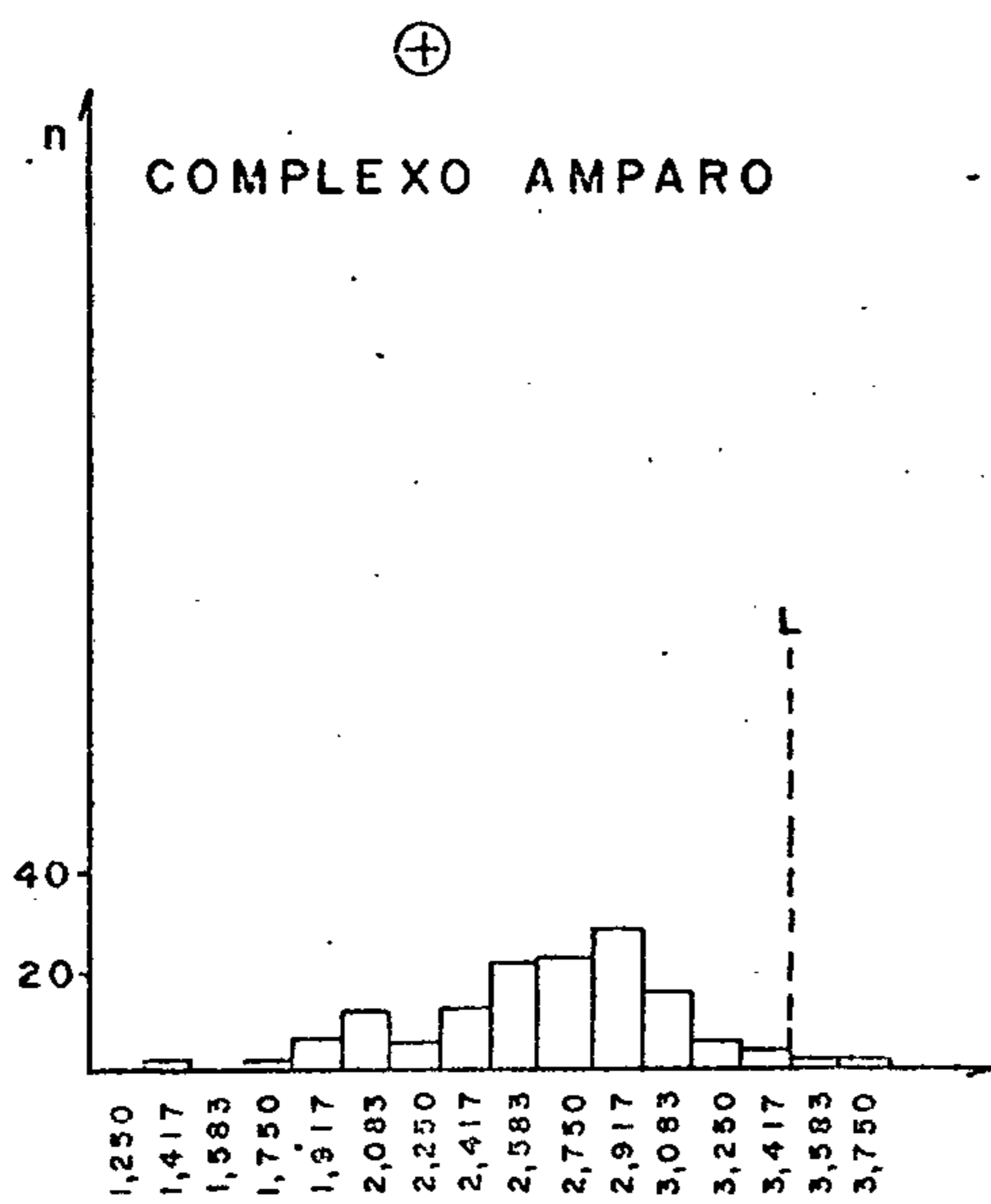
$\bar{x} = 2,630$   
 $s = 0,362$   
 $n = 545$

Figura 51 - Histogramas de dados logaritmizados.

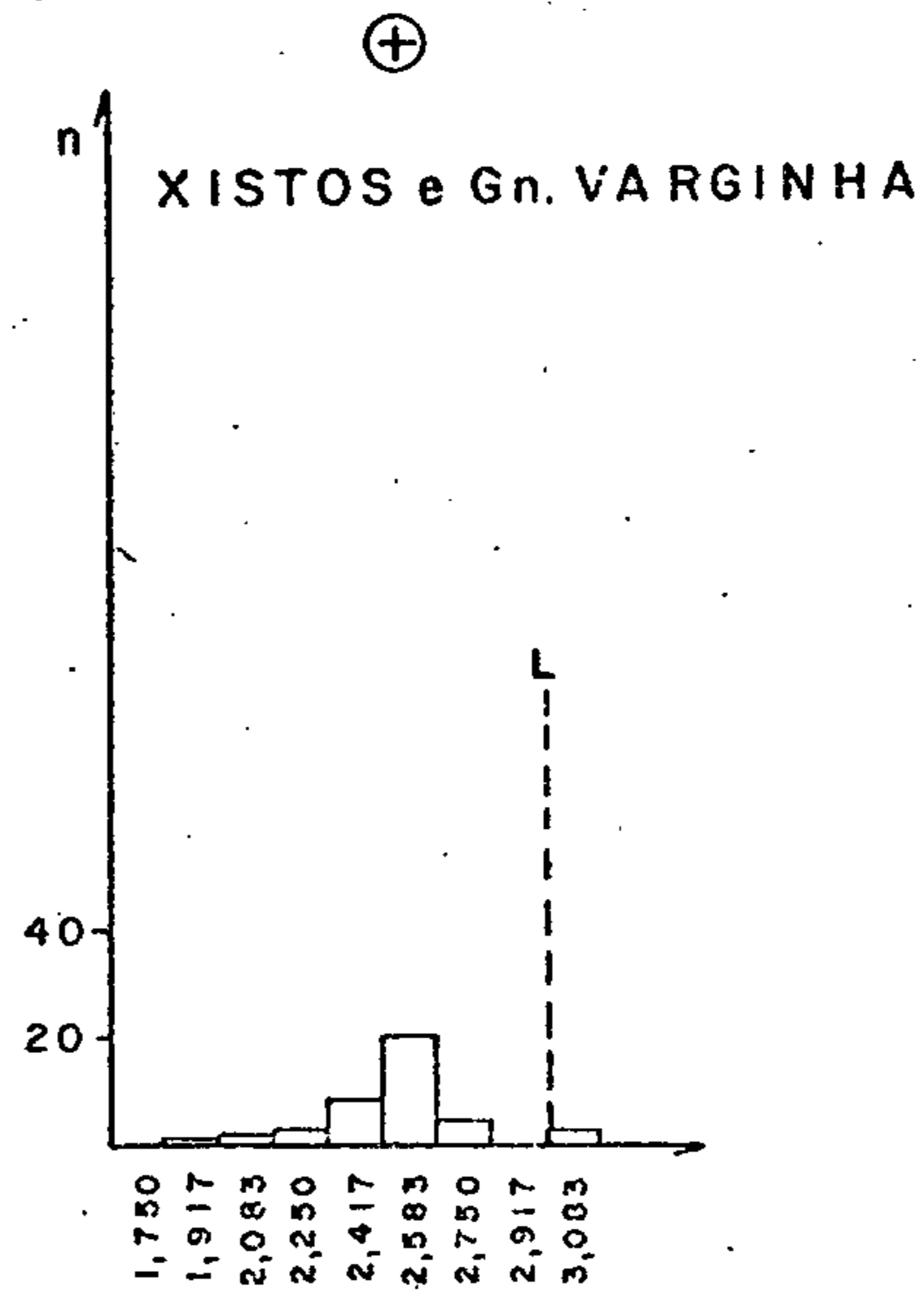


CPRM

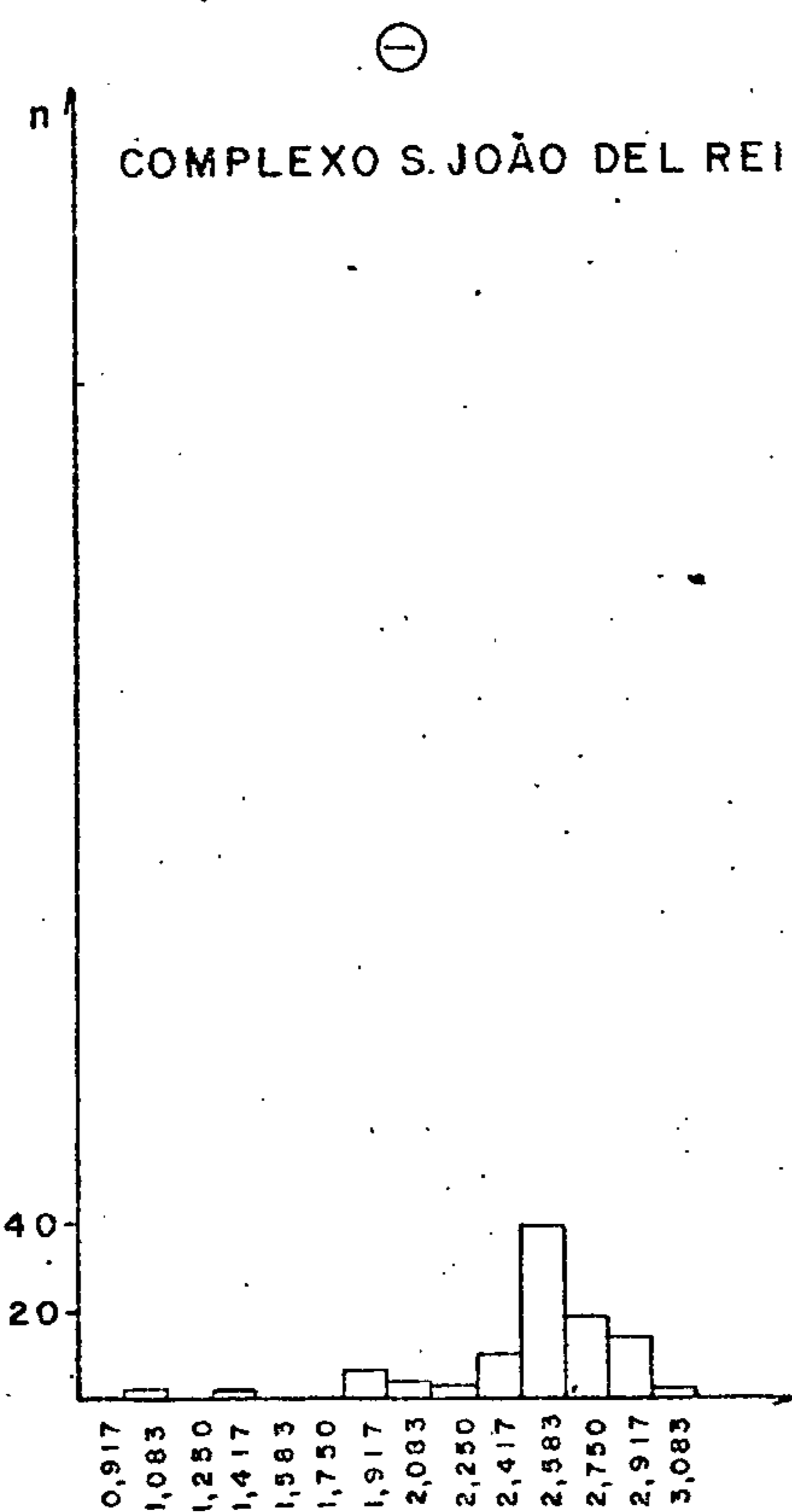
### BÁRIO



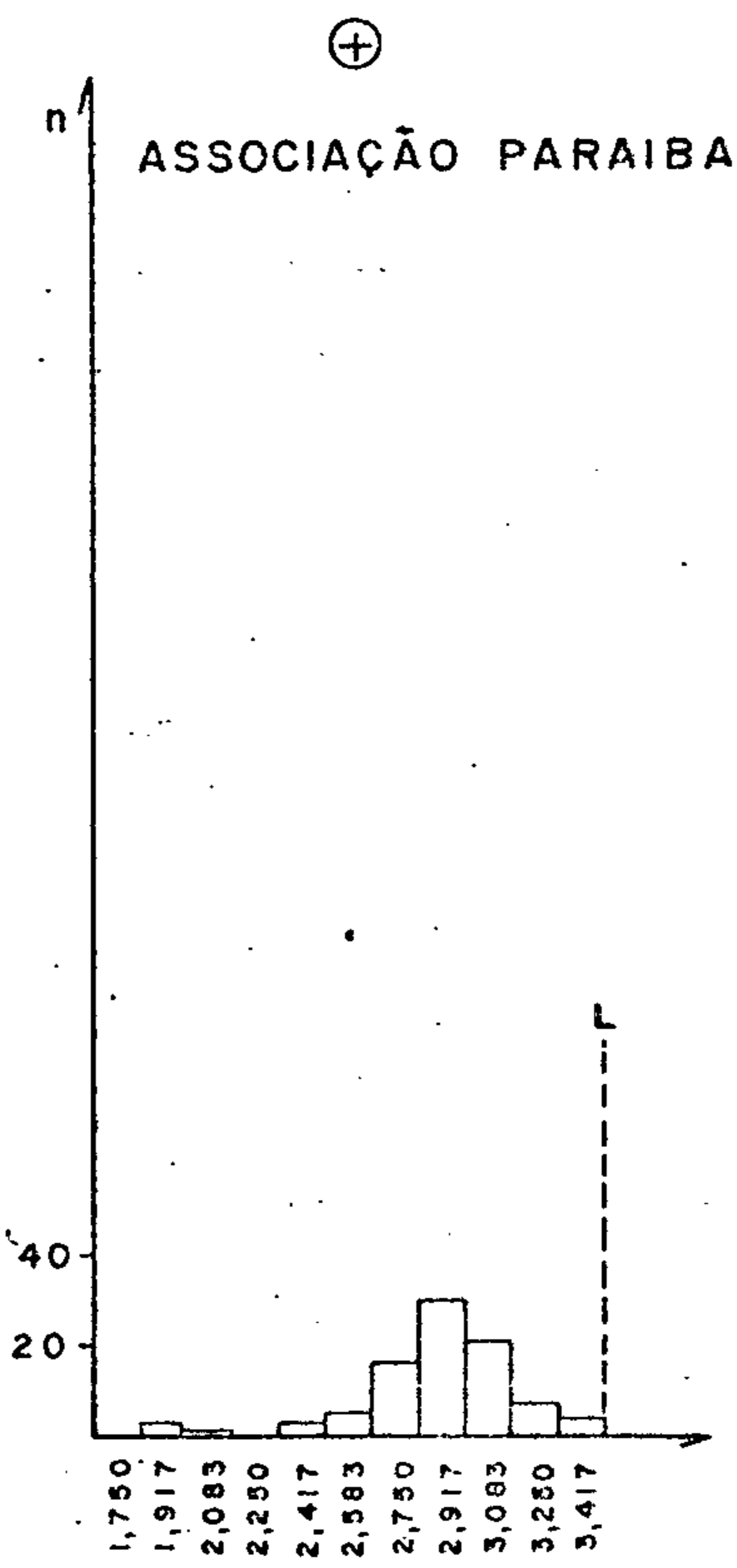
$\bar{x} = 2,603$   
 $s = 0,406$   
 $n = 132$   
 $L = 3,415$



$\bar{x} = 2,445$   
 $s = 0,238$   
 $n = 44$   
 $L = 2,921$



$\bar{x} = 2,443$   
 $s = 0,325$   
 $n = 87$



$\bar{x} = 2,820$   
 $s = 0,293$   
 $n = 90$   
 $L = 3,406$

Figura 52 - Histogramas de dados logaritmizados.

## BÁRIO

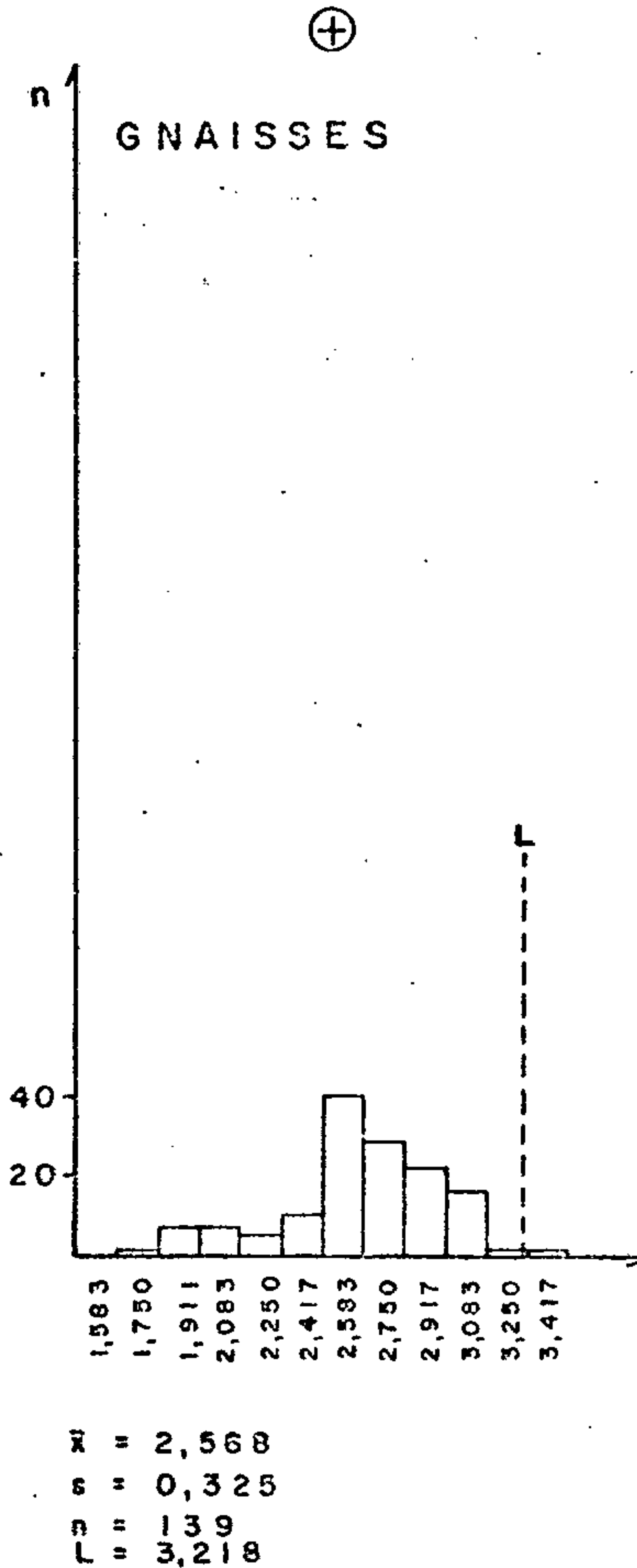
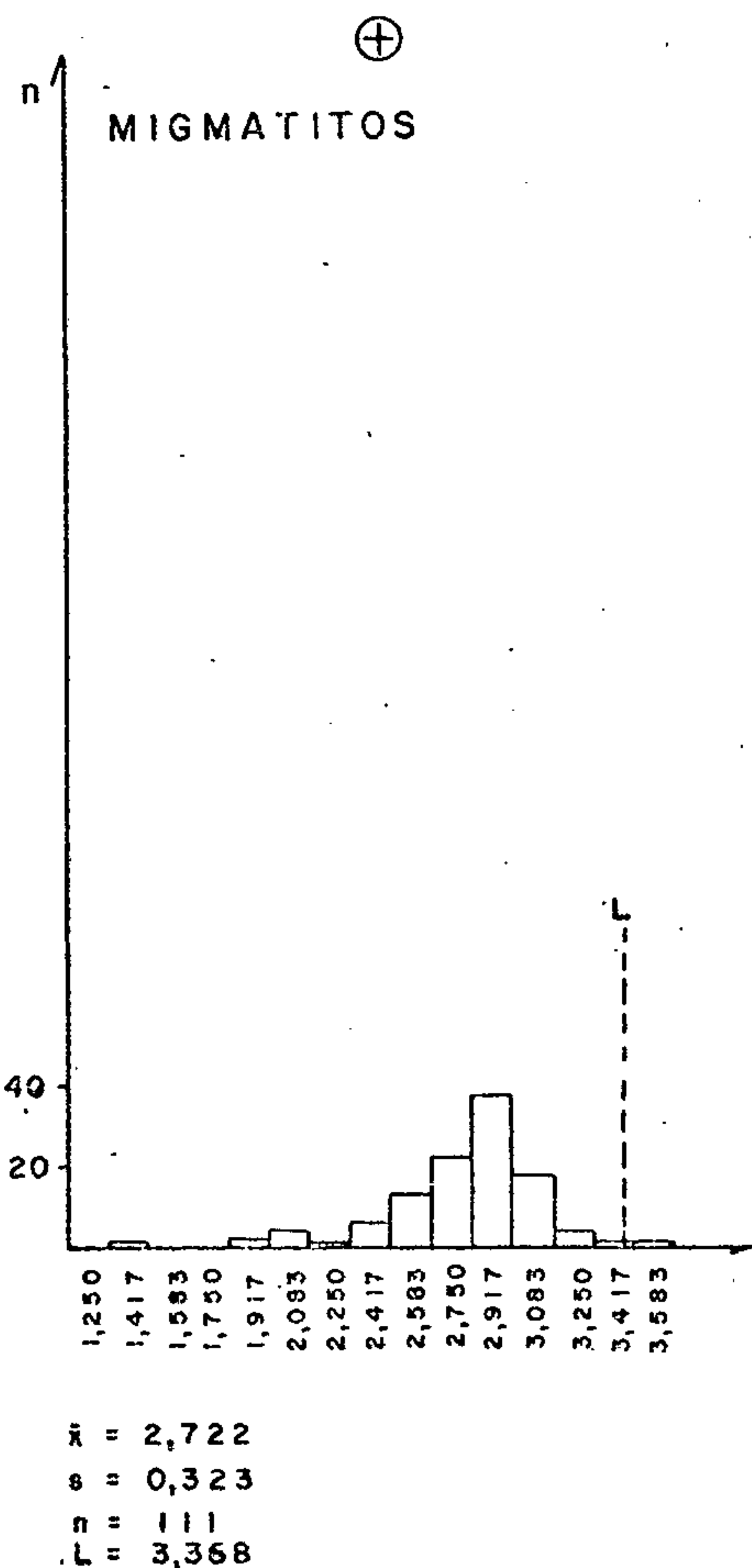
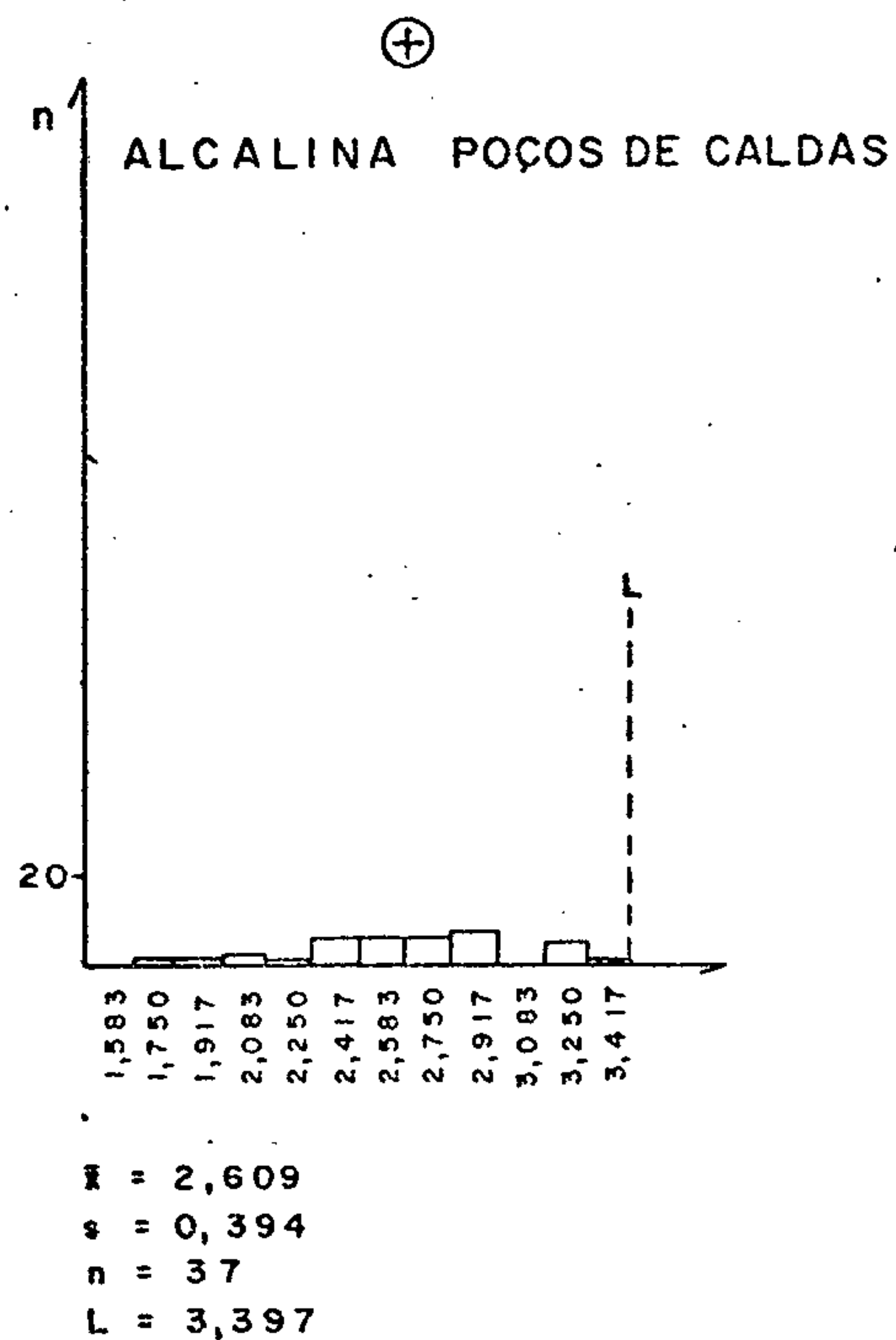
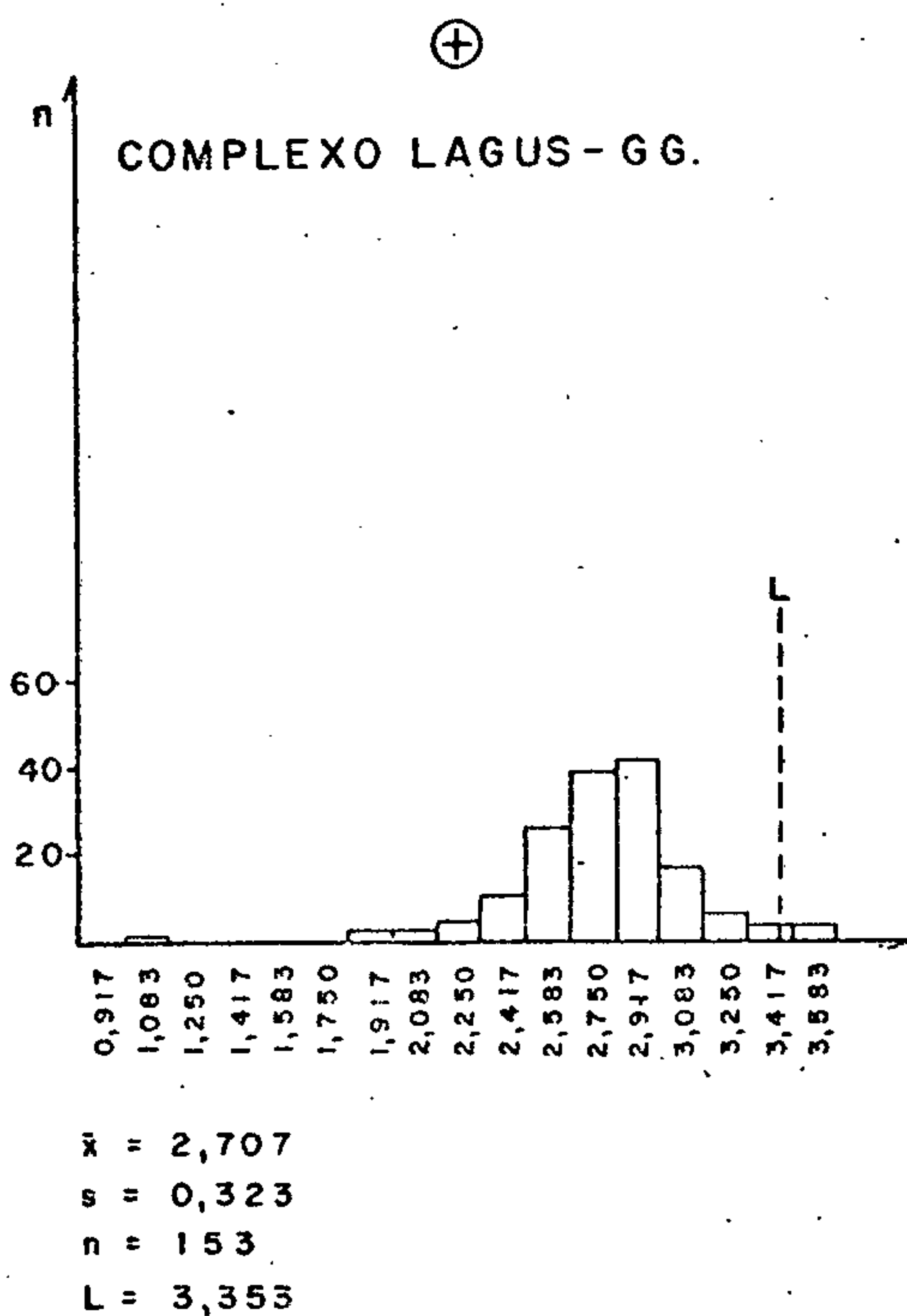


Figura 53 - Histogramas de dados logaritmizados.





#### 7.4.10 - Boro

##### 7.4.10.1 - Generalidades

O grau de detecção do boro foi de 355:597, com os valores definidos oscilando entre 10 ppm e 1.000 ppm, sendo o valor máximo assinalado na Associação Paraíba. A menor amplitude foi observada na Alcalina de Poços de Caldas, com valor mínimo de 5 ppm e máximo de 10 ppm. A média mais elevada (36,072) pertence ao Complexo São João del Rei, com desvio geométrico de 2,93. Nesse complexo obteve-se ainda o maior grau de detecção (71:87) (tabela XI).

O coeficiente de variação oscilou de 0,360 na Alcalina de Poços de Caldas para 3,024 nos Xistos e gnaisses Varginha.

A um nível de confiança de 95%, os testes de assimetria admitiram a distribuição lognormal para as seguintes populações geológicas: Xistos e gnaisses Varginha, Complexo São João del Rei, Associação Paraíba e Alcalina de Poços de Caldas. Para o achatamento somente aceitaram a lognormalidade as populações contendo amostras com área de drenagem entre 10 km<sup>2</sup> e 50 km<sup>2</sup> e aquelas provenientes do Complexo LAGUS-GG. Quanto aos outros testes de distribuição, a lognormalidade foi rejeitada tanto no teste de Kolmogorov-Smirnov, como no de qui-quadrado (figura 55).

Forte correlação do boro com o berílio ocorre no Complexo Amparo, denunciando uma possível existência de rochas pegmatíticas nesse domínio. Outras correlações que merecem destaque são aquelas observadas nos Xistos e gnaisses Varginha e na Associação Paraíba. Na primeira a ligação do boro é com o lantânio e na última esse elemento relaciona-se com o cálcio e o magnésio (figura 56).

As figuras 57, 58 e 59 revelam para o boro uma distribuição que não se coaduna aos padrões de uma curva lognormal. A complexidade da distribuição pode ser reflexo da



variabilidade dos tipos litológicos ou devido ao excesso de valores abaixo do limite inferior de detecção do método.

#### 7.4.10.2 - Distribuição na área

Os teores de boro assinalados nos sedimentos de corrente (anexo IX) revelaram a existência de um nítido controle geológico na distribuição desse elemento pelas seqüências litoestratigráficas amostradas.

Caracteristicamente, os teores elevados de boro (dominando valores acima de 50 ppm e alcançando um máximo de 1.000 ppm) estão associados ou a fenômenos pneumatólitico - hidrotermais (levando à formação de pegmatitos contendo turmalina), ou às seqüências epi e mesometamórficas (Complexos Lambari e Rio Elvas, Grupo Bambuí e a porção oriental do Complexo Amparo), constituídas por micaxistos, filitos, quartzitos e gnaisses de baixo grau.

De modo oposto, os valores mais baixos (raramente superando 10 ppm) correspondem ao domínio dos complexos granitóide-migmatíticos (Lavras, Varginha, Socorro e parte do Paraisópolis), ao maciço alcalino de Poços de Caldas e aos corpos graníticos de Morungaba e Porto dos Mendes.

Nas demais unidades os valores são intermediários aos dos conjuntos anteriores, sendo maiores naquelas em que há uma participação mais efetiva de material parametamórfico, como ocorre nos Complexos Campos Gerais e Paraisópolis (porção oriental) e na Associação Paraíba do Sul (na faixa a noroeste da bacia de Taubaté), onde predominam teores entre 10 ppm e 50 ppm, por vezes alcançando 100 ppm. Valores mais baixos (desde inferiores a 10 ppm até 30 ppm) foram assinalados na área de exposição dos Complexos Amparo e Itapira (porção sudeste da área).

De um modo geral, os teores registrados concordam com os valores fornecidos por HARDER (1974) para litotipos semelhantes de outras regiões do mundo e vêm confirmar a i-

déia exposta por aquele autor, de que, com o aumento do grau de metamorfismo, os teores de boro decrescem gradualmente, devido à extrema mobilidade desse elemento\*.

Dentre as regiões que apresentaram altos teores de boro nos sedimentos de corrente, duas merecem um destaque especial, devido à constância de valores elevados, realçando-as do padrão regional exibido por esse elemento. Tratam-se da porção sudeste da Associação Paraíba do Sul, junto à serra do Quebra-Cangalha (a sul de Guaratinguetã), e de uma ampla faixa NE-SW, entre Pouso Alegre e São Bento Abade, com uma inflexão para oeste, ocupada por termos litológicos dos Complexos Amparo, Lambari e Rio Elvas.

Na primeira área foram coletadas 21 amostras, cujas análises revelaram teores de boro entre 30 ppm e 1.000 ppm, com cerca de 70% dos valores iguais ou superiores a 100 ppm. O background local (130 ppm) é quase oito vezes superior ao da área total estudada (17 ppm), refletindo o alto conteúdo nesse elemento do substrato rochoso ali aflorante, constituído por gnaisses e xistos (a granada, muscovita e biotita), biotita-gnaisses oftálmicos e biotita-granitos gnáissicos, cortados por veios pegmatíticos e aplíticos, por vezes contendo turmalina. Acredita-se que os elevados teores de boro detectados na região estejam associados a essa fase pegmatítica, tendo em vista que, à exceção dos xistos, os demais tipos litológicos não apresentam turmalina na sua composição, nem mesmo como mineral acessório.

É interessante notar o contraste marcante entre os teores de boro assinalados nessa área e os da faixa a noroeste da bacia de Taubaté, igualmente referida ao Complexo Piquete da Associação Paraíba do Sul. Nessa última região, de um total de 60 amostras analisadas, apenas três mostraram valores de 100 ppm, com a grande maioria situando-se entre menos de 10 ppm até 50 ppm. Aqui, no entanto, são raros os peg

---

\* Quando o boro está formando turmalina, ele é bastante estável aos fenômenos metamórficos.



matitos; dominando parametamorfitos (leptinolitos, gnaisses, quartzitos e calcários), migmatitos bandados e granitos porfiróides.

Já na faixa Pouso Alegre - São Bento Abade, onde dominam rochas mesometamórficas (granada-micaxistos, biotita-hornblenda-gnaisses, metassedimentos, quartzitos, etc.), englobados nos Complexos Amparo e Lambari, os elevados teores de boro ali detectados parecem estar ligados sobretudo à presença de rochas originalmente ricas nesse elemento (sedimentos argilosos marinhos?). Embora fenômenos de natureza hidrotermal-pneumatolítica tenham atuado na região, e provavelmente contribuído na elevação dos teores de boro em algumas amostras, vários fatores nos levam a acreditar que o processo síngenético seja o principal responsável pelo enriquecimento em boro no *bedrock* local. Dentre essas evidências destacamos:

a) a presença de xistos e quartzitos contendo turmalina, quer como mineral acessório, quer como constituinte comum em determinados leitos;

b) a repartição espacial dos teores elevados de boro, restritos às áreas com rochas de baixo e médio grau de metamorfismo, um fato notadamente exemplificado pelo contraste exibido entre a "cunha" de gnaisses Varginha e as formações que a envolvem (micaxistos e filitos do Complexo Rio Elvas, a norte, e granada-micaxistos e metassedimentos do Complexo Lambari, a sul);

c) a ocorrência de pegmatitos com turmalina em regiões que apresentaram baixíssimos teores em boro (abaixo de 10 ppm), como nos gnaisses Varginha e na faixa entre Borda da Mata e Pinhalzinho (onde esses corpos são lavrados devido à sua possança);

d) a regularidade dos teores, com a maioria das amostras apresentando entre 50 ppm e 200 ppm de boro, por vezes alcançando 300 ppm; e

e) os altos valores citados por HARDER (1974) para metamorfitos de natureza argilosa, como os existentes nessa região (em especial os xistos contendo biotita e muscovita, minerais que apresentam normalmente elevados teores de boro).

A contribuição dos pegmatitos para o enriquecimento em boro nos sedimentos de corrente da faixa Pouso Alegre-São Bento Abade, embora deva ter ocorrido, tem sua importância minimizada pela aparente natureza endogenética do processo que os gerou. Em sua grande maioria tratam-se de pequenos corpos pegmatíticos formados por remobilização metamórfica e segregados em zonas de alívio de pressão (CAVALCANTE et alii, 1977), estando, portanto, enriquecidos naqueles elementos disponíveis na própria seqüência litológica da qual se originaram. Desse modo, a presença de turmalina nesses corpos deve ser entendida mais como um indício do alto conteúdo em boro nos litotipos da área (resultante quer de processos singenéticos, quer epigenéticos - aporte externo ao sistema), do que como uma possível fonte de boro para os sedimentos de corrente, já que, devido à alta resistência desse mineral ao intemperismo químico (mineral resistato), ele costuma ocorrer em pequena quantidade na fração granulométrica analisada durante o presente estudo (inferior a 80 *mesh*).

Tal pensamento poderia, pelo menos em parte, ser extrapolado para as porções com teores elevados na Associação Paraíba do Sul, mas aqui as evidências sobre a existência de rochas ricas em boro são restritas (exceto os mica-xistos, os demais litotipos não apresentam turmalina) e a presença na região de corpos graníticos tardi a pós-orogênicos (como o granito de Roseira), aliada à extrema irregularidade dos teores, sugere que o enriquecimento nesse elemento deva-se à atuação das soluções hidrotermais-pneumatolíticas, que geraram os pegmatitos.

TABELA XI — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — BORO

ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	5	1.000	17,209	3,429	1,888	355:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	5	200	15,011	3,075	1,588	60:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	5	1.000	17,710	3,434	1,892	289:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	5	1.000	17,281	3,360	1,829	330:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	5	200	17,655	2,871	1,429	92:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	LOGNORMAL	5	300	22,908	4,582	3,024	25:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	5	200	36,072	2,930	1,475	71:87
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	LOGNORMAL	5	1.000	24,983	4,268	2,686	49:90
COMPLEXO LAGUS-00	LOGNORMAL	5	200	10,742	2,627	1,241	76:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	5	10	6,789	1,418	0,360	15:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	5	500	16,699	3,249	1,735	61:111
GNAISSES	LOGNORMAL	5	300	16,902	3,329	1,802	87:139

OBS:— Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.  
 - Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

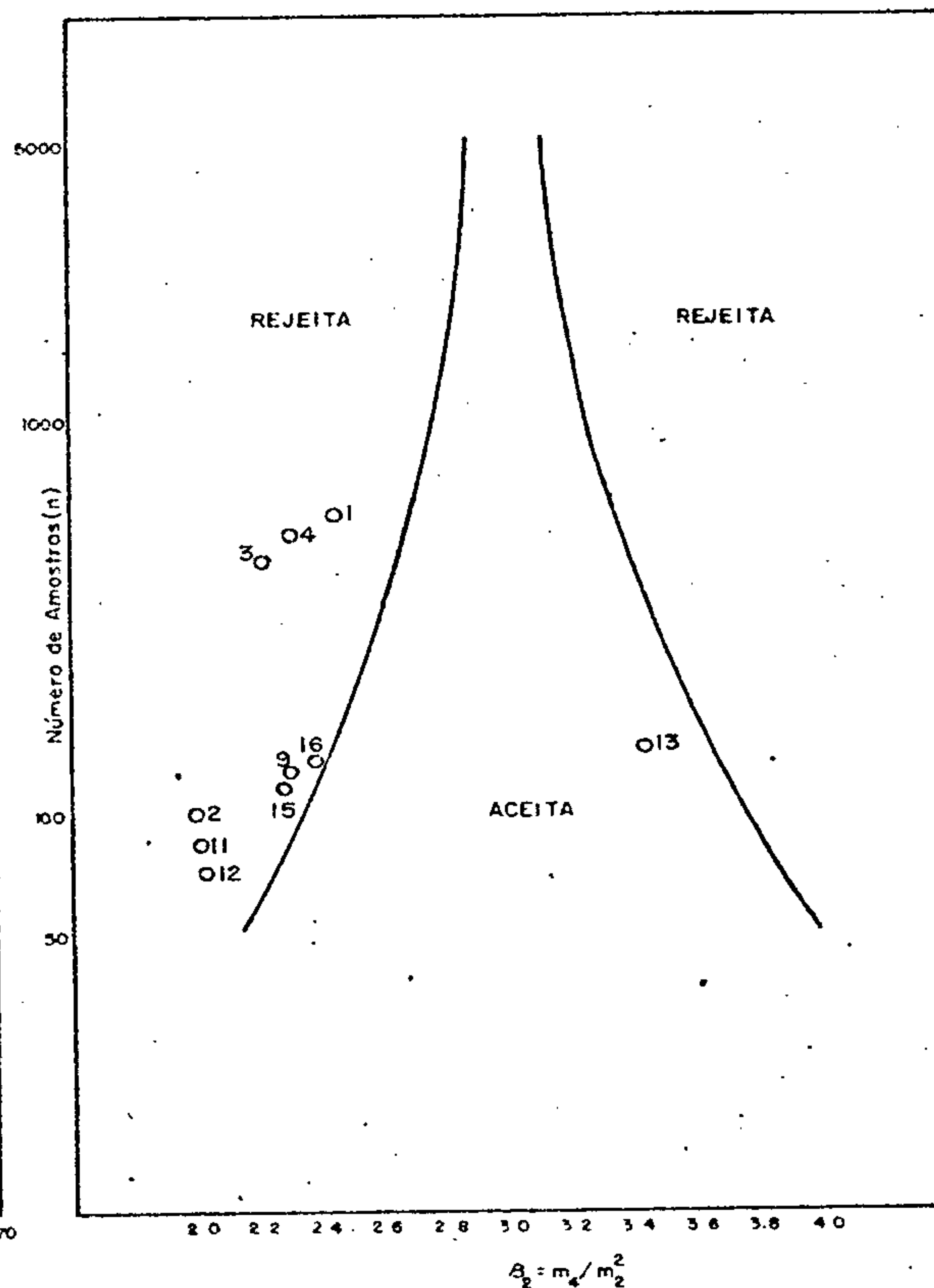
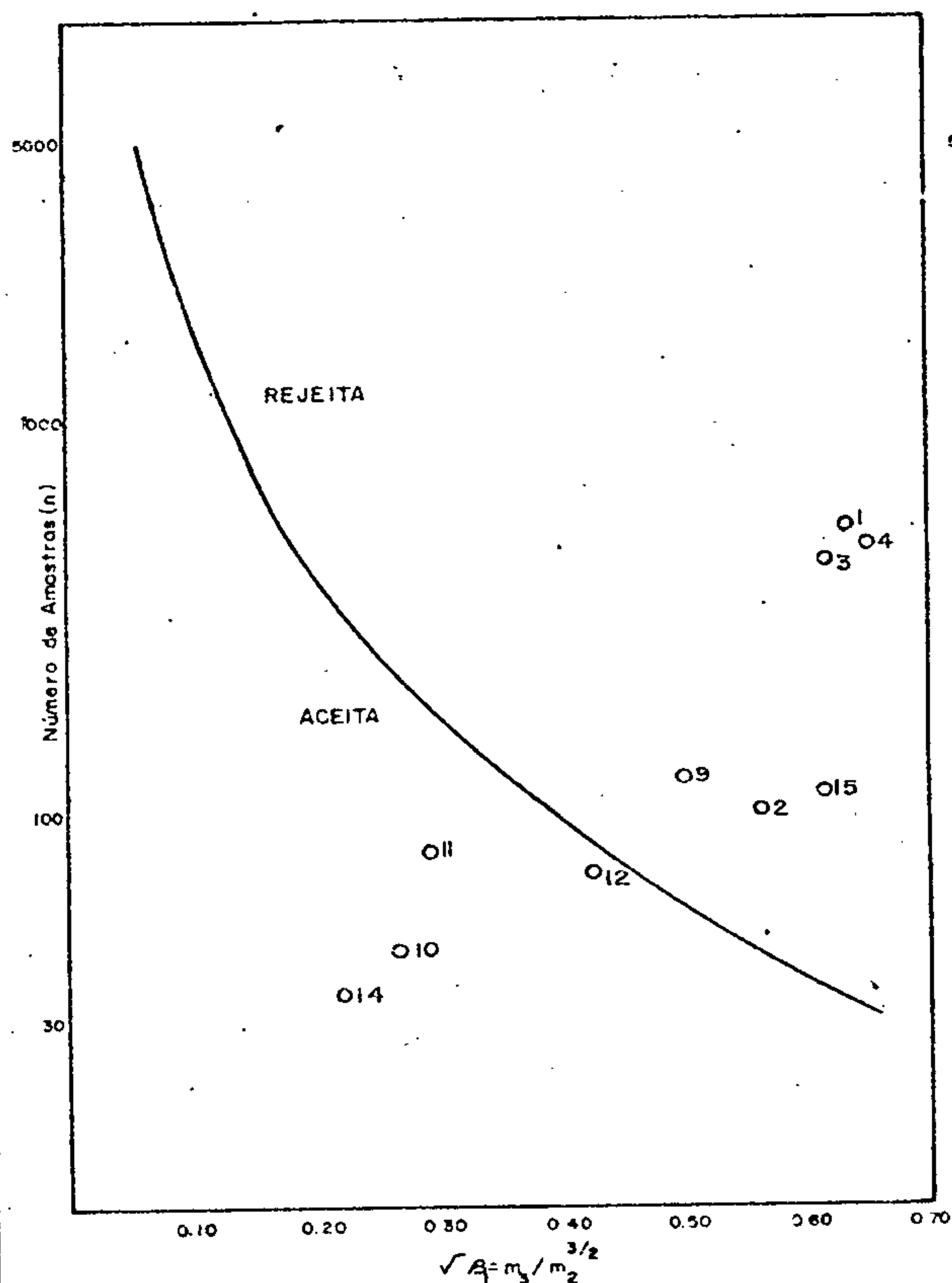
LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO
TOTAL	540	0,583	3,083	2,500	1,236	0,535	0,433
TOTAL AD1	96	0,583	2,417	1,833	1,176	0,487	0,414
TOTAL AD2	434	0,583	3,083	2,500	1,248	0,536	0,429
LEVANTAMENTO REGIONAL	490	0,583	3,083	2,500	1,238	0,526	0,425
COMPLEXO AMPARO	122	0,583	2,417	1,833	1,247	0,458	0,367
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	43	0,583	2,583	2,000	1,360	0,661	0,486
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	79	0,583	2,417	1,833	1,557	0,467	0,300
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	69	0,583	3,083	2,500	1,398	0,630	0,451
COMPLEXO LAGUS-00	141	0,583	2,417	1,833	1,031	0,419	0,407
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	34	0,583	1,083	0,500	0,832	0,152	0,182
MIGMATITOS	111	0,583	2,750	2,167	1,223	0,512	0,419
GNAISSES	128	0,583	2,583	2,000	1,228	0,522	0,425

## TESTES DE DISTRIBUIÇÃO BORO

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV				QUI-QUADRADO			
						F MÍN. 1,5		F MÍN. 50			
				5%	1%	5%	1%	5%	1%		
1	TOTAL	0,694	2,441	-	-	-	-	-	-	-	-
2	TOTAL AD1	0,570	1,934	-	-	-	-	-	-	-	-
3	TOTAL AD2	0,621	2,228	-	-	-	-	-	-	-	-
4	LEV REGIONAL	0,662	2,310	-	-	-	-	-	-	-	-
9	COMPLEXO AMPARO	0,511	2,305	-	-	-	-	-	-	-	-
10	XISTOS.e Gn VARGINHA	0,272	1,365*	-	-	-	-	-	-	-	-
11	COMPLEXO S.JOÃO DEL REI	0,298	2,030	+	+	-	-	-	-	-	+
12	ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	0,436	2,032	-	-	-	-	-	-	-	-
13	COMPLEXO LAGUS-GG	1,227*	3,471	-	-	-	-	-	-	-	-
14	ALCALINA POÇOS DE CALDAS	0,227	0,995*	-	-	insufic. insufic.					
15	MIGMATITOS	0,623	2,291	-	-	-	-	-	-	-	-
16	GNAISSES	0,727*	2,366	-	-	-	-	-	-	-	-

+ Aceita a hipótese nula

- Rejeita a hipótese nula

\* Rejeitadas o ponto cai além dos limites do quadro

Figura 55 — Testes de distribuição do elemento Boro: assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado; nas diversas populações

BORO

MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

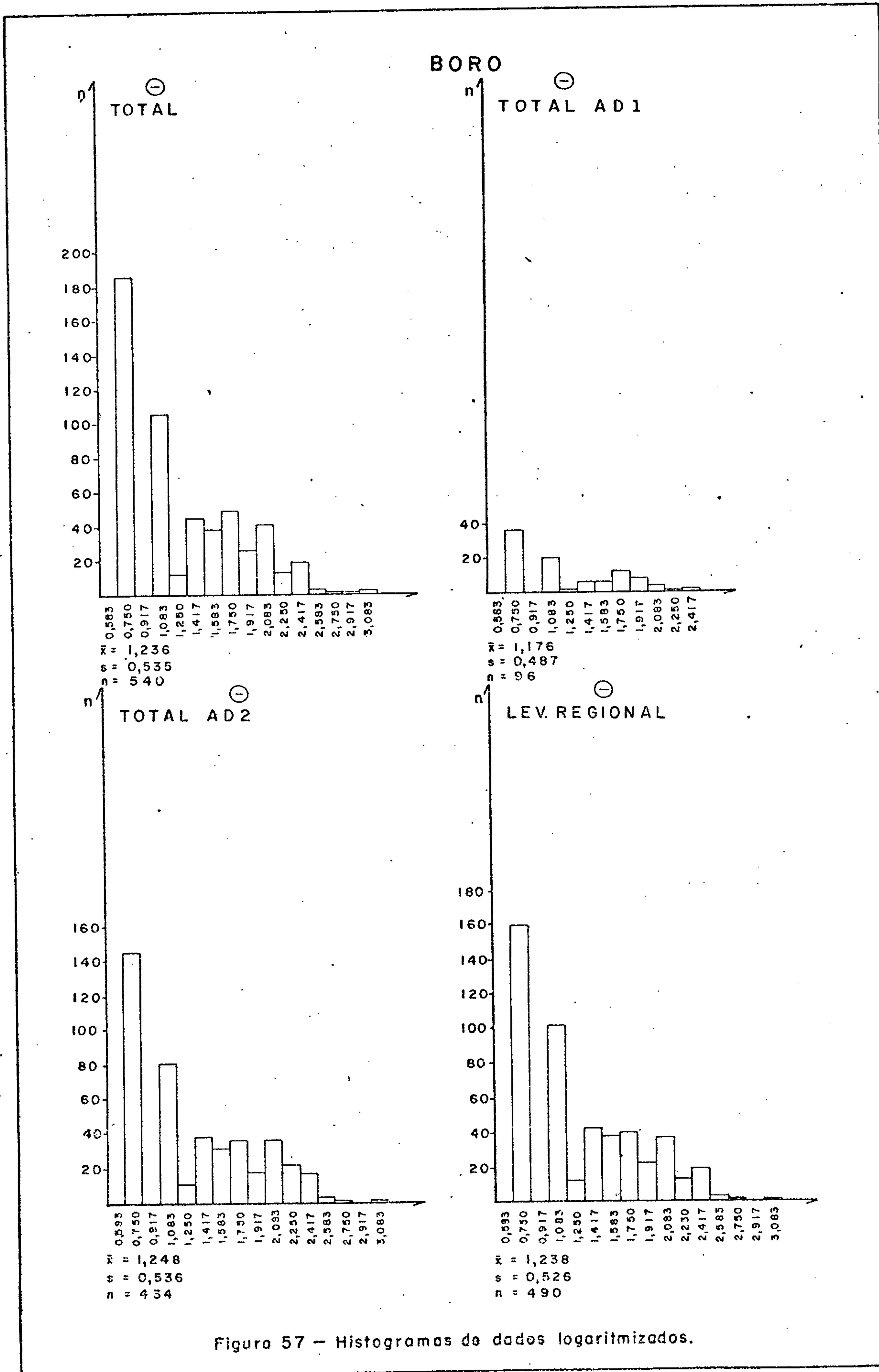
	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOSE GN VARGINHA		COMPLEXO S J DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-00		ALCALINA P. DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	B	n	B	n	B	n	B	n	B	n	B	n	B	n	B	n	B	
Fe	355	(-)	92	(-)	25	⊙	71	.	49	⊙	76	(-)	15	.	61	(-)	87	(-)	Fe
Mg	351	(-)	89	(-)	25	(-)	71	.	49	⊙	75	(-)	15	(-)	61	(-)	84	(-)	Mg
Ca	275	(-)	73	(-)	15	⊙	57	(-)	39	⊙	69	(-)	3	*	53	⊙	73	(-)	Ca
Ti	237	(-)	67	(-)	13	(-)	51	.	40	⊙	35	○	13	.	46	(-)	58	(-)	Ti
Mn	354	⊙	92	(-)	25	⊙	71	(-)	49	(-)	76	(-)	14	.	61	(-)	87	(-)	Mn
B		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙	B
Ba	354	(-)	92	⊙	25	(-)	70	.	49	⊙	76	(-)	15	.	61	(-)	87	(-)	Ba
Be	59	(-)	7	⊙	2	*	3	*	17	(-)	7	*	15	.	11	(-)	5	(-)	Be
Co	332	(-)	83	⊙	25	⊙	69	(-)	45	⊙	75	(-)	9	.	60	(-)	83	(-)	Co
Cr	353	.	92	(-)	25	(-)	71	(-)	47	⊙	76	(-)	15	.	60	(-)	87	.	Cr
Cu	315	(-)	82	⊙	25	⊙	69	.	38	(-)	68	(-)	7	.	55	(-)	83	.	Cu
La	323	(-)	80	.	24	⊙	55	(-)	48	(-)	74	.	15	.	57	.	79	(-)	La
Ni	343	(-)	89	(-)	25	⊙	71	(-)	47	⊙	75	(-)	9	.	59	⊙	86	(-)	Ni
Pb	314	⊙	80	⊙	20	⊙	56	.	48	(-)	72	(-)	15	(-)	58	(-)	74	(-)	Pb
Sc	302	(-)	67	(-)	25	⊙	69	.	39	(-)	68	(-)	10	.	54	(-)	75	(-)	Sc
Sr	69	(-)	11	(-)	0	*	6	*	11	(-)	21	(-)	15	.	7	.	11	○	Sr
V	352	(-)	91	.	25	⊙	71	.	47	⊙	76	(-)	15	(-)	60	(-)	86	.	V
Y	346	.	90	.	25	.	65	(-)	49	.	76	.	15	(-)	61	(-)	84	.	Y
Zr	224	(-)	60	(-)	18	.	44	(-)	38	(-)	34	.	9	(-)	44	(-)	55	(-)	Zr

LEGENDA

- n - nº de amostras que entraram no cálculo
- \* - insuficiência de valores definidos
- . - < 0,3
- - 0,3 a 0,4
- - 0,4 a 0,5
- ⊙ - 0,5 a 0,6
- ⊙ - 0,6 a 0,7
- ⊙ - 0,7 a 0,8
- ⊙ - > 0,8
- (-) - correlação negativa

Figura 56





BORO

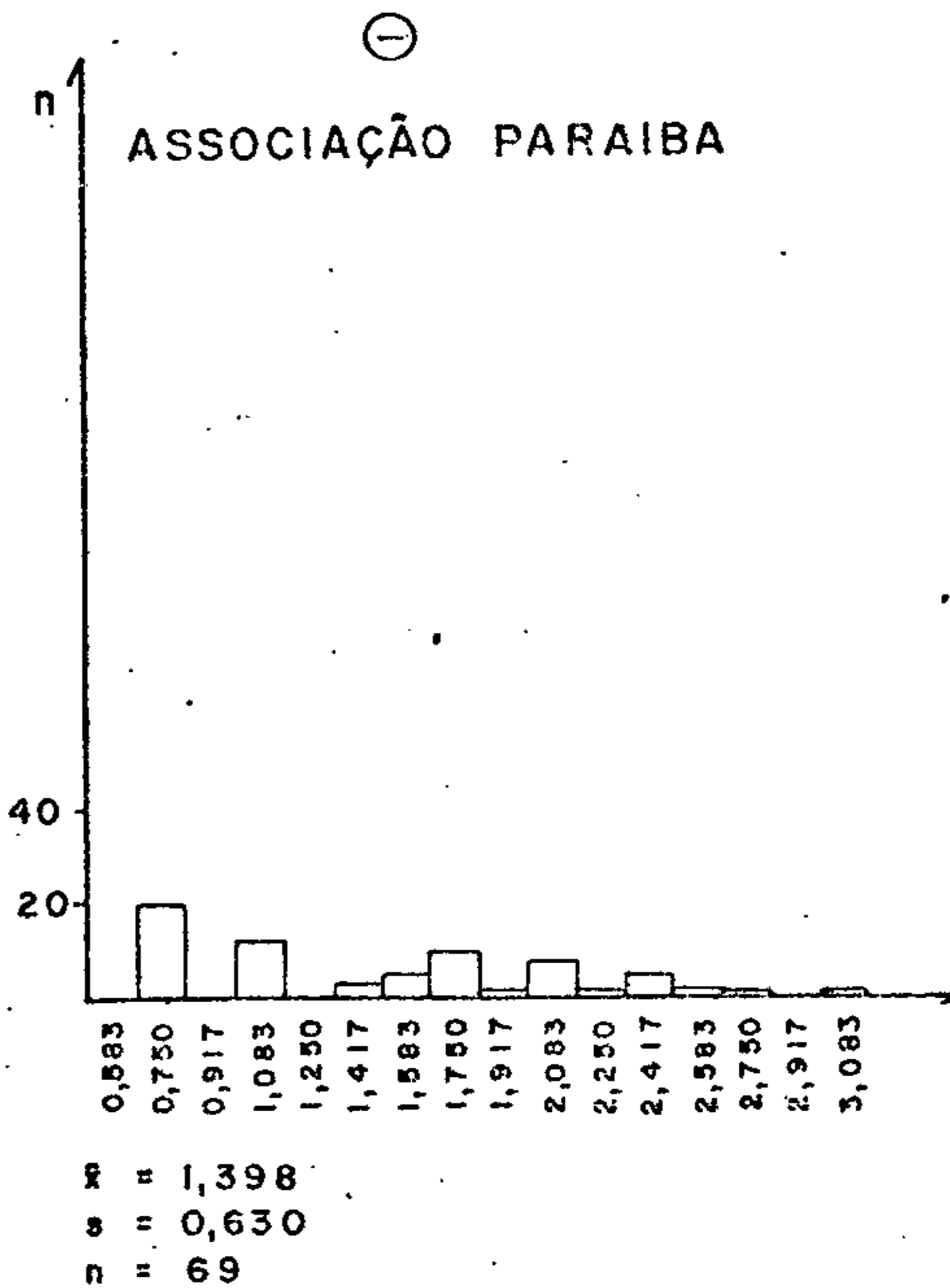
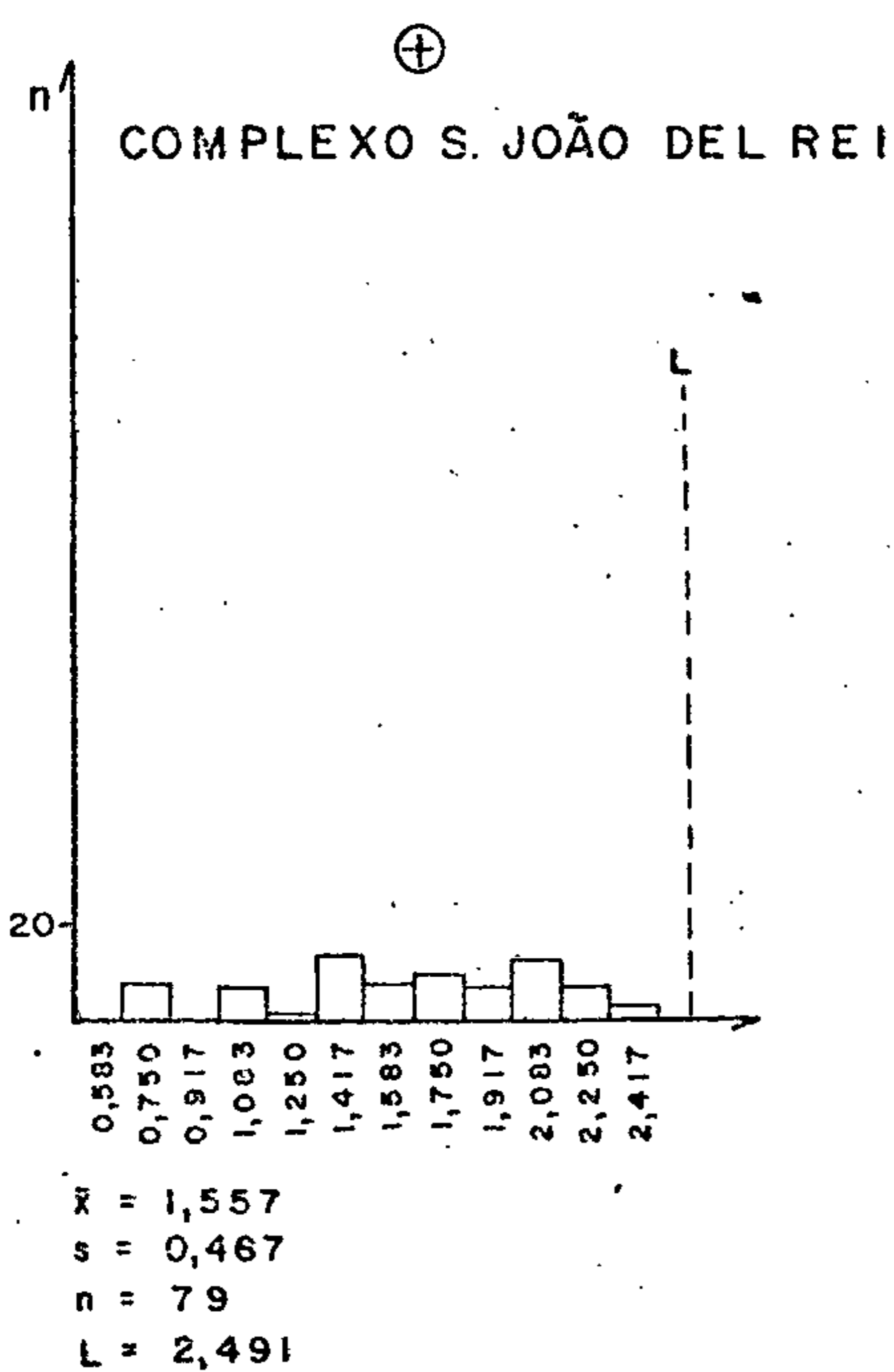
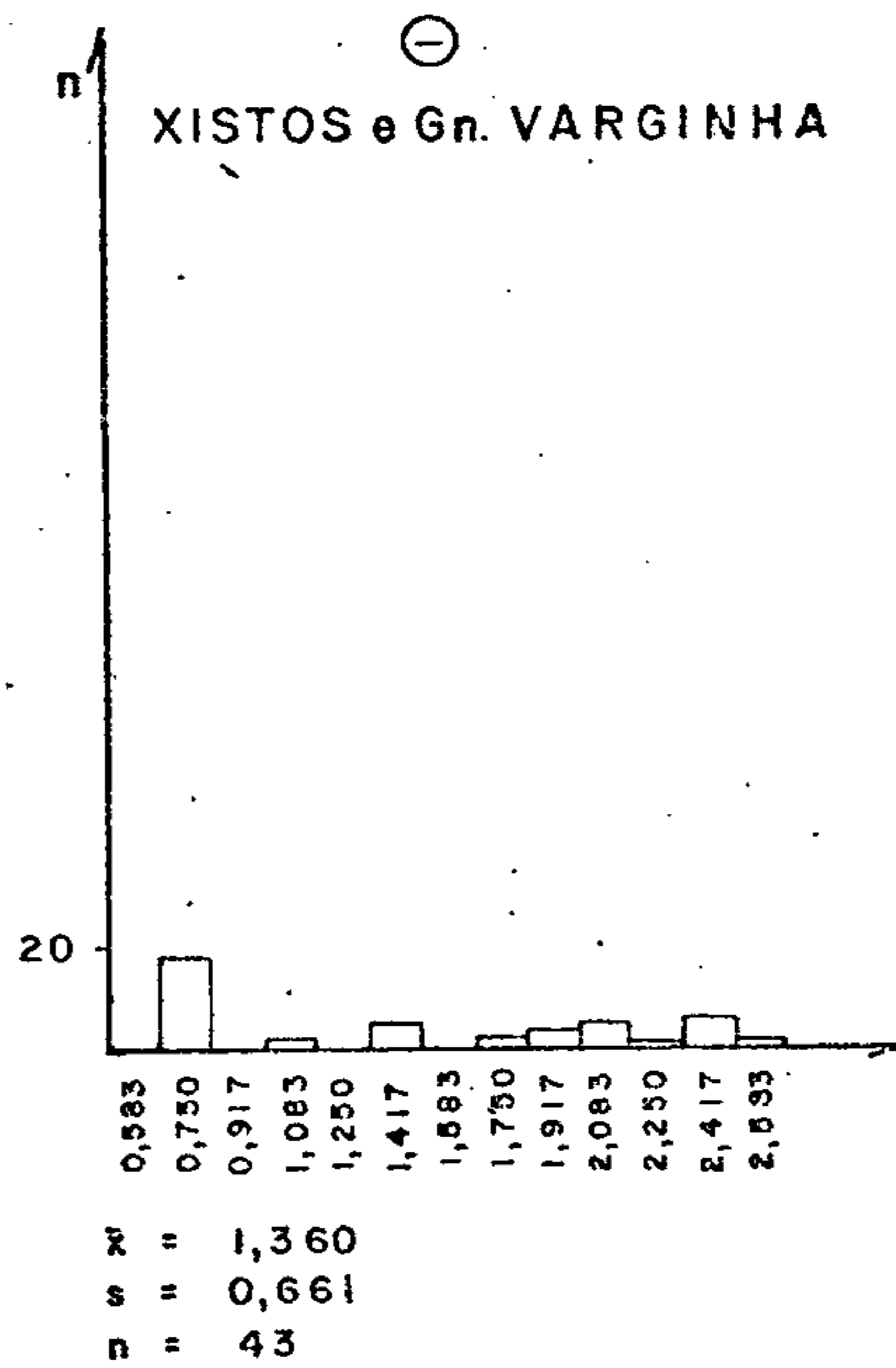
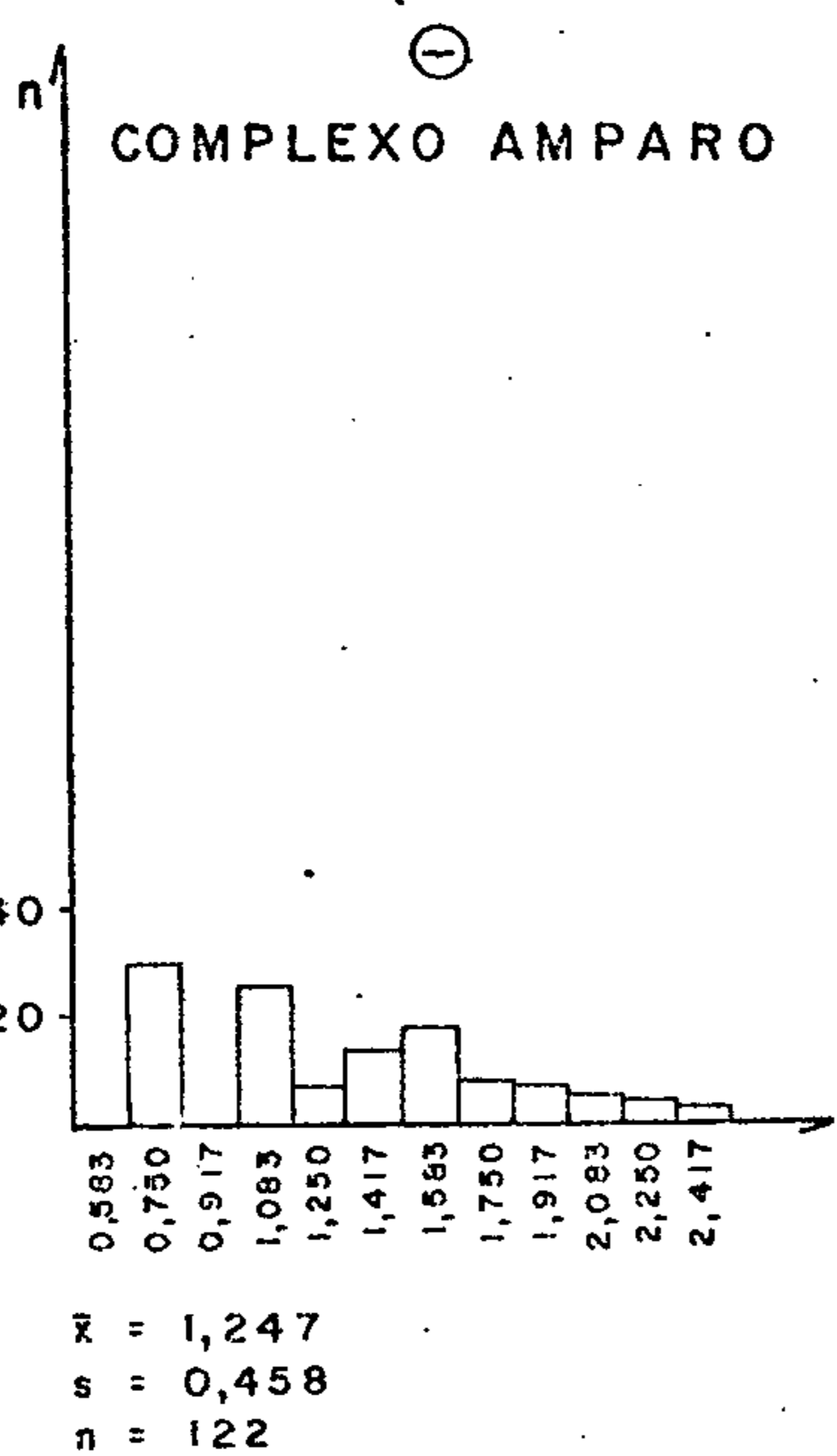


Figura 58 - Mistogramas de dados logaritmizados.



CPRM

### BORO

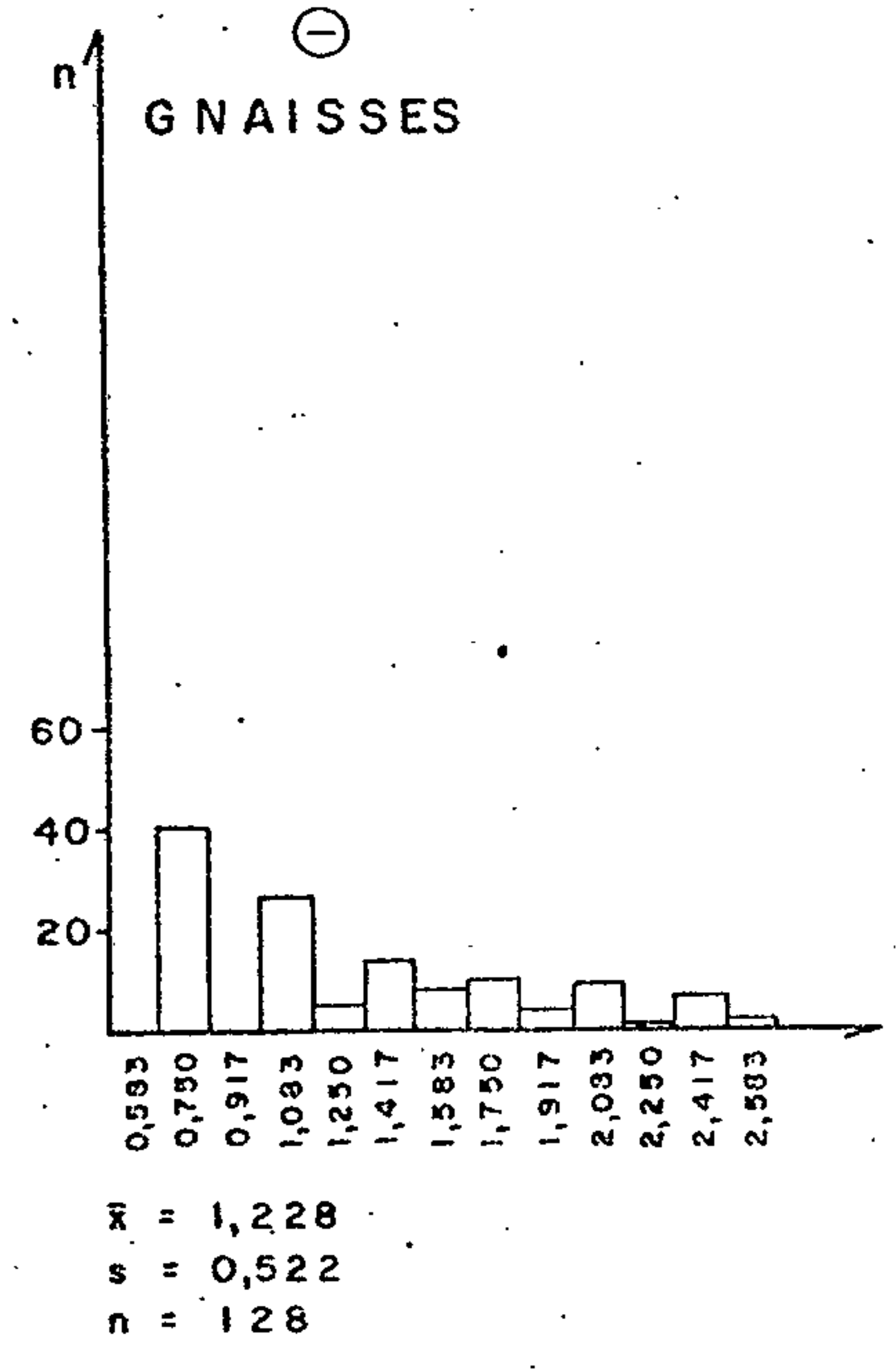
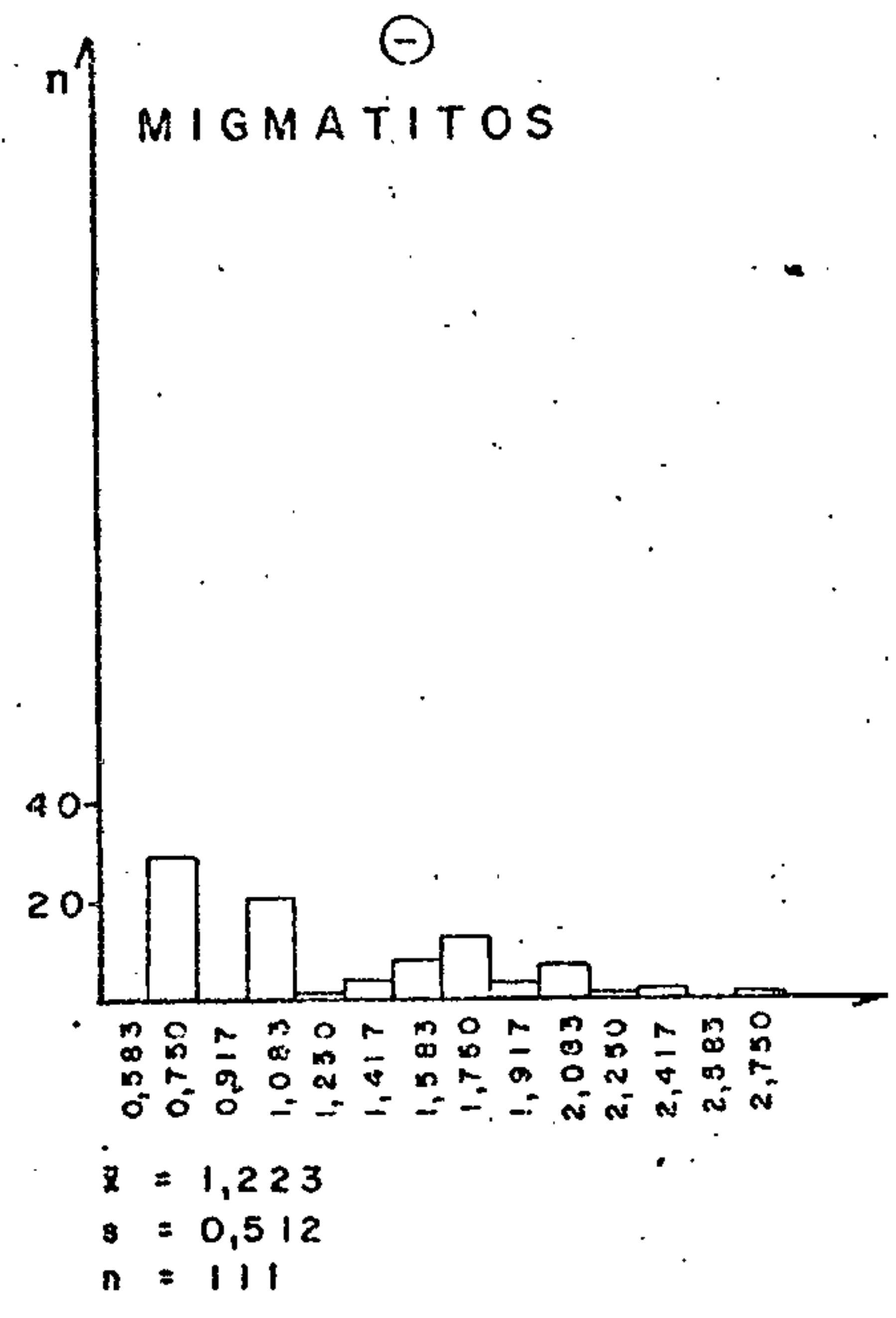
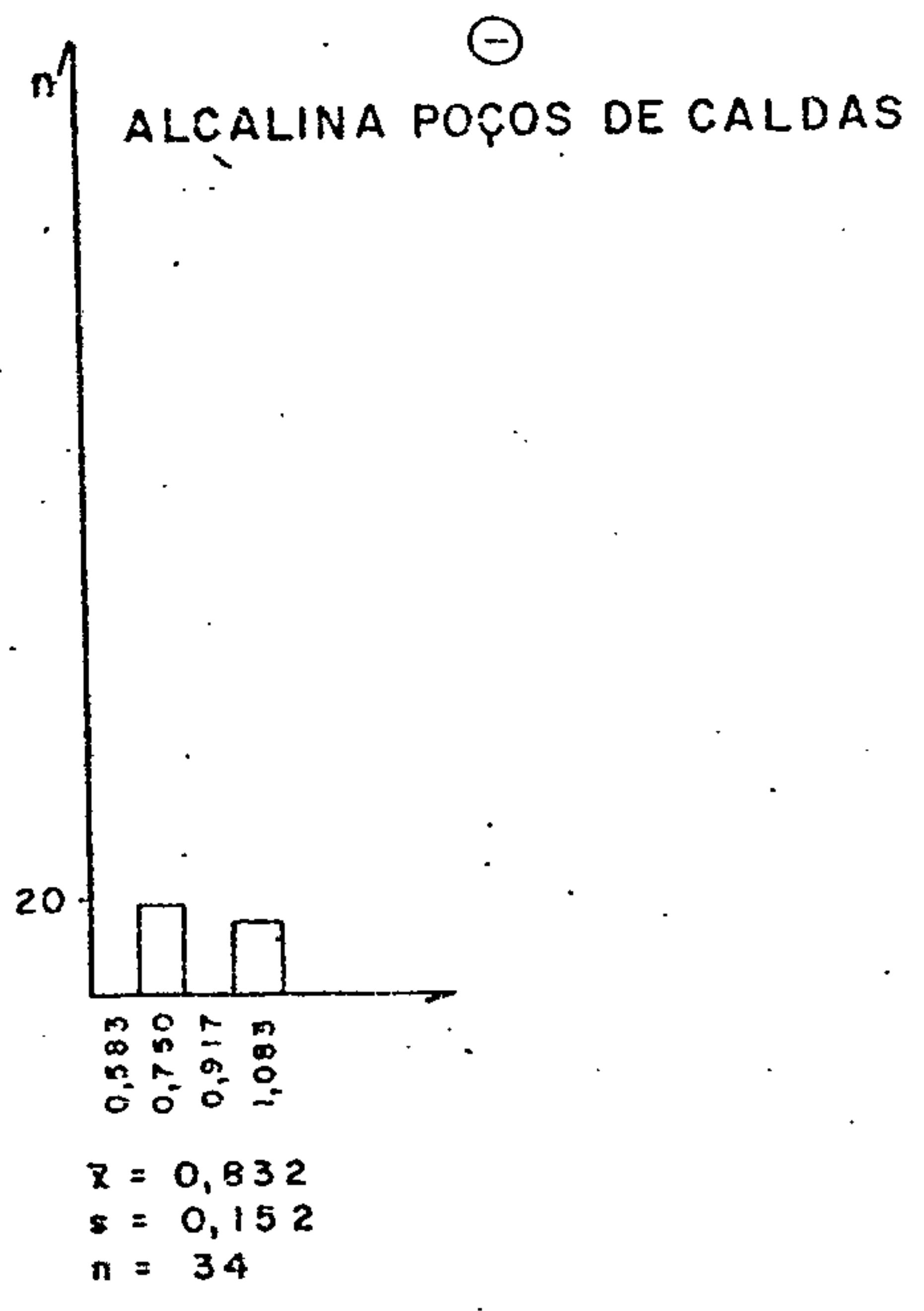
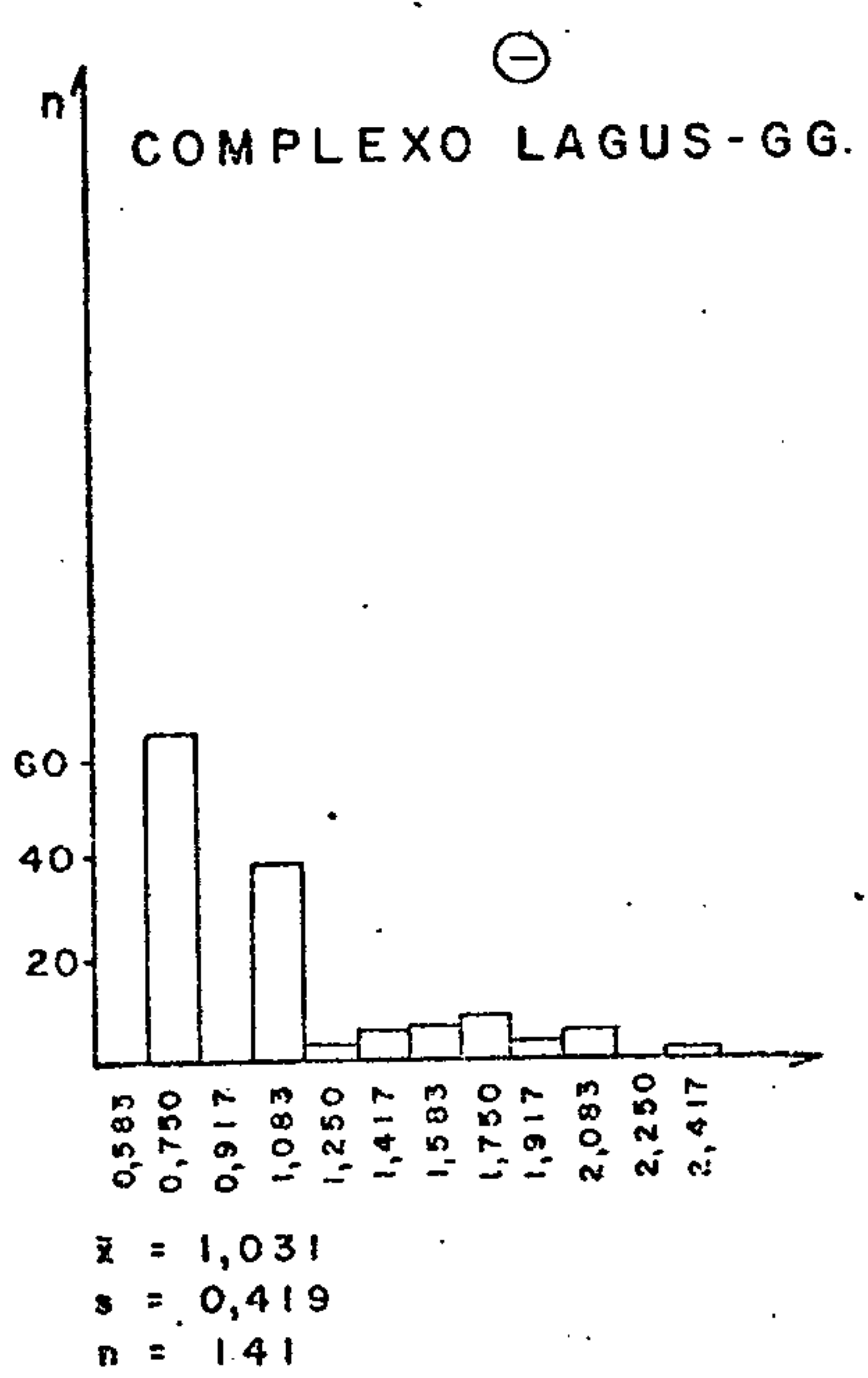


Figura 59 - Histogramas de dados logaritmizados.

#### 7.4.11 - Berílio

##### 7.4.11.1 - Generalidades

O berílio apresentou um grau de detecção de 113:597, tendo os valores definidos oscilado entre 1 ppm e 10 ppm, com o valor máximo de 10 ppm situado na Formação Irati.

Os valores mais elevados, bem como a maior média geométrica (1,372), foram detectados na Alcalina de Poços de Caldas, que apresentou igualmente o maior grau de detecção: 26:37. A menor variação de valores foi encontrada nos Xistos e gnaisses Varginha e Complexo São João del Rei, com teor mínimo igual a 0,5 ppm e máximo de 1 ppm (tabela XII).

Os coeficientes de variação oscilaram entre 0,133 no Complexo São João del Rei e 0,961 na Alcalina de Poços de Caldas.

Somente na Alcalina de Poços de Caldas o teste de distribuição de frequência Kolmogorov-Smirnov foi aceito para lognormalidade. Nesta mesma população o teste de qui-quadrado teve aceitação na frequência mínima igual a 5 com 1% de significância (figura 60).

Com relação às populações geológicas amostradas, o berílio tendeu a associar-se com o lantânio e o ítrio na Alcalina de Poços de Caldas e com o boro no Complexo Amparo. Na Associação Paraíba não foi observada qualquer associação com esse elemento que explicasse a presença de "altos" teores de berílio nesse conjunto litoestratigráfico (figura 61).

##### 7.4.11.2 - Distribuição na área

Os teores extremamente baixos de berílio nos sedimentos de corrente prejudicaram o estudo de sua distribuição em grande parte da área trabalhada (anexo X). Em mais de 80% das amostras, a presença desse elemento foi detectada em teores inferiores ao limite mínimo de sensibilidade analíti



CPRM

ca (1 ppm). Das demais, apenas 30 amostras superaram esse valor, apresentando teores entre 2 ppm e 10 ppm, 20 das quais coletadas junto ao maciço alcalino de Poços de Caldas.

Os teores definidos (iguais ou superiores a 1 ppm) concentram-se, preferencialmente, em três conjuntos litológicos: a) na intrusão alcalina de Poços de Caldas; b) no domínio do Complexo Piquete (Associação Paraíba do Sul); e c) no maciço granítico de Morungaba. Valores esparsos ocorrem nas demais seqüências, sem, no entanto, constituírem agrupamentos com um maior significado geológico.

No âmbito do maciço alcalino de Poços de Caldas foram assinalados teores entre 1 ppm e 7 ppm Be, conferindo-lhe a maior média dentre as unidades estudadas (2,5 ppm Be), bastante superior à das formações encaixantes (0,7 ppm Be) e à da área total (0,6 ppm Be). O destaque exibido por essa intrusão em relação às demais seqüências deve-se ao enriquecimento em berílio normalmente mostrado pelos magmas de natureza alcalina (VLASOV, 1966; GERASIMOVSKY, 1974), concordando com o teor médio encontrado por GUIMARÃES & DUTRA (1962) em rochas desse maciço (6,6 ppm), praticamente idêntico aos fornecidos por HORMANN (1969) e GOMES (1970) para as rochas alcalinas mundiais (6 ppm e 7,3 ppm, respectivamente).

Por outro lado, o agrupamento de valores elevados junto à porção centro-oriental desse corpo (figura 66), sugere que os hidrotermalitos "potássicos" ali aflorantes estão enriquecidos em berílio, já que esse elemento tende a concentrar-se nas soluções residuais, juntamente com o flúor, cuja presença, sob a forma de fluorita, é constante nessas rochas.

O maior grau de detecção do berílio no contexto do Complexo Piquete salientou-o das outras unidades, embora os valores sejam sistematicamente baixos (iguais ou inferiores a 1 ppm), à exceção de três amostras: duas com 3 ppm e uma com 1,5 ppm. Desconhece-se ainda a razão do realce exibido

por esse conjunto litológico, constituído por parametamorfitos (xistos, gnaisses, leptinolitos, quartzitos e calcários), encerrando alguns corpos graníticos e granitóides. Parte dos "altos" valores podem estar associados a corpos graníticos (como o granito de Mendanha), ou mesmo a pegmatitos contendo berilo, um tipo de ocorrência já registrado em outras porções da Associação Paraíba do Sul (nas proximidades de Santa Branca) por CAVALCANTE & KAEFER (1974).

Semelhantemente ao Complexo Piquete, também o granito de Morungaba apresentou um certo destaque, pela presença de cinco amostras com 1 ppm e uma com 1,5 ppm. Tal realce pode ser considerado como normal, já que as rochas graníticas mostram-se geralmente algo enriquecidas em berílio (teor médio em granitos: 5,5 ppm; HORMANN, 1969). O fato de que várias das amostras com teores definidos estejam situadas junto às bordas desse maciço parece confirmar a idéia de BRINCK & HOFMANN (1964) de que é na zona de contato com as encaixantes de corpos ígneos que ocorrem as maiores concentrações desse elemento.

## TABELA XII — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — BERÍLIO

### ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	0,5	10	0,607	1,548	0,458	113:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	0,5	10	0,648	1,730	0,592	25:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	0,5	7	0,598	1,506	0,427	86:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	0,5	7	0,599	1,526	0,442	95:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	0,5	3	0,560	1,353	0,309	16:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	LOGNORMAL	0,5	1	0,517	1,163	0,152	2:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	0,5	1	0,513	1,142	0,133	3:87
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	LOGNORMAL	0,5	3	0,648	1,498	0,421	30:90
COMPLEXO LAGUS-06	LOGNORMAL	0,5	1	0,553	1,294	0,262	18:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	0,5	7	1,372	2,245	0,961	26:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	0,5	3	0,602	1,460	0,392	23:111
GNAISSES	LOGNORMAL	0,5	3	0,538	1,291	0,259	11:139

OBS: - Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.  
 - Grau de detecção refere-se ao número de valores detetados em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

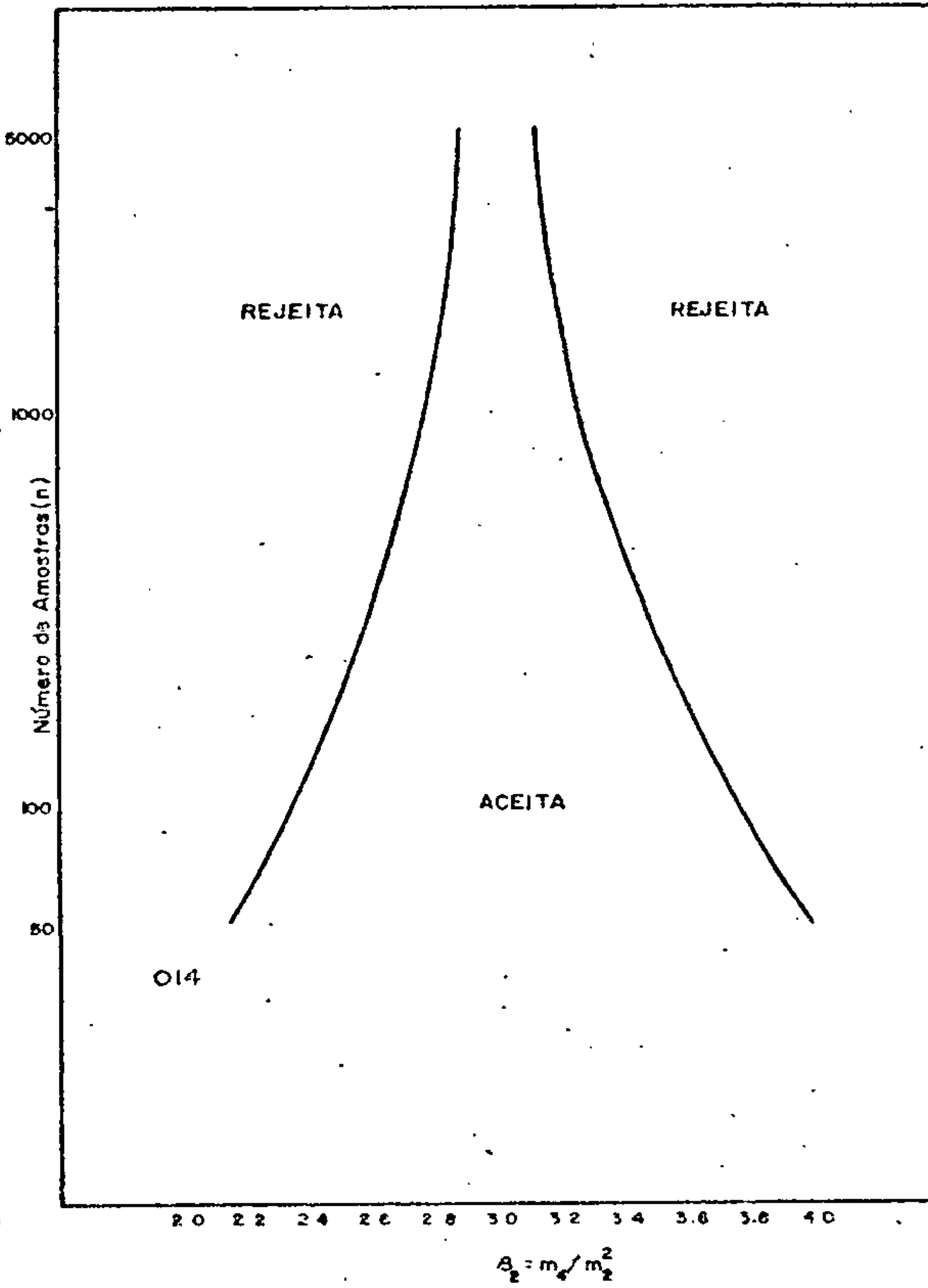
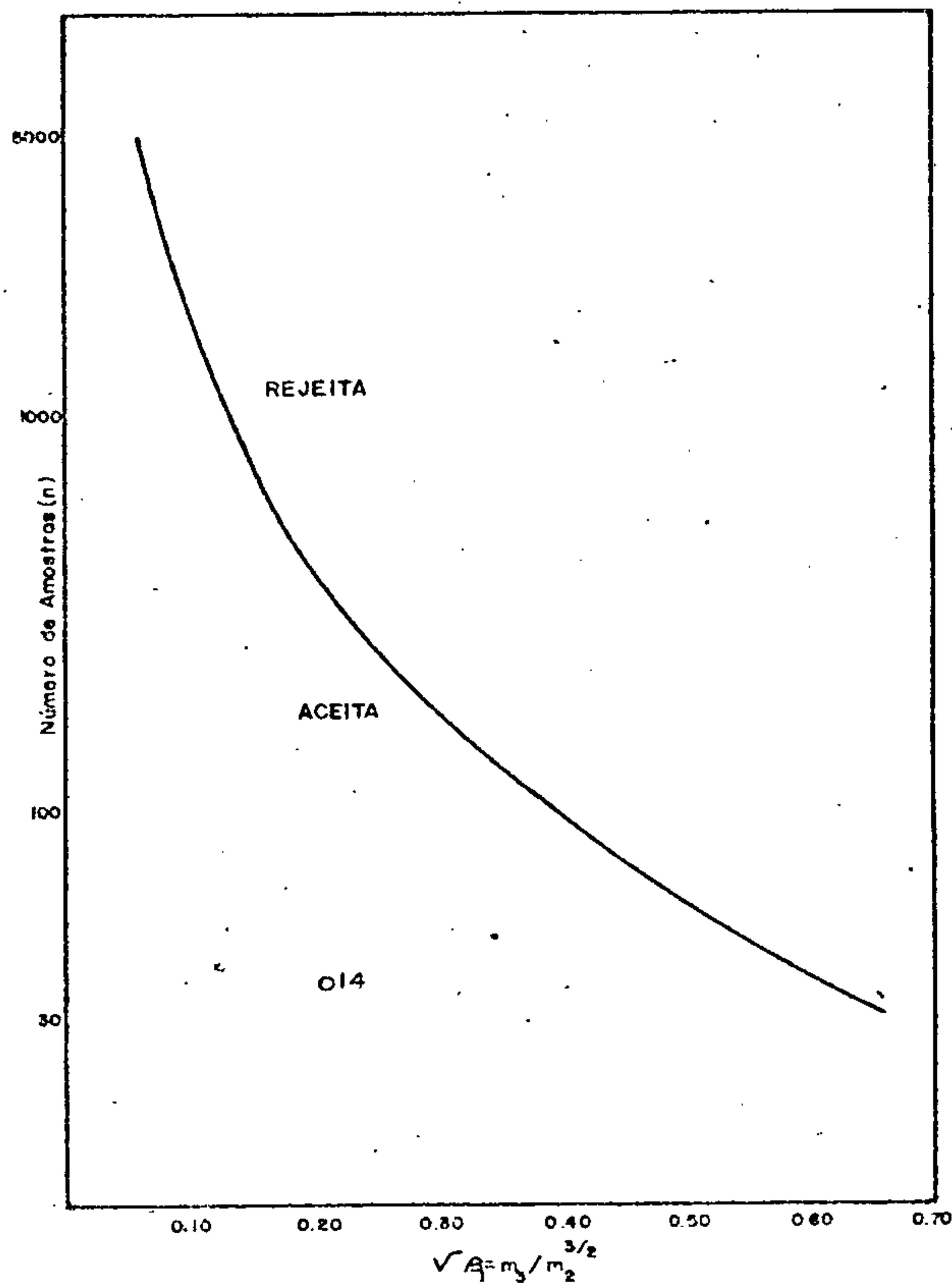
### LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO
TOTAL	547	-0,417	1,083	1,500	0,217	0,190	-0,874
TOTAL AD1	100	-0,417	1,083	1,500	-0,188	0,238	-1,265
TOTAL AD2	437	-0,417	0,917	1,333	-0,223	0,178	-0,797
LEVANTAMENTO REGIONAL	496	-0,417	0,917	1,333	-0,223	0,184	-0,824
COMPLEXO AMPARO	115	-0,417	0,583	1,000	-0,252	0,131	-0,521
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	41	-0,417	0,083	0,500	-0,286	0,066	-0,229
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	80	-0,417	0,083	0,500	-0,290	0,058	-0,199
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	90	-0,417	0,583	1,000	-0,188	0,175	-0,932
COMPLEXO LAGUS-06	133	-0,417	0,250	0,667	-0,258	0,112	-0,435
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	37	-0,417	0,917	1,333	0,137	0,351	2,556
MIGMATITOS	102	-0,417	0,583	1,000	-0,220	0,164	-0,745
GNAISSES	125	-0,417	0,583	1,000	-0,269	0,111	-0,412

## TESTES DE DISTRIBUIÇÃO BERTILIO

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV				QUI-QUADRADO			
				5%		1%		F. MÍN. 1,5		F. MÍN. 50	
				5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%
1	TOTAL	2,788*	12,225*	-	-	-	-	-	-	-	-
2	TOTAL AD1	2,673*	11,037*	-	-	-	-	-	-	-	-
3	TOTAL AD2	2,665*	11,026*	-	-	-	-	-	-	-	-
4	LEV. REGIONAL	2,772*	11,541*	-	-	-	-	-	-	-	-
9	COMPLEXO AMPARO	2,853*	11,823*	-	-	inter.	insufic.				
10	XISTOS e Gn. VARGINHA	4,037*	17,657*	-	-	interv.	insufic.				
11	COMPLEXO S. JOÃO DEL REI	4,778*	24,091*	-	-	interv.	insufic.				
12	ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	1,504*	5,316*	-	-	-	insufic.				
13	COMPLEXO LAGUS-GG.	2,290*	6,778*	-	-	interv.	insufic.				
14	ALCALINA POÇOS DE CALDAS	0,208	1,924	+	+	-	-	-	-	-	-
15	MIGMATITOS	2,136*	7,693*	-	-	-	insufic.				
16	GNAISSES	3,975*	21,067*	-	-	interv.	insufic.				

+ Aceita a hipótese nula

- Rejeita a hipótese nula

\* Rejeitadas o ponto cai além dos limites do quadro

Figura 60— Testes de distribuição do elemento Be: assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado; nas diversas populações.



## BERÍLIO

### MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOS E GN VARGINHA		COMPLEXO S J DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-GG		ALCALINA P. DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	Be	n	Be	n	Be	n	Be	n	Be	n	Be	n	Be	n	Be	n	Be	
Fe	113	(-)	16	(-)	2	*	3	*	30	(○)	18	○	26	(-)	23	(○)	11	(-)	Fe
Mg	113	(○)	16	(-)	2	*	3	*	30	(○)	18	○	26	(-)	23	(○)	11	(-)	Mg
Ca	95	(-)	16	(-)	2	*	3	*	28	(-)	16	○	12	(○)	22	(-)	10	(-)	Ca
Ti	85	○	10	○	0	*	2	*	28	(-)	12	*	19	○	20	(○)	10	○	Ti
Mn	110	○	16	(-)	2	*	3	*	30	(○)	18	○	23	○	23	(-)	11	○	Mn
B	59	(-)	7	⊙	2	*	3	*	17	(-)	7	*	15	○	11	(-)	5	(-)	B
Ba	113	(○)	16	(-)	2	*	3	*	30	(○)	18	○	26	(-)	23	(○)	11	(-)	Ba
Be		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙	Be
Co	106	(-)	16	(-)	2	*	3	*	29	○	18	○	20	(○)	22	○	11	(-)	Co
Cr	112	(○)	16	○	2	*	3	*	29	(-)	18	○	26	(-)	22	(-)	11	(-)	Cr
Cu	96	(-)	15	○	2	*	3	*	26	○	16	○	16	○	20	○	11	○	Cu
La	109	○	15	(-)	2	*	1	*	29	○	18	○	26	⊙	23	○	11	○	La
Ni	101	(○)	16	(-)	2	*	3	*	27	○	17	(-)	18	(-)	21	○	11	(-)	Ni
Pb	112	○	16	(○)	2	*	3	*	29	(-)	18	○	26	○	22	(-)	11	(-)	Pb
Sc	97	(○)	13	(-)	2	*	3	*	25	○	16	○	21	(-)	18	○	10	○	Sc
Sr	59	○	5	○	0	*	0	*	15	(-)	11	○	22	○	10	(-)	4	○	Sr
V	112	○	16	○	2	*	3	*	29	○	18	○	26	○	22	○	11	○	V
Y	112	○	15	○	2	*	3	*	30	○	18	○	26	⊙	23	○	11	○	Y
Zr	87	○	12	○	1	*	2	*	27	○	14	○	17	○	19	(-)	9	○	Zr

### LEGENDA

- n - nº de amostras que entraram no cálculo  
 \* - insuficiência de valores definidos  
 ○ - < 0,3  
 ⊙ - 0,3 a 0,4  
 ⊖ - 0,4 a 0,5  
 ⊕ - 0,5 a 0,6  
 ⊗ - 0,6 a 0,7  
 ⊘ - 0,7 a 0,8  
 ⊙ - > 0,8  
 (-) - correlação negativa

Figuro 6f

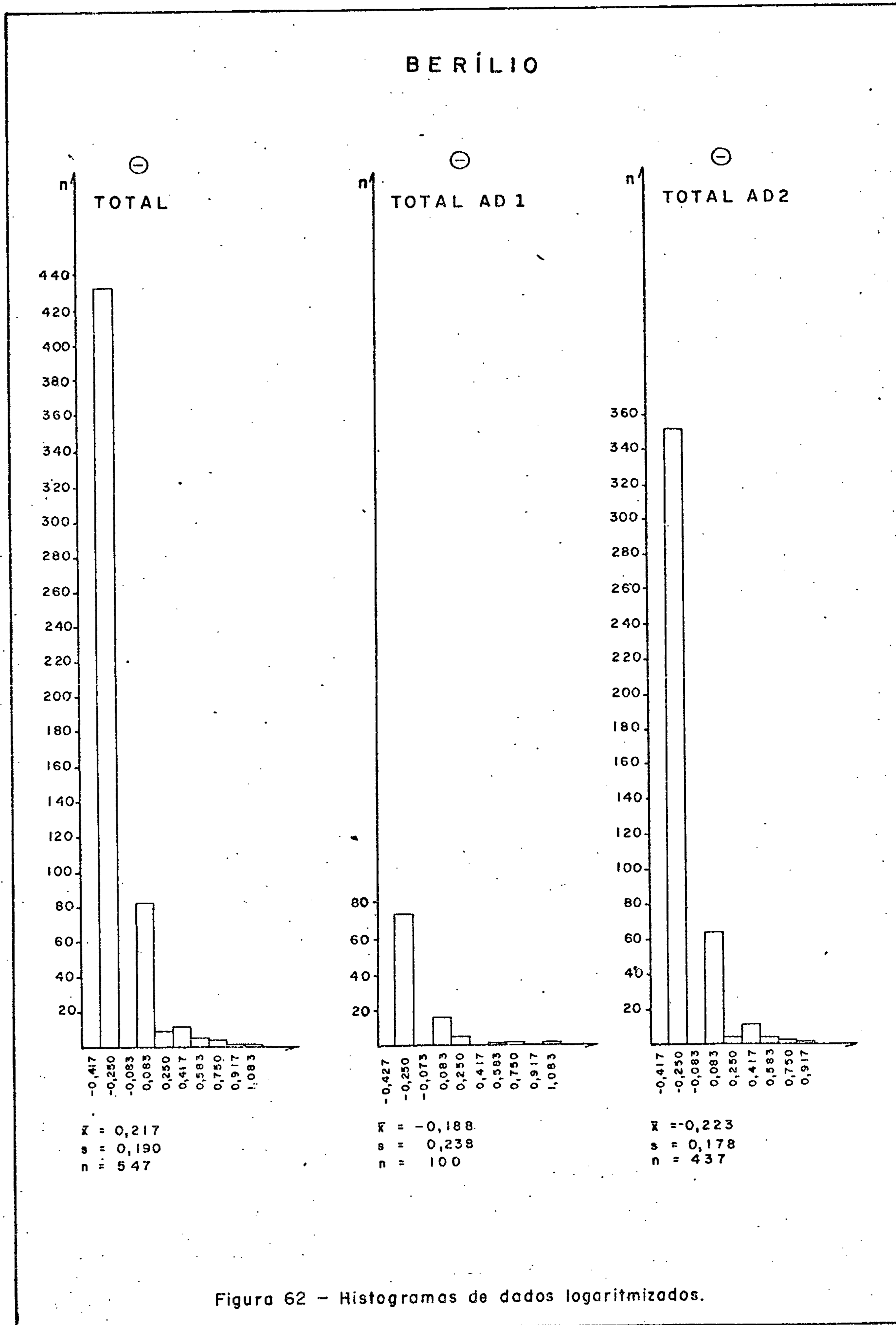


Figura 62 - Histogramas de dados logaritmizados.

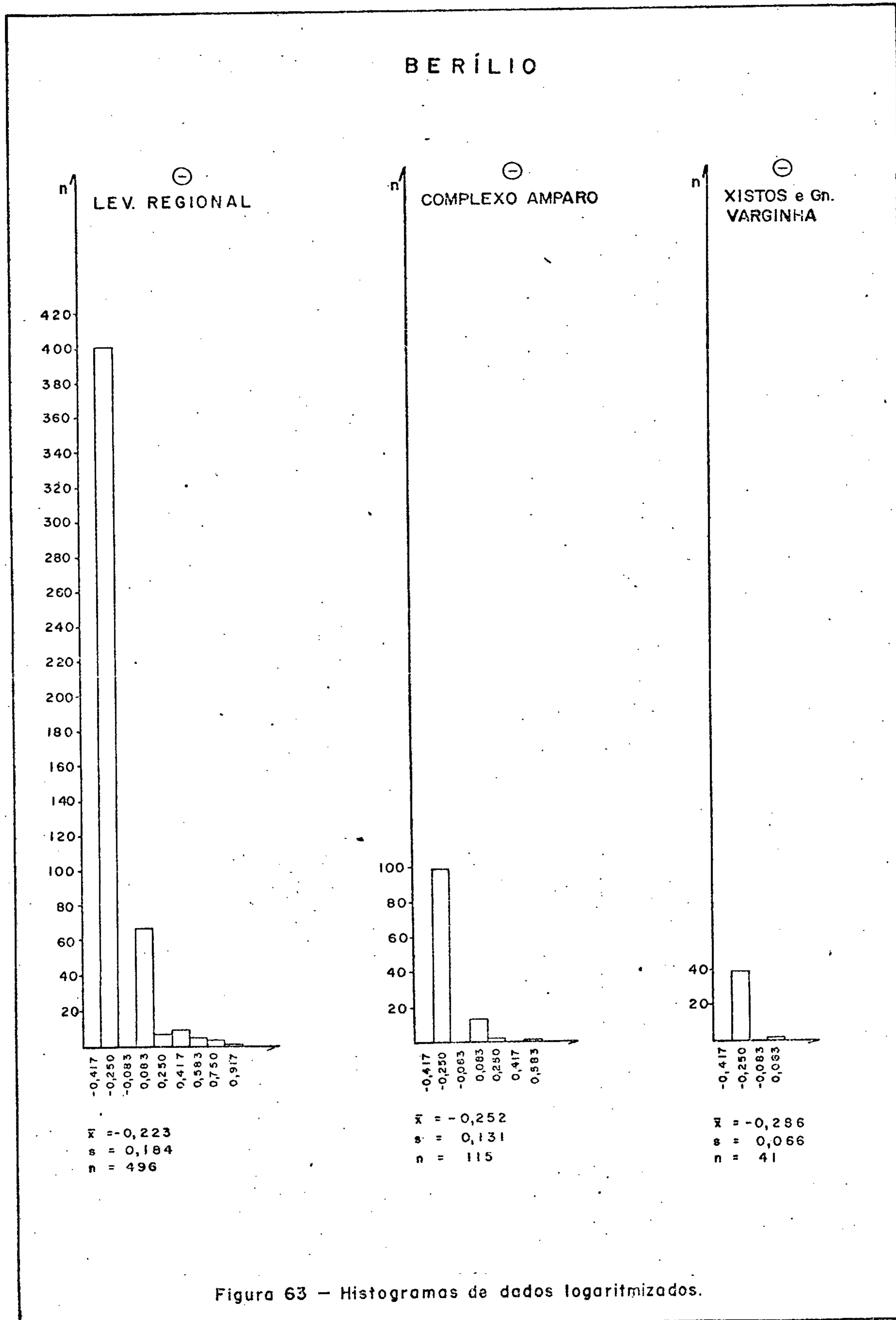


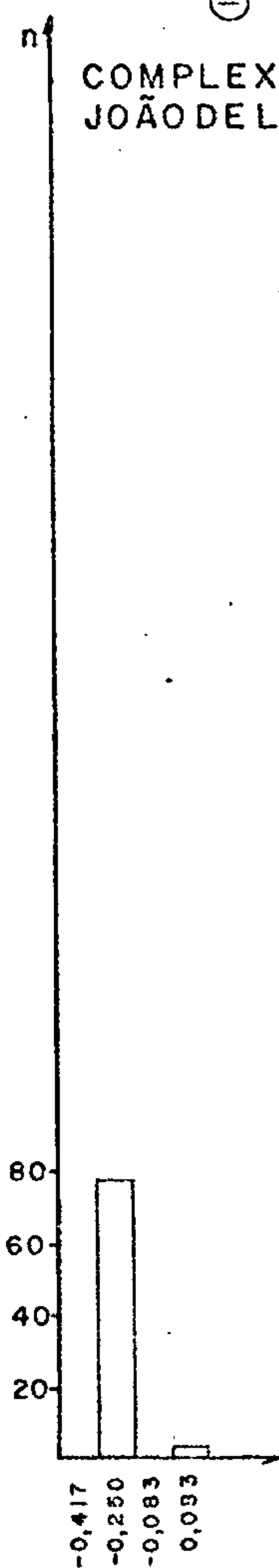
Figura 63 - Histogramas de dados logaritmizados.



CPRM

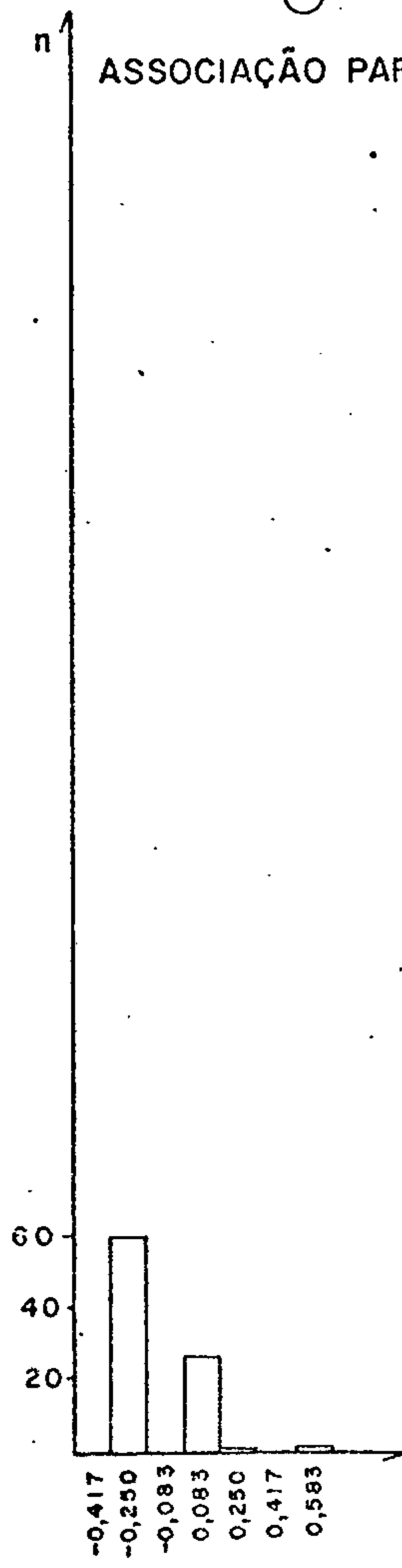
# BERÍLIO

⊖  
COMPLEXO S. JOÃO DEL REI



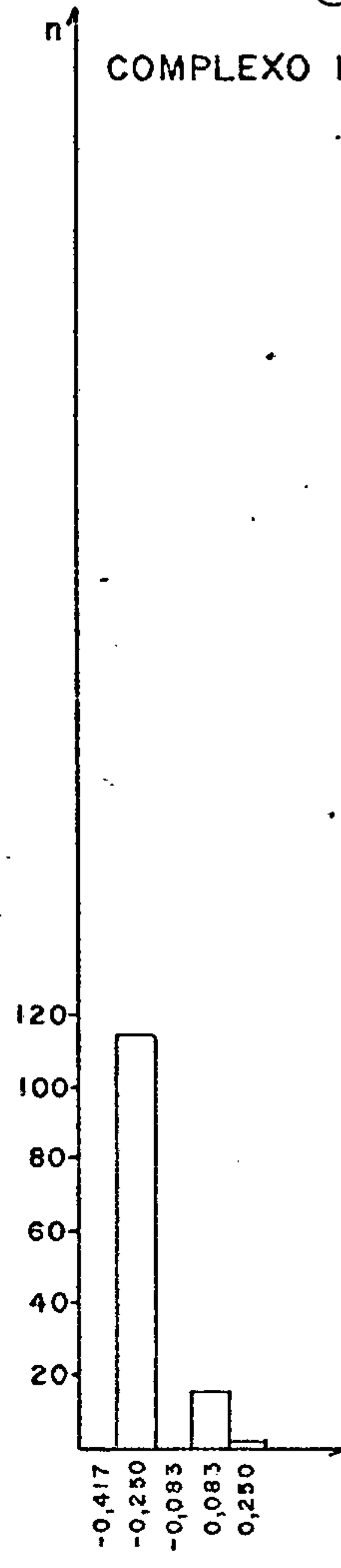
$\bar{x} = -0,290$   
 $s = 0,058$   
 $n = 80$

⊖  
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA



$\bar{x} = -0,188$   
 $s = 0,175$   
 $n = 90$

⊖  
COMPLEXO LAGUS-GG.



$\bar{x} = -0,258$   
 $s = 0,112$   
 $n = 133$

Figura 64 - Histogramas de dados logaritmizados.



CPRM

# BERÍLIO

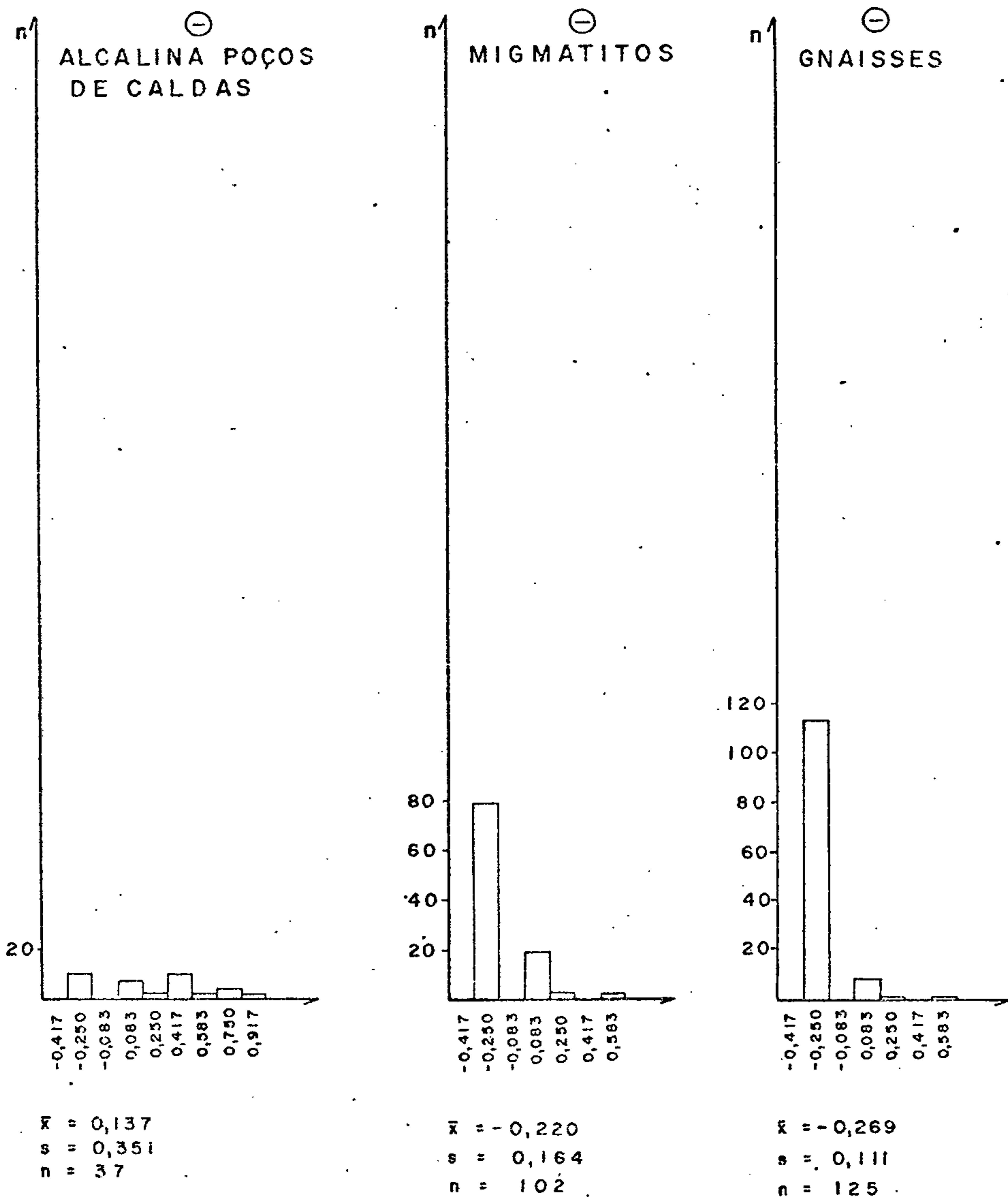


Figura 65 - Histogramas de dados logaritmizados.



#### 7.4.12 - Lantânio

##### 7.4.12.1 - Generalidades

Das 597 amostras de sedimentos de corrente analisadas, 552 apresentaram teores definidos de lantânio, oscilando os valores entre 20 ppm e 1.000 ppm, com valor médio igual a 71,5 ppm.

Dentre as populações geológicas selecionadas, a mais alta concentração de lantânio encontra-se na Alcalina de Poços de Caldas, com média geométrica igual a 170,262 e desvio geométrico de 1,745, oscilando os valores entre 20 ppm e 500 ppm. Os teores mais elevados são observados na Associação Paraíba e Complexo LAGUS-GG, com valor máximo de 1.000 ppm La. A menor média geométrica encontra-se no Complexo São João del Rei, onde os valores variaram entre 20 ppm e 300 ppm La. O teor médio de lantânio na Alcalina de Poços de Caldas (170,262) é quase seis vezes superior ao da unidade anterior, confirmando a filiação desse elemento às rochas alcalinas (tabela XIII).

Quanto à dispersão relativa do lantânio, verifica-se uma oscilação dos coeficientes de variação das populações geológicas amostradas de 0,603 na Alcalina de Poços de Caldas a 1,376 no Complexo Amparo.

Com exceção do Complexo São João del Rei, as demais populações criadas segundo as feições geológicas aceitaram os testes de Kolmogorov-Smirnov, sendo que os Xistos e gnaisses Varginha, o Complexo LAGUS-GG e a Alcalina de Poços de Caldas admitiram também os testes de qui-quadrado. A um nível de significância de 95% o teste de assimetria aceita a lognormalidade para todos os arquivos criados para o projeto, enquanto que o teste de curtose só foi rejeitado, dentre as populações geológicas, pelo Complexo Amparo, admitindo a lognormalidade em todas as outras populações geológicas e naquelas com área de drenagem menor que 10 km<sup>2</sup> (figura 67).

Na área total foi observada correlação de lantânio



com ítrio, que se mantêm nas diversas populações geológicas, com exceção do Complexo Amparo. A mais conspícua associação de lantânio é observada na Alcalina de Poços de Caldas, onde é notável a correlação desse elemento com berílio, chumbo, vanádio e ítrio (figura 68). A presença de lantânio em correlação com o chumbo pode estar relacionada com o fato de que ambos podem resultar da fissão nuclear do urânio, elemento comprovadamente rico nessa região.

#### 7.4.12.2 - Distribuição na área

A análise regional dos teores de lantânio em sedimentos de corrente revelou a existência de determinadas áreas que se caracterizam pela presença sistemática de baixos ou altos valores desse elemento e que estão, de uma maneira global, relacionados a algumas seqüências geológicas (anexo XI).

Assim, teores baixos de lantânio (em sua grande maioria entre 20 ppm e 50 ppm, raríssimas vezes superando 100 ppm), predominam amplamente nas áreas ocupadas por rochas metamórficas de baixo e médio grau, como é o caso dos Complexos Campos Gerais, Rio Elvas, Lambari e Piquete (mormente no domínio dos termos menos metamorfizados da Associação Paraíba do Sul). Incluem-se ainda nesse padrão os corpos graníticos de Morungaba e Porto dos Mendes e duas faixas de exposição dos Complexos Amparo e Itapira: a primeira, entre Amparo e Monte Sião, e a segunda, entre Espírito Santo do Dourado e São Gonçalo do Sapucaí.

De modo oposto, a maioria dos valores expressivos (acima de 150 ppm La) estão concentrados no maciço alcalino de Poços de Caldas e sua área de influência, e em algumas regiões pré-cambrianas, especialmente no âmbito dos complexos granitóide-migmatíticos (Varginha, Socorro e Paraisópolis).

No restante da área, a distribuição dos teores de lantânio é bastante irregular, ocorrendo valores ora acima,



ora abaixo de 150 ppm, sendo os primeiros mais frequentes nos complexos granitóide-migmatíticos, e os mais baixos nas seqüências pouco granitizadas, onde predominam gnaisses e migmatitos bandados (como a porção oriental do Complexo Paraisópolis, parte do Complexo Campos do Jordão e algumas áreas do Complexo Varginha).

As amostras de sedimentos de corrente coletadas no interior do maciço alcalino de Poços de Caldas apresentaram, em sua grande maioria, valores entre 150 ppm e 300 ppm La, bastante semelhantes àqueles detectados na região de contato com as formações granitóide-migmatíticas encaixantes. O enriquecimento mostrado por esse corpo geológico pode ser explicado pela concentração de lantânio em magmas residuais, um fenômeno geoquímico bastante conhecido e já registrado por diversos autores (GOLDSCHMIDT, 1958; VLASOV, 1966; GERASIMOVSKY, 1974). Durante os processos de diferenciação magmática há um enriquecimento desse elemento nos magmas alcalinos, indo o lantânio alojar-se na estrutura de minerais portadores de estrôncio, bário e potássio, ou formando minerais próprios.

Em Poços de Caldas já foi registrada a presença de três minerais onde o lantânio costuma ocorrer em quantidade significativa: lamprofilita, um mineral primário onde o lantânio substitui o estrôncio; rinkolita, um silicato de terras cêricas formado no estágio pegmatítico; e bastnaesita, um fluorcarbonato de cério e lantânio, originado tanto em condições hidrotermais, como de intemperismo. Além desses minerais, o lantânio pode ocorrer, em teores menores, em feldspato alcalino, apatita, rinkita e cerianita, todos já identificados nessa intrusão (COUTINHO, 1959; FRONDEL et alii, 1959; WEDOW Jr., 1967; BUSHEE, 1971 e GORSKY & GORSKY, 1974). Tamanho é o enriquecimento nesse elemento, que na região do morro do Ferro (porção central do maciço) foi localizada uma jazida de tório e terras raras, com reservas avaliadas em 300.000 t de terras raras, das quais aproximadamente a metade é constituída por cério, ocorrendo lantânio, neodímio e



Ítrio em menor proporção (FRAYHA, 1962; WEDOW Jr., 1967). Analisando rochas desse maciço, GUIMARÃES & DUTRA (1962) encontraram teores de até 2.300 ppm La (valor médio: 450 ppm La, bastante próximos aos registrados no presente trabalho.

No domínio das seqüências metamórficas de alto grau que denotam uma profunda evolução petrológica, envolvendo processos de migmatitização e granitização em larga escala (parte dos Complexos Varginha, Socorro e Paraisópolis), podemos individualizar algumas áreas que apresentam agrupamentos de altos teores de lantânio, que chegam a atingir 1.000 ppm em determinadas amostras. São regiões em que afloram granulitos, charnoquitos, migmatitos e granitóides, ora predominando um ou outro termo, relacionadas aos Complexos Varginha (faixa Caconde - Monte Belo; áreas próximas a Machado), Socorro (faixa a nordeste de Itatiba) e Paraisópolis (momentaneamente nas adjacências de Brazópolis e Cristina). Padrão semelhante é exibido pela porção oriental do Complexo Varginha, no contexto dos termos granatíferos referíveis à essa unidade e, principalmente, no domínio dos gnaisses e migmatitos bandados a norte de Monteiro Lobato (extremo sudoeste da serra da Mantiqueira), englobados no Complexo Piquete da Associação Paraíba do Sul.

Em formações geológicas dessa natureza, o lantânio pode ocorrer tanto disperso na rocha, geralmente associado aos minerais cálcicos (alanita, epidoto, esfeno e apatita), ou na monazita, como pode também concentrar-se em pegmatitos (VLASOV, 1966). Os quatro primeiros minerais apresentam-se amplamente distribuídos, em quantidades acessórias, na maioria das rochas desses complexos, e é provável que parte do lantânio detectado nos sedimentos de corrente esteja a eles associado. Deve-se, no entanto, registrar a possibilidade de que alguns dos altos teores de lantânio estejam relacionados à presença de pegmatitos ricos nesse elemento, um tipo de ocorrência bastante comum em outras áreas pré-cambrianas de Minas Gerais, e que encontra apoio na existência de pegmatitos com minerais de terras ítricas (samarskita e xenotima) na região de Douradinho (FRAYHA, 1948) e Espírito Santo do Dourado (PIRES et alii, 1970).



CPRM

### TABELA XIII — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — LANTÂNIO

#### ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	10	1.000	71,592	2,813	1,384	552:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	10	1.000	64,240	2,430	1,096	104:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	10	1.000	72,230	2,888	1,442	437:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	10	1.000	72,396	2,829	1,396	500:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	10	500	58,402	2,803	1,376	113:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	LOGNORMAL	10	500	67,400	2,467	1,123	42:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	10	300	31,258	2,274	0,982	70:87
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	LOGNORMAL	10	1.000	87,604	2,771	1,351	86:90
COMPLEXO LAGUS-GG	LOGNORMAL	10	1.000	99,012	2,613	1,231	150:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	20	500	170,262	1,745	0,603	37:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	10	1.000	80,907	2,983	1,517	100:111
GNAISSES	LOGNORMAL	10	700	61,055	2,818	1,387	129:139

OBS: - Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.

- Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

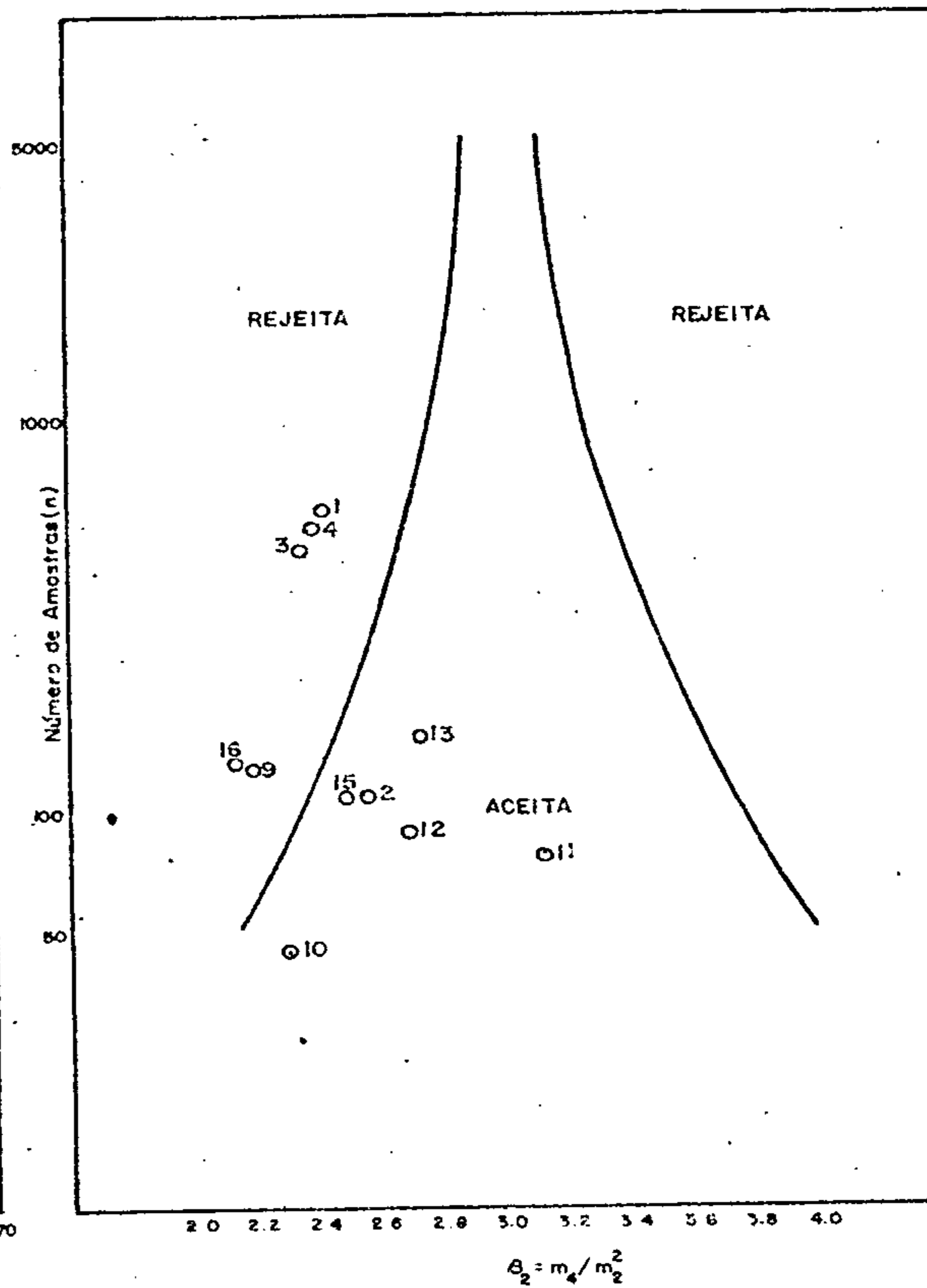
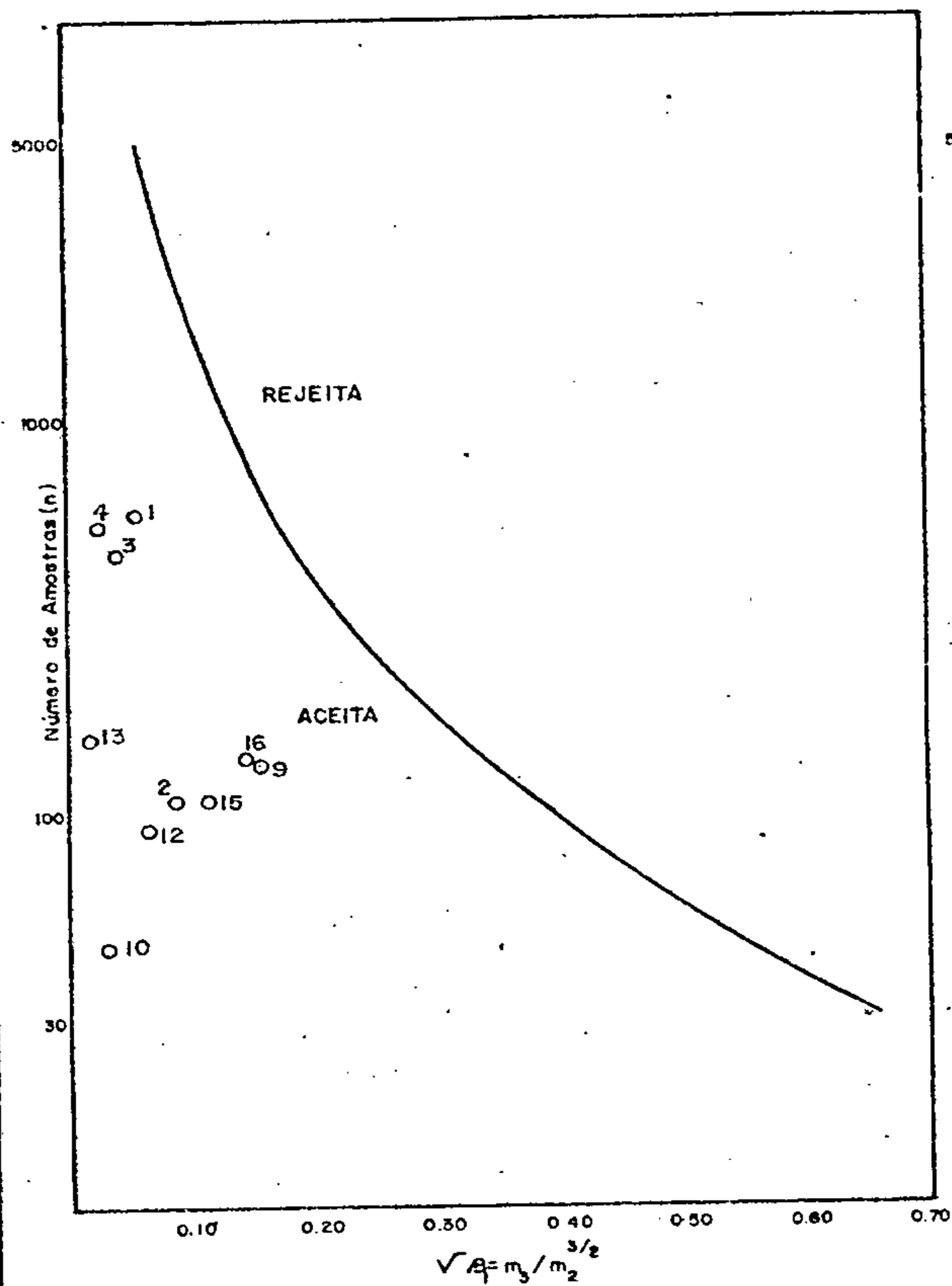
#### LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO
TOTAL	580	0,917	3,083	2,167	1,855	0,449	0,242
TOTAL AD1	107	0,917	3,083	2,167	1,808	0,386	0,213
TOTAL AD2	462	0,917	3,083	2,167	1,859	0,461	0,248
LEVANTAMENTO REGIONAL	528	0,917	3,083	2,167	1,860	0,452	0,343
COMPLEXO AMPARO	128	0,917	2,750	1,833	1,766	0,448	0,253
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	43	0,917	2,750	1,833	1,829	0,392	0,214
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	77	0,917	2,583	1,667	1,495	0,357	0,239
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	89	0,917	3,083	2,167	1,943	0,443	0,228
COMPLEXO LAGUS-GG	152	0,917	3,083	2,167	1,996	0,417	0,209
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	37	1,250	2,750	1,500	2,231	0,242	0,108
MIGMATITOS	108	0,917	3,083	2,167	1,908	0,475	0,249
GNAISSES	136	0,917	2,917	2,000	1,786	0,450	0,252

## TESTES DE DISTRIBUIÇÃO LANTÂNIO

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV				QUI-QUADRADO			
				5%		1%		F. MÍN. 1,5		F. MÍN. 50	
				+	-	+	-	+	-	+	-
1	TOTAL	0,051	2,406	-	-	-	-	-	-	-	-
2	TOTAL AD1	0,087	2,557	+	+	-	+	-	+	-	+
3	TOTAL AD2	0,037	2,363	-	-	-	-	-	-	-	-
4	LEV REGIONAL	-0,022	2,376	-	-	-	-	-	-	-	-
9	COMPLEXO AMPARO	-0,155	2,176	+	+	-	-	-	-	-	-
10	XISTOS e Gn. VARGINHA	-0,030	2,295	+	+	-	+	+	+	+	+
11	COMPLEXO S. JOÃO DEL REI	0,945*	3,130	-	-	-	-	-	-	-	-
12	ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	0,061	2,773	+	+	-	-	-	-	-	-
13	COMPLEXO LAGUS-GG.	0,015	2,730	+	+	-	-	+	+	+	+
14	ALCALINA POÇOS DE CALDAS	-1,267*	7,206*	+	+	+	-	+	+	+	+
15	MIGMATITOS	-0,111	2,502	+	+	-	-	-	-	-	-
16	GNAISSES	0,146	2,135	-	+	-	-	-	-	-	-

+ Aceita a hipótese nula

- Rejeita a hipótese nula

\* Rejeitadas: o ponto cai além dos limites do quadro

Figura 67— Testes de distribuição do elemento La: assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado; nas diversas populações.

LANTÂNIO

MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

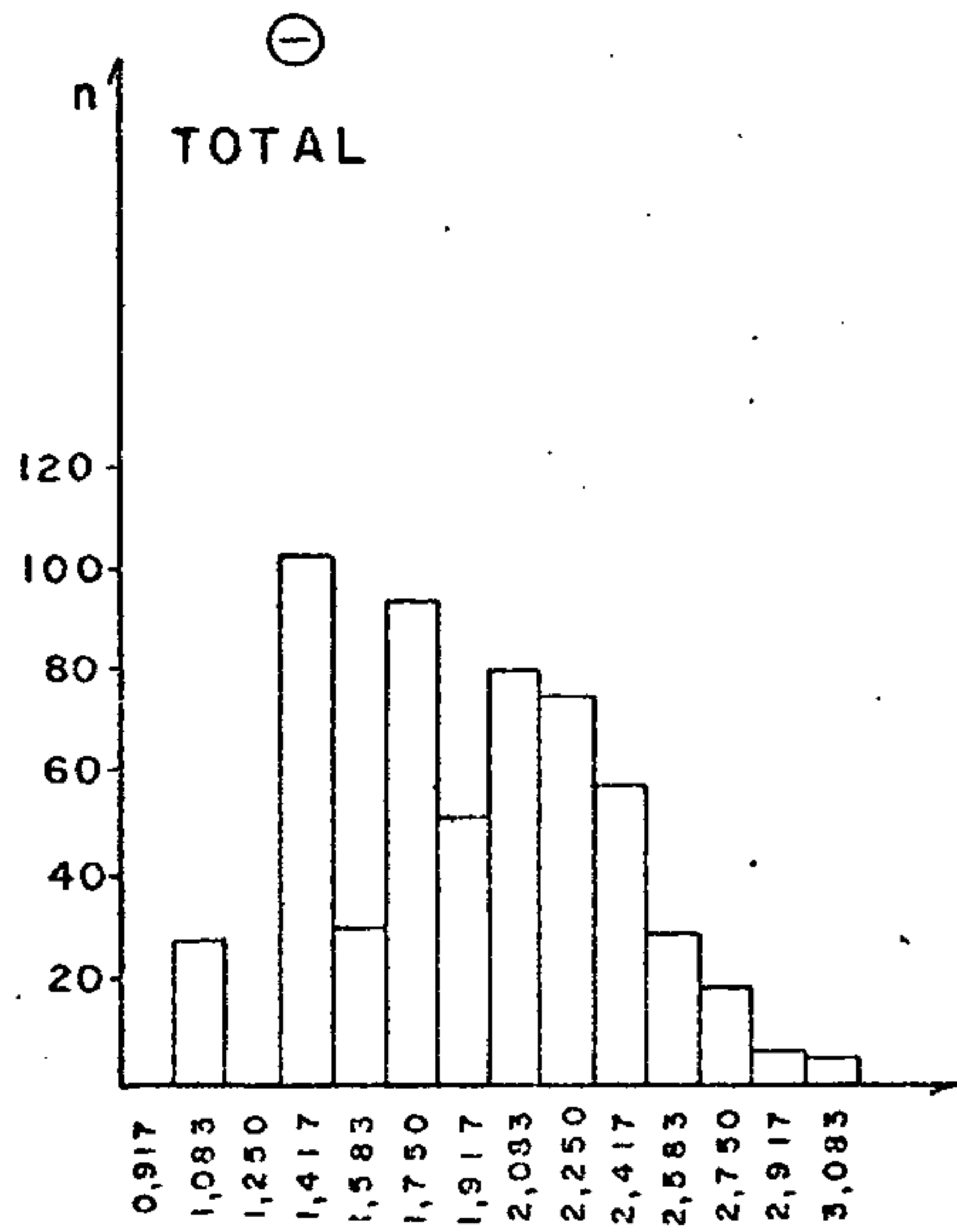
	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOS E GN VARGINHA		COMPLEXO S J DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-GG		ALCALINA P. DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	Lo	n	Lo	n	Lo	n	Lo	n	Lo	n	Lo	n	Lo	n	Lo	n	Lo	
Fe	552	○	113	.	42	⊙	70	.	86	.	150	○	37	.	100	.	129	○	Fe
Mg	550	.	113	(-)	42	.	70	.	86	(-)	148	.	37	.	100	.	129	.	Mg
Ca	460	(-)	97	(-)	29	.	62	.	76	(-)	129	.	22	.	88	(-)	112	(-)	Ca
Ti	331	.	73	.	20	.	51	.	70	○	62	○	22	○	74	.	76	.	Ti
Mn	549	○	113	.	42	○	70	.	86	.	150	○	34	.	100	.	129	.	Mn
B	323	(-)	80	.	24	⊙	55	(-)	48	(-)	74	.	15	.	57	.	79	(-)	B
Ba	549	.	113	.	42	.	69	.	86	.	149	.	37	(-)	100	.	129	.	Ba
Be	109	.	15	(-)	2	*	1	*	29	.	18	.	26	⊙	23	.	11	○	Be
Co	527	.	106	.	41	⊙	69	.	81	.	147	.	31	.	95	.	129	.	Co
Cr	550	(-)	113	(-)	42	.	70	.	84	(-)	150	(-)	37	.	99	(-)	129	(-)	Cr
Cu	489	(-)	99	.	42	○	69	.	68	.	131	(-)	27	.	88	(-)	125	(-)	Cu
La		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙	La
Ni	533	(-)	110	(-)	42	.	70	.	83	.	145	(-)	29	.	98	(-)	129	(-)	Ni
Pb	515	○	106	.	34	.	59	.	84	(-)	146	.	37	⊙	97	.	118	○	Pb
Sc	459	.	90	.	40	○	69	.	67	.	119	.	26	.	83	.	114	.	Sc
Sr	155	.	17	.	1	*	8	*	36	.	45	(-)	29	○	25	(-)	21	.	Sr
V	550	.	113	(-)	42	.	70	.	84	.	150	.	37	⊙	99	.	129	.	V
Y	546	⊙	113	○	41	⊙	67	⊙	86	⊙	150	⊙	37	⊙	100	⊙	127	⊙	Y
Zr	331	.	74	.	31	.	41	.	61	○	71	.	18	.	64	.	83	.	Zr

LEGENDA

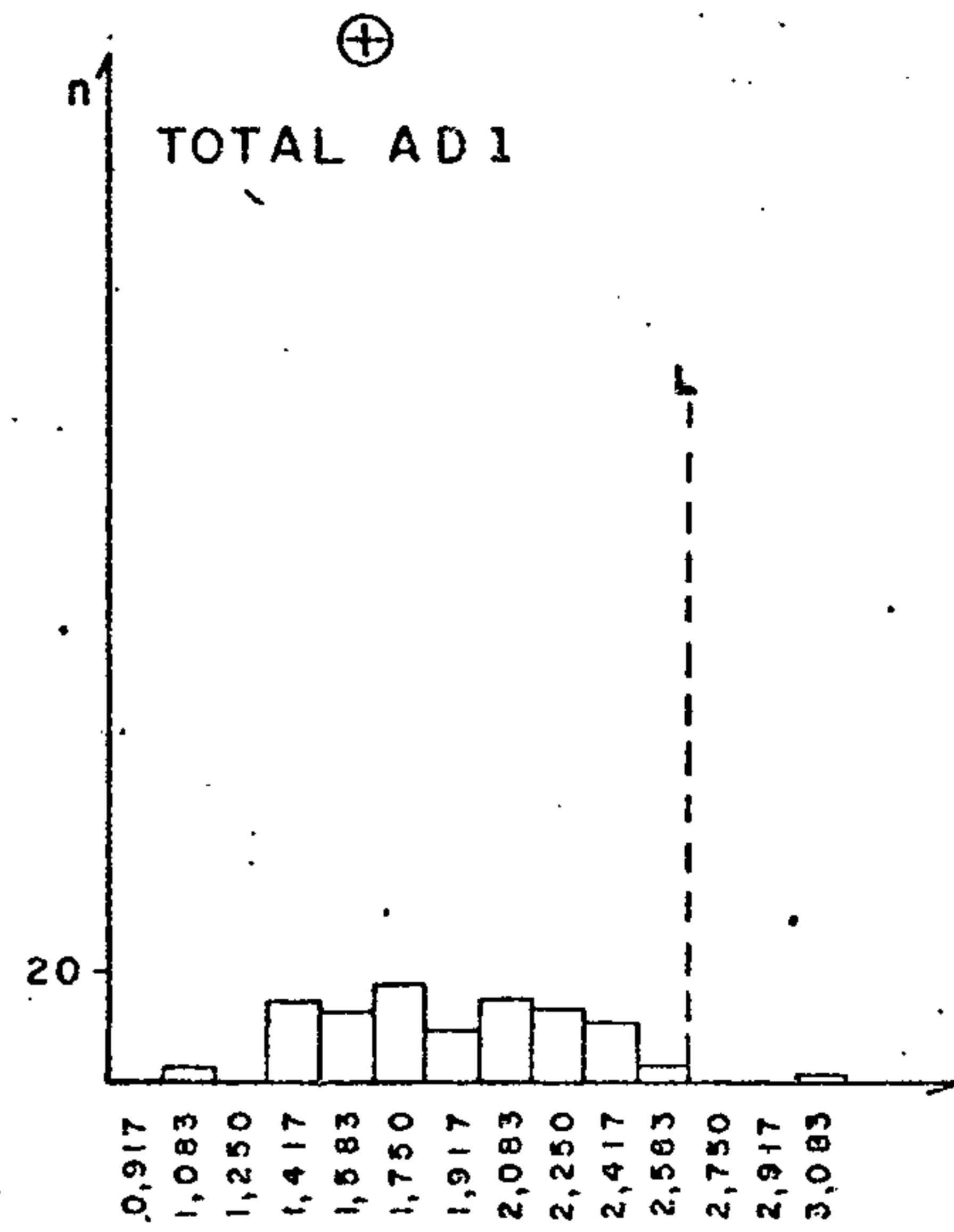
- n - nº de amostras que entraram no cálculo
- \* - insuficiência de valores definidos
- .
- - 0,3 a 0,4
- ⊙ - 0,4 a 0,5
- ⊙ - 0,5 a 0,6
- ⊙ - 0,6 a 0,7
- ⊙ - 0,7 a 0,8
- ⊙ - > 0,8
- (-) - correlação negativa

Figura 68

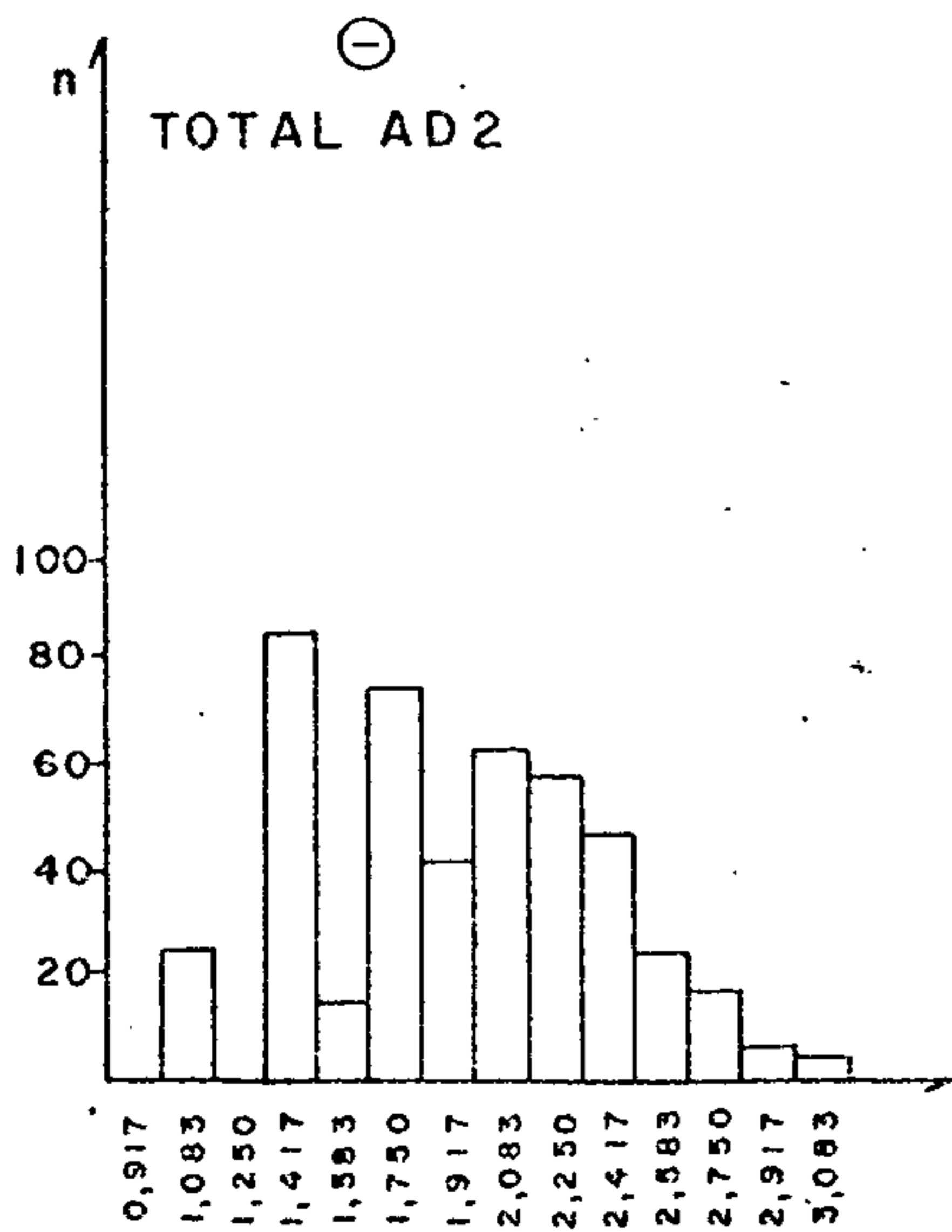
## LANTÂNIO



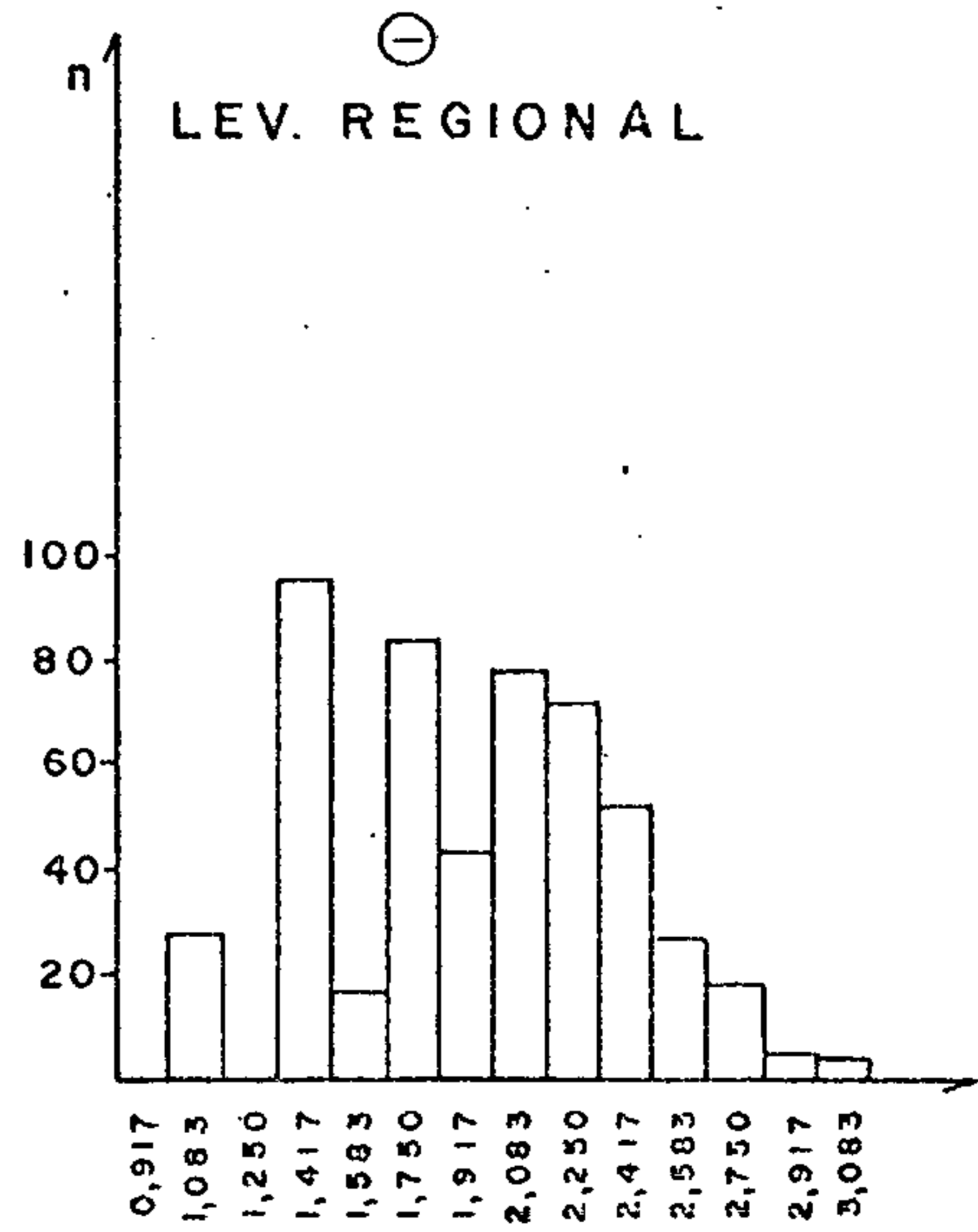
$\bar{x} = 1,855$   
 $s = 0,449$   
 $n = 580$



$\bar{x} = 1,808$   
 $s = 0,386$   
 $n = 107$   
 $L = 2,580$



$\bar{x} = 1,859$   
 $s = 0,461$   
 $n = 462$



$\bar{x} = 1,680$   
 $s = 0,452$   
 $n = 528$

Figura 69 - Histogramas de dados logaritmizados.

## LANTÂNIO

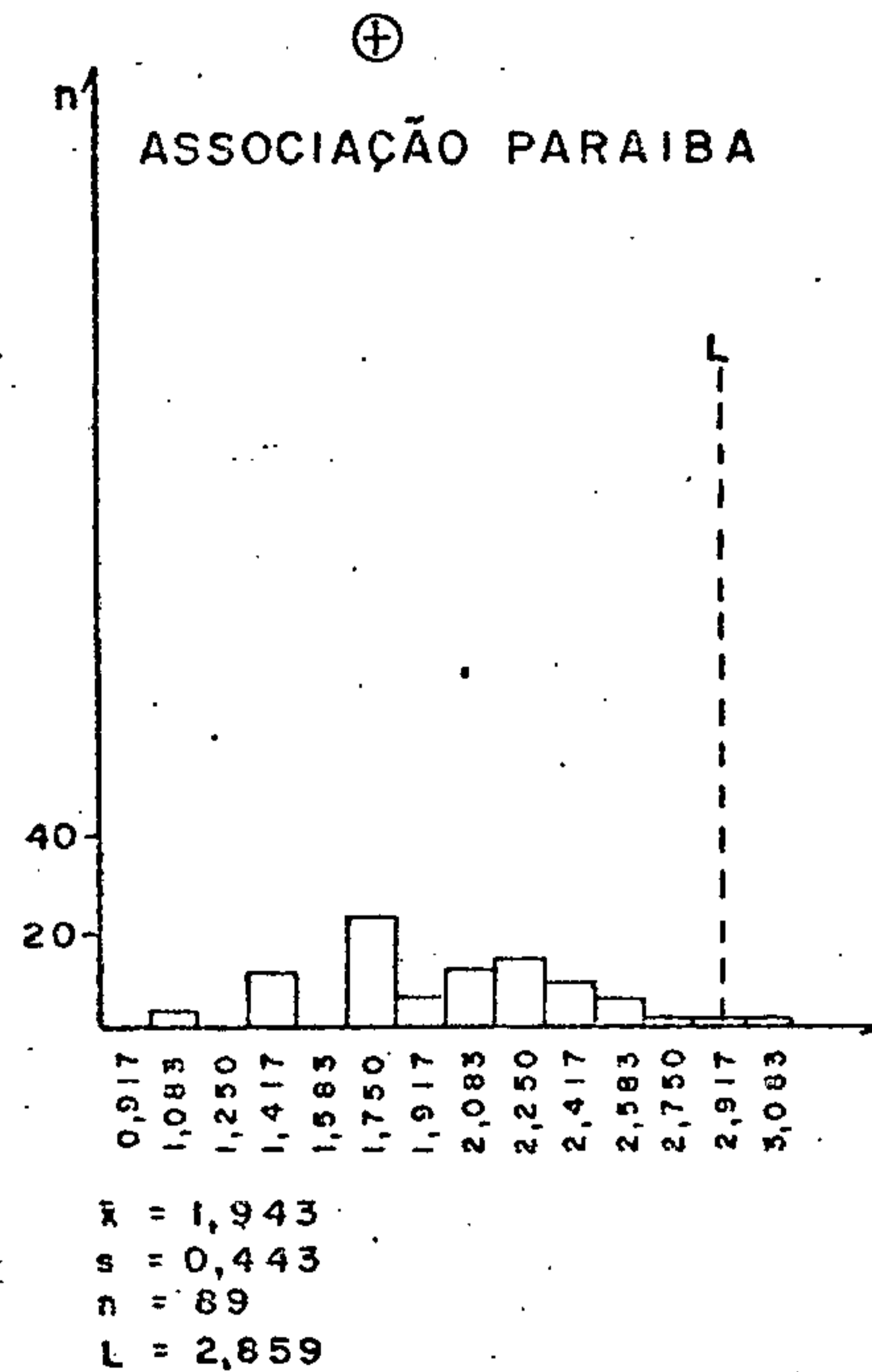
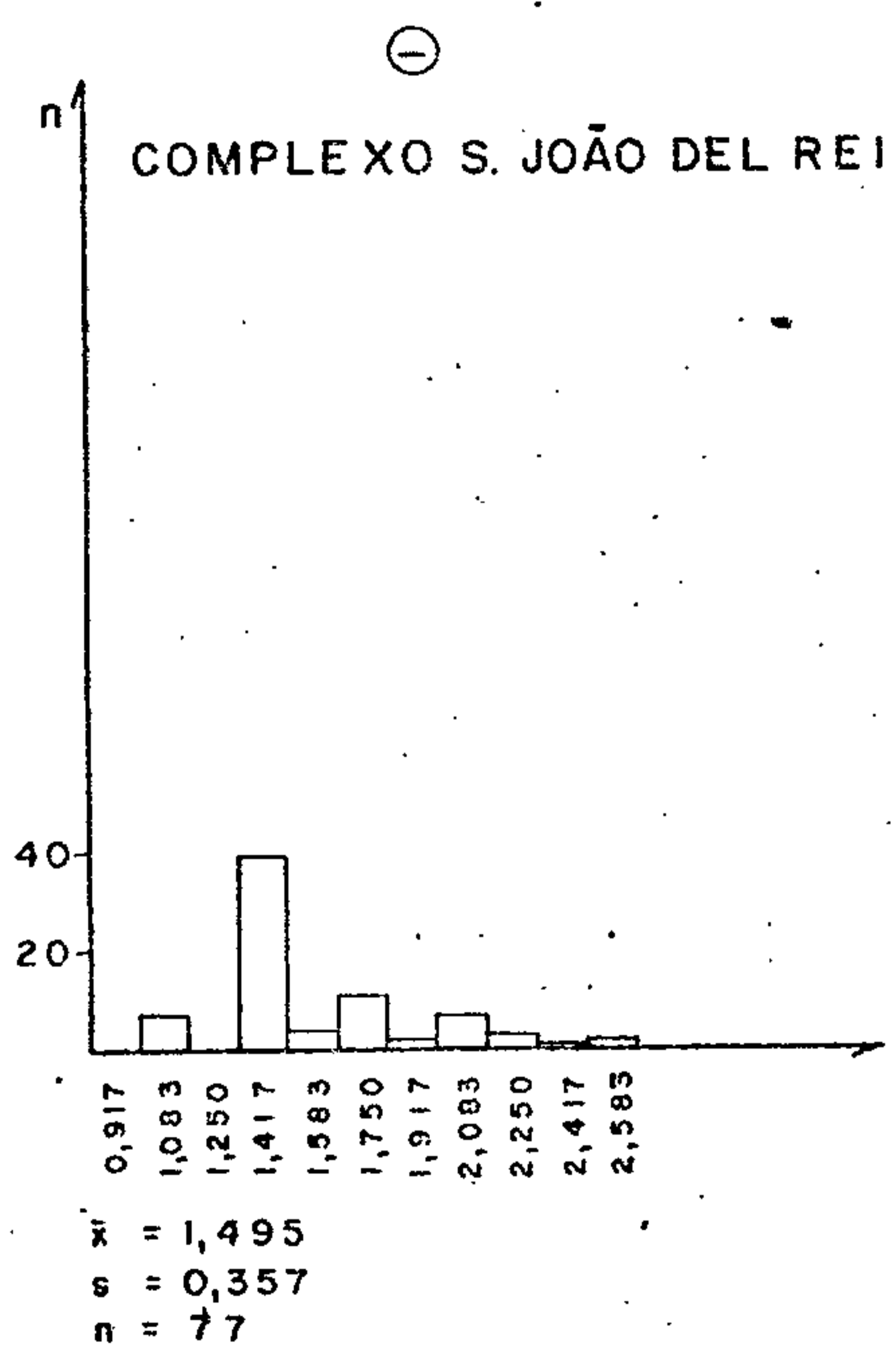
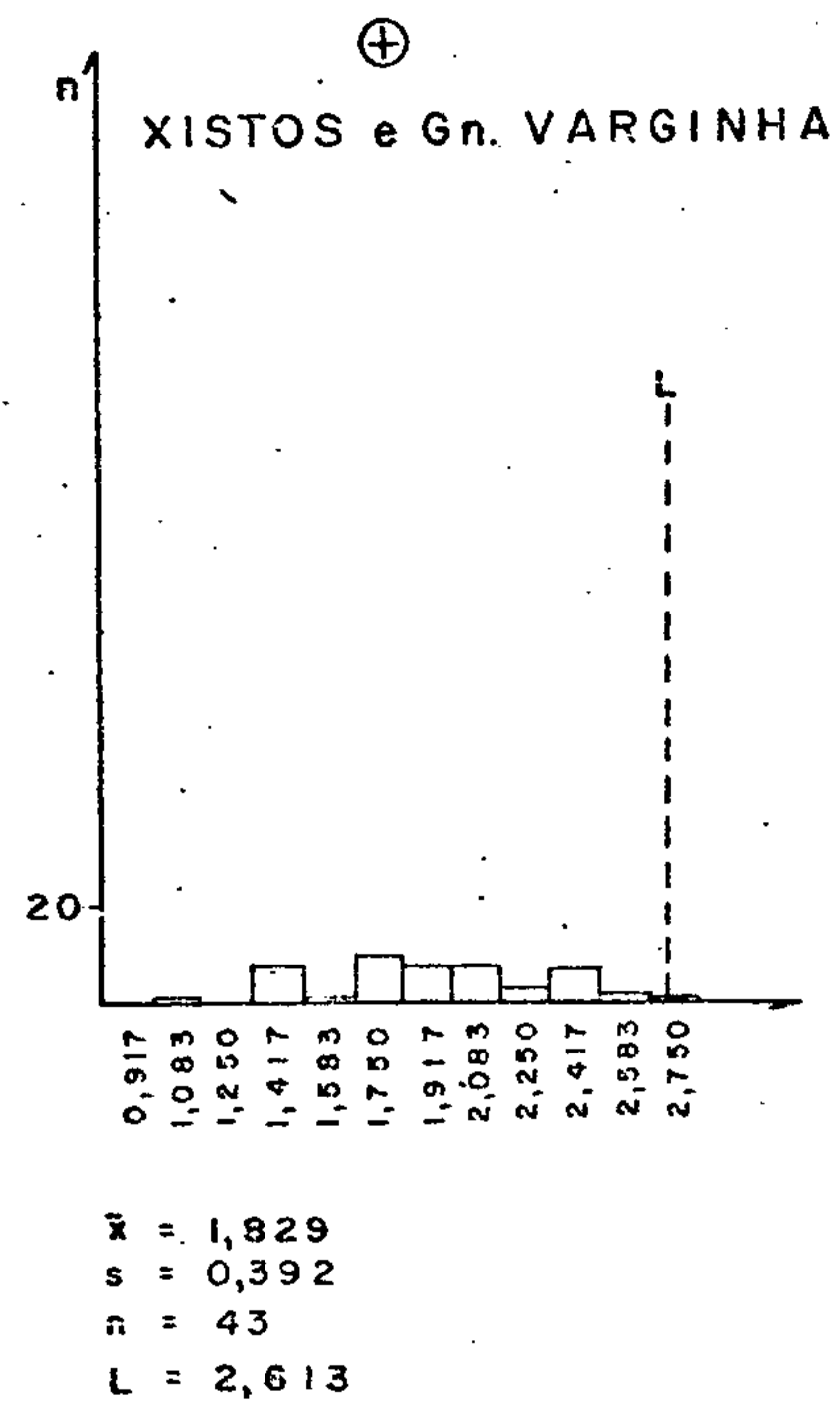
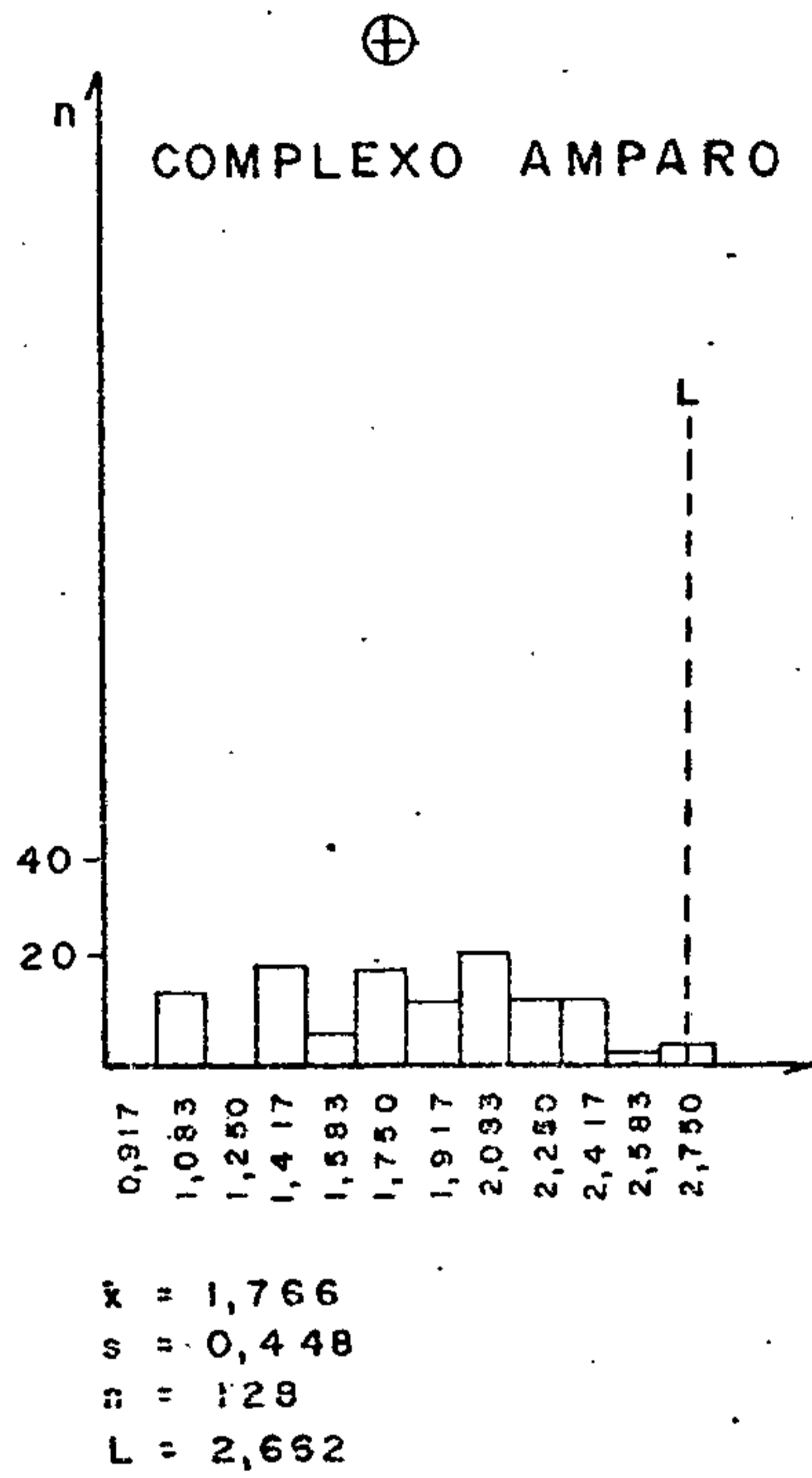


Figura 70 - Histogramas de dados logaritmizados.

## LANTÂNIO

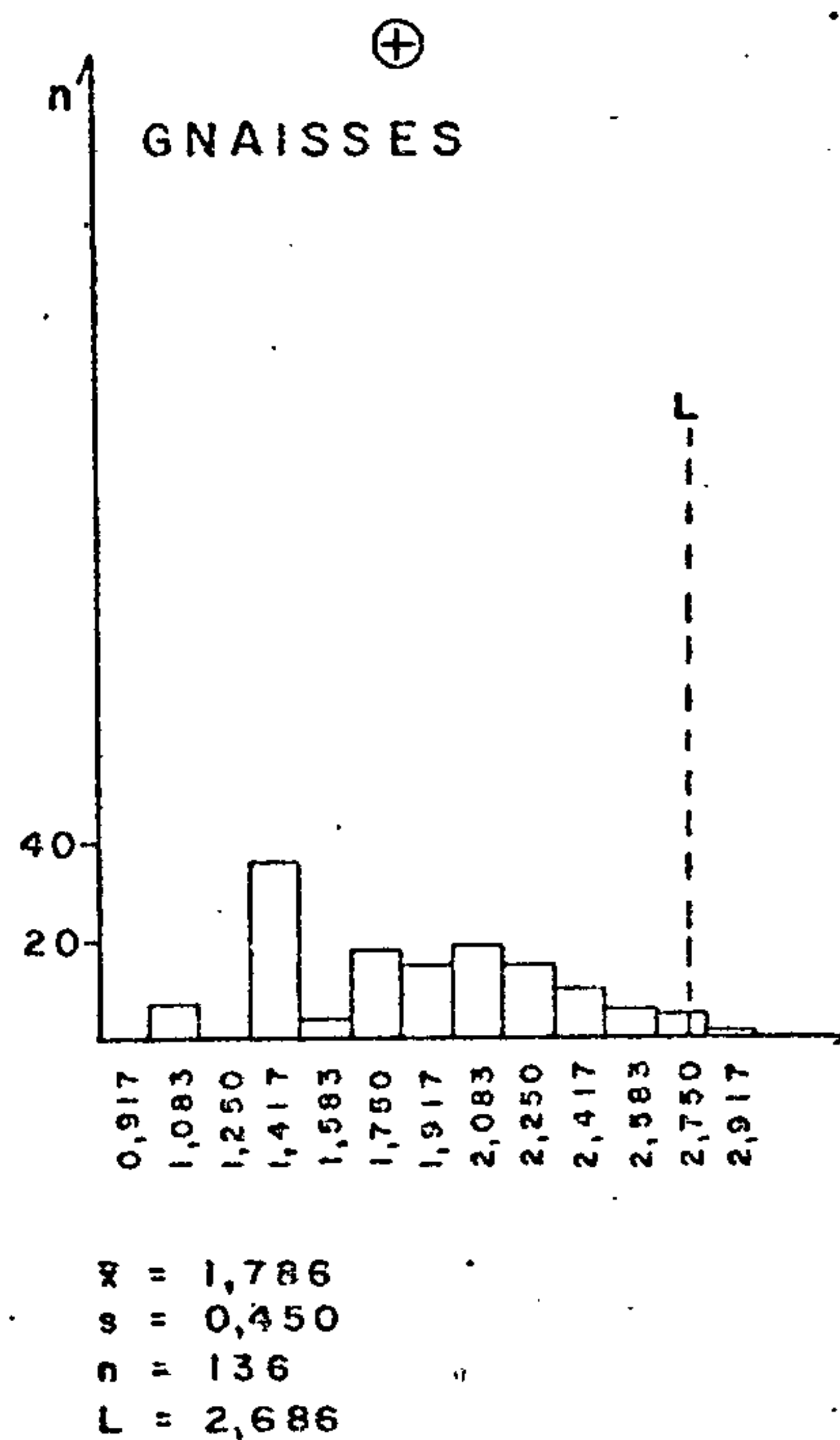
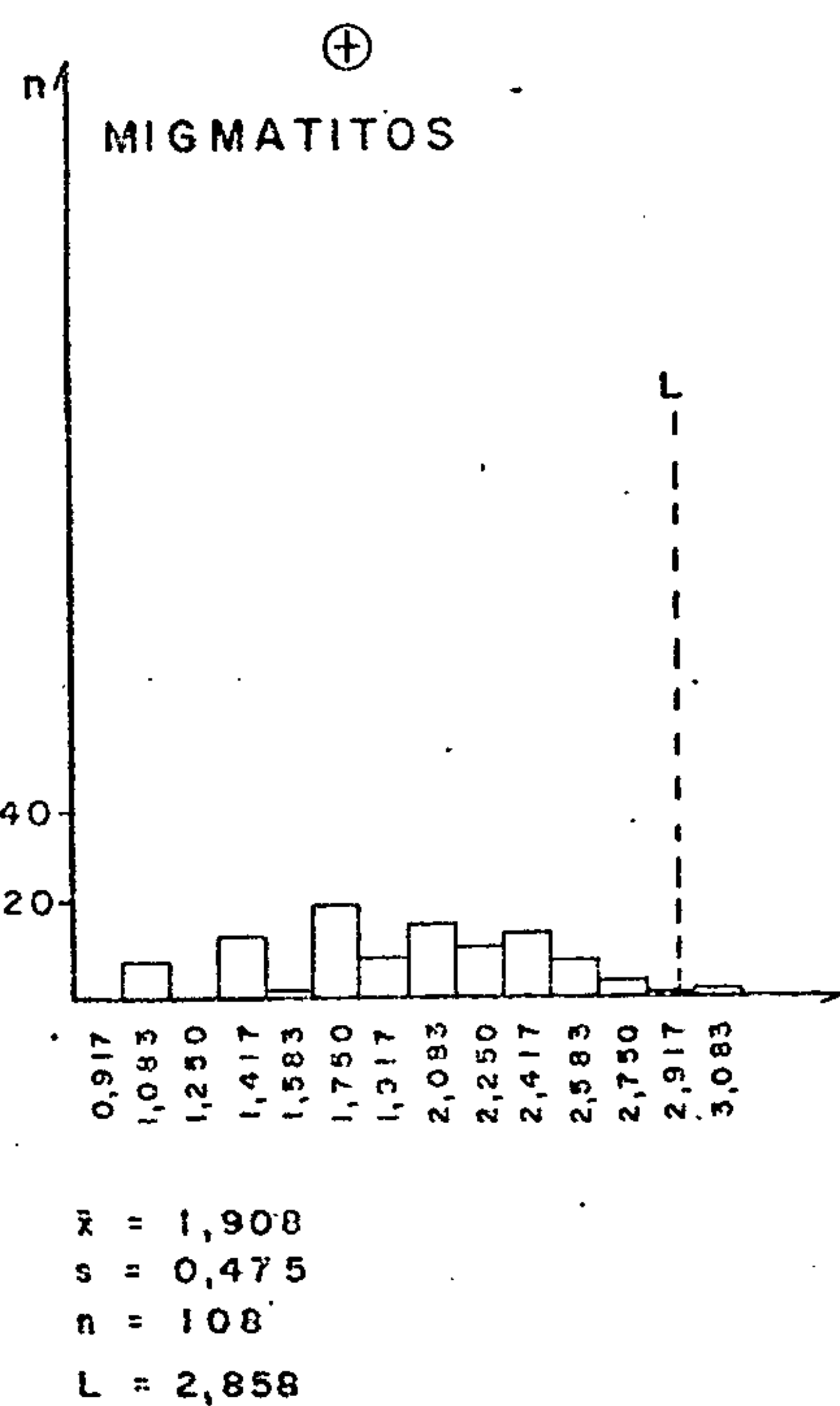
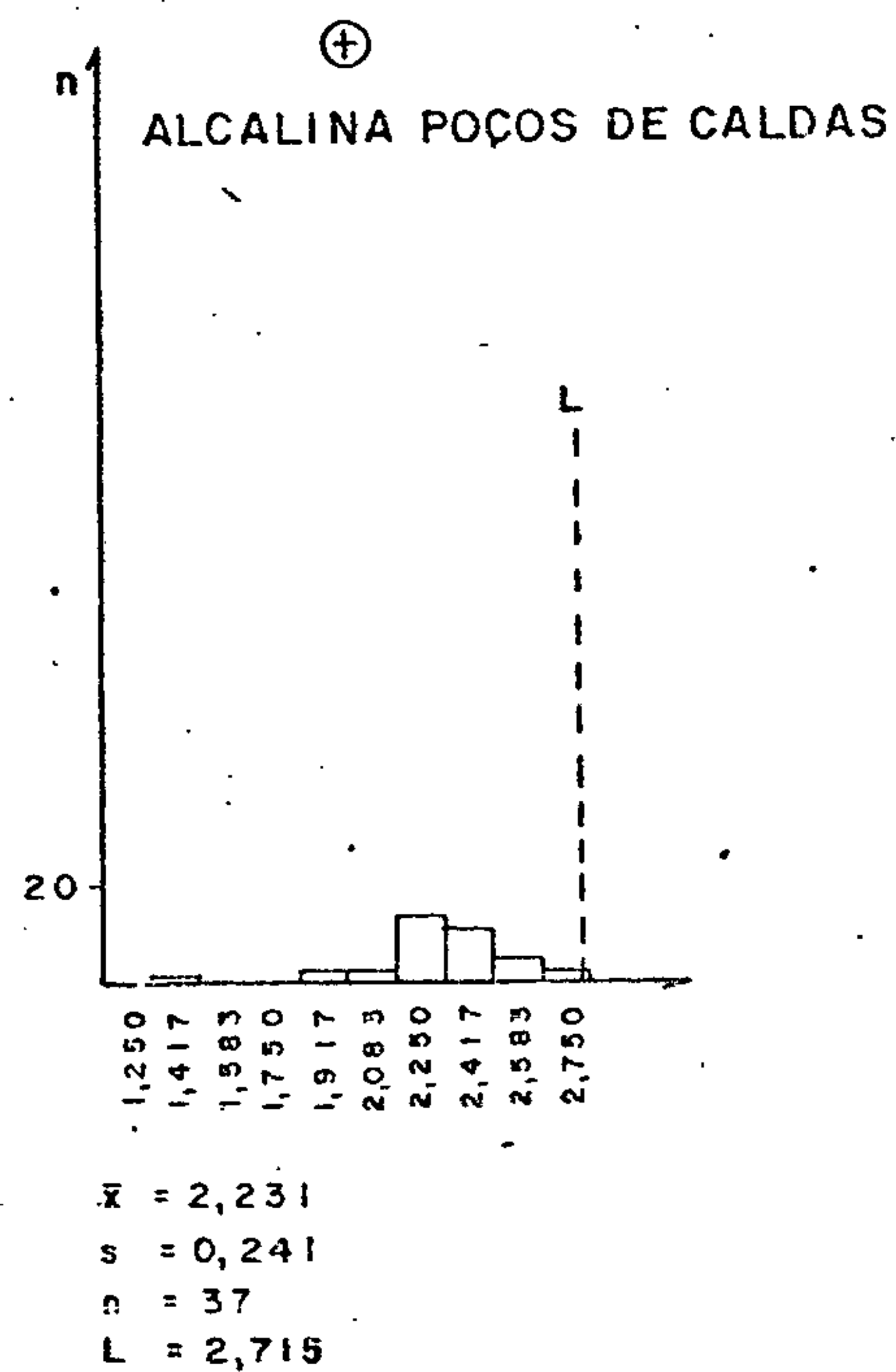
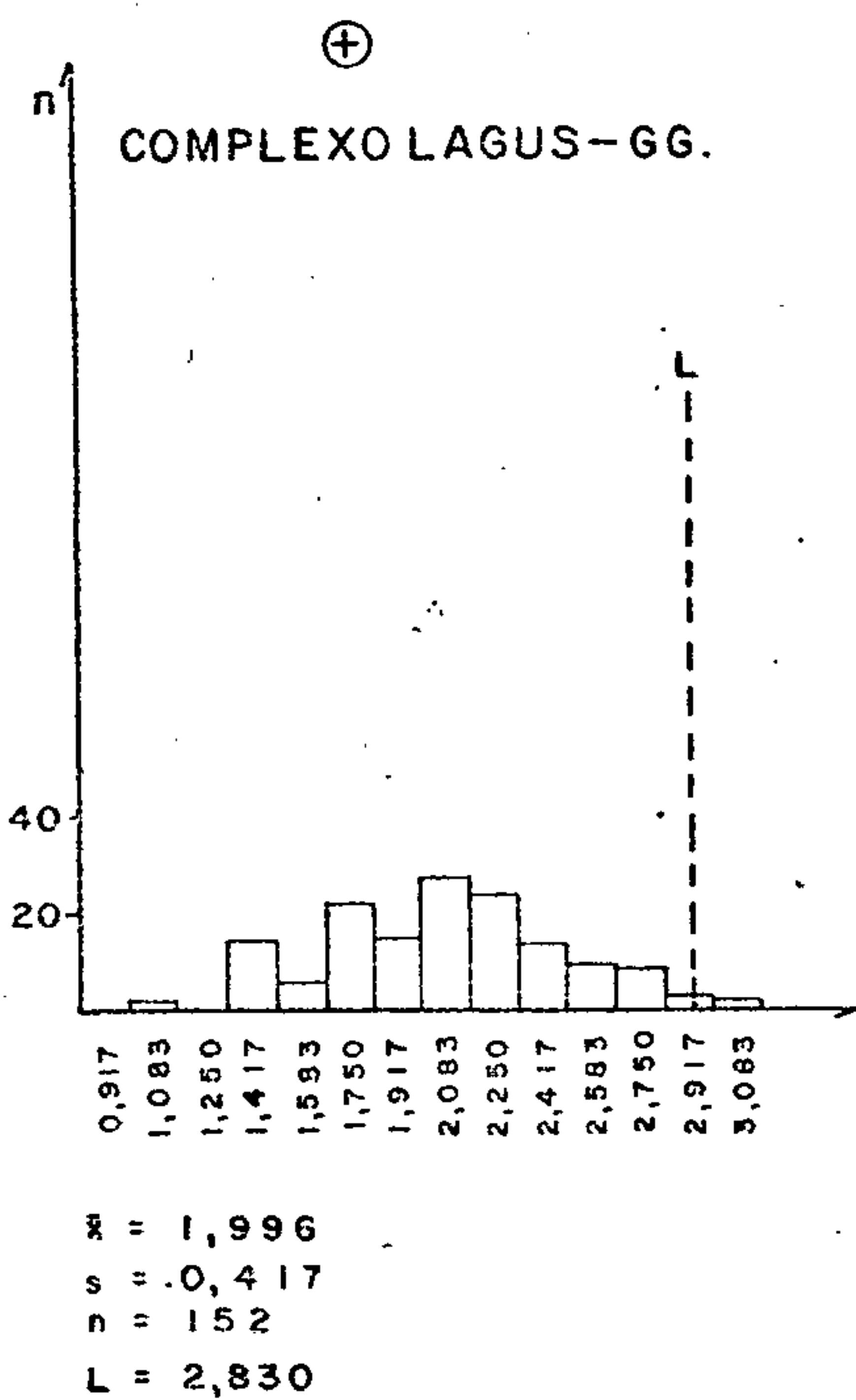


Figura 71 - Histogramas de dados logaritmizados.



### 7.4.13 - Ítrio

#### 7.4.13.1 - Generalidades

Das 597 amostras analisadas, o ítrio foi detectado em 584, tendo os valores oscilado entre 10 ppm e 500 ppm, com média geométrica igual a 30,352 e desvio geométrico de 2,089.

A média geométrica mais elevada foi observada na Alcalina de Poços de Caldas (50,208) com desvio de 1,421, enquanto que a mais baixa (29,525) é a dos Xistos e gnaisses Varginha, com desvio geométrico igual a 1,871 (tabela XIV).

Quanto à dispersão relativa do ítrio, ela foi maior no Complexo São João del Rei, cujo coeficiente de correlação foi de 1,033 e menor na Alcalina de Poços de Caldas, com o coeficiente de correlação atingindo apenas 0,362.

Todas as populações aceitaram os testes de lognormalidade de Kolmogorov-Smirnov, sendo que algumas admitiram também os testes de qui-quadrado. Entre essas últimas estão as populações cujas amostras têm uma área de drenagem menor que 10 km<sup>2</sup>. Dentre as populações geológicas, destaca-se o Complexo Amparo, aceitando tanto na frequência mínima de 1,5, como na de 5,0 amostras por intervalo de classe, o teste supracitado. Já os Xistos e gnaisses Varginha admitem somente com frequência mínima de 5,0 amostras por intervalo de classe, o teste de qui-quadrado. Os testes de assimetria para lognormalidade são aceitos na Alcalina de Poços de Caldas, na Associação Paraíba e nos migmatitos (população litológica), enquanto que os testes de curtose foram admitidos no Complexo São João del Rei, na Associação Paraíba, no Complexo Amparo, na Alcalina de Poços de Caldas e nos migmatitos (figura 72).

Na população total o ítrio se correlacionou com o lantânio, persistindo tal associação em todas as populações geológicas, sendo mais forte em algumas (Associação Paraíba e Complexo LAGUS-GG), do que em outras. Na Alcalina de Po-

ços de Caldas, além do lantânio, o ítrio se correlacionou também com o chumbo (figura 73).

#### 7.4.13.2 - Distribuição na área

O quadro geral da distribuição dos teores de ítrio nos sedimentos de corrente (anexo XII) revela que esse elemento acha-se grandemente concentrado na porção central da área pré-cambriana, em terrenos ocupados por litotipos do Complexo Amparo. Fora dessa região, vamos encontrar agrupamentos menos significativos no âmbito da intrusão alcalina de Poços de Caldas, ao longo de uma faixa NW-SE próxima à Conceição da Aparecida (Complexo Campos Gerais) e a nordeste de Monteiro Lobato (Complexo Piquete).

Nas demais seqüências os teores de ítrio são geralmente baixos e uniformes, sendo, no entanto, maiores (entre 30 ppm e 50 ppm) nos complexos granitóide-migmatíticos do que nas formações epi e mesometamórficas (10 ppm - 30 ppm). Nessas seqüências ocorrem, isoladamente, alguns poucos valores anômalos, sem constituírem, entretanto, zonas com maior significado geológico.

Teores elevados de ítrio (entre 70 ppm e 200 ppm) foram detectados na maioria das amostras coletadas na porção oriental do Complexo Amparo (a leste e nordeste de Pouso Alegre), especialmente ao longo da faixa de contato com o Complexo Varginha. Os termos litológicos aflorantes nessa área são, predominantemente, biotita-hornblenda-gnaisses migmatizados e migmatitos porfiroblásticos (ortognaisses graníticos?), os quais possuem, em quantidades acessórias, diversos minerais que costumam conter ítrio em sua estrutura: zircão, esfeno, apatita, epidoto e alanita.

Por outro lado, o contato entre os Complexos Amparo e Varginha se dá através de faixas cataclásticas que foram palco de intensa atividade hidrotermal-pneumatolítica, materializada na presença de inúmeros pegmatitos, em alguns dos quais foi registrada a existência de samarskita (um nio

bato de ítrio e terras cêricas) em Douradinho (FRAYHA, 1948) e na fazenda Poço das Antas, entre São João da Mata e Espírito Santo do Dourado (PIRES et alii, 1970). FRAYHA (op. cit.) assinala ainda a presença de xenotima (fosfato de ítrio) naquela região, sem no entanto precisar a localização da ocorrência. Tais fatos demonstram que o enriquecimento local do *bedrock* em ítrio, detectado em sedimentos de corrente, está, pelo menos em parte, vinculado à atuação de soluções residuais ricas nesse elemento.

Feições semelhantes estão presentes na zona de contato entre os Complexos Amparo e Lambari, mormente a sul do açude Vidal Dias, onde algumas amostras apresentaram altos teores de ítrio (200 ppm). Nesta região, como na área anterior, o contato entre essas seqüências se dá igualmente através de faixas tectonizadas, que facilitaram o acesso de soluções pneumatólíticas contendo boro, originando inúmeros pegmatitos com turmalina. É possível que os teores elevados de ítrio estejam associados a essa fase pegmatítica, embora deva-se ressaltar que a presença de minerais ítricos nesses pegmatitos ainda não é conhecida e que a área envolvida pelas soluções pneumatólíticas é muito mais extensa do que aquela com altos valores de ítrio.

Nas demais seqüências pré-cambrianas ocorrem algumas áreas com teores de ítrio superiores a 70 ppm (quase sempre associados a valores elevados de lantânio), sendo mais significativas aquelas da Associação Paraíba do Sul e do Complexo Campos Gerais. Na primeira unidade diversas amostras apresentaram teores entre 70 ppm e 200 ppm, concentrando-se principalmente na área a nordeste e leste de Monteiro Lobato, ocupada por gnaisses e migmatitos bandados, por vezes encerrando corpos graníticos e diques de rochas básico-alcalinas e alcalinas. Teores da mesma ordem foram igualmente registrados nas proximidades de Conceição da Aparecida (no âmbito do Complexo Campos Gerais), aqui representado por biotita-gnaisses, metabasitos e gnaisses calcossilicáticos. Ao

contrário da área anterior, essa região não mostrou teores elevados de lantânio.

Os sedimentos de corrente oriundos do maciço alcalino de Poços de Caldas revelaram teores entre 30 ppm e 100 ppm Y, algo mais elevados do que os presentes na faixa de contato com as formações encaixantes (entre 30 ppm e 50 ppm Y). No interior da intrusão, os valores mais altos foram detectados no domínio dos hidrotermalitos "potássicos" (100 ppm Y), sugerindo que os processos hidrotermais que atuaram sobre as rochas alcalinas levaram a uma concentração desse elemento. Tal hipótese é comprovada pela presença de ítrio, em teores de até 0,5%, no minério de tório e terras raras do morro do Ferro (WEDOW Jr., 1967), resultante da atuação desses processos tardios durante a formação do maciço. Em corpos alcalinos com composição agpaítica (semelhantes ao de Poços de Caldas), o ítrio se faz presente principalmente nos minerais de zircônio (eudialita e zircão) ou de terras raras (bastnaesita e cerianita), os dois primeiros amplamente distribuídos pelo maciço, e os dois últimos identificados no morro do Ferro. GUIMARÃES & DUTRA (1962) encontraram um teor médio ao redor de 100 ppm Y nas rochas dessa intrusão, bastante compatíveis com os detectados nos sedimentos de corrente durante o presente estudo.



CPRM

## TABELA XIV — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — ÍTRIO

### ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	5	500	30,352	2,089	0,849	584:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	5	200	27,821	2,043	0,816	106:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	5	500	30,871	2,100	0,857	467:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	5	500	31,191	2,073	0,837	534:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	5	500	30,410	2,212	0,937	129:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	LOGNORMAL	10	200	29,525	1,871	0,693	43:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	5	300	24,695	2,345	1,033	81:87
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	LOGNORMAL	5	200	32,573	2,048	0,820	89:90
COMPLEXO LAGUS-GO	LOGNORMAL	10	500	31,915	1,902	0,716	153:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	30	100	50,208	1,421	0,362	37:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	5	200	31,288	2,194	0,924	109:111
GNAISSES	LOGNORMAL	5	500	32,053	2,229	0,950	136:139

OBS: - Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.  
- Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

### LOGARÍTMOS

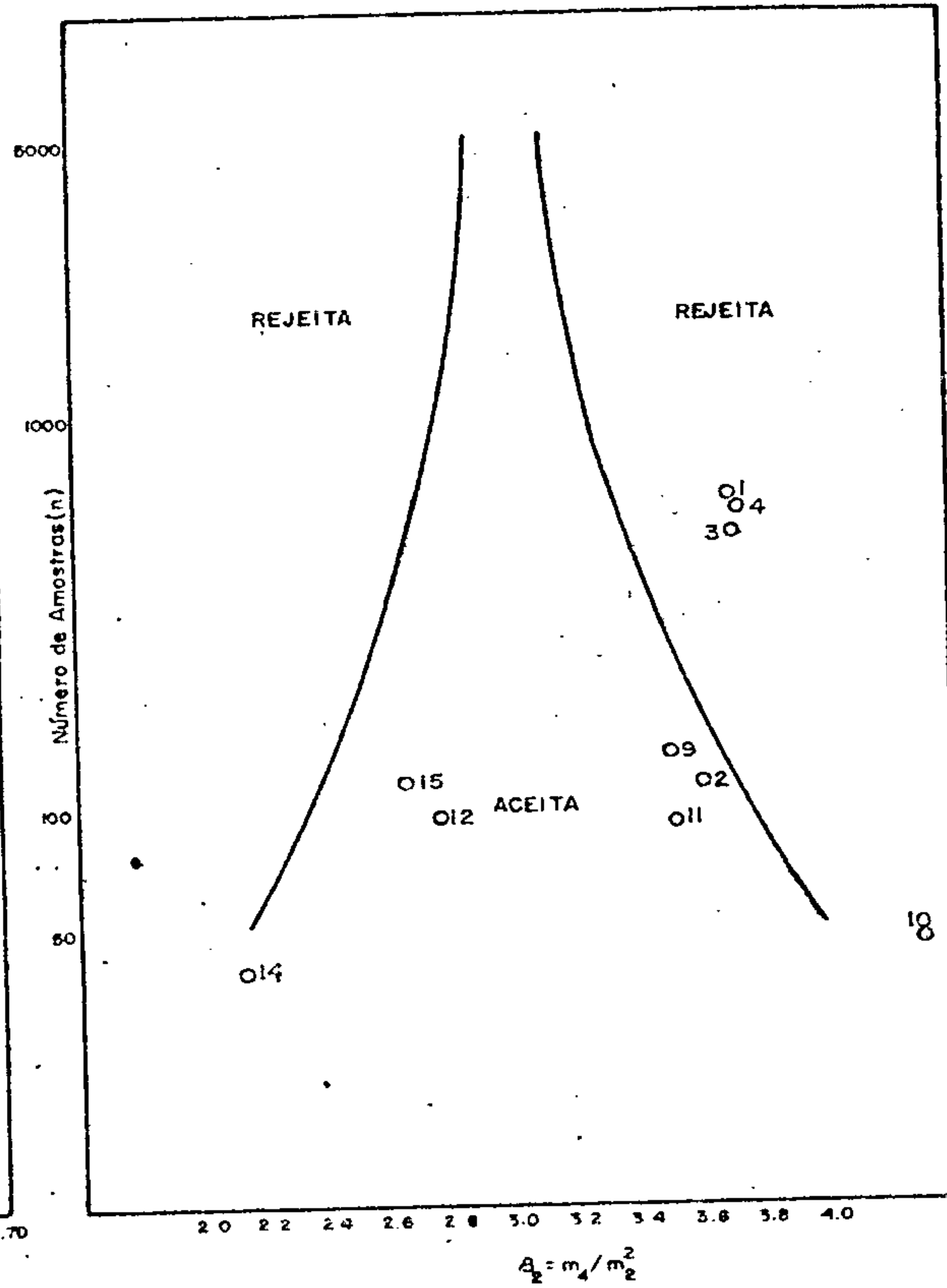
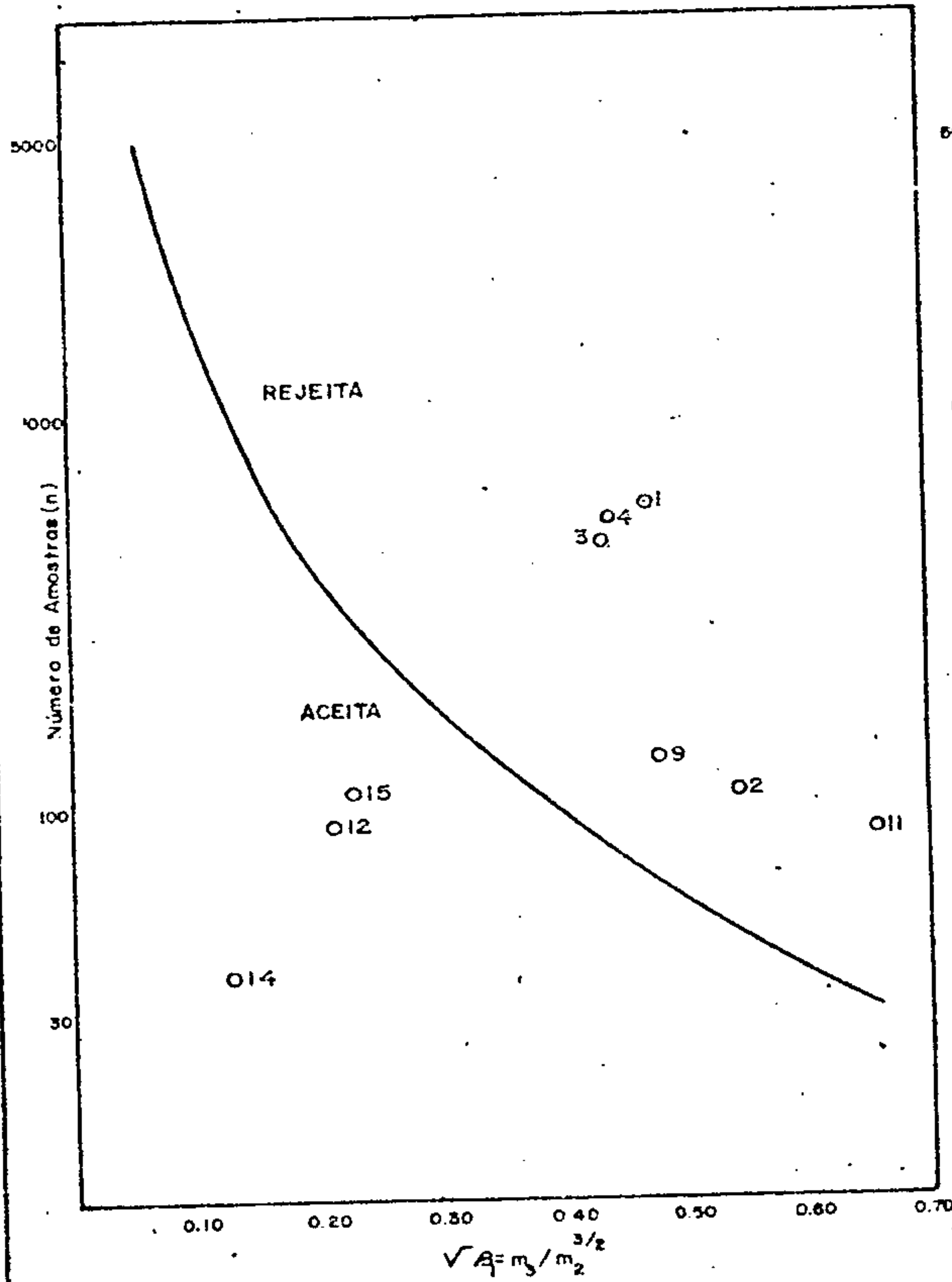
POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO
TOTAL	595	0,583	2,750	2,167	1,482	0,320	0,216
TOTAL AD1	108	0,583	2,417	1,833	1,444	0,310	0,215
TOTAL AD2	476	0,583	2,750	2,167	1,490	0,322	0,216
LEVANTAMENTO REGIONAL	543	0,583	2,750	2,167	1,494	0,317	0,212
COMPLEXO AMPARO	132	0,583	2,750	2,167	1,483	0,345	0,232
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	43	0,917	2,417	1,500	1,470	0,272	0,185
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	86	0,583	2,583	2,000	1,393	0,370	0,266
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	90	0,583	2,417	1,833	1,513	0,311	0,206
COMPLEXO LAGUS-GO	153	0,917	2,750	1,833	1,504	0,274	0,186
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	37	1,417	2,083	0,667	1,701	0,153	0,090
MIGMATITOS	111	0,583	2,417	1,833	1,495	0,341	0,228
GNAISSES	139	0,583	2,750	2,167	1,506	0,348	0,231

J.C.O.

## TESTES DE DISTRIBUIÇÃO ÍTRIO

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV				QUI-QUADRADO			
				5%		1%		F MÍN. 1,5		F MÍN. 50	
				5%	1%	5%	1%	5%	1%		
1	TOTAL	0,478	3,709	-	+	-	-	-	-		
2	TOTAL AD1	0,550	3,603	+	+	+	+	-	+		
3	TOTAL AD2	0,440	3,739	+	+	-	-	-	-		
4	LEV. REGIONAL	0,445	3,751	+	+	-	-	-	-		
9	COMPLEXO AMPARO	0,487	3,513	+	+	+	+	+	+		
10	XISTOS e Gn. VARGINHA	1,112*	4,345	+	+	-	-	+	+		
11	COMPLEXO S. JOÃO DEL REI	0,665	3,534	+	+	-	-	-	+		
12	ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	0,211	2,774	+	+	-	-	-	-		
13	COMPLEXO LAGUS-GG	0,978	5,345*	+	+	-	-	-	-		
14	ALCALINA POÇOS DE CALDAS	-0,129	2,136	+	+	+	+	insufic.			
15	MIGMATITOS	0,229	2,648	+	+	+	+	+	+		
16	GNAISSES	0,776	4,442*	+	+	-	-	-	-		

+ Aceita a hipótese nula

- Rejeita a hipótese nula

X Rejeitadas: o ponto cai além dos limites do quadro

Figura 72 — Testes de distribuição do elemento Y: assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado; nas diversas populações.

### ÍTRIO

#### MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOS E GN VARGINHA		COMPLEXO S J DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-GG		ALCALINA P DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	Y	n	Y	n	Y	n	Y	n	Y	n	Y	n	Y	n	Y	n	Y	
Fe	584		129		43		81		89		153	○	37		109		136		Fe
Mg	579		126	(-)	43		81	(-)	89	(-)	151		37		109	(-)	133		Mg
Ca	480	(-)	107	(-)	29	(-)	68	(-)	79	(-)	131		22		96	(-)	114		Ca
Ti	355		87		21		58		73		63		22	○	82		82		Ti
Mn	581		129		43		81		89		153		34		109		136		Mn
B	346		90		25		65	(-)	49		76		15	(-)	61	(-)	84		B
Ba	582		129		43	○	81	(-)	89		152		37	○	109		136		Ba
Be	112	○	15		2	*	3	*	30		18	○	26	●	23		11		Be
Co	556		118	(-)	42		81		84		150		31	(-)	104		132	(-)	Co
Cr	582	(-)	129	(-)	43	(-)	81		87	(-)	153	(-)	37		108	(-)	136		Cr
Cu	520	(-)	113		43		81		71		134	(-)	27		97		130	(-)	Cu
La	546	●	113	○	41	●	67	●	86	●	150	●	37	●	100	●	127	●	La
Ni	563	(-)	125		43	(-)	81		85		148	(-)	29	(-)	107		135	(-)	Ni
Pb	542		117		36	○	70		87		148		37	●	105		122		Pb
Sc	487		100		42	○	81		70		122		26		90		117		Sc
Sr	159		21	○	1	*	8	*	36	(-)	45	(-)	29		27	(-)	22		Sr
V	581		128		43	(-)	81		87		153		37	○	108		135		V
Y		●		●		●		●		●		●		●		●		●	Y
Zr	348		84		32	(-)	47		63		71		18	(-)	70		86		Zr

#### LEGENDA

- n - nº de amostras que entraram no cálculo
- \* - insuficiência de valores definidos
- - < 0,3
- - 0,3 a 0,4
- - 0,4 a 0,5
- - 0,5 a 0,6
- - 0,6 a 0,7
- - 0,7 a 0,8
- - > 0,8
- (-) - correlação negativa

Figura 73

# ÍTRIO

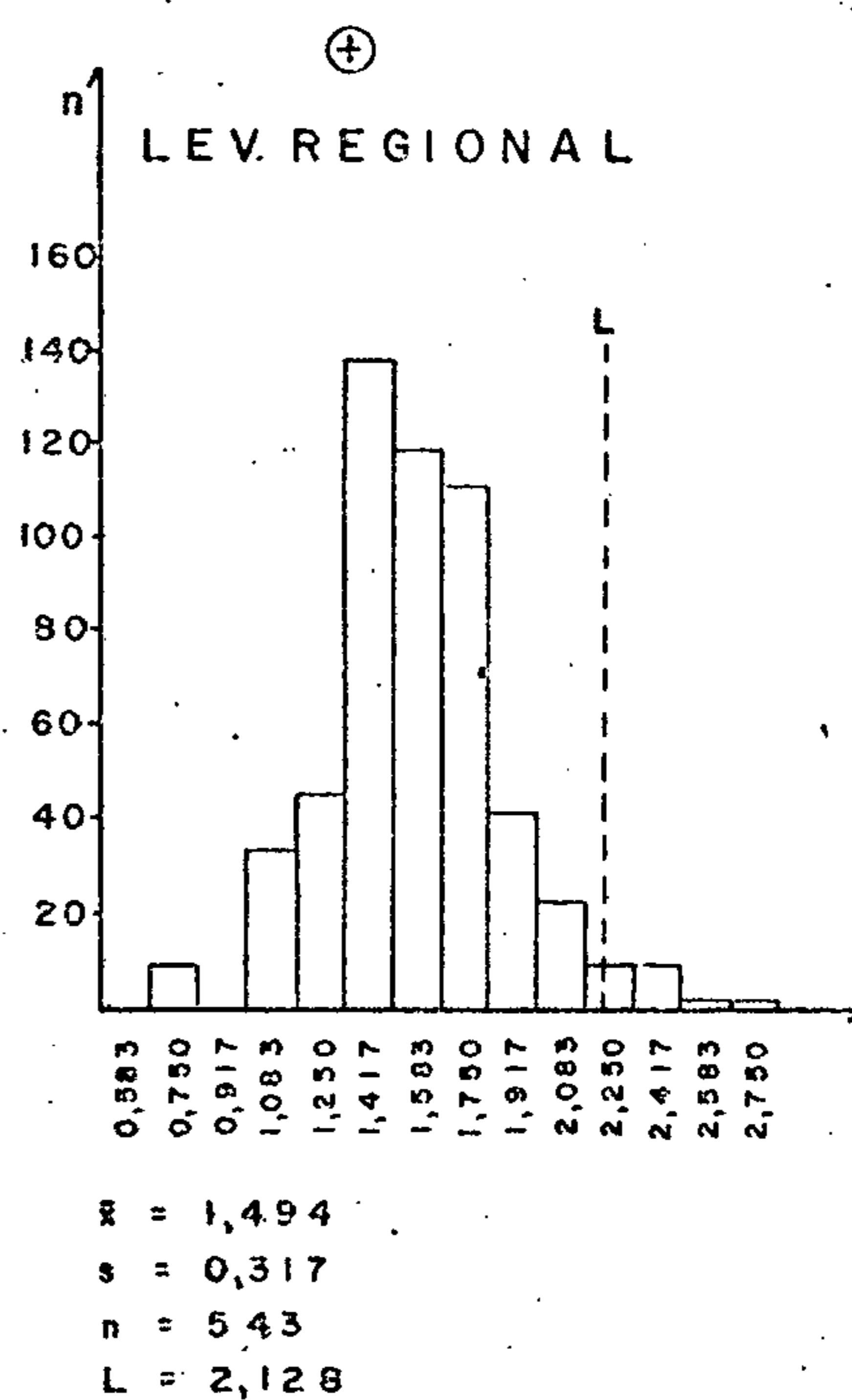
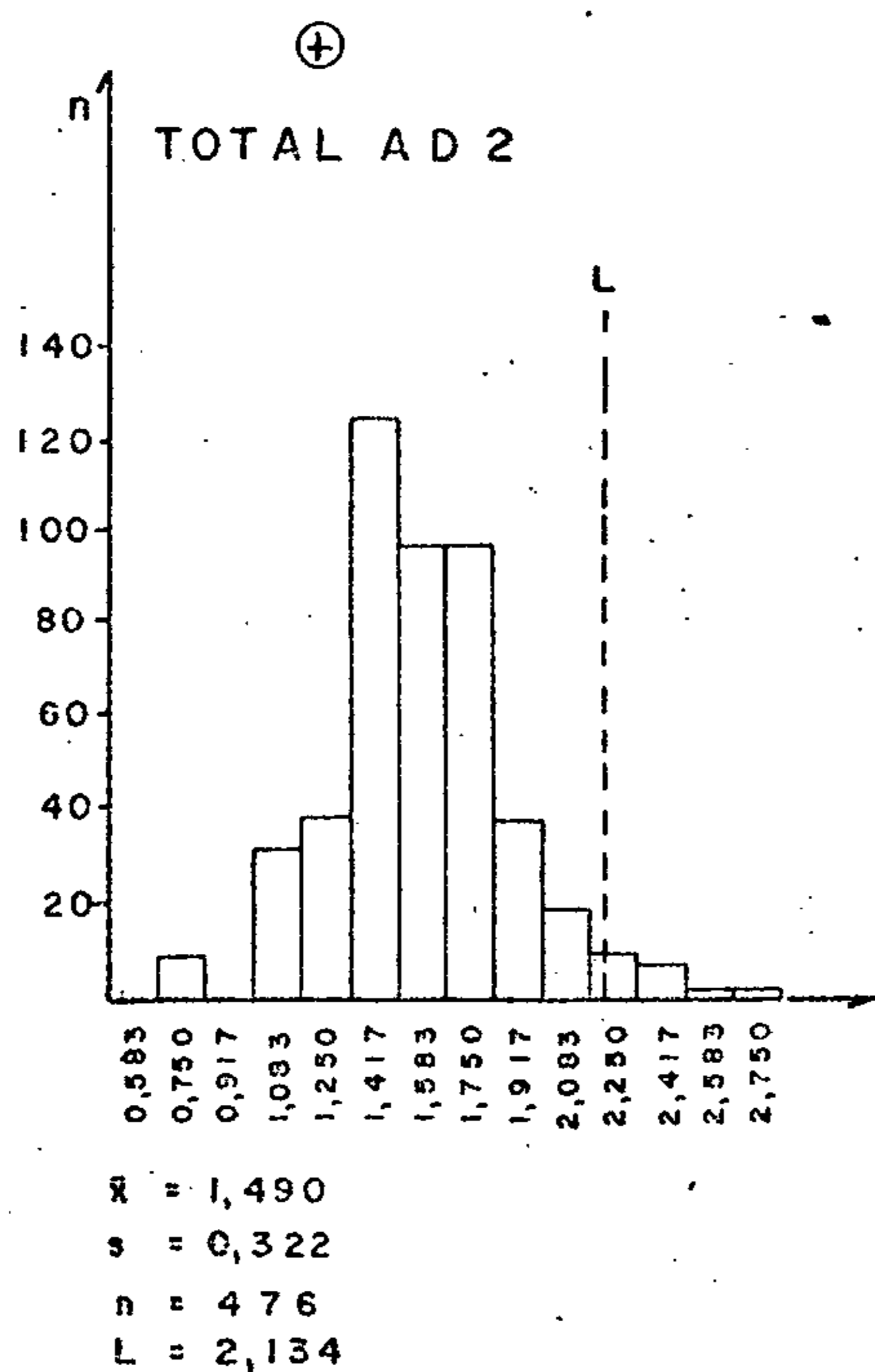
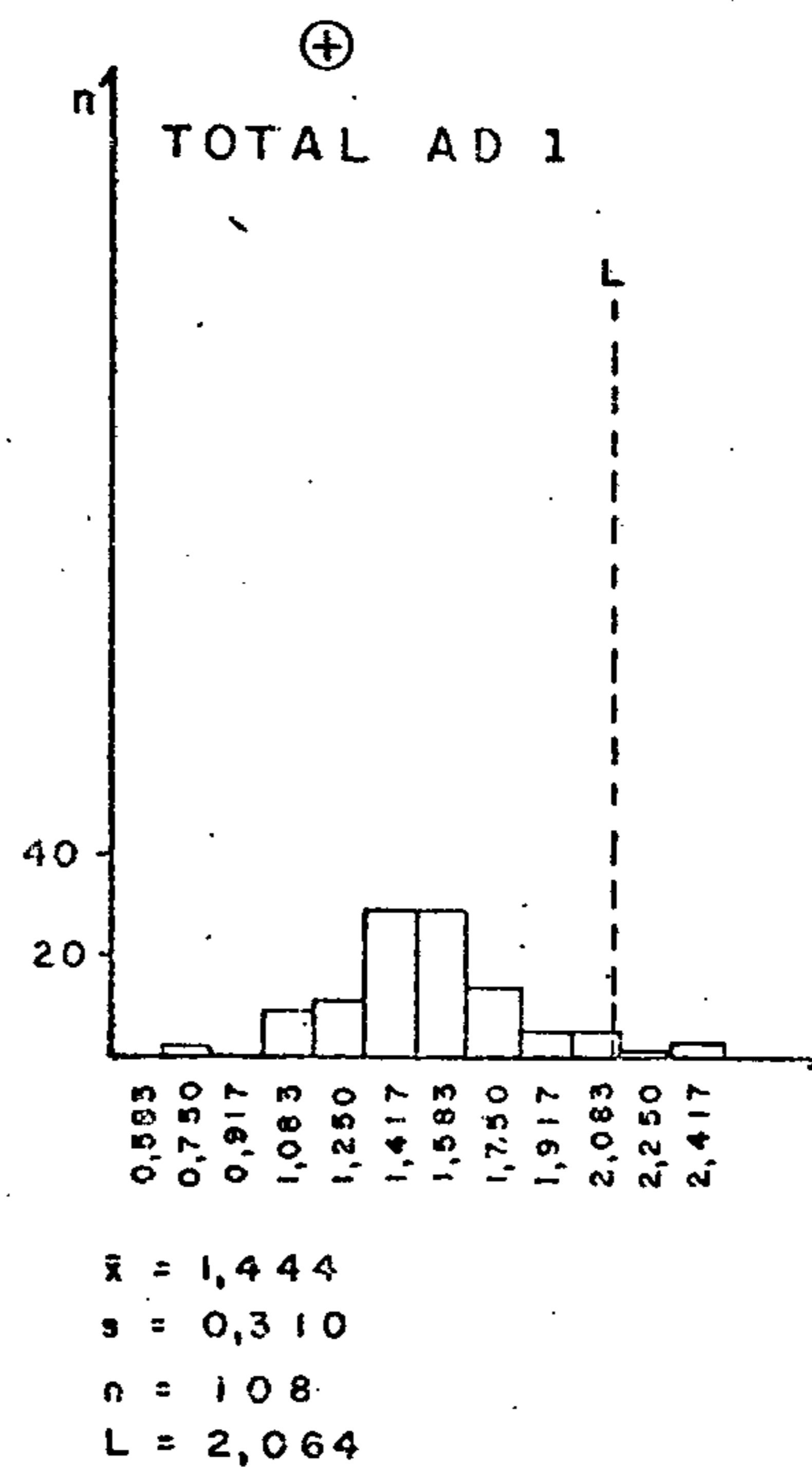
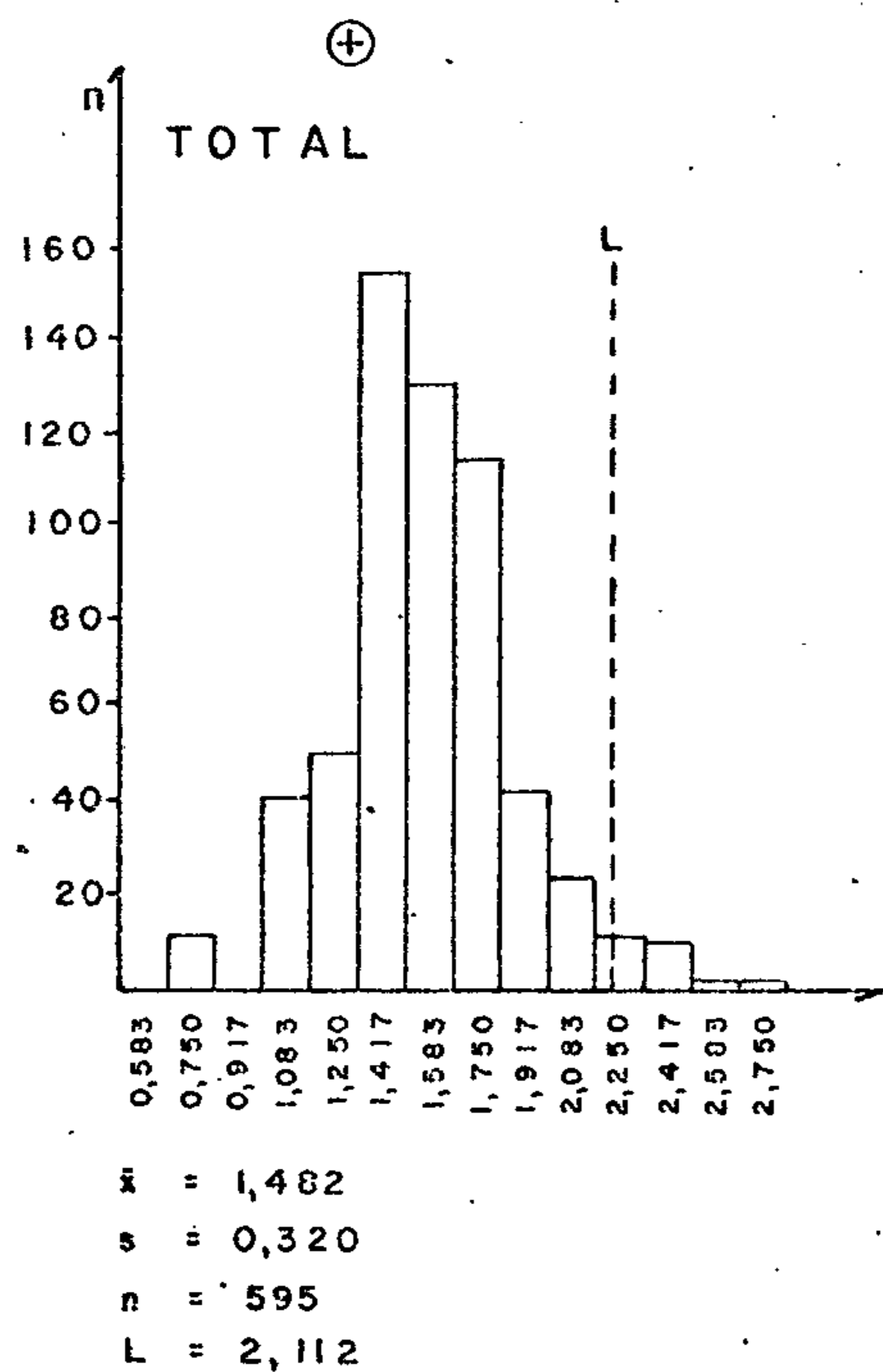


Figura 74 - Histogramas de dados logaritmizados.



## ÍTRIO

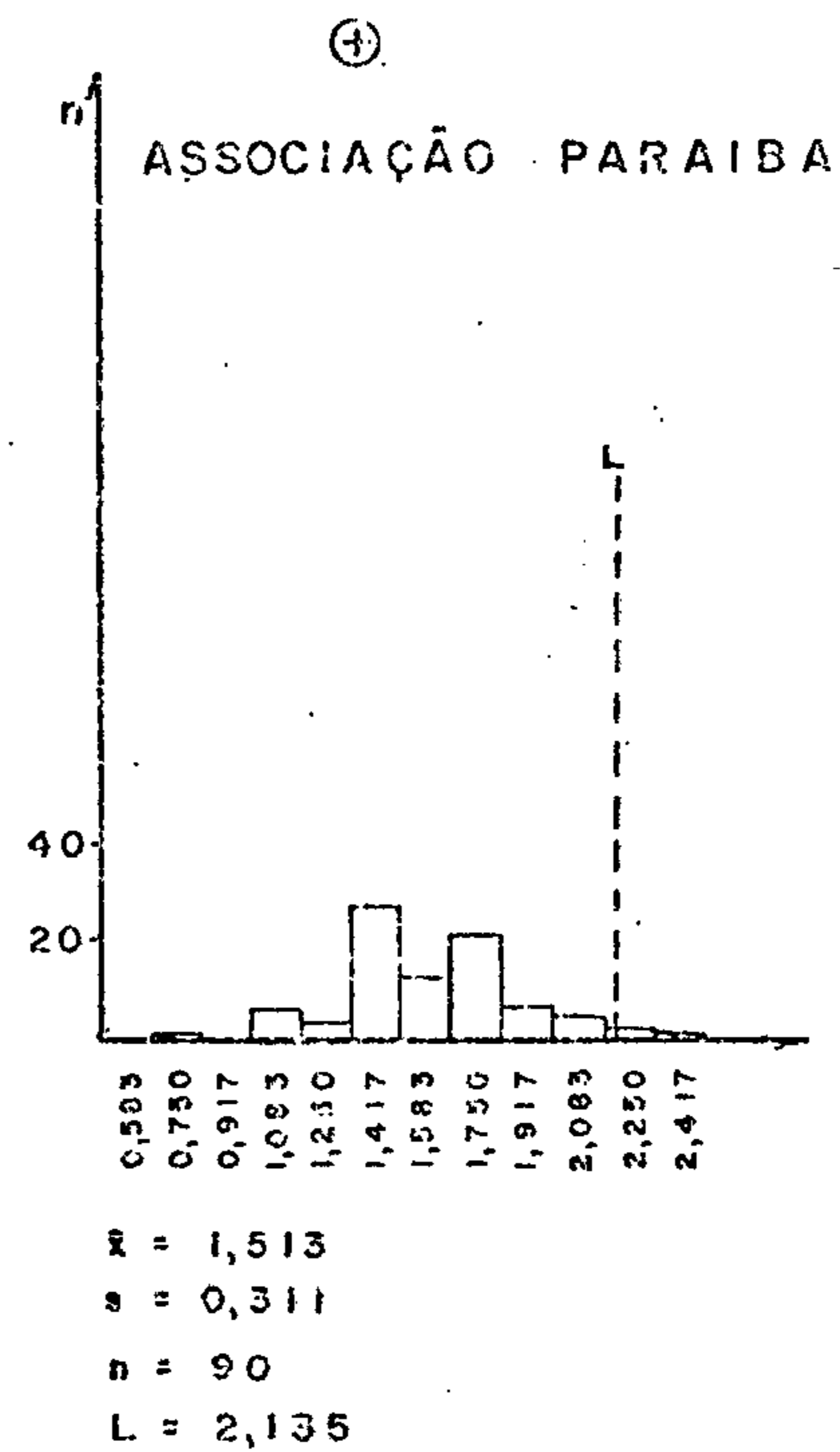
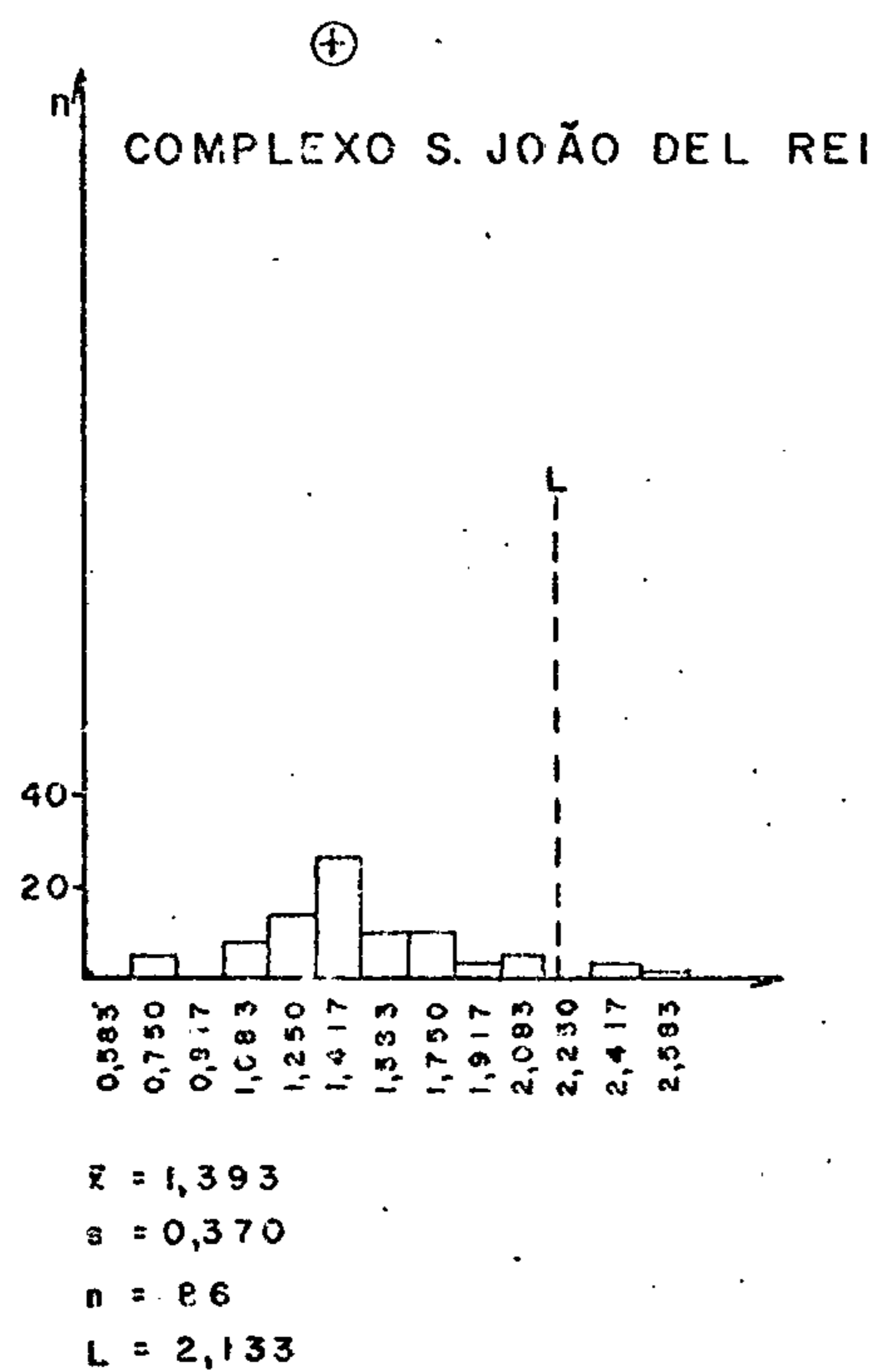
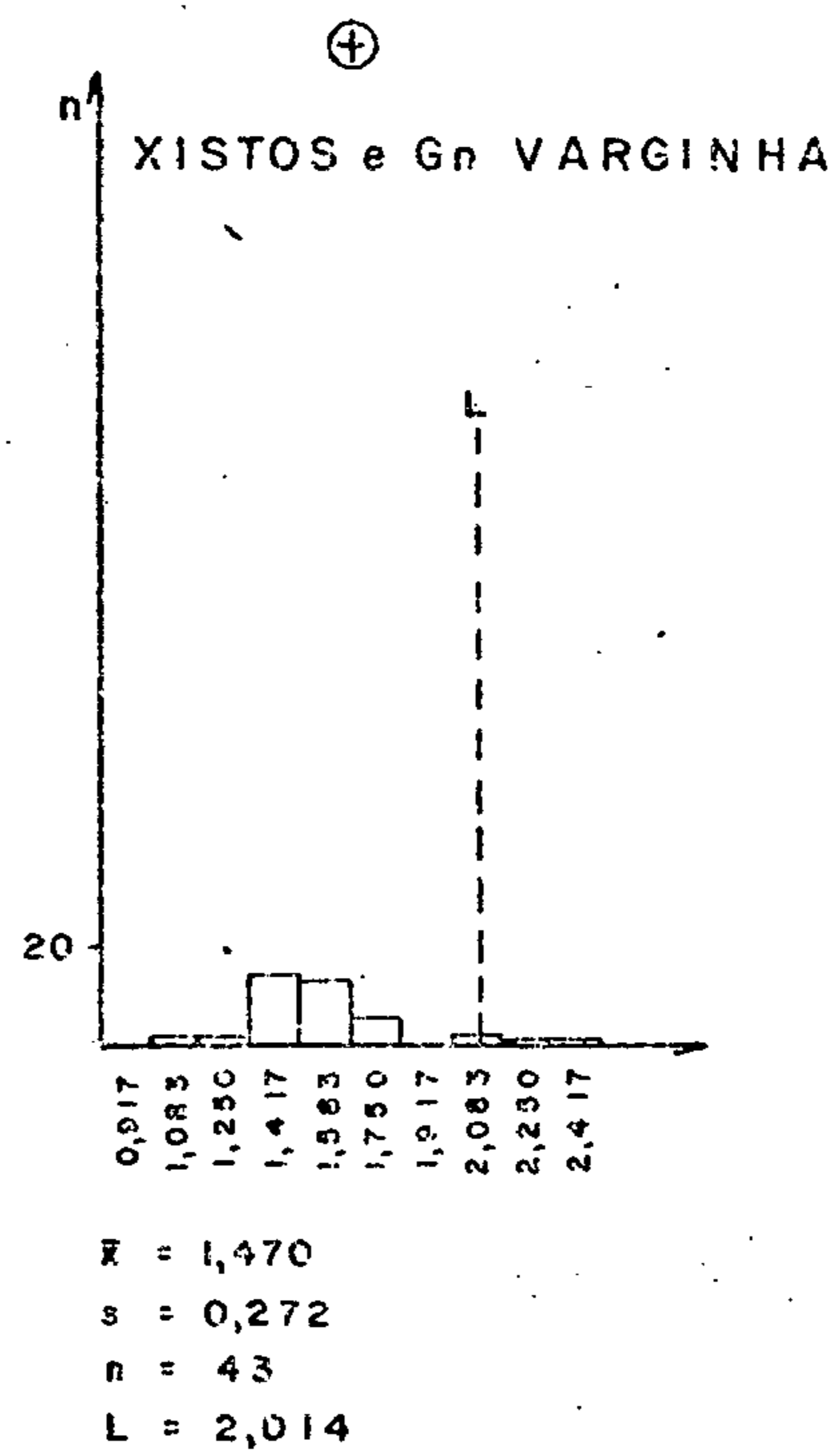
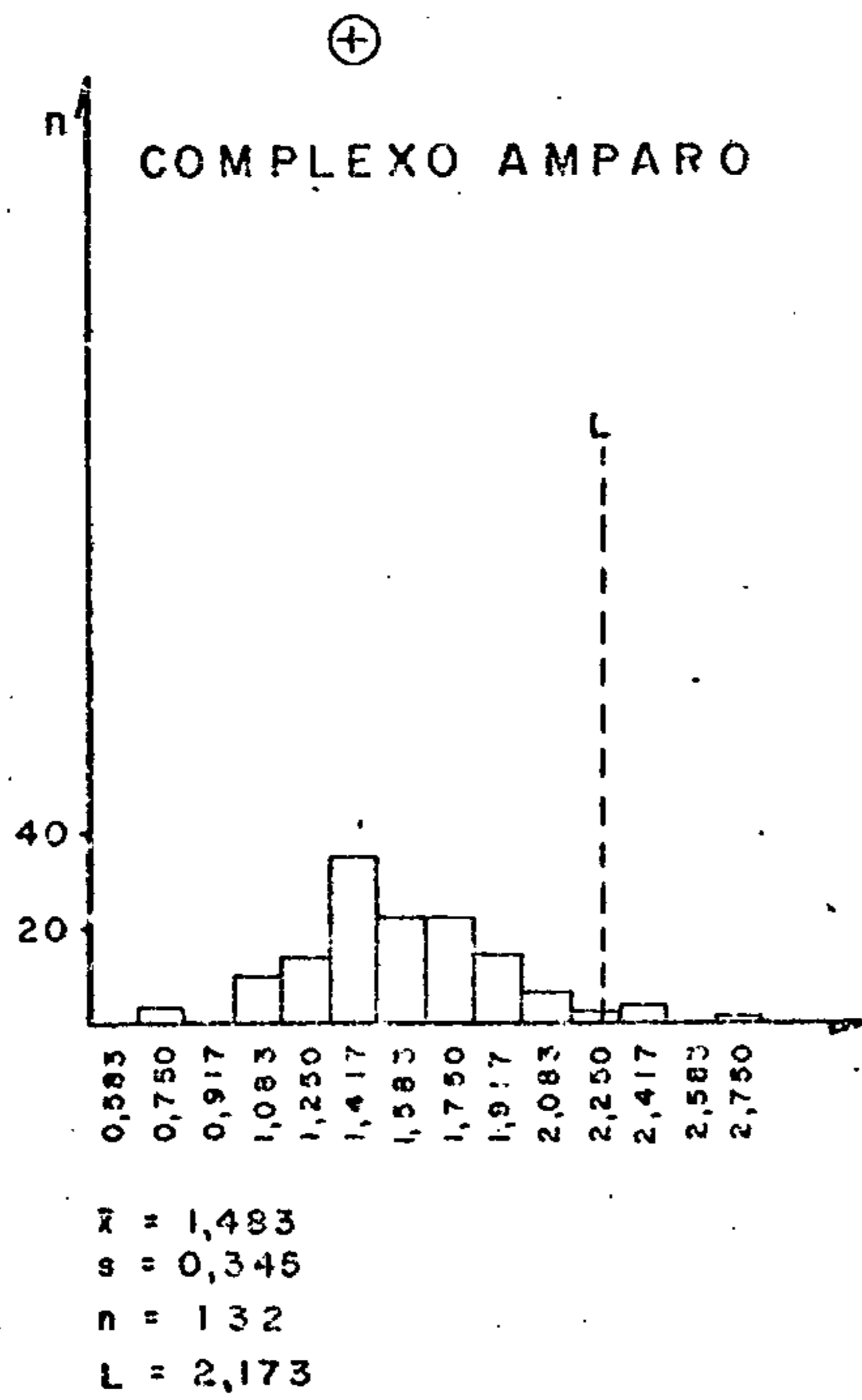
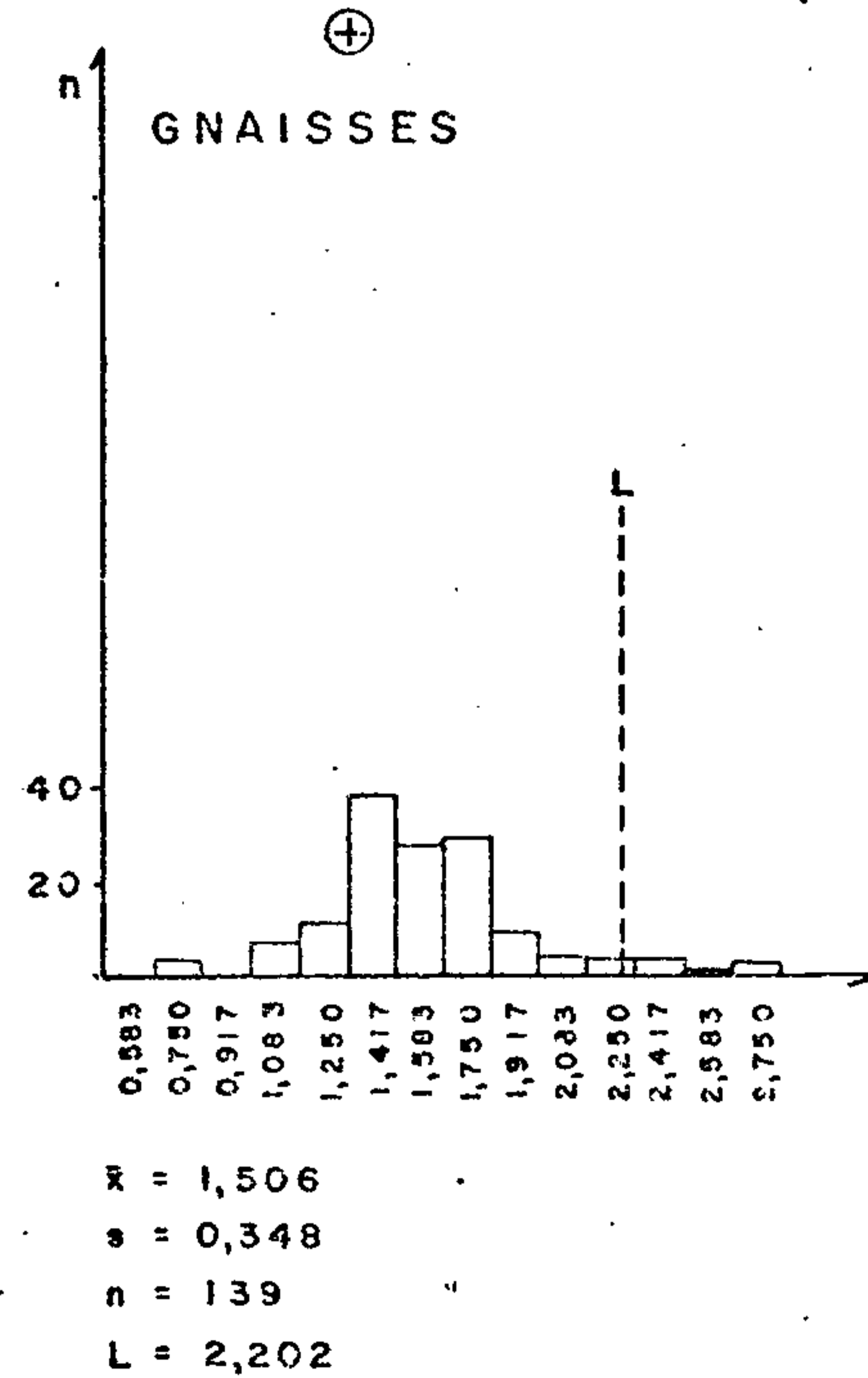
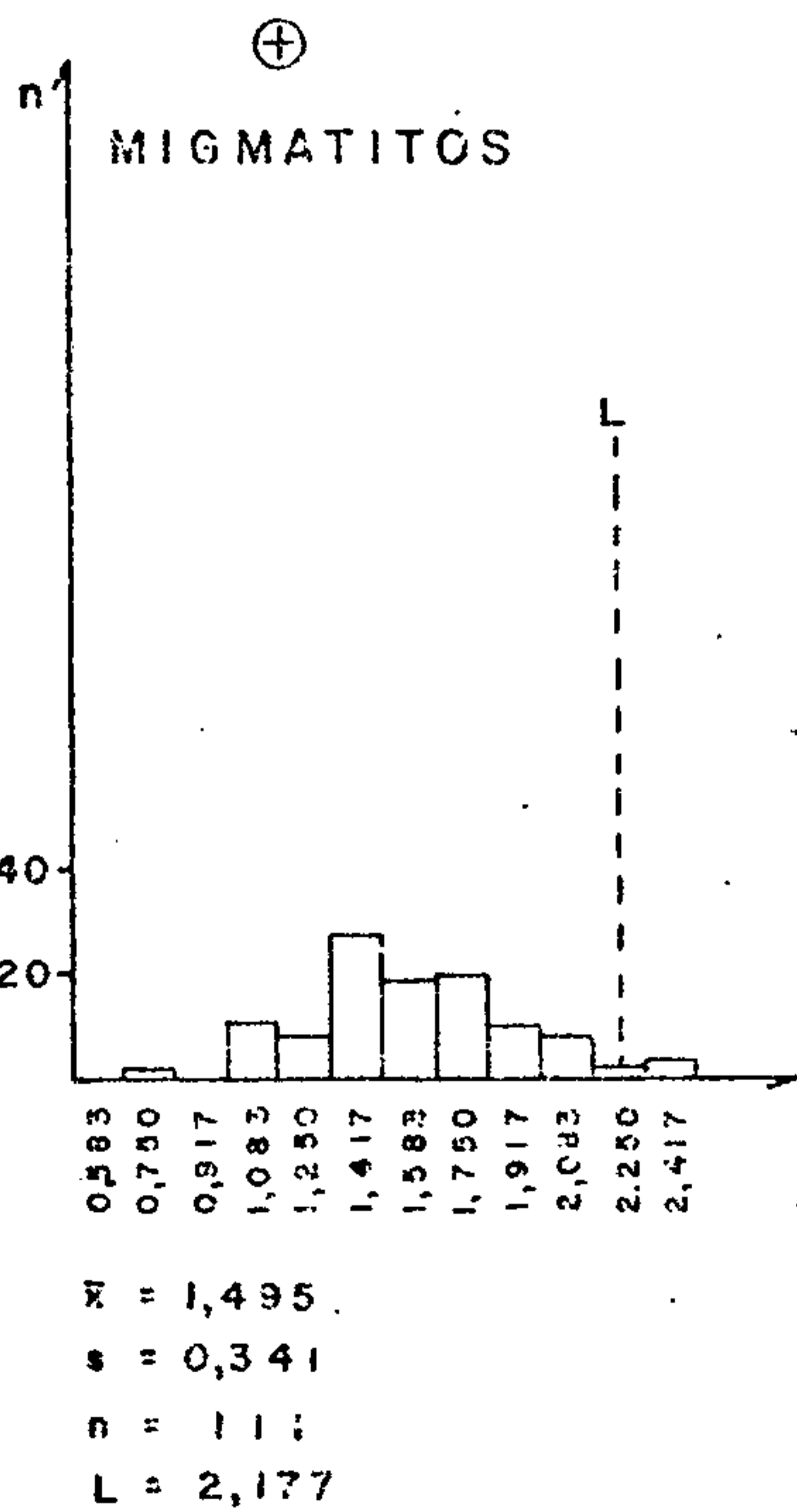
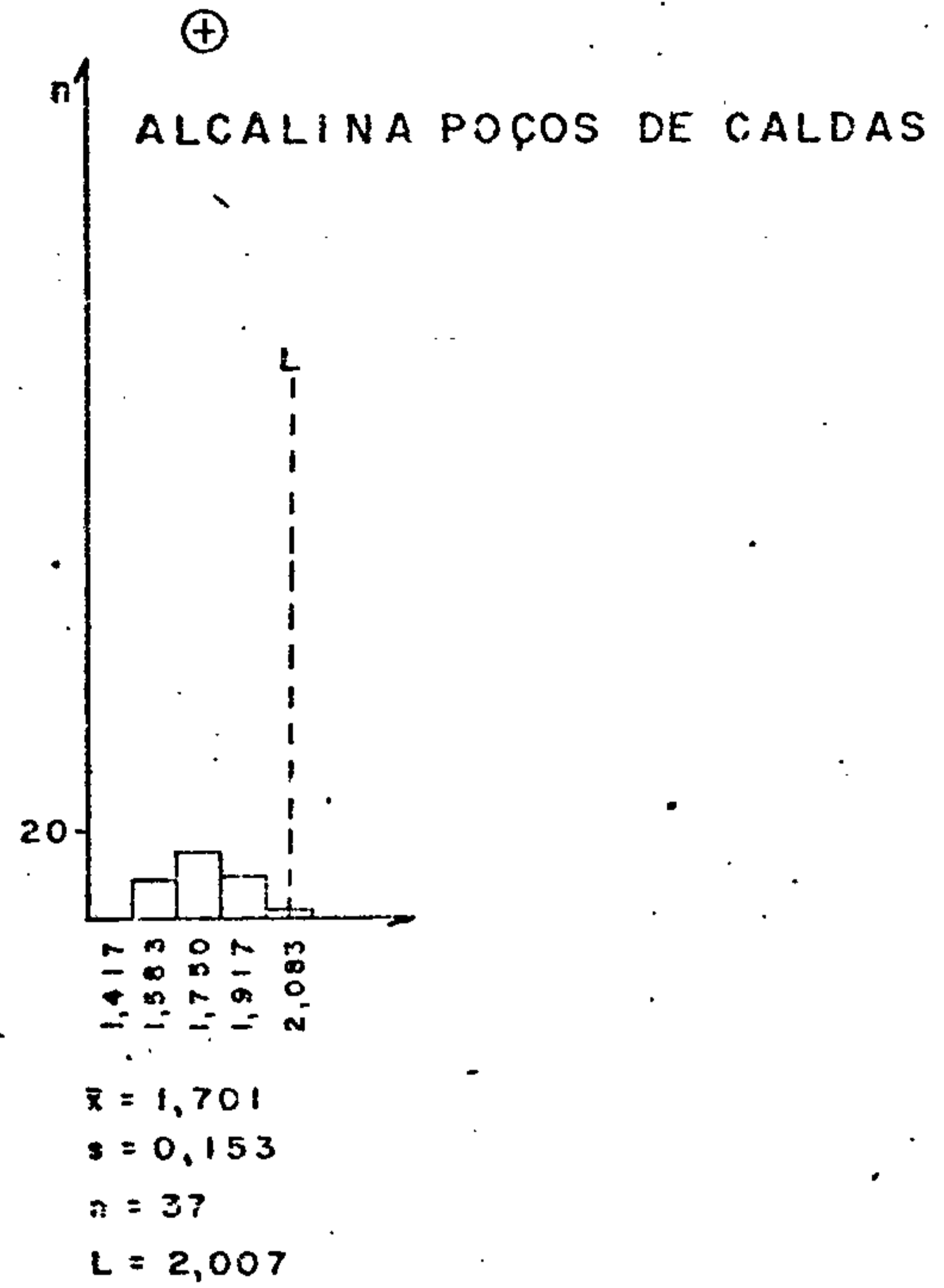
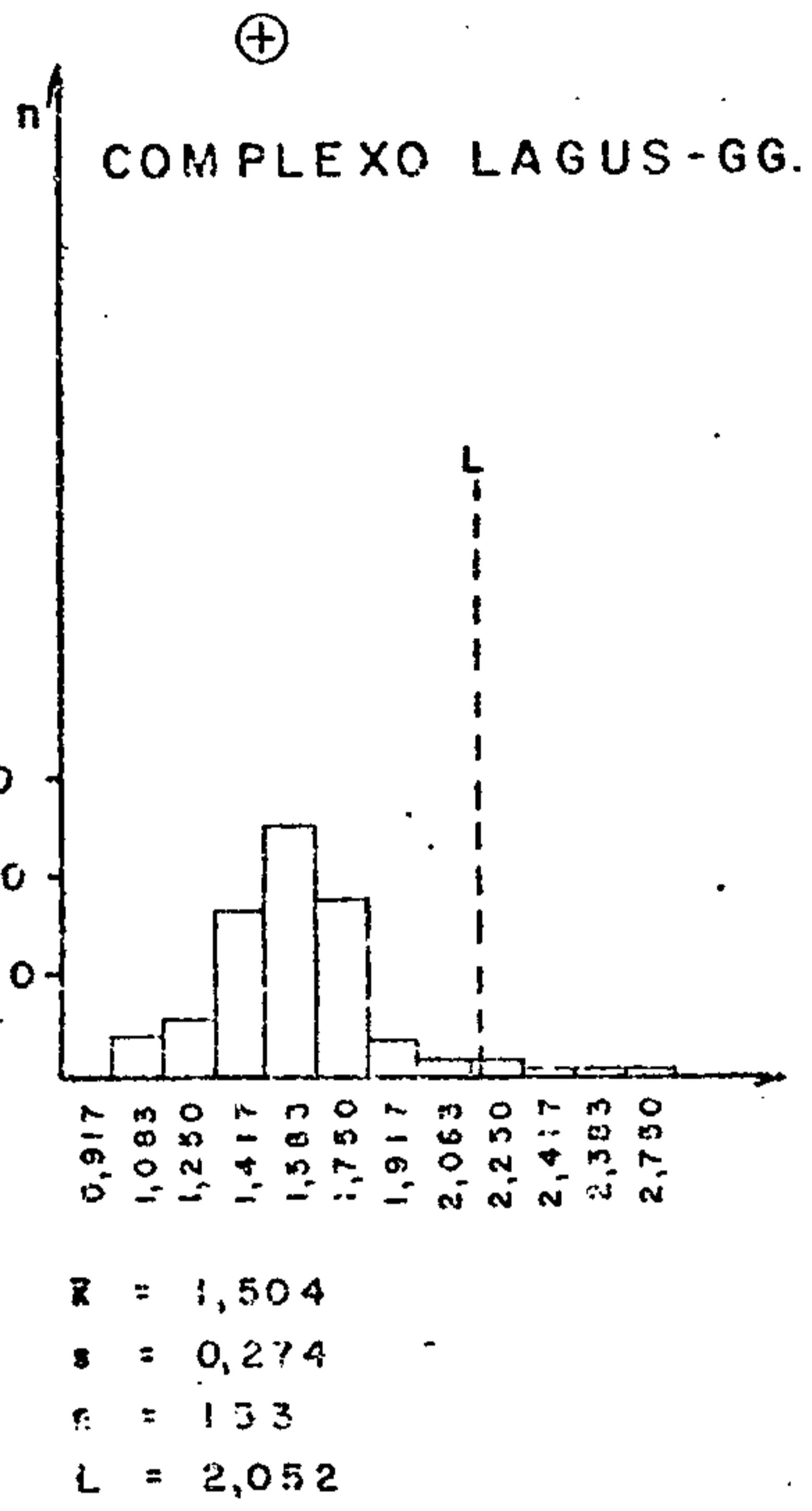


Figura 75 - Histogramas da dados logaritmizados.

ÍTRIO



Figuro 76 -- Histogramas de dados logaritmizados.

#### 7.4.14 - Estrôncio

##### 7.4.14.1 - Generalidades

O estrôncio apresentou um baixo grau de detecção na área total, com apenas 160 valores definidos em 597 amostras analisadas, variando os resultados entre 100 ppm e 1.000 ppm. Algumas áreas revelaram-se quase totalmente estêreis em relação ao estrôncio (dentro dos limites de detecção do método analítico utilizado), merecendo destaque os Xistos e gnaisses Varginha, que em 44 amostras analisadas, somente uma teve resultado acima do limite mínimo de detecção, e o Complexo São João del Rei, que, de 87 amostras, apenas nove tiveram teores definidos (tabela XV).

Entre as populações geológicas, os testes de log-normalidade foram aceitos na Associação Paraíba e na Alcalina de Poços de Caldas, enquanto que das populações litológicas só houve aceitação pelos migmatitos. As seguintes populações admitiram os testes de assimetria e curtose: Associação Paraíba, Alcalina de Poços de Caldas, migmatitos e gnaisses (figura 77).

As associações mais conspícuas do estrôncio foram observadas na Alcalina de Poços de Caldas, onde esse elemento se correlaciona com magnésio, cálcio, titânio, níquel e escândio, e no Complexo Amparo, com o níquel. Nas outras populações e na área total, não se destaca qualquer tipo de associação (figura 78).

##### 7.4.14.2 - Distribuição na área

O estudo da distribuição do estrôncio nas diversas formações geológicas foi prejudicado, em grande parte, pela baixa sensibilidade do método analítico, cujo limite inferior é de 100 ppm Sr, o que motivou a detecção desse elemento em menos de 40% das amostras analisadas (anexo XIII).

Excluindo os valores esparsos ou agrupamentos com pouca expressão regional, verifica-se que há uma concentra-

ção dos resultados significativos em três áreas: a) na intrusão alcalina de Poços de Caldas e zona de sua influência; b) ao longo da serra da Mantiqueira, em domínio de litotipos da Associação Paraíba do Sul (Complexo Piquete); e c) na porção sul dos Complexos Amparo e Itapira, incluindo o maciço granítico de Morungaba e parte do Complexo Socorro. Nas demais seqüências a presença de estrôncio foi raramente detectada, fato bastante claro nas porções central da área do projeto, ocupada pelos Complexos Varginha, Lavras, Campos Gerais, Rio Elvas e Lambari.

As amostras coletadas no interior da intrusão alcalina apresentaram teores entre 100 ppm e 500 ppm Sr, com os valores mais elevados ocorrendo no âmbito dos hidrotermalitos "potássicos" e na faixa de exposição das rochas piroclásticas (porção ocidental). O teor médio de estrôncio nos sedimentos de corrente (cerca de 220 ppm Sr) é bastante inferior ao valor médio dos teores obtidos por GUIMARÃES & DUTRA (1962) em rochas desse corpo geológico: ao redor de 1.350 ppm Sr. O empobrecimento em estrôncio no material analisado está, em grande parte, ligado à sua alta mobilidade no meio exógeno, o que pode ser comprovado pelos dados fornecidos por GROSSI SAD & DUTRA (1971) acerca do comportamento de alguns elementos menores durante os processos de bauxitização. Esses autores encontraram um teor médio de 7,6 ppm Sr em onze amostras de bauxitas, originadas a partir de foiaítos, com teor médio de 1.900 ppm Sr, mostrando a extrema lixiviação sofrida por esse elemento durante os processos de intemperismo.

Os valores mais elevados de estrôncio (entre 500 ppm e 1.000 ppm) foram registrados, no entanto, na borda sudeste do maciço, especialmente na serra da Pedra Branca, uma das principais exposições de rochas fenitizadas, sugerindo ou que as soluções metassomáticas fenitizantes estavam enriquecidas nesse elemento ou que essas rochas possuíam originalmente altos teores de estrôncio.



CPRM

A borda sudeste da serra da Mantiqueira destacou-se no contexto regional pela presença de diversas amostras com teores acima de 200 ppm Sr, sete das quais coletadas entre São Francisco Xavier e Campos do Jordão. De um modo geral, os altos teores de estrôncio detectados na Associação Paraíba do Sul estão quase sempre associados a valores elevados em bário, sugerindo uma correlação genética entre ambos os elementos. Essa associação é extensiva, em parte, para a porção sul dos Complexos Amparo e Itapira e ao maciço granítico de Morungaba, cujo realce deve-se unicamente à constância de teores definidos, já que os resultados raras vezes atingiram 200 ppm Sr.

Nas duas regiões acima citadas afloram termos litológicos bastante semelhantes, dominando tipos gnáissicos-migmatíticos, com alguns corpos graníticos intercalados (por vezes gnaissificados, constituindo ortognaisses). Na primeira, mais especificamente entre Monteiro Lobato e Santo Antônio do Pinhal, é comum também a presença de diques estreitos de rochas alcalinas e básico-alcalinas, relacionadas ao magmatismo mesozóico. É bastante provável, entretanto, que os altos teores de estrôncio e bário aí detectados estejam associados às rochas regionais, especialmente ao corpo granitóide porfiroblástico que se estende desde a área a leste de São Francisco Xavier até sul de Campos do Jordão.

TABELA XV — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — ESTRÔNCIO

ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	50	1.000	105,341	1,889	0,706	160:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	50	500	104,291	1,979	0,770	36:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	50	1.000	105,703	1,869	0,692	118:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	50	1.000	111,549	1,904	0,717	142:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	50	200	69,902	1,492	0,417	22:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA		NÚMERO DE DADOS		INSUFICIENTES			
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI		NÚMERO DE DADOS		INSUFICIENTES			
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	LOGNORMAL	50	500	125,981	1,544	0,456	36:90
COMPLEXO LAGUS-GG	LOGNORMAL	50	700	111,451	1,815	0,653	45:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	50	1.000	219,325	2,088	0,848	29:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	50	200	89,653	1,511	0,431	27:111
GNAISSES	LOGNORMAL	50	300	83,968	1,612	0,506	22:139

OBS:— Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.  
 — Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

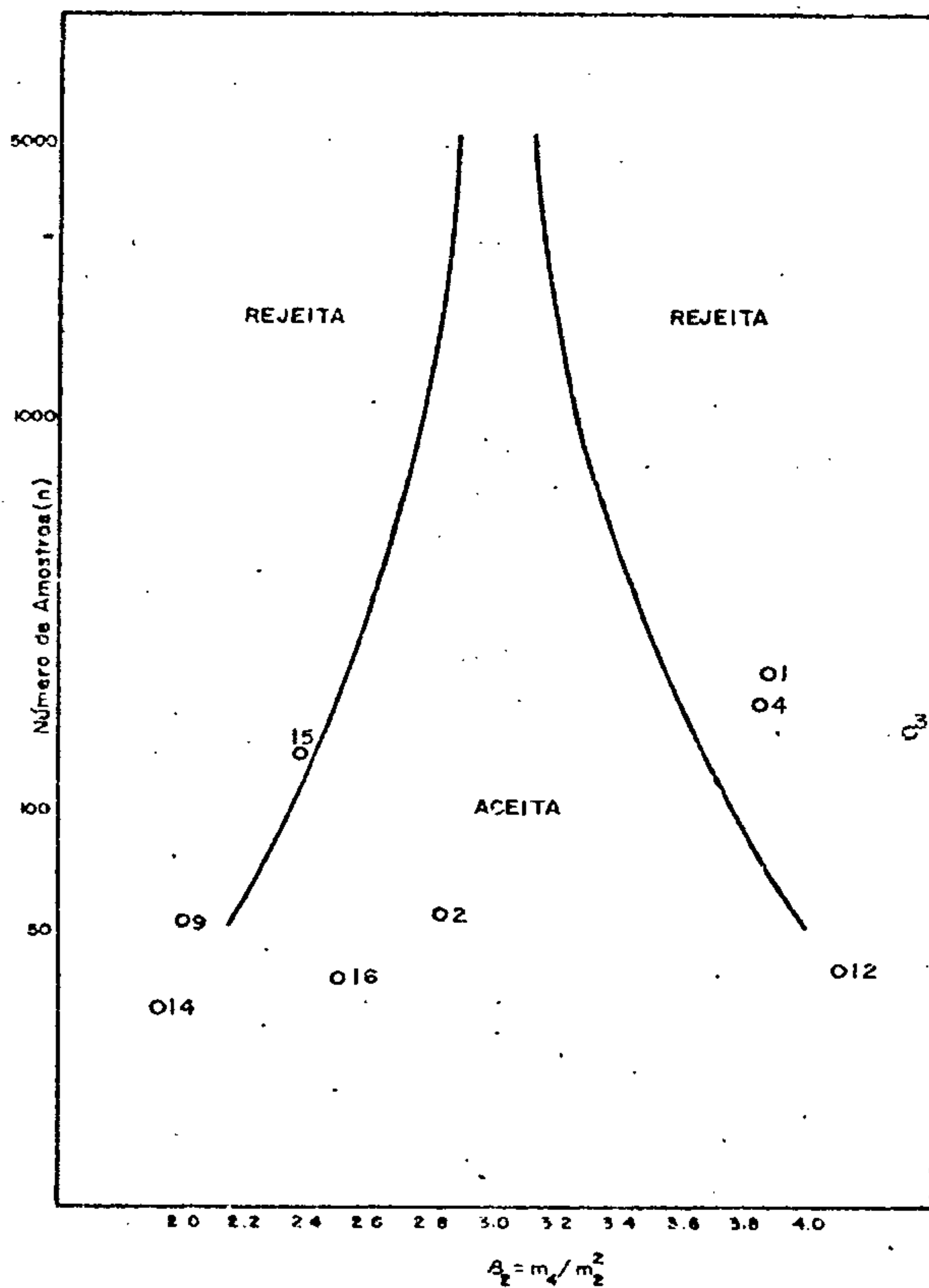
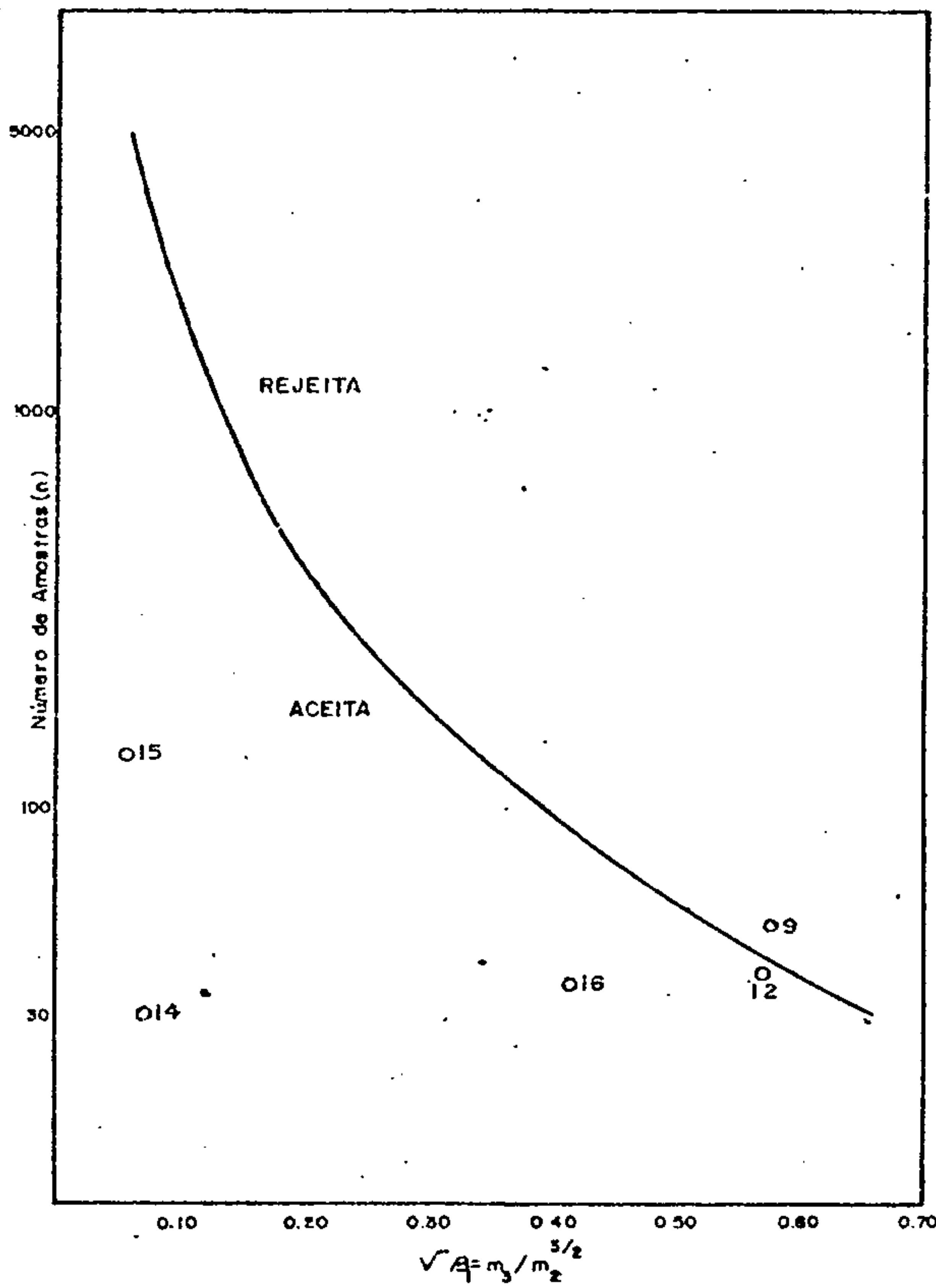
LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO
TOTAL	219	1,583	3,083	1,500	2,023	0,276	0,137
TOTAL AD1	53	1,583	2,750	1,167	2,018	0,296	0,146
TOTAL AD2	158	1,583	3,083	1,500	2,024	0,272	0,134
LEVANTAMENTO REGIONAL	183	1,583	3,083	1,500	2,047	0,280	0,137
COMPLEXO AMPARO	50	1,583	2,417	0,833	1,844	0,174	0,094
XISTOS E GNAISSES VARGINHA		NÚMERO DE DADOS INSUFICIENTES					
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI		NÚMERO DE DADOS INSUFICIENTES					
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	38	1,583	2,750	1,167	2,100	0,189	0,090
COMPLEXO LAGUS-GG	54	1,583	2,917	1,331	2,047	0,259	0,127
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	30	1,583	3,083	1,500	2,341	0,320	0,137
MIGMATITOS	37	1,583	2,417	0,833	1,953	0,179	0,092
GNAISSES	36	1,583	2,583	1,000	1,924	0,207	0,108

### TESTES DE DISTRIBUIÇÃO ESTRÔNCIO

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV				QUI-QUADRADO			
				5%		1%		F. MÍN. 1,5		F. MÍN. 50	
				5%	1%	5%	1%	5%	1%		
1	TOTAL	0,930*	3,903	-	-	-	-	-	-	-	-
2	TOTAL AD1	0,760*	2,846	-	+	-	-	-	-	-	-
3	TOTAL AD2	1,014*	4,359	-	-	-	-	-	-	-	-
4	LEV. REGIONAL	0,933*	3,871	-	-	-	-	-	-	-	-
9	COMPLEXO AMPARO	0,584	1,999	-	-	-	-	-	-	-	insufic.
10	XISTOS e Gn VARGINHA		NÚMERO DE DADOS INSUFICIENTES								
11	COMPLEXO S. JOÃO DEL REI		NÚMERO DE DADOS INSUFICIENTES								
12	ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	0,574	4,123	+	+	-	-	-	-	-	-
13	COMPLEXO LAGUS-GG.	1,129*	4,982*	-	-	-	-	-	-	-	-
14	ALCALINA POÇOS DE CALDAS	0,068	1,918	+	+	-	-	-	+	+	-
15	MIGMATITOS	-0,054	2,373	+	+	-	-	-	-	-	insufic.
16	GNAISSES	0,418	2,503	-	+	-	-	-	-	-	-

+ Aceita a hipótese nula

- Rejeita a hipótese nula

\* Rejeitadas o ponto cai além dos limites do quadro

Figura 77 - Testes de distribuição do elemento Sr: assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado, nas diversas populações.

### ESTRÔNCIO

#### MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOS E GN VARGINHA		COMPLEXO SJ DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-GG		ALCALINA P. DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	Sr	n	Sr	n	Sr	n	Sr	n	Sr	n	Sr	n	Sr	n	Sr	n	Sr	
Fe	160	.	22	.	I	*	8	*	36	.	45	(.)	29	○	27	(.)	22	.	Fe
Mg	160	.	22	○	I	*	8	*	36	.	45	.	29	⊙	27	.	22	.	Mg
Ca	148	.	22	○	I	*	8	*	36	.	45	○	17	⊙	27	○	22	.	Ca
Ti	82	.	12	○	0	*	7	*	24	○	12	.	17	⊙	20	(.)	10	.	Ti
Mn	158	.	22	.	I	*	8	*	36	.	45	(.)	27	.	27	(.)	22	○	Mn
B	69	(.)	11	(.)	0	*	6	*	11	(.)	21	(.)	15	.	7	.	11	○	B
Ba	160	.	22	(.)	I	*	8	*	36	○	45	○	29	⊙	27	.	22	.	Ba
Be	59	○	5	.	0	*	0	*	15	(.)	11	○	22	.	10	(.)	4	*	Be
Co	153	.	22	○	I	*	8	*	35	.	45	.	23	○	26	(.)	22	○	Co
Cr	160	.	22	○	I	*	8	*	36	.	45	.	29	○	27	.	22	.	Cr
Cu	129	.	20	○	I	*	8	*	25	.	36	.	21	○	22	(.)	22	.	Cu
La	155	.	17	.	I	*	8	*	36	.	45	(.)	29	○	25	(.)	21	.	La
Ni	153	.	22	⊙	I	*	8	*	36	○	44	.	23	⊙	26	.	22	.	Ni
Pb	158	○	22	.	I	*	7	*	36	(.)	45	.	29	.	27	⊙	22	.	Pb
Sc	121	.	17	○	I	*	8	*	24	(.)	35	.	19	⊙	18	.	21	.	Sc
Sr		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙	Sr
V	160	○	22	.	I	*	8	*	36	.	45	.	29	○	27	(.)	22	○	V
Y	159	.	21	○	I	*	8	*	36	(.)	45	(.)	29	.	27	(.)	22	.	Y
Zr	93	.	18	.	0	*	5	*	22	.	24	.	15	(.)	17	(.)	14	.	Zr

#### LEGENDA

- n - nº de amostras que entraram no cálculo
- \* - insuficiência de valores definidos
- . - < 0,3
- - 0,3 a 0,4
- ⊙ - 0,4 a 0,5
- ⊙ - 0,5 a 0,6
- ⊙ - 0,6 a 0,7
- ⊙ - 0,7 a 0,8
- ⊙ - > 0,8
- (.) - correlação negativa

Figura 78



### ESTRÔNCIO

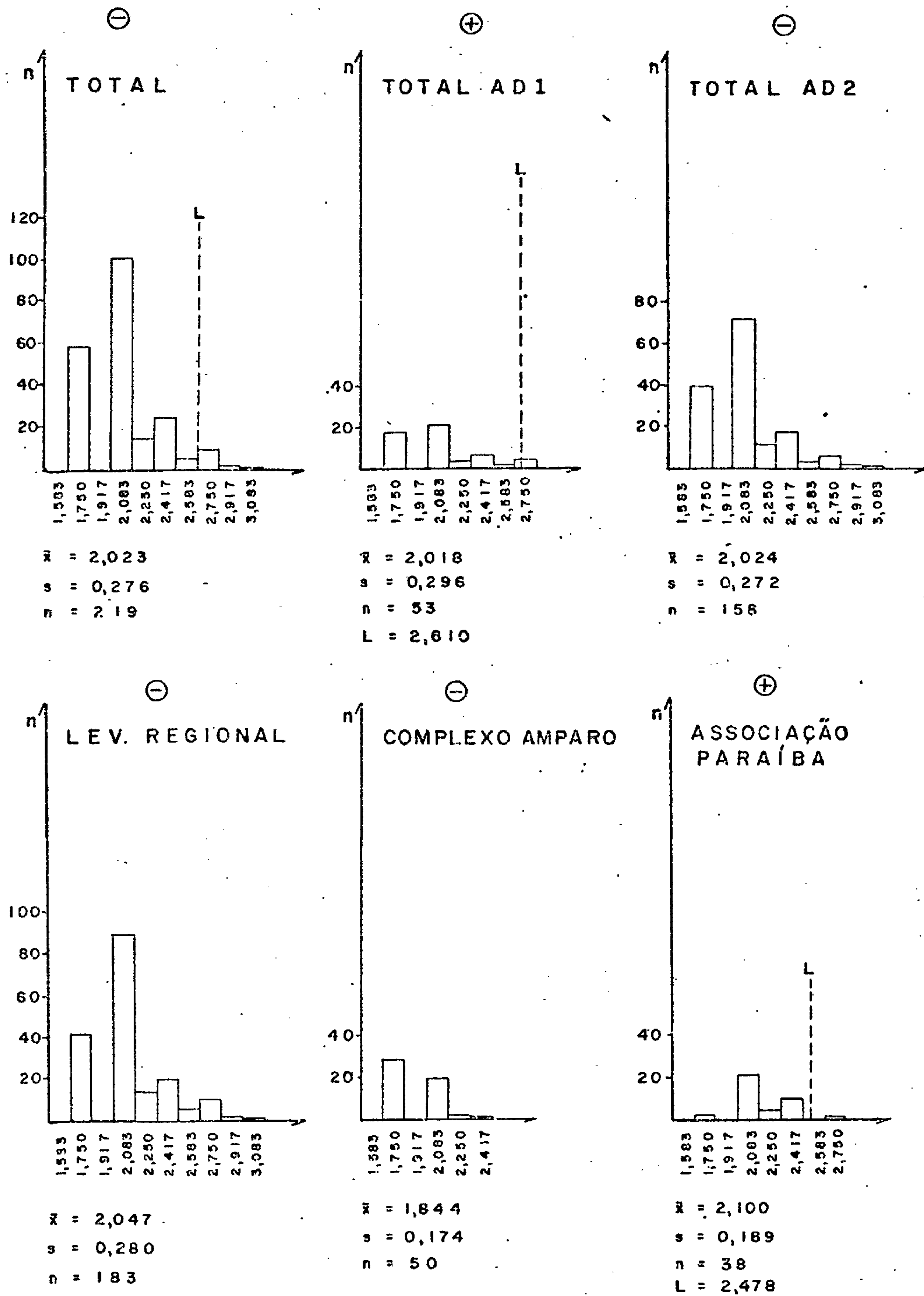


Figura 79 - Histogramas de dados logaritmizados.

## ESTRÔNCIO

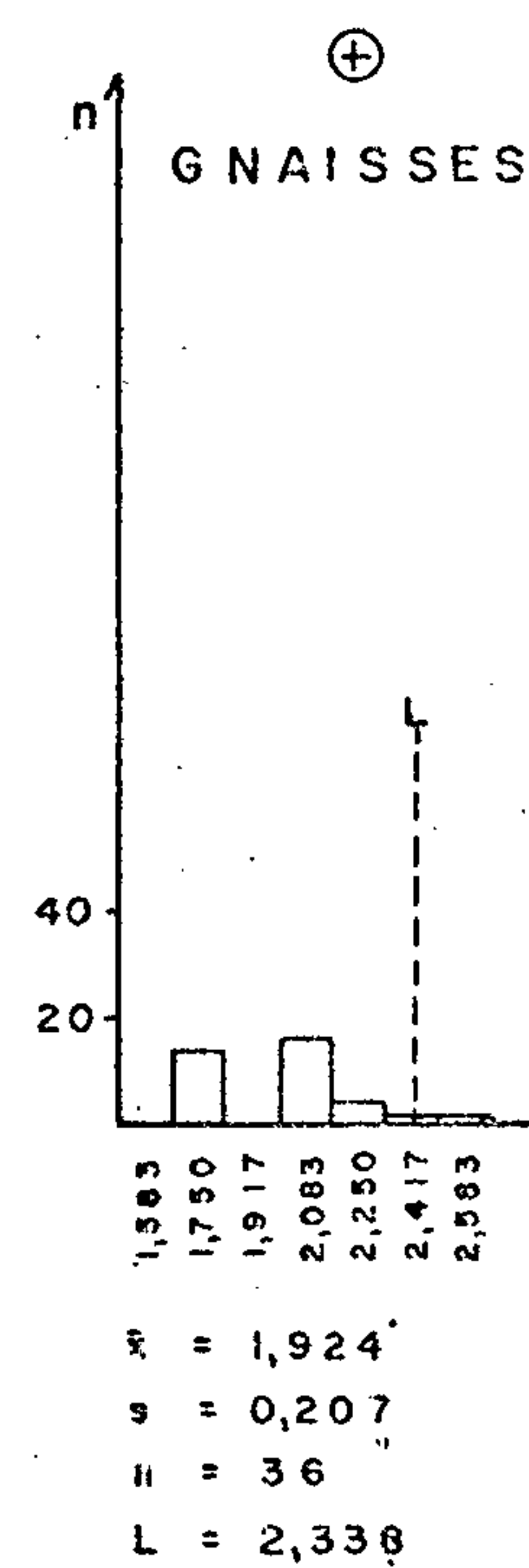
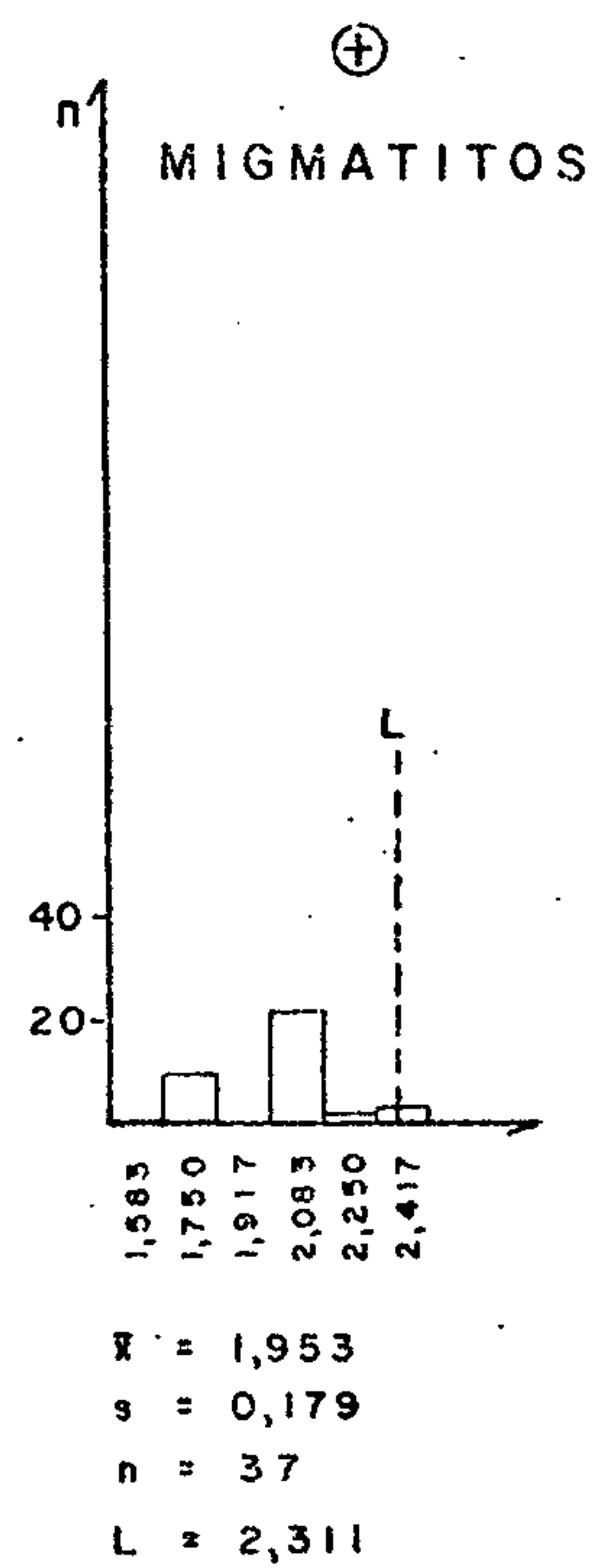
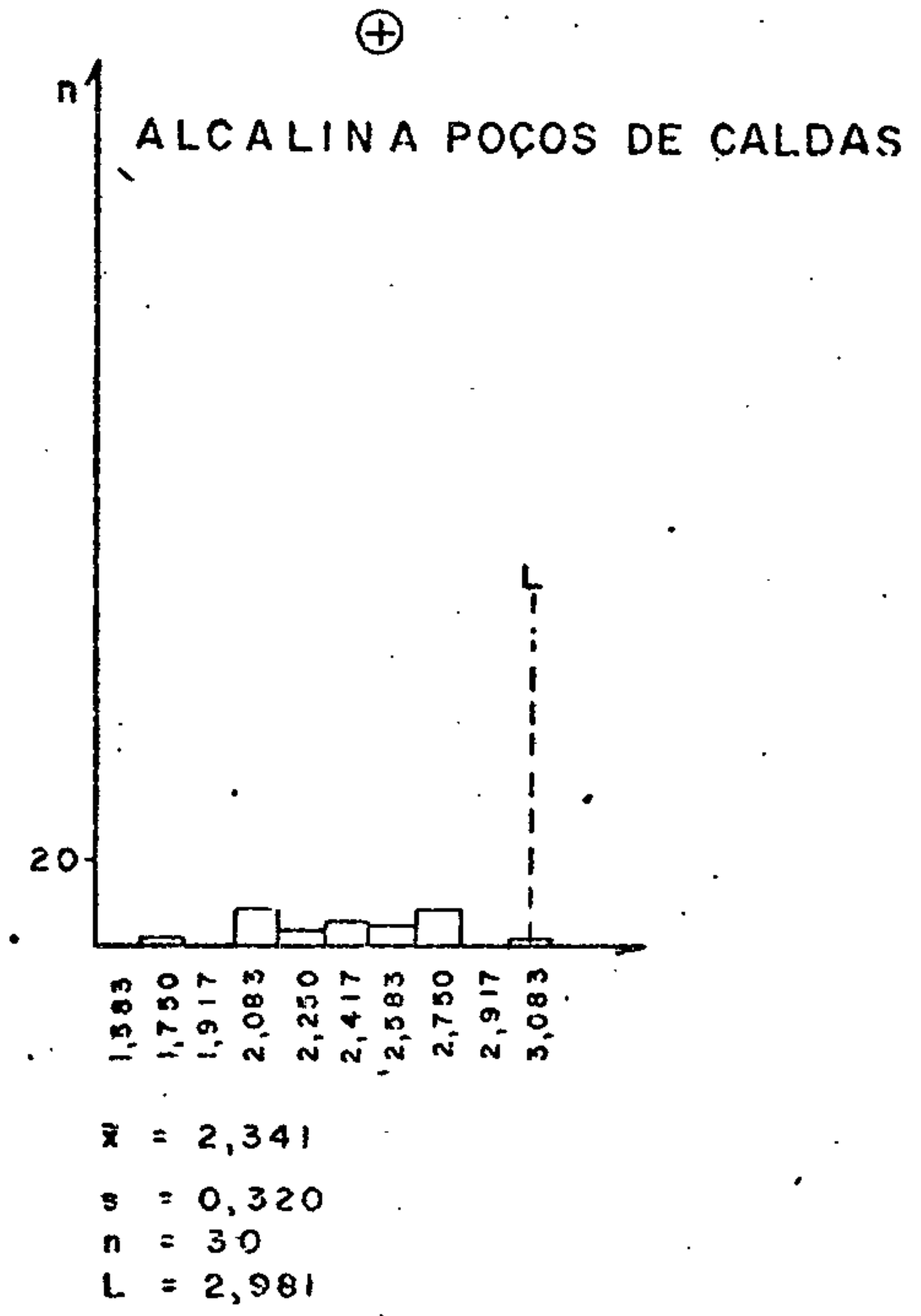
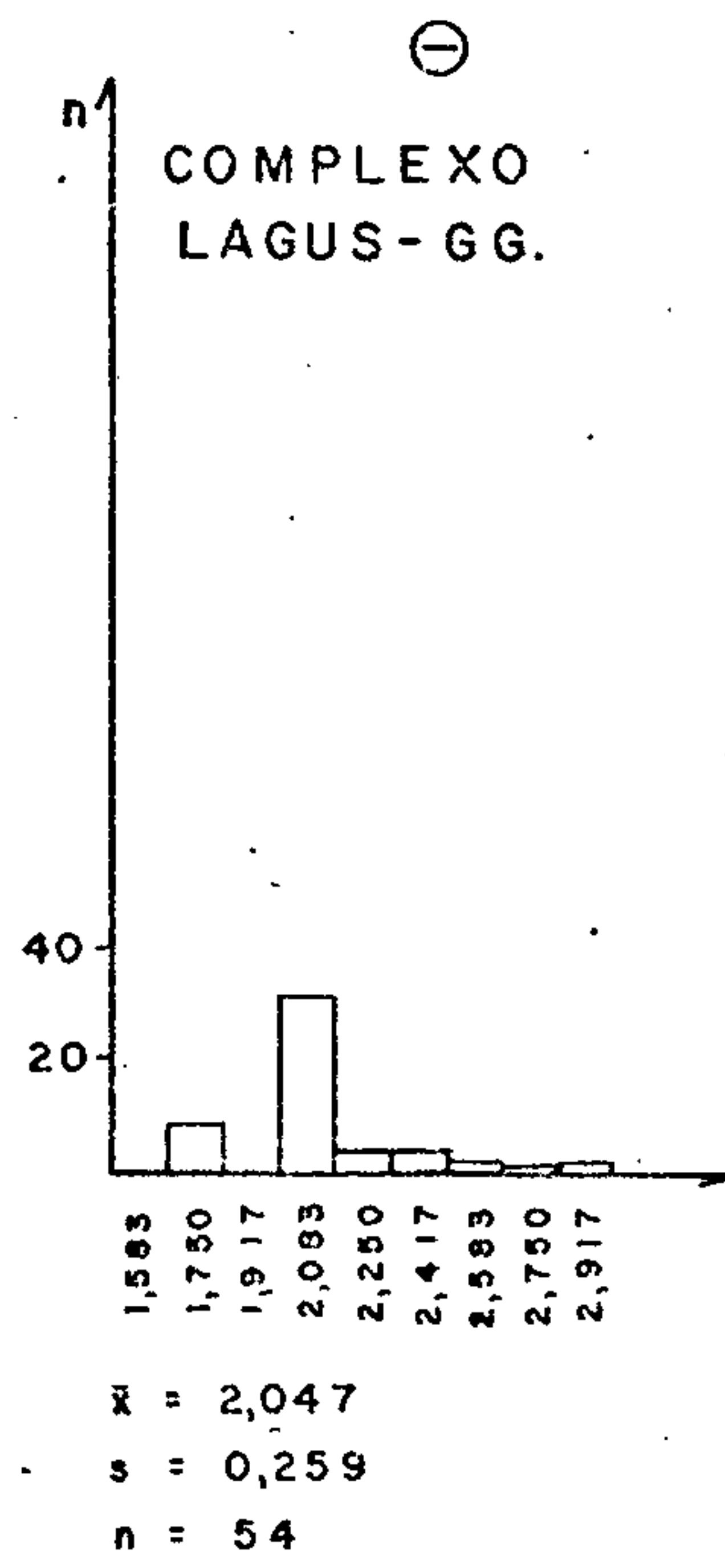


Figura 80 - Histogramas de dados logaritizados.

#### 7.4.15 - Zircônio

##### 7.4.15.1 - Generalidades

O zircônio foi detectado nas 597 amostras de sedimentos de corrente analisadas, em 236 das quais em teores superiores ao do limite máximo de sensibilidade do método analítico (1.000 ppm Zr). A Alcalina de Poços de Caldas apresentou a maior média (1.126,285), com os teores oscilando entre 300 ppm e 1.500 ppm Zr (empregando-se aqui o artifício de multiplicar por 1,5 aqueles teores acima do limite superior de detecção). Por outro lado, a Associação Paraíba mostrou a média mais baixa (564,113), com valor mínimo de 50 ppm Zr e máximo de 1.500 ppm Zr. Nessa população geológica observou-se o menor coeficiente de variação (1,093), ao passo que o maior foi obtido na Alcalina de Poços de Caldas (0,397) (tabela XVI).

Os testes de lognormalidade de Kolmogorov-Smirnov foram aceitos pelas populações compostas por amostras com bacias de drenagem menores que 10 km<sup>2</sup>, Xistos e gnaisses Varginha, Complexo São João del Rei, Associação Paraíba e Alcalina de Poços de Caldas. Entre as populações geológicas, a lognormalidade só não foi admitida pelo Complexo LAGUS-GG. Das populações geológicas, os Xistos e gnaisses Varginha mais uma vez se destacaram como aquela população que apresentou a melhor distribuição lognormal, aceitando não apenas os testes de Kolmogorov-Smirnov, como os de qui-quadrado, assimetria e curtose (figura 81).

A única associação conspícua do zircônio registrou-se no Complexo São João del Rei, onde esse elemento correlacionou-se com titânio e manganês (figura 82).

##### 7.4.15.2 - Distribuição na área

A extrema irregularidade dos teores de zircônio nos sedimentos de corrente (anexo XIV) e o baixo valor do limite superior de sensibilidade do método analítico empregado

(1.000 ppm Zr), dificultaram em muito o exame da distribuição desse elemento nas seqüências estudadas. Assim, dada a marcante dispersão dos teores em todas as formações consideradas, só foi possível separar no contexto geoquímico regional algumas áreas de dominância de valores baixos ou elevados, grosseiramente associadas a unidades geológicas.

Desse modo, vamos encontrar a maior parte dos teores baixos de zircônio (entre 50 ppm e 700 ppm, mas predominando valores na faixa de 200 ppm a 500 ppm), no âmbito das formações metamórficas de baixo e médio grau, ou nas áreas onde os processos de migmatitização e granitização não tiveram uma atuação muito intensa. É o caso das regiões ocupadas por migmatitos e gnaisses do Complexo Amparo, termos granatíferos do Complexo Varginha, granada-biotita-xistos e gnaisses do Complexo Lambari, epimetamorfitos do Grupo Bambuí, gnaisses e migmatitos do Complexo Piquete e grande parte do domínio do Complexo Campos Gerais.

De modo oposto, amostras com teores superiores a 1.000 ppm Zr (isto é, acima do limite do método), ocorrem em grande número nos conjuntos litológicos mais evoluídos, onde os fenômenos de granitização e migmatitização atuaram em larga escala, como nos Complexos Socorro, Paraisópolis, Varginha e Lavras. Valores dessa ordem estão presentes também no maciço alcalino de Poços de Caldas, tanto na porção interna da intrusão, como em suas bordas, embora sejam mais constantes nessa última área. Surpreendentemente, apesar do alto conteúdo de zircônio nas rochas desse maciço (ao redor de 1.700 ppm Zr; GUIMARÃES & DUTRA, 1962) e das mineralizações zirconíferas ali existentes, os teores registrados nos sedimentos de corrente não o destacaram no quadro regional de valores desse elemento.

## TABELA XVI — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — ZIRCÔNIO

### ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIÇÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	50	1.500	749,013	2,169	0,907	361:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	70	1.500	715,207	2,081	0,843	71:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	50	1.500	753,090	2,194	0,924	284:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	50	1.500	748,641	2,199	0,928	327:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	70	1.500	654,074	2,332	1,024	87:132
XISTOS E GNAISSSES VARGINHA	LOGNORMAL	100	1.500	630,365	2,128	0,877	33:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	70	1.500	746,897	2,226	0,948	53:87
ASSOCIAÇÃO PARAIBA	LOGNORMAL	50	1.500	564,113	2,426	1,093	64:90
COMPLEXO LAGUS-06	LOGNORMAL	100	1.500	940,879	1,908	0,720	71:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	300	1.500	1.126,285	1,466	0,397	18:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	300	1.500	649,016	2,303	1,003	72:111
GNAISSSES	LOGNORMAL	100	1.500	721,019	2,097	0,854	89:139

OBS: - Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.  
 - Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

### LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIÇÃO
TOTAL	597	1,583	3,250	1,667	2,874	0,336	0,117
TOTAL AD1	108	1,750	3,250	1,500	2,854	0,318	0,112
TOTAL AD2	478	1,583	3,250	1,667	2,877	0,341	0,119
LEVANTAMENTO REGIONAL	545	1,583	3,250	1,667	2,874	0,342	0,119
COMPLEXO AMPARO	132	1,750	3,250	1,500	2,816	0,368	0,131
XISTOS E GNAISSSES VARGINHA	44	1,917	3,250	1,333	2,800	0,328	0,117
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	87	1,750	3,250	1,500	2,873	0,348	0,121
ASSOCIAÇÃO PARAIBA	90	1,583	3,250	1,667	2,751	0,385	0,140
COMPLEXO LAGUS-06	153	1,917	3,250	1,333	2,974	0,281	0,094
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	37	2,417	3,250	0,833	3,052	0,166	0,054
MIGMATITOS	111	1,917	3,250	1,333	2,812	0,362	0,129
GNAISSSES	139	1,917	3,250	1,333	2,858	0,322	0,112



## ZIRCÔNIO

### MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOSE GN VARGINHA		COMPLEXO S. J. DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-GG		ALCALINA P. DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	Zr	n	Zr	n	Zr	n	Zr	n	Zr	n	Zr	n	Zr	n	Zr	n	Zr	
Fe	361	.	87	○	33	.	53	.	64	.	71	.	18	.	72	.	89	.	Fe
Mg	358	(-)	85	(-)	33	(-)	53	.	64	.	70	(-)	18	.	71	(-)	88	(-)	Mg
Ca	292	(-)	73	(-)	21	(-)	42	○	54	(-)	64	(-)	9	.	62	(-)	74	(-)	Ca
Ti	273	○	64	○	19	○	48	⊙	60	○	41	.	12	○	60	○	65	.	Ti
Mn	359	○	87	.	33	(-)	53	⊙	64	.	71	○	16	.	72	.	89	.	Mn
B	224	(-)	60	(-)	18	.	44	(-)	38	(-)	34	.	9	(-)	44	(-)	55	(-)	B
Ba	359	.	87	(-)	33	(-)	52	○	64	○	70	.	18	.	72	.	89	(-)	Ba
Be	87	.	12	.	1	×	2	×	27	.	14	.	17	.	19	(-)	9	.	Be
Co	347	.	83	(-)	33	.	51	.	60	.	70	(-)	16	(-)	70	(-)	88	(-)	Co
Cr	359	.	87	.	33	(-)	53	○	62	○	71	(-)	18	.	71	.	89	(-)	Cr
Cu	331	.	79	.	33	.	51	.	57	○	64	(-)	12	.	67	○	86	.	Cu
La	331	.	74	.	31	.	41	.	61	○	71	.	18	.	64	○	83	.	La
Ni	348	.	85	.	33	(-)	53	.	60	.	69	(-)	13	(-)	69	.	89	(-)	Ni
Pb	328	.	80	(-)	26	.	41	.	62	(-)	69	(-)	18	(-)	69	.	78	.	Pb
Sc	338	.	77	.	32	.	51	.	59	.	70	(-)	16	.	69	.	84	.	Sc
Sr	93	.	18	.	0	×	5	×	22	.	24	.	15	(-)	17	(-)	14	.	Sr
V	259	○	87	.	33	○	53	○	62	○	71	.	18	.	71	.	89	.	V
Y	348	.	84	.	32	(-)	47	.	63	.	71	.	18	(-)	70	.	86	.	Y
Zr		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙	Zr

### LEGENDA

- n - nº de amostras que entraram no cálculo
- × - insuficiência de valores definidos
- . - < 0,3
- - 0,3 a 0,4
- - 0,4 a 0,5
- ⊙ - 0,5 a 0,6
- ⊙ - 0,6 a 0,7
- ⊙ - 0,7 a 0,8
- ⊙ - > 0,8
- (-) - correlação negativa

Figura 82

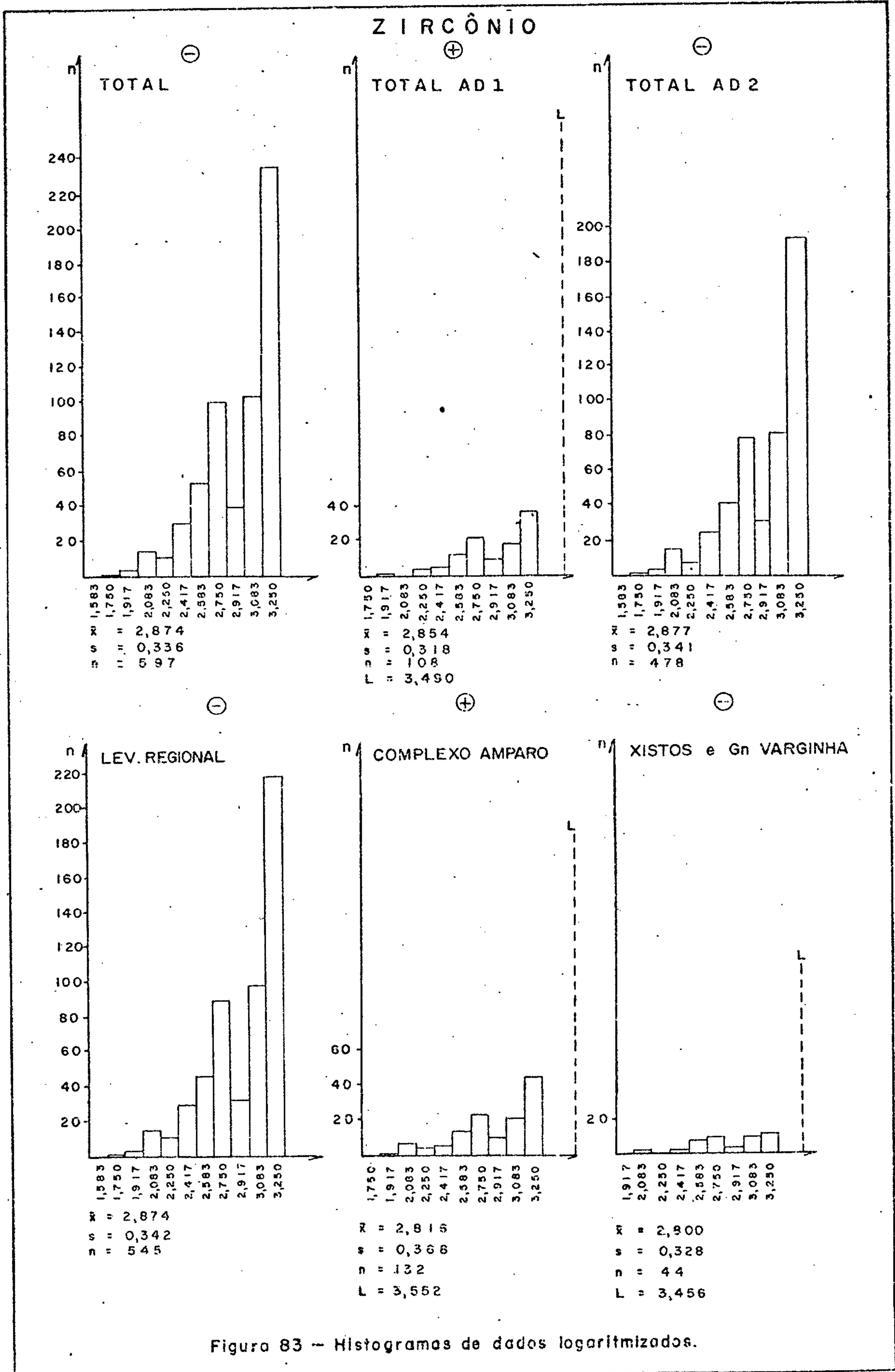


Figura 83 - Histogramas de dados logaritimizados.



## ZIRCÔNIO

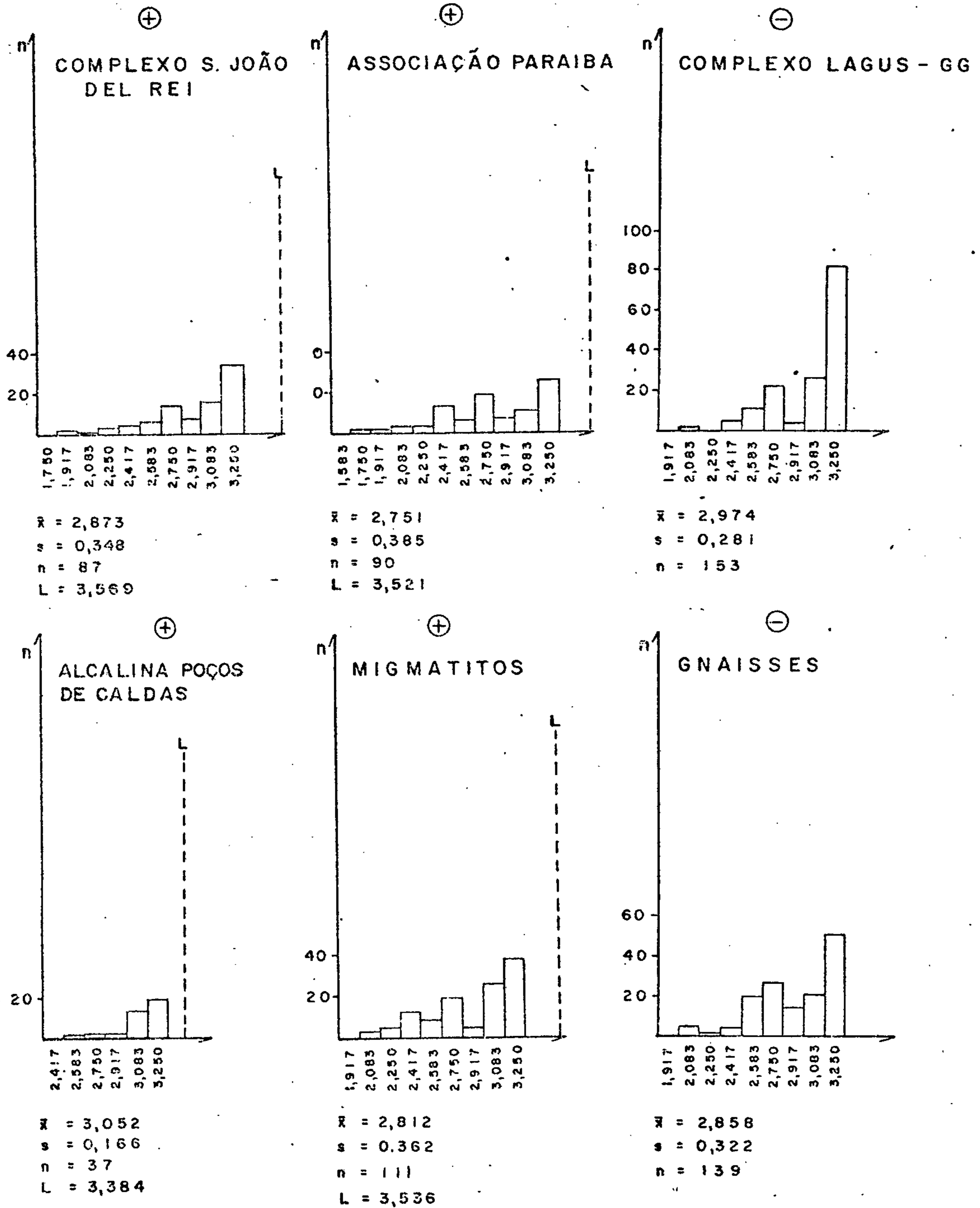


Figura 84 - Histogramas de dados logaritmizados.

#### 7.4.16 - Ferro

Das 597 amostras de sedimentos de corrente dosadas, o ferro esteve presente em todas elas, com grau de detecção de 100%. Os valores oscilaram entre 0,5% e 20%. A média mais elevada foi verificada na Alcalina de Poços de Caldas (5,162), enquanto que a mais baixa corresponde à Associação Paraíba (3,171). O valor médio para a área total foi de 3,861 (média geométrica), com desvio geométrico de 1,889 (tabela XVII).

Entre as populações geológicas a dispersão relativa foi muito pequena, com os coeficientes de variação oscilando entre 0,549 e 0,784.

Quanto à distribuição de frequência, os testes de lognormalidade de Kolmogorov-Smirnov foram aceitos para todas as populações, merecendo destaque os Xistos e gnaisses Varginha, que não apenas admitiram os testes acima citados, como também os de qui-quadrado. Este último teste foi também aceito nas populações cujas amostras se originaram de áreas de drenagem menor que 10 km<sup>2</sup>. Com exceção do Complexo Amparo, as demais populações geológicas admitiram a lognormalidade no teste de assimetria, enquanto que no de curtose a lognormalidade só foi rejeitada pela Associação Paraíba e pelo Complexo São João del Rei (figura 85).

Na distribuição do ferro, embora haja um ligeiro reflexo do *bedrock*, devemos destacar a homogeneização ocorrida durante a laterização imposta pelo clima tropical reinante na área.

Em sedimentos de corrente as coprecipitações provocadas pelos óxidos hidratados de ferro propiciaram o aparecimento de correlações deste elemento com uma suíte muito grande de outros elementos-traço, o que pode ser constatado na figura 86; nas várias populações estudadas.

## TABELA XVII — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — FERRO

### ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	0,5	20	3,861	1,889	0,706	597:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	0,7	20	3,369	2,118	0,870	108:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	0,5	20	3,947	1,827	0,662	478:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	0,5	20	3,871	1,868	0,691	545:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	0,5	15	3,495	1,998	0,784	132:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	LOGNORMAL	1,0	10	3,697	1,794	0,638	44:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	1,0	10	3,379	1,671	0,549	87:87
ASSOCIAÇÃO PARAIBA	LOGNORMAL	0,7	10	3,171	1,872	0,694	90:90
COMPLEXO LAGUS-00	LOGNORMAL	1,5	20	4,844	1,724	0,588	153:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	1,5	20	5,162	1,788	0,634	37:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	0,5	15	3,457	1,864	0,689	111:111
GNAISSES	LOGNORMAL	0,7	20	3,887	1,879	0,699	139:139

OBS: - Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.  
 - Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

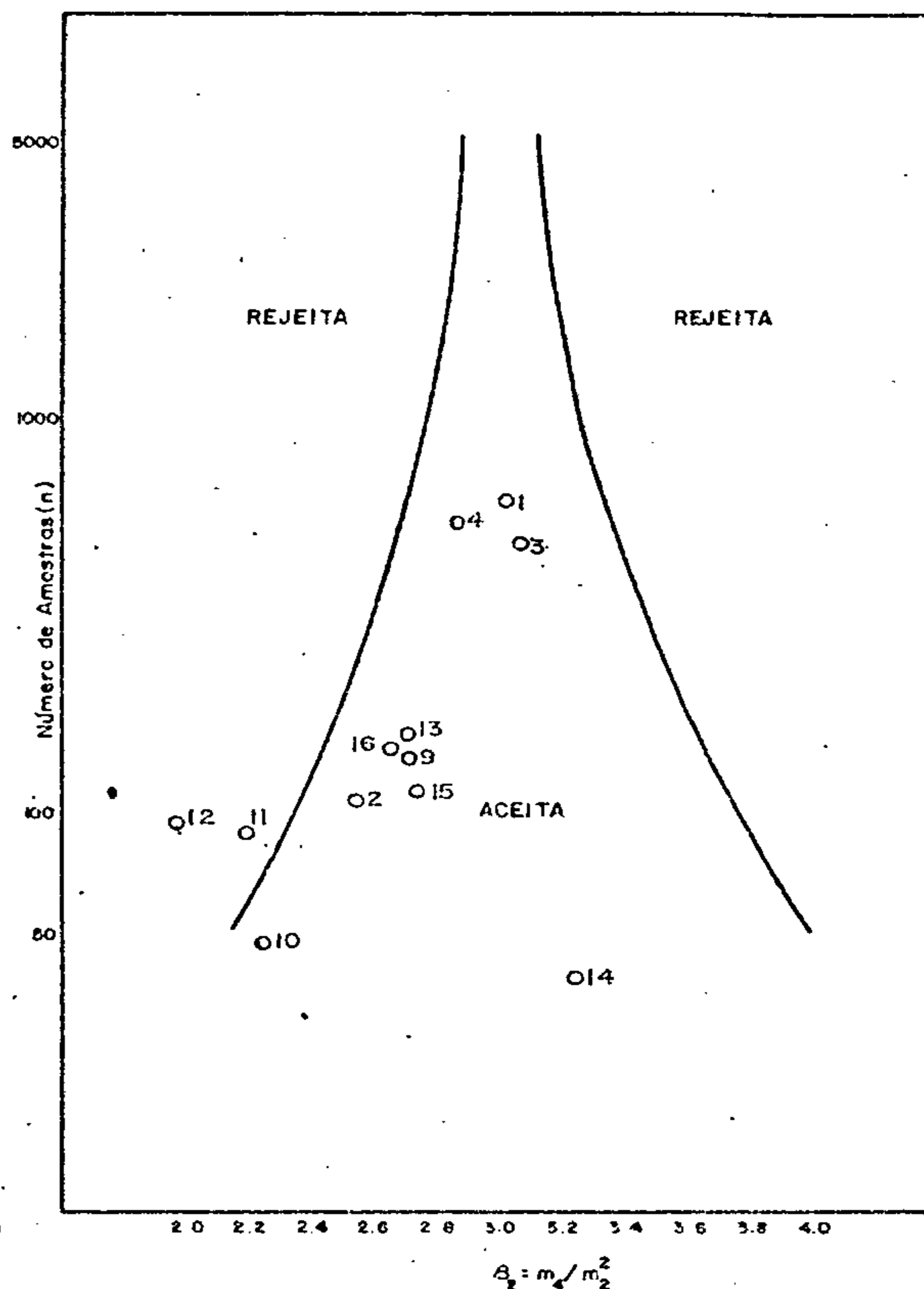
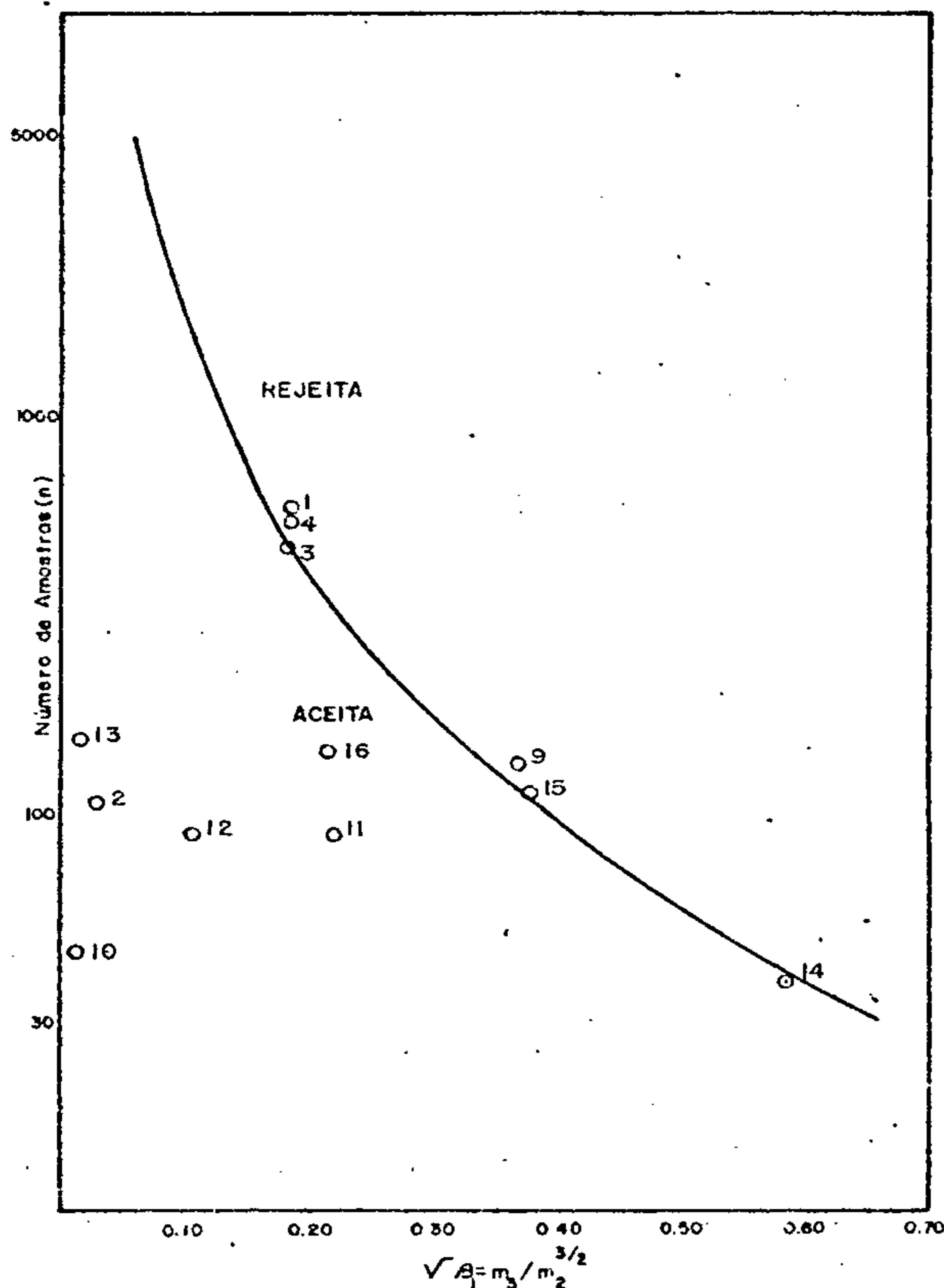
### LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIACÃO
TOTAL	597	-0,417	1,417	1,833	0,587	0,276	0,471
TOTAL AD1	108	-0,250	1,417	1,667	0,527	0,326	0,618
TOTAL AD2	478	-0,417	1,417	1,833	0,596	0,262	0,439
LEVANTAMENTO REGIONAL	545	-0,417	1,417	1,833	0,588	0,271	0,462
COMPLEXO AMPARO	132	-0,417	1,250	1,667	0,543	0,301	0,553
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	44	-0,083	1,083	1,167	0,568	0,254	0,447
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	87	-0,083	1,083	1,167	0,529	0,223	0,422
ASSOCIAÇÃO PARAIBA	90	-0,250	1,083	1,333	0,501	0,272	0,543
COMPLEXO LAGUS-00	153	0,083	1,417	1,333	0,685	0,237	0,345
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	37	0,083	1,417	1,333	0,713	0,252	0,354
MIGMATITOS	111	-0,417	1,250	1,667	0,539	0,271	-0,382
GNAISSES	139	-0,250	1,417	1,667	0,590	0,274	0,465

## TESTES DE DISTRIBUIÇÃO FERRO

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV				QUI-QUADRADO			
				5%		1%		F MÍN. 1,5		F MÍN. 50	
				5%	1%	5%	1%	5%	1%		
1	TOTAL	-0,185	3,033	-	-	-	-	-	-	-	-
2	TOTAL AD1	-0,029	2,532	+	+	+	+	+	+	+	+
3	TOTAL AD2	-0,182	3,079	-	+	-	-	-	-	-	-
4	LEV. REGIONAL	-0,184	2,869	-	+	-	-	-	-	-	-
9	COMPLEXO AMPARO	-0,376	2,694	+	+	-	-	+	+	+	+
10	XISTOS e Gn VARGINHA	-0,011	2,232	+	+	+	+	+	+	+	+
11	COMPLEXO S. JOÃO DEL REI	-0,234	2,180	+	+	-	-	-	-	-	-
12	ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	-0,103	1,963	+	+	-	-	-	-	-	-
13	COMPLEXO LAGUS-GG.	0,016	2,696	+	+	-	-	-	-	-	-
14	ALCALINA POÇOS DE CALDAS	0,589	3,259	-	+	-	-	-	-	-	-
15	MIGMATITOS	-0,381	2,736	+	+	-	-	-	-	-	-
16	GNAISSES	0,216	2,658	+	+	-	-	-	-	-	-

+ Aceita a hipótese nula  
- Rejeita a hipótese nula

Figura 85 - Testes de distribuição do elemento Fe: assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado; nas diversas populações

**FERRO**
**MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS**

	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOS E GN VARGINHA		COMPLEXO S.J. DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-GG		ALCALINA P. DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	Fe	n	Fe	n	Fe	n	Fe	n	Fe	n	Fe	n	Fe	n	Fe	n	Fe	
Fe		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙	Fe
Mg	591		128	○	44		87		90	⊙	151	○	37	○	110		136		Mg
Ca	487		109		30		70	(-)	80	○	131	○	22	○	97		116		Ca
Ti	368	⊙	90	⊙	22	⊙	64	⊙	74	⊙	63	⊙	22	⊙	84	⊙	85	⊙	Ti
Mn	594	⊙	132	⊙	44	⊙	87	⊙	90	⊙	153	⊙	34	○	111	⊙	139	⊙	Mn
B	355	(-)	92	(-)	25	⊙	71		49	⊙	76	(-)	15		61	(-)	87	(-)	B
Ba	594		132	○	44		86		90	⊙	152		37		111	○	139		Ba
Be	113	(-)	16	(-)	2	*	3	*	30	⊙	18	○	26	(-)	23	⊙	11	(-)	Be
Co	567	⊙	121	⊙	43	⊙	85	⊙	85	⊙	150	⊙	31	⊙	106	⊙	135	⊙	Co
Cr	595	○	132		44	⊙	87	○	88	⊙	153		37	⊙	110	○	139		Cr
Cu	531	○	116	⊙	44	⊙	85	⊙	72	○	134		27	○	99	⊙	133	○	Cu
La	552	○	113		42	○	70		86		150	○	37		100		129	○	La
Ni	575	○	127	○	44	⊙	87	○	86	⊙	148	○	29	○	108	⊙	138		Ni
Pb	547		118	○	36	○	71	○	88		148		37		106		123	○	Pb
Sc	495	⊙	101	⊙	42	⊙	85	⊙	71	⊙	122	⊙	26	⊙	92	⊙	119	⊙	Sc
Sr	160		22		1	*	8	*	36		45	(-)	29	○	27	(-)	22		Sr
V	594	⊙	131	○	44	⊙	87	⊙	88	⊙	153	⊙	37	⊙	110	⊙	138	⊙	V
Y	584		129		43		81		89		153	○	37		109		136		Y
Zr	361		87	○	33		53		64		71		18		72		89		Zr

**LEGENDA**

- n - nº de amostras que entraram no cálculo  
 \* - insuficiência de valores definidos  
 - - < 0,3  
 ○ - 0,3 a 0,4  
 ⊙ - 0,4 a 0,5  
 ⊙ - 0,5 a 0,6  
 ⊙ - 0,6 a 0,7  
 ⊙ - 0,7 a 0,8  
 ⊙ - > 0,8  
 (-) - correlação negativo

Figura 86

FERRO

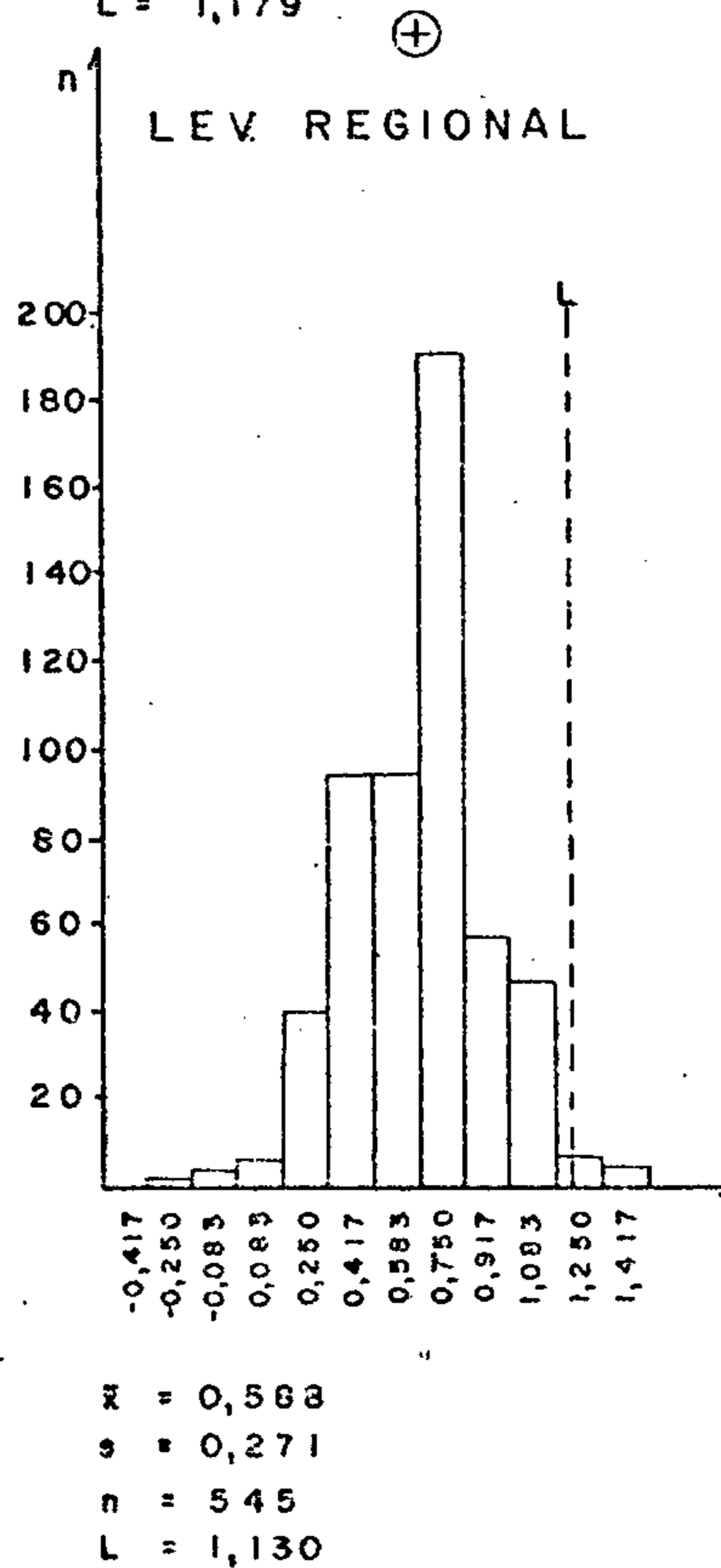
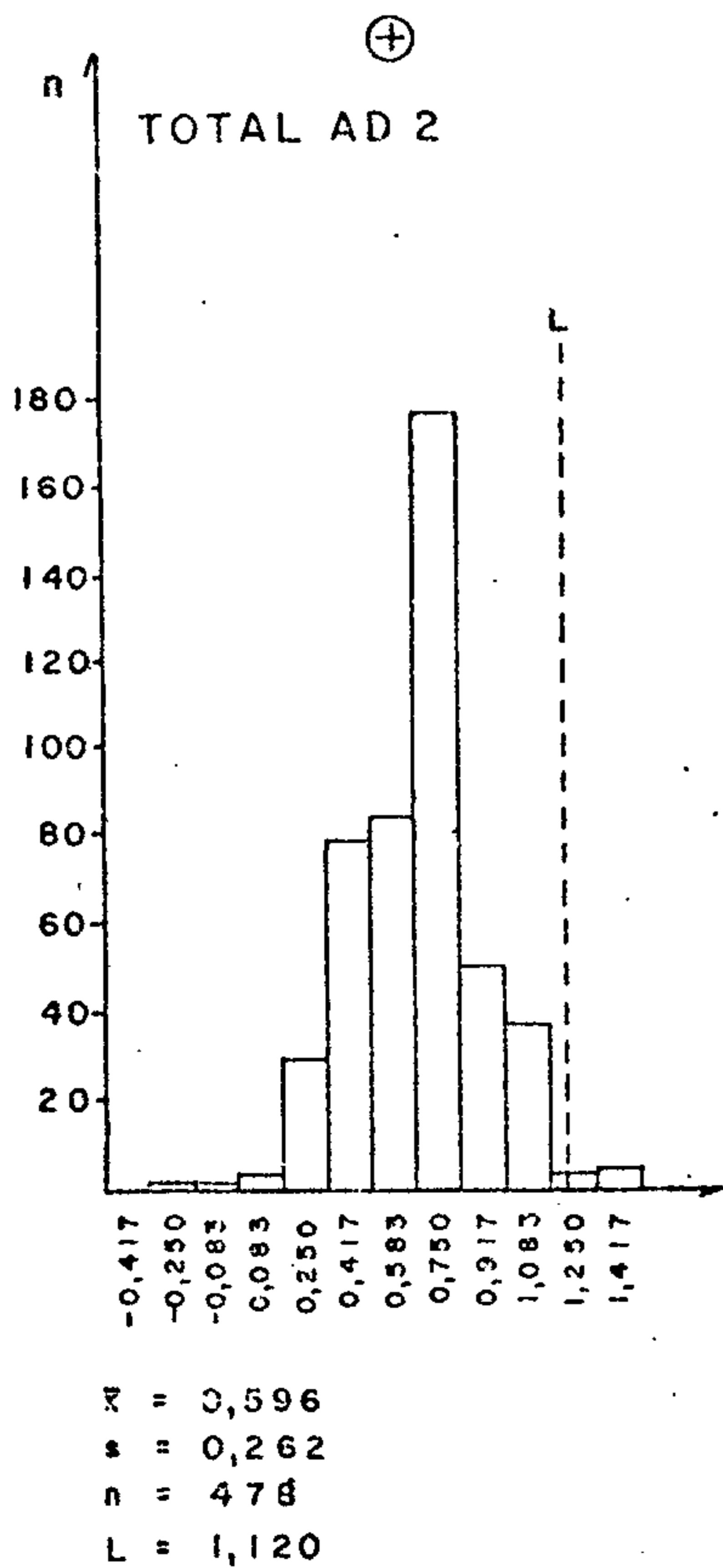
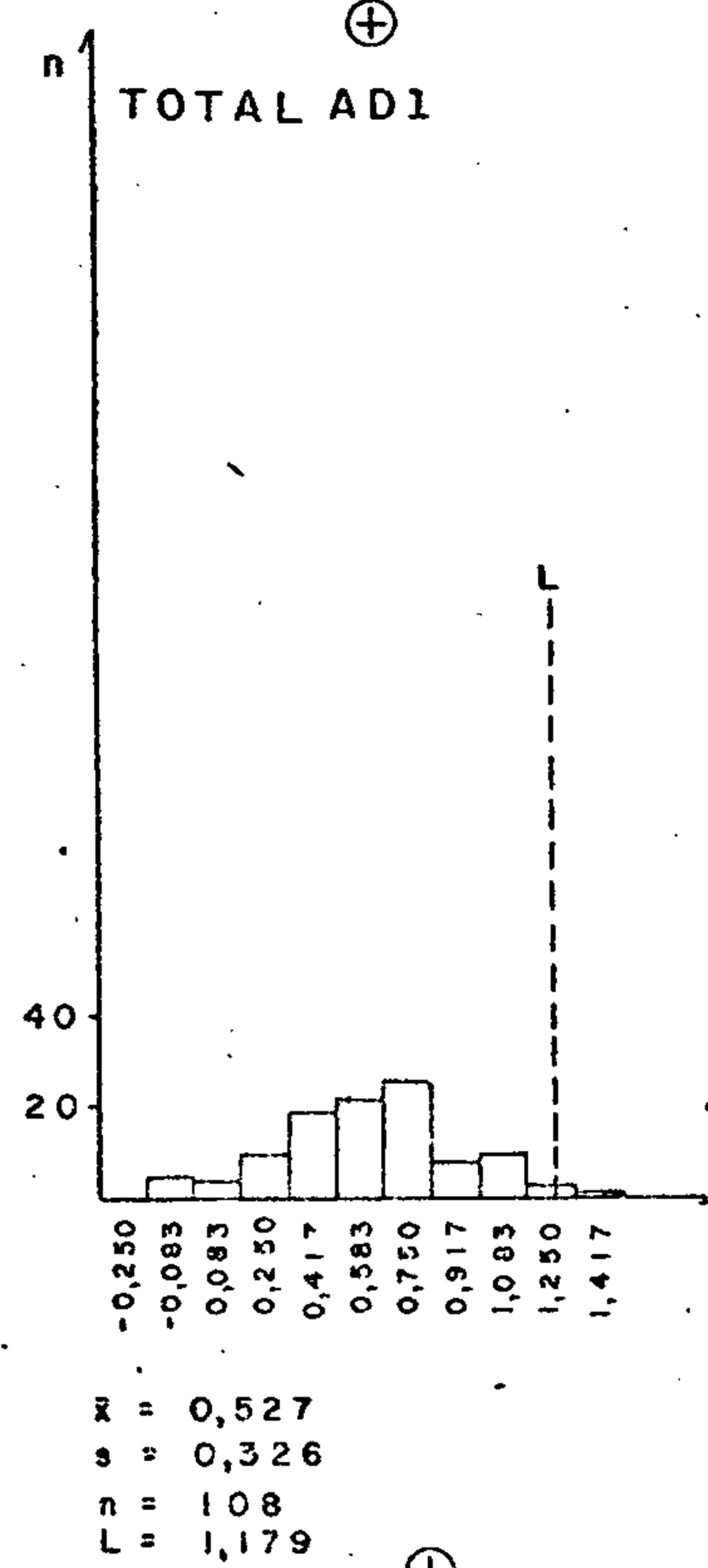
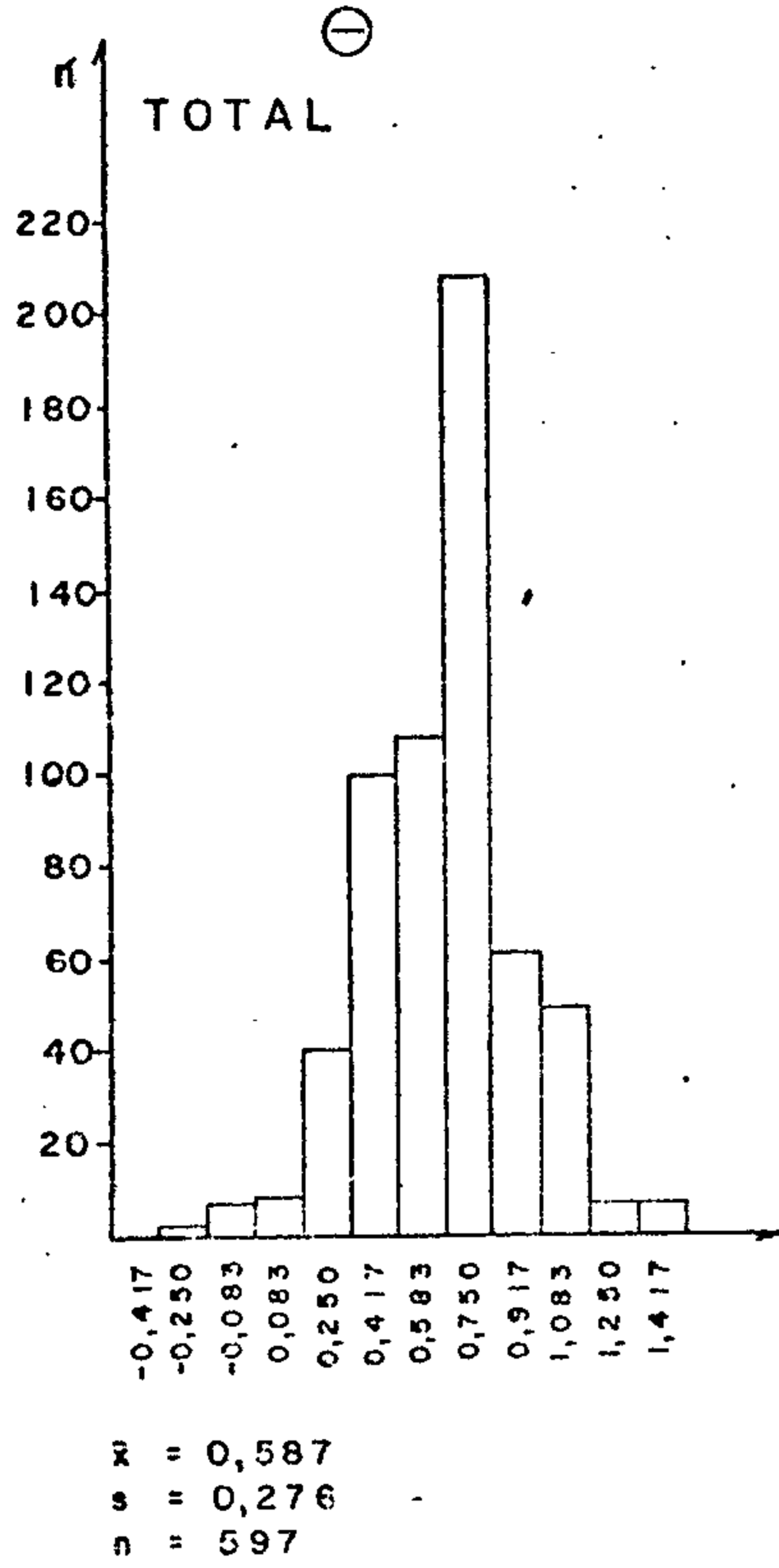
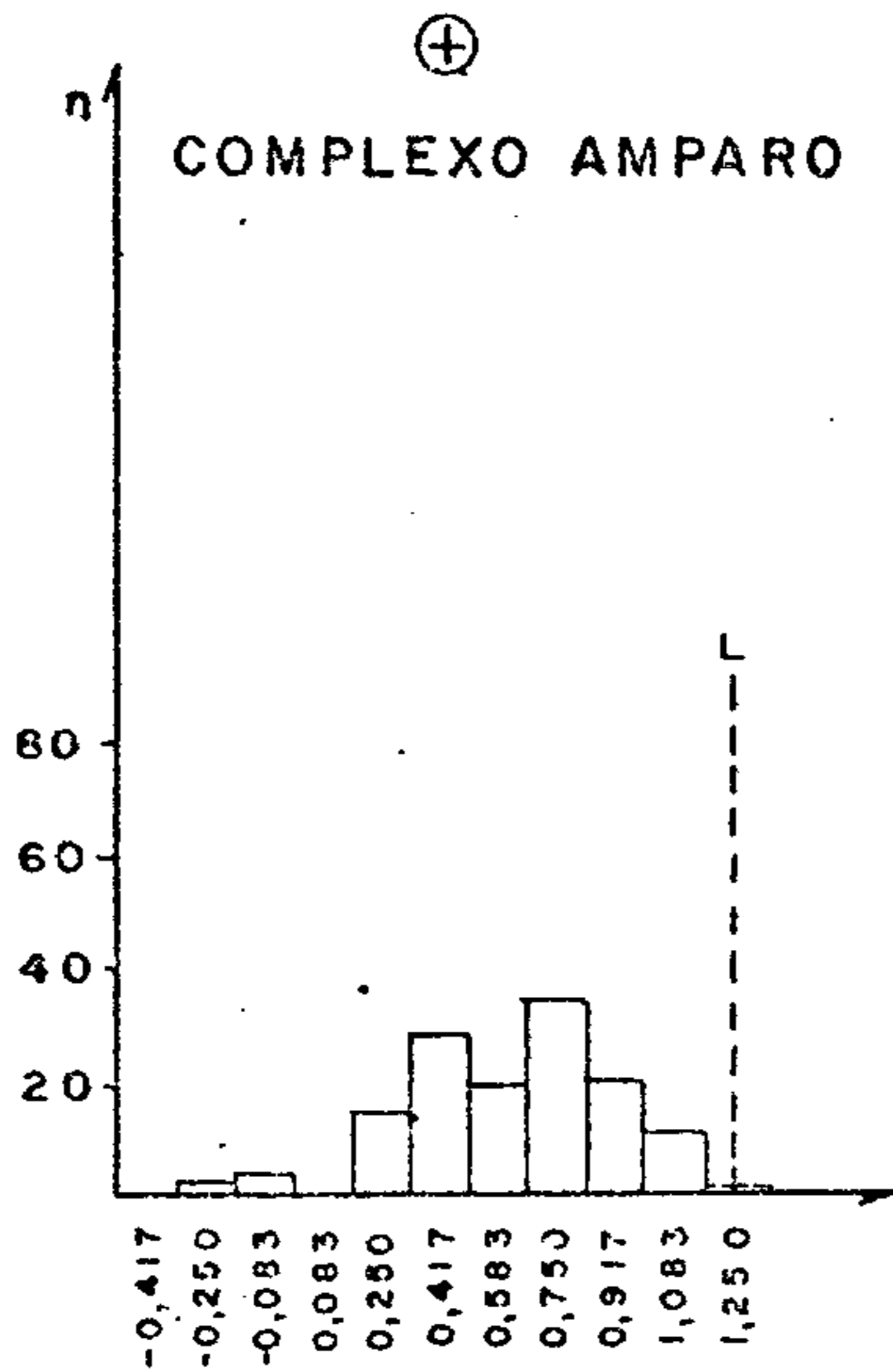
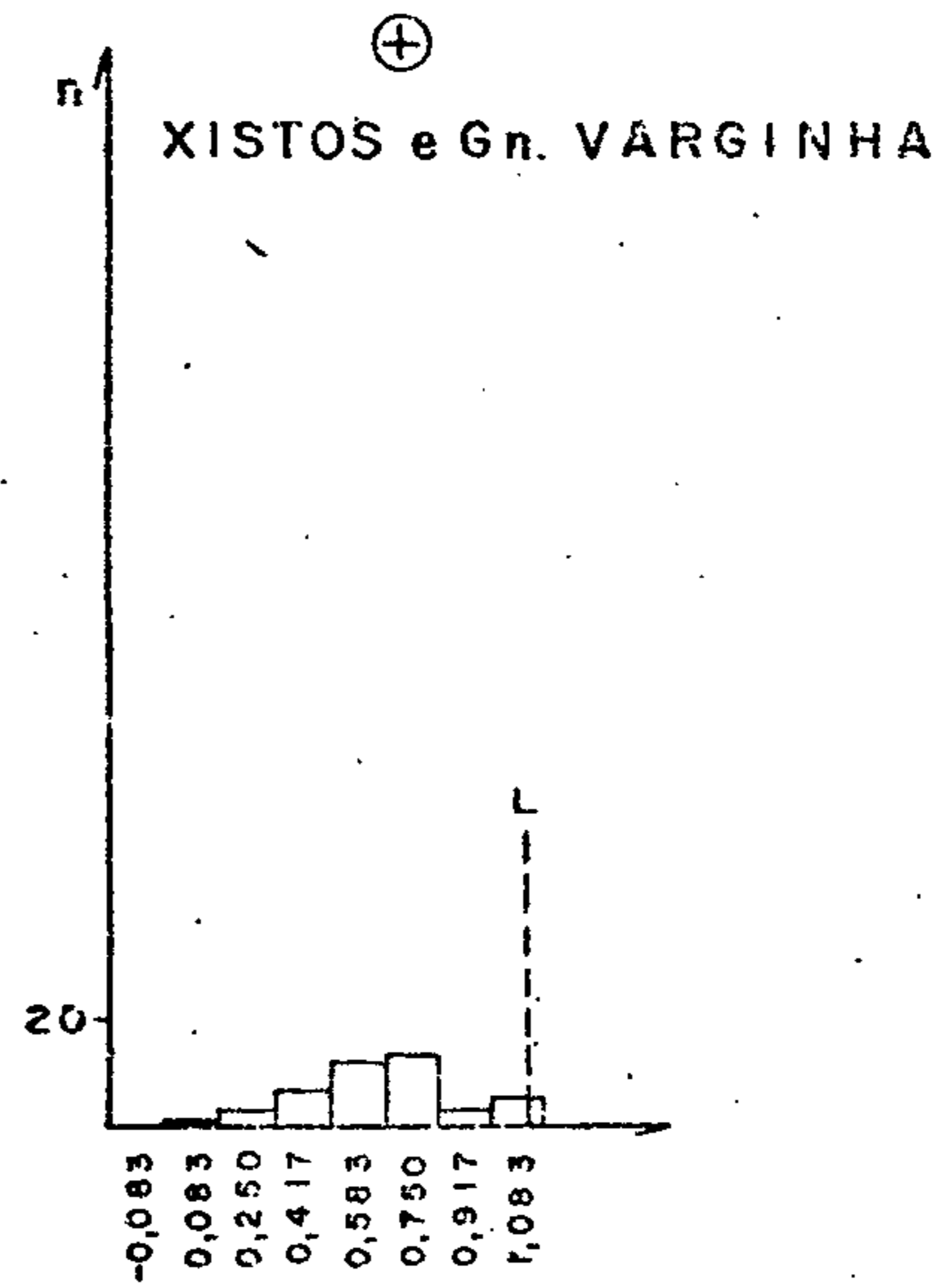


Figura 87 - Histogramas de dados logaritmizados.

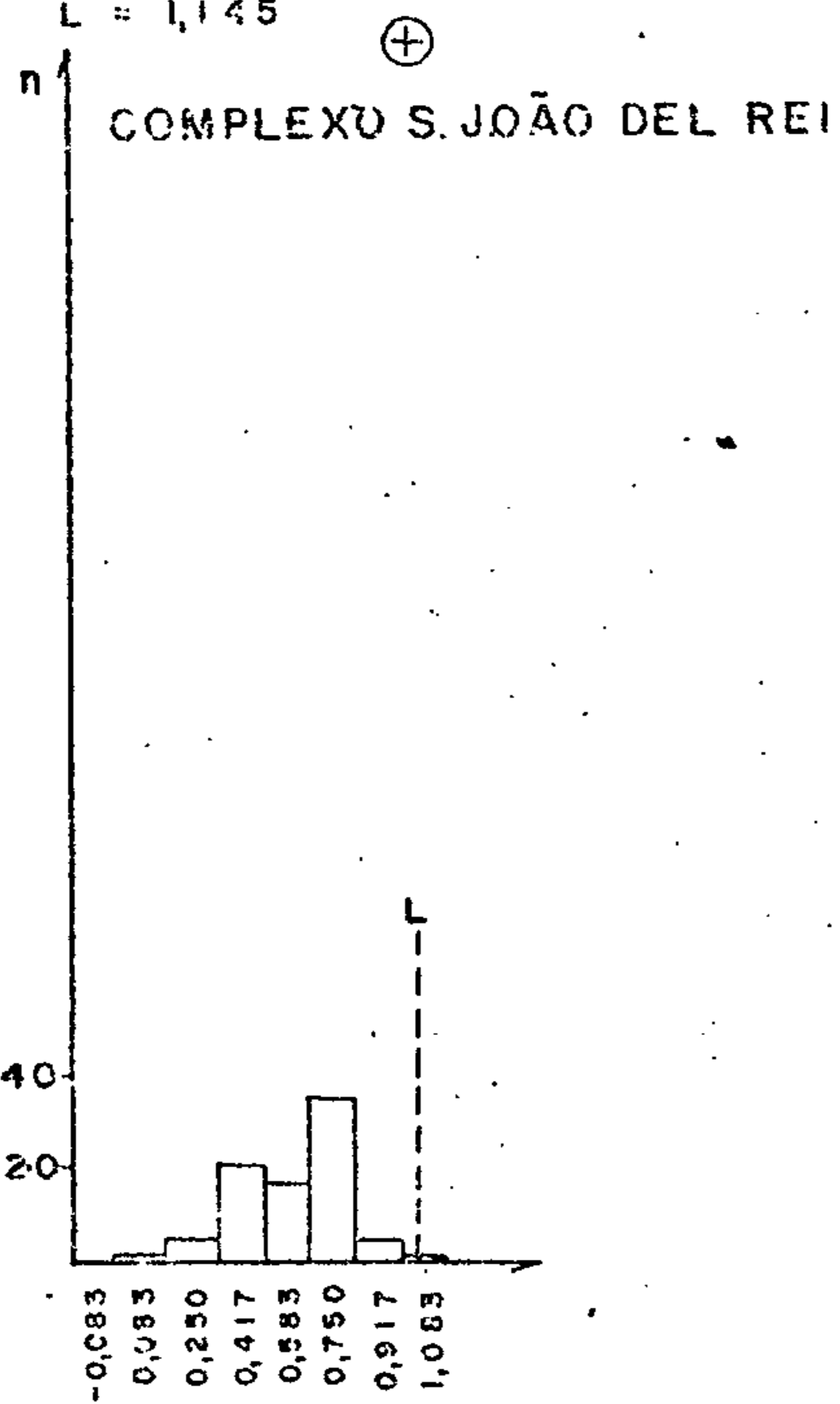
FERRO



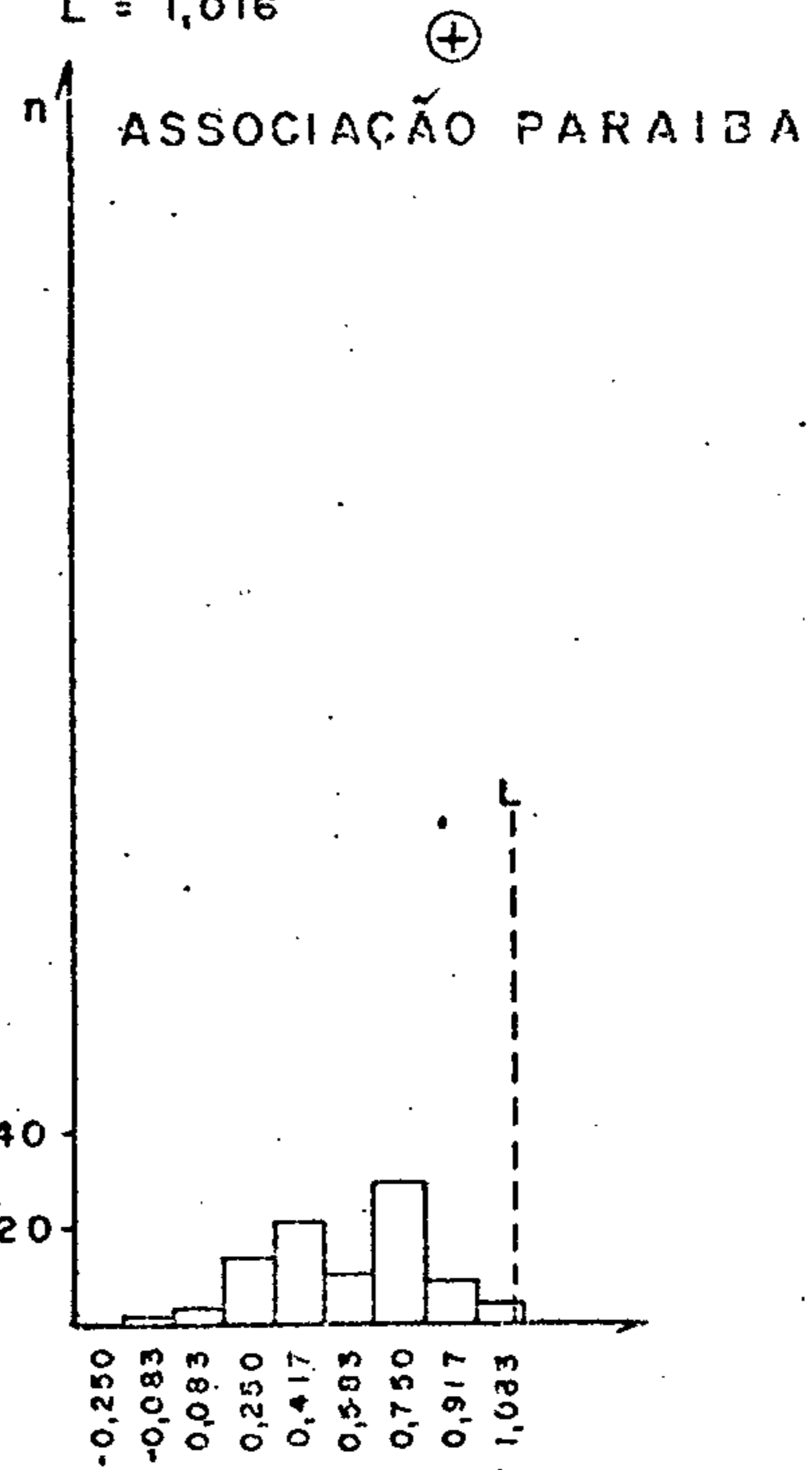
$\bar{x} = 0,543$   
 $s = 0,301$   
 $n = 132$   
 $L = 1,145$



$\bar{x} = 0,568$   
 $s = 0,254$   
 $n = 44$   
 $L = 1,016$



$\bar{x} = 0,529$   
 $s = 0,223$   
 $n = 87$   
 $L = 0,975$



$\bar{x} = 0,501$   
 $s = 0,272$   
 $n = 90$   
 $L = 1,045$

Figura 88 - Histogramas de dados logaritmizados.

FERRO

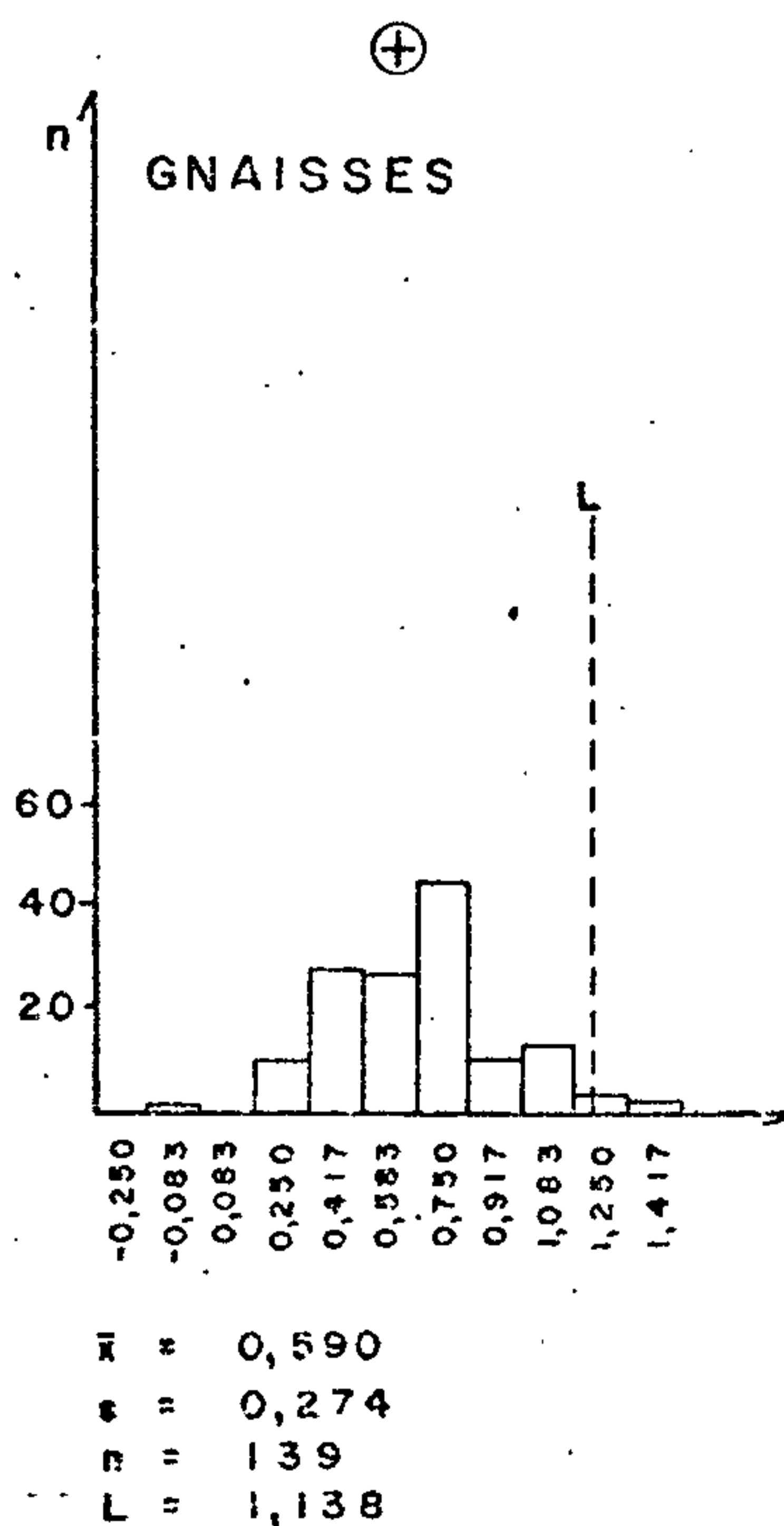
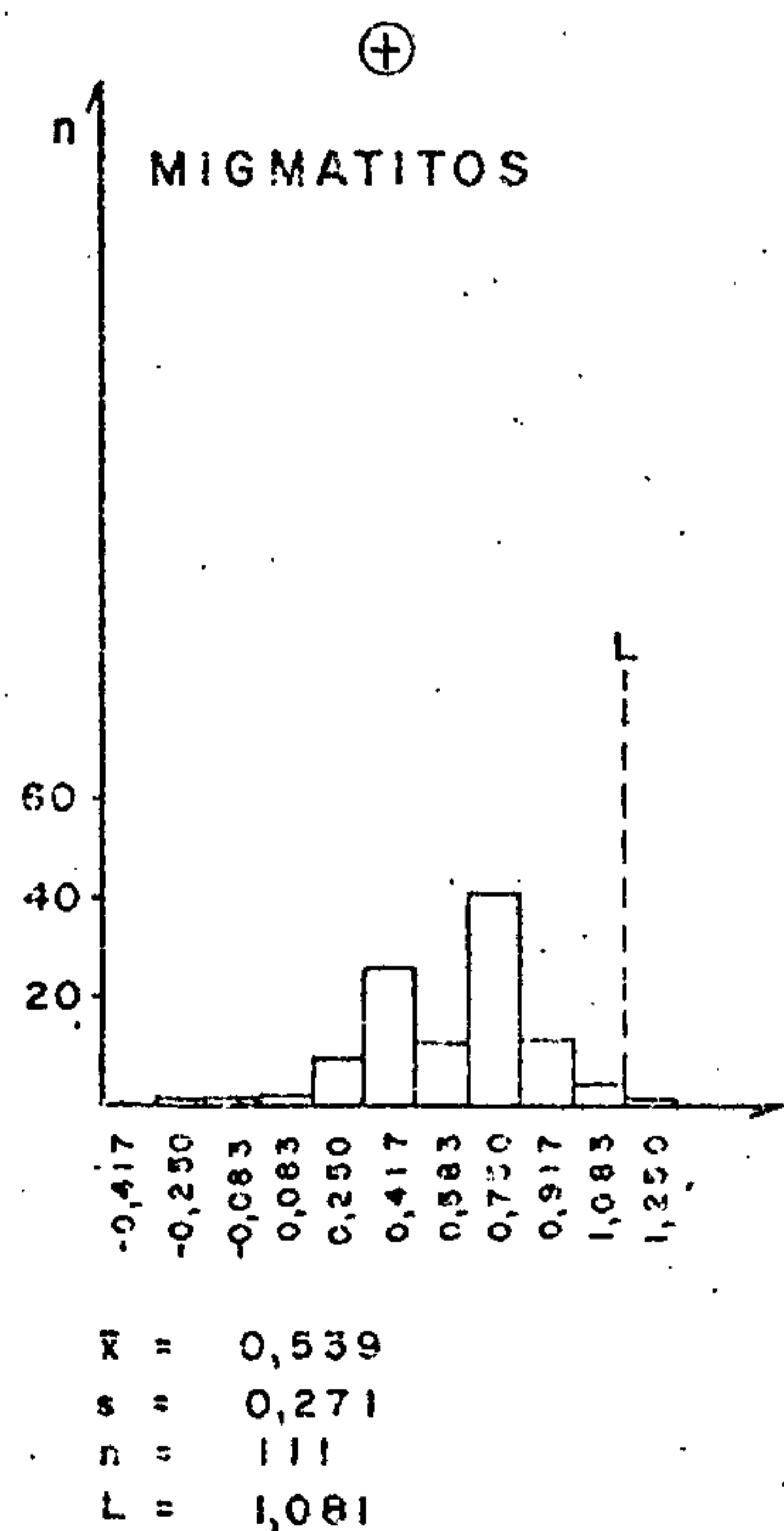
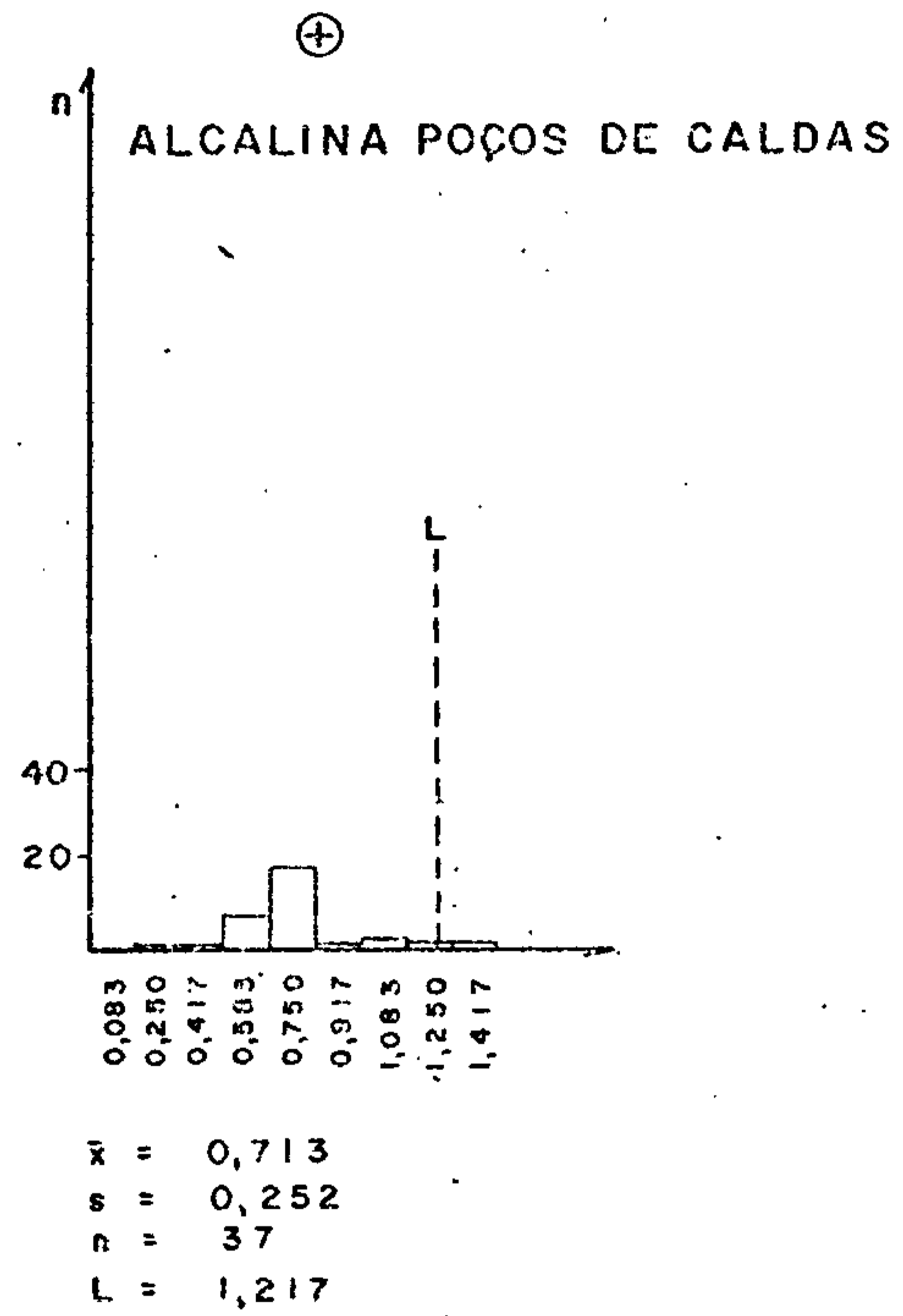
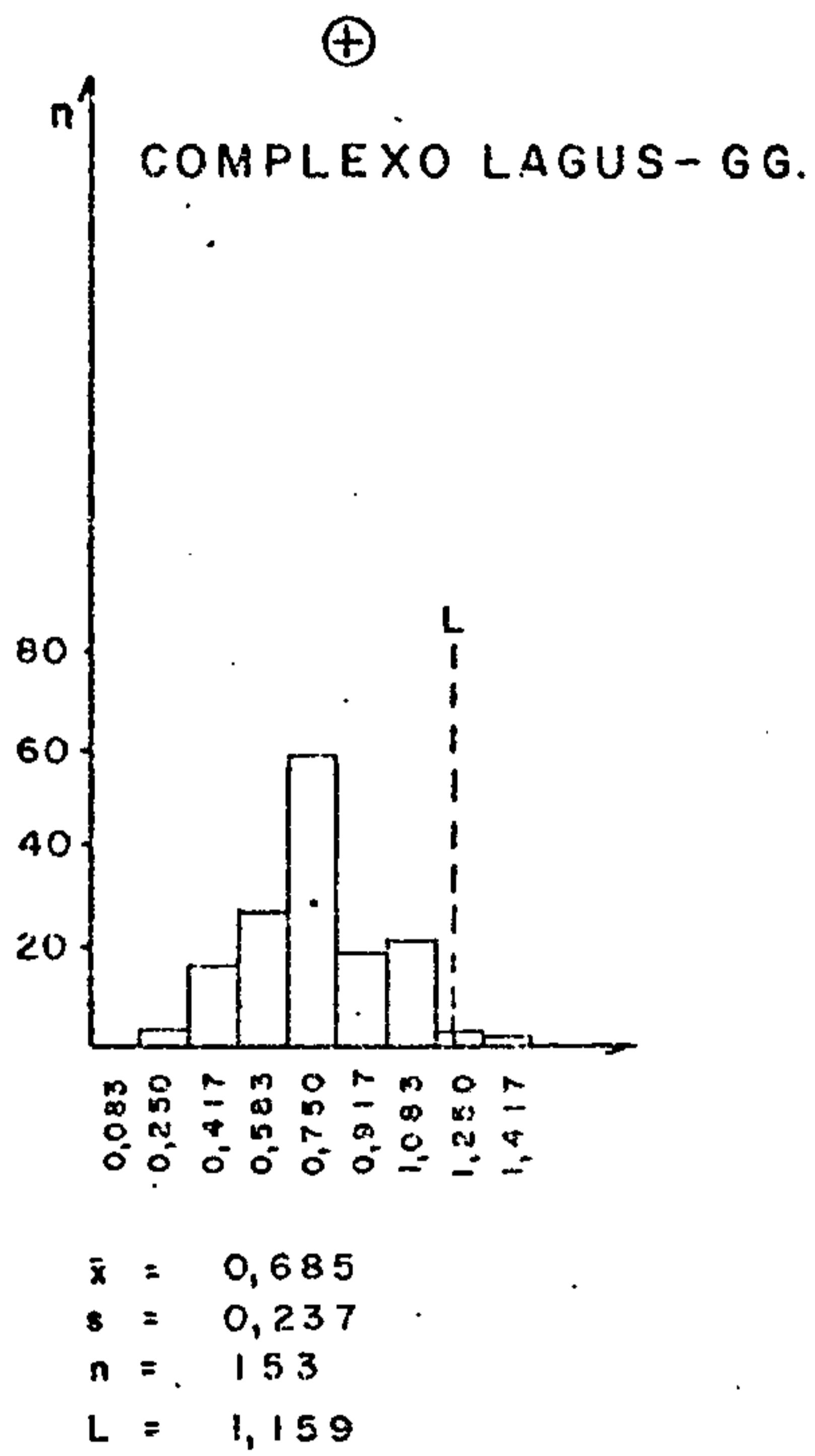


Figura 89 - Histogramas de dados logaritmizados.



#### 7.4.17 - Manganês

Das 597 amostras analisadas, 594 tiveram teores de finidos de manganês. A área total apresentou valor médio igual a 778,6 (média geométrica) e desvio geométrico de 2,365. A média mais elevada foi encontrada na Alcalina de Poços de Caldas (1.869,6) e a mais baixa na Associação Paraíba (526,7) (tabela XVIII).

Os coeficientes de variação oscilaram entre 0,755 na Alcalina de Poços de Caldas e 0,952 no Complexo Amparo. A epiderme laterítica do maciço alcalino de Poços de Caldas parece ter tido grande influência na dispersão relativa de alguns elementos, mormente o ferro e o manganês, o primeiro com coeficiente de variação de apenas 0,634 e o segundo com coeficiente de variação igual a 0,755.

Na distribuição da frequência os testes de lognormalidade foram aceitos para todas as populações consideradas, até mesmo para a área total (figura 90).

Na área total as correlações de manganês foram mais pronunciadas com ferro, titânio e cobalto; no Complexo Amparo com ferro, titânio, cobalto e bário; nos Xistos e gnais-sês Varginha (população mais rica em cobre, cromo e níquel) o manganês associou-se a esses elementos, além do ferro e do cobalto. A associação mais conspícua foi verificada na Alcalina de Poços de Caldas, onde o manganês correlacionou-se apenas com o titânio. Destaque deve ser dado também à suíte de elementos correlacionados com o manganês na Associação Paraíba que parecem ter coprecipitado com óxidos de manganês nos sedimentos de corrente (figura 91).



CPRM

## TABELA XVIII — SUMÁRIO DOS ESTIMADORES — MANGANÊS

## ANTILOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO SUPOSTA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	GRAU DE DETECÇÃO
TOTAL	LOGNORMAL	20	7.500	778,588	2,365	1,048	594:597
TOTAL AD1	LOGNORMAL	70	5.000	651,007	2,545	1,180	108:108
TOTAL AD2	LOGNORMAL	20	7.500	801,153	2,321	1,016	475:478
LEVANTAMENTO REGIONAL	LOGNORMAL	20	7.500	781,045	2,356	1,041	542:545
COMPLEXO AMPARO	LOGNORMAL	70	5.000	674,586	2,233	0,952	132:132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	LOGNORMAL	150	5.000	590,551	2,149	0,892	44:44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	LOGNORMAL	50	5.000	665,438	2,183	0,916	87:87
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	LOGNORMAL	70	3.000	526,926	2,175	0,910	90:90
COMPLEXO LAGUS-GO	LOGNORMAL	20	5.000	1.076,776	2,234	0,953	153:153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	LOGNORMAL	300	7.500	1.869,635	1,958	0,755	34:37
MIGMATITOS	LOGNORMAL	70	5.000	601,116	2,085	0,846	111:111
GNAISSES	LOGNORMAL	150	5.000	789,831	2,082	0,844	139:139

OBS: - Como a distribuição suposta foi lognormal, a média e os desvios calculados são geométricos.  
 - Grau de detecção refere-se ao número de valores definidos em relação ao total de amostras analisadas quimicamente para determinado elemento.

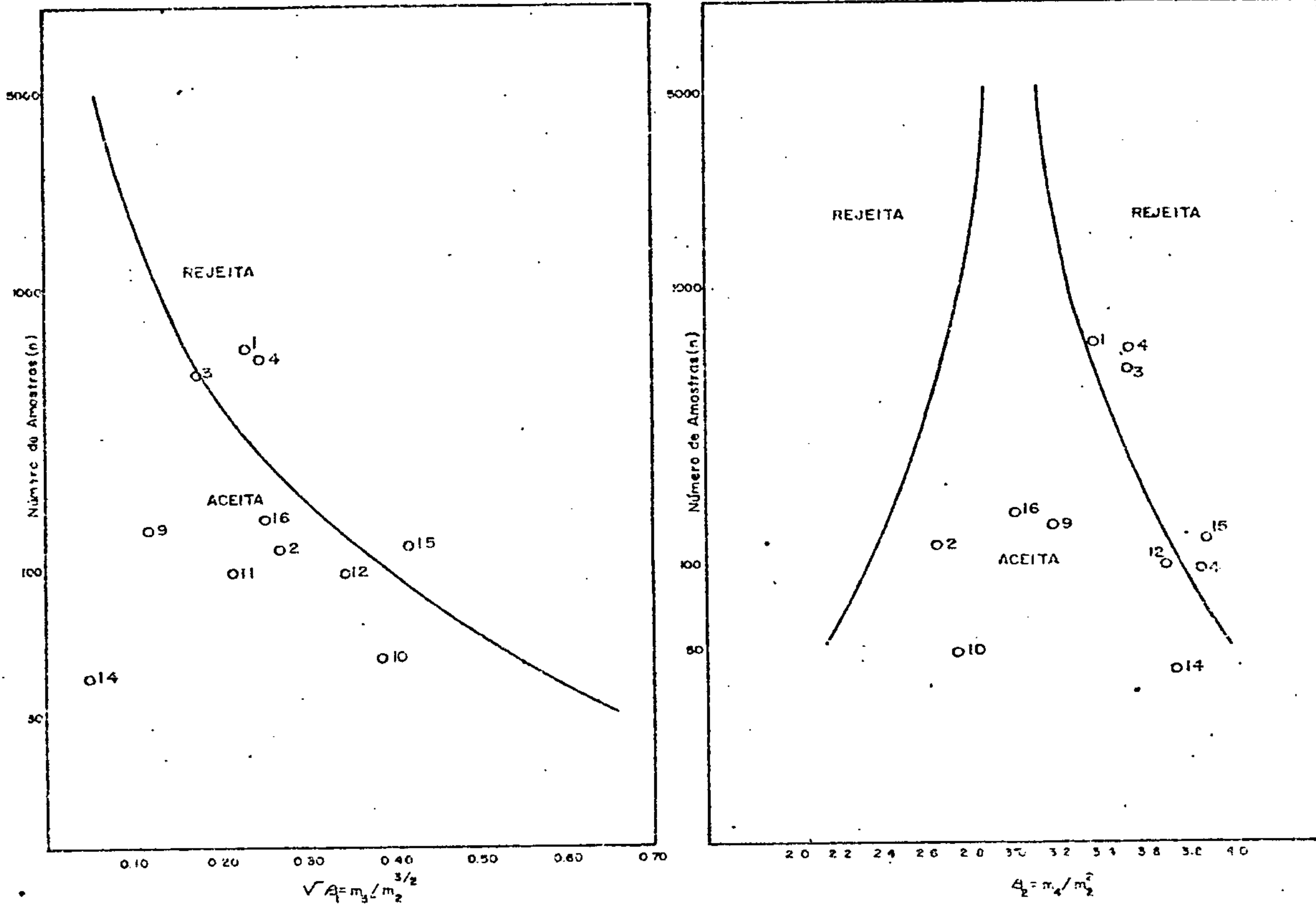
## LOGARÍTMOS

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	MÉDIA	DESVIO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO
TOTAL	597	1,250	3,917	2,667	2,891	0,374	0,129
TOTAL AD1	108	1,750	3,750	2,000	2,814	0,406	0,144
TOTAL AD2	478	1,250	3,917	2,667	2,904	0,366	0,126
LEVANTAMENTO REGIONAL	545	1,250	3,917	2,667	2,893	0,372	0,129
COMPLEXO AMPARO	132	1,750	3,750	2,000	2,829	0,349	0,123
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	44	2,083	3,750	1,667	2,771	0,332	0,120
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	87	1,583	3,750	2,167	2,823	0,339	0,120
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	90	1,750	3,583	1,833	2,722	0,337	0,124
COMPLEXO LAGUS-GO	153	1,250	3,750	2,500	3,032	0,349	0,115
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	37	2,417	3,917	1,500	3,272	0,292	0,089
MIGMATITOS	111	1,750	3,750	2,000	2,779	0,319	0,115
GNAISSES	139	2,083	3,750	1,667	2,898	0,318	0,110

### TESTES DE DISTRIBUIÇÃO MANGANÊS

ASSIMETRIA - Nível de Significância de 95%

CURTOSE - Nível de Significância de 95%



		ASSIMETRIA	CURTOSE	KOLMOGOROV - SMIRNOV				QUI-QUADRADO			
				5%		1%		F MÍN. 1,5		F MÍN. 50	
				+	-	+	-	+	-	+	-
1	TOTAL	-0,237	3,390	+	+	+	+	+	+	+	+
2	TOTAL AD1	-0,282	2,643	+	+	+	+	+	+	+	+
3	TOTAL AD2	-0,178	3,550	+	+	+	+	+	+	+	+
4	LEV. REGIONAL	-0,250	3,555	+	+	+	+	+	+	+	+
9	COMPLEXO AMPARO	-0,123	3,129	+	+	+	+	+	+	+	+
10	XISTOS e Gn VARGINHA	0,401	2,752	+	+	+	+	+	+	+	+
11	COMPLEXO JOÃO DEL REI	-0,222	3,870	+	+	+	+	+	+	+	+
12	ASSOCIAÇÃO PARAÍRA	-0,357	3,706	+	+	-	-	-	-	-	-
13	COMPLEXO LAGUS-GG.	-0,913*	5,887*	+	+	+	+	+	+	+	+
14	ALCALINA POCOS DE CALDAS	0,054	3,761	+	+	+	+	+	+	+	+
15	MIGMATITOS	-0,427	3,923	+	+	-	+	+	+	+	+
16	GNAISSES	0,261	3,007	+	+	+	+	+	+	+	+

+ Aceita a hipótese nula

- Rejeita a hipótese nula

\* Rejeitadas o ponto cai além dos limites do quadro

Figura 90 - Testes de distribuição do elemento Mn: assimetria, curtose, Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado; nas diversas populações

MANGANÊS

MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

	ÁREA TOTAL		COMPLEXO AMPARO		XISTOS E GN VARGINHA		COMPLEXO S J DEL REI		ASSOCIAÇÃO PARAÍBA		COMPLEXO LAGUS-GG		ALCALINA P DE CALDAS		MIGMATITOS		GNAISSES		
	n	Mn	n	Mn	n	Mn	n	Mn	n	Mn	n	Mn	n	Mn	n	Mn	n	Mn	
Fe	594	⊙	132	⊙	44	⊙	87	⊙	90	⊙	153	⊙	34	○	111	⊙	139	⊙	Fe
Mg	588	○	128	○	44	○	87	○	90	⊙	151	○	34	○	110	○	136	○	Mg
Ca	485	○	109	○	30	○	70	○	80	○	131	○	20	○	97	○	116	○	Ca
Ti	366	⊙	90	⊙	22	(-)	64	⊙	74	⊙	63	○	20	⊙	84	⊙	85	○	Ti
Mn		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙		⊙	Mn
B	354	(○)	92	(-)	25	(○)	71	(-)	49	(○)	76	(-)	14	○	61	(-)	87	(-)	B
Ba	591	○	132	⊙	44	○	86	○	90	⊙	152	○	34	○	111	○	139	○	Ba
Be	110	○	16	(-)	2	*	3	*	30	(○)	18	○	23	○	23	(-)	11	○	Be
Co	564	⊙	121	⊙	43	⊙	85	⊙	85	⊙	150	⊙	28	○	106	⊙	135	○	Co
Cr	592	○	132	○	44	⊙	87	⊙	88	○	153	(-)	34	○	110	○	139	○	Cr
Cu	529	○	116	○	44	⊙	85	○	72	○	134	○	25	○	99	○	133	○	Cu
La	549	○	113	○	42	○	70	○	86	○	150	○	34	○	100	○	129	○	La
Ni	573	○	127	○	44	⊙	87	⊙	86	⊙	148	○	27	○	108	○	138	○	Ni
Pb	544	○	118	○	36	○	71	○	88	○	148	○	34	○	106	○	123	○	Pb
Sc	492	○	101	○	42	○	85	○	71	⊙	122	○	23	○	92	○	119	○	Sc
Sr	158	○	22	○	1	○	8	*	36	*	45	(-)	27	○	27	(-)	22	○	Sr
V	591	○	131	○	44	○	87	○	88	⊙	153	○	34	○	110	○	138	○	V
Y	581	○	129	○	43	○	81	○	89	○	153	○	34	○	109	○	136	○	Y
Zr	359	○	87	○	33	(-)	53	⊙	64	○	71	○	16	○	72	○	89	○	Zr

LEGENDA

- n - nº de amostras que entraram no cálculo
- \* - insuficiência de valores definidos
- - < 0,3
- - 0,3 a 0,4
- - 0,4 a 0,5
- ⊙ - 0,5 a 0,6
- ⊙ - 0,6 a 0,7
- ⊙ - 0,7 a 0,8
- ⊙ - > 0,8
- (-) - correlação negativa

Figura 91



CPRM

### MANGANÊS

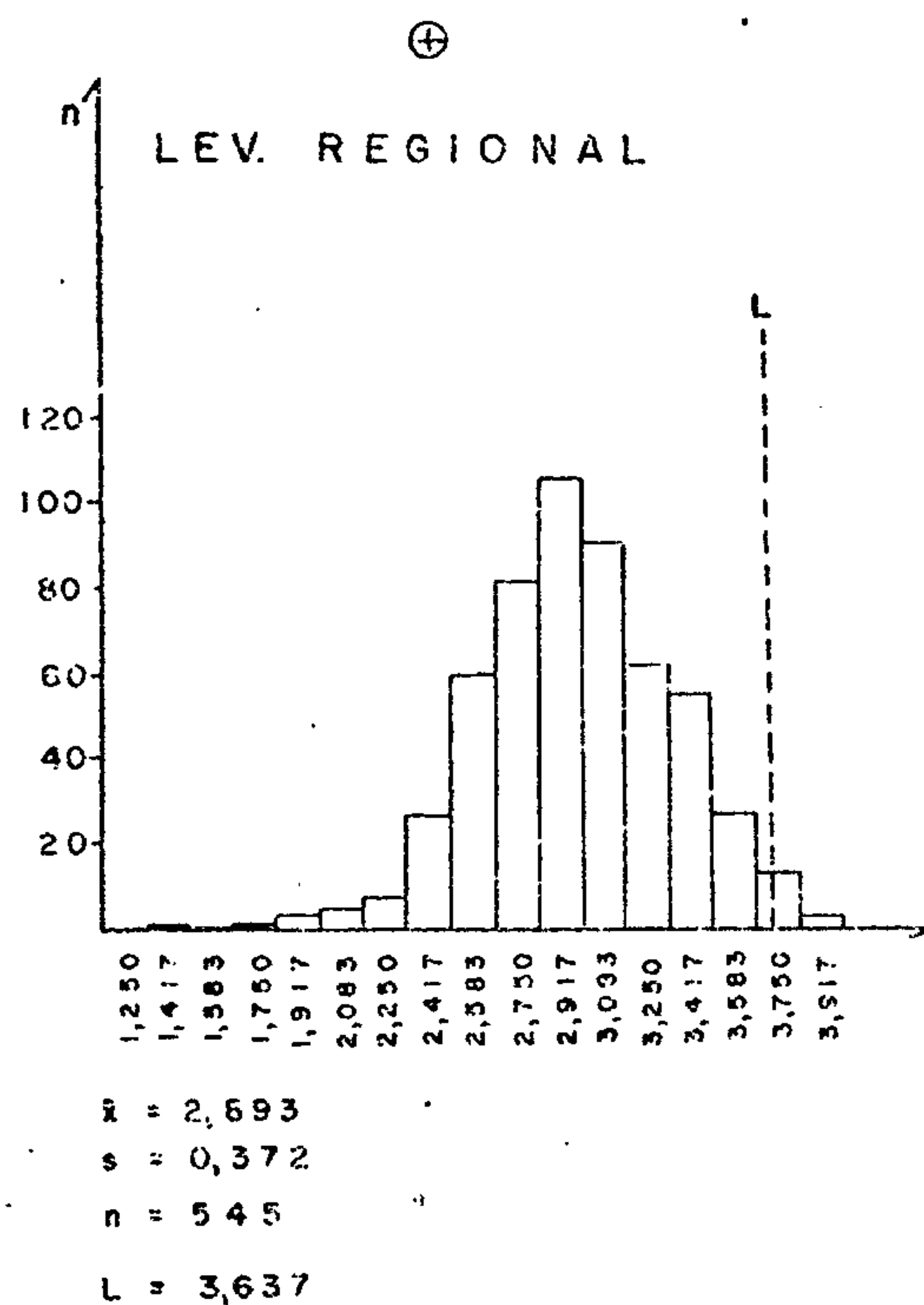
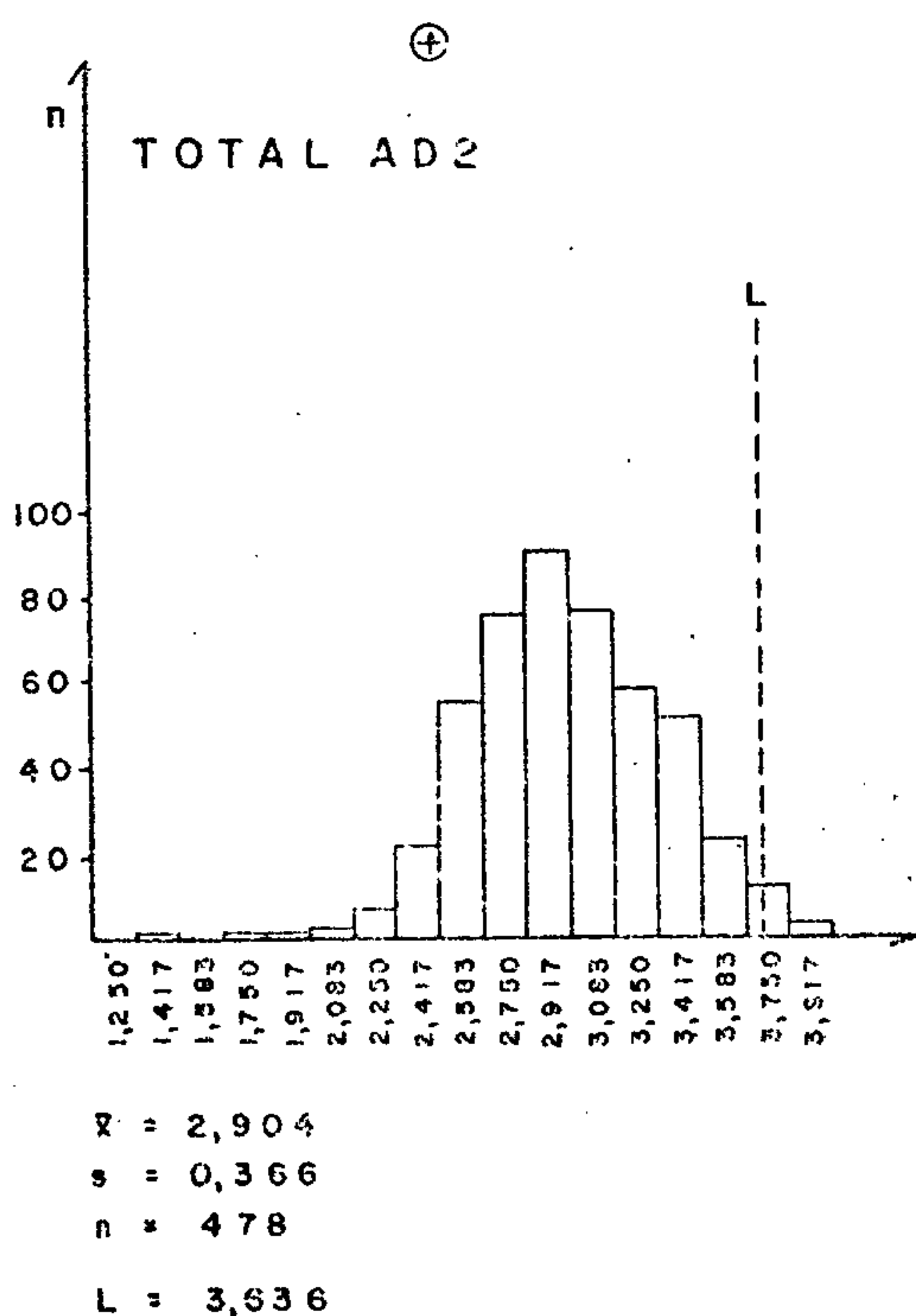
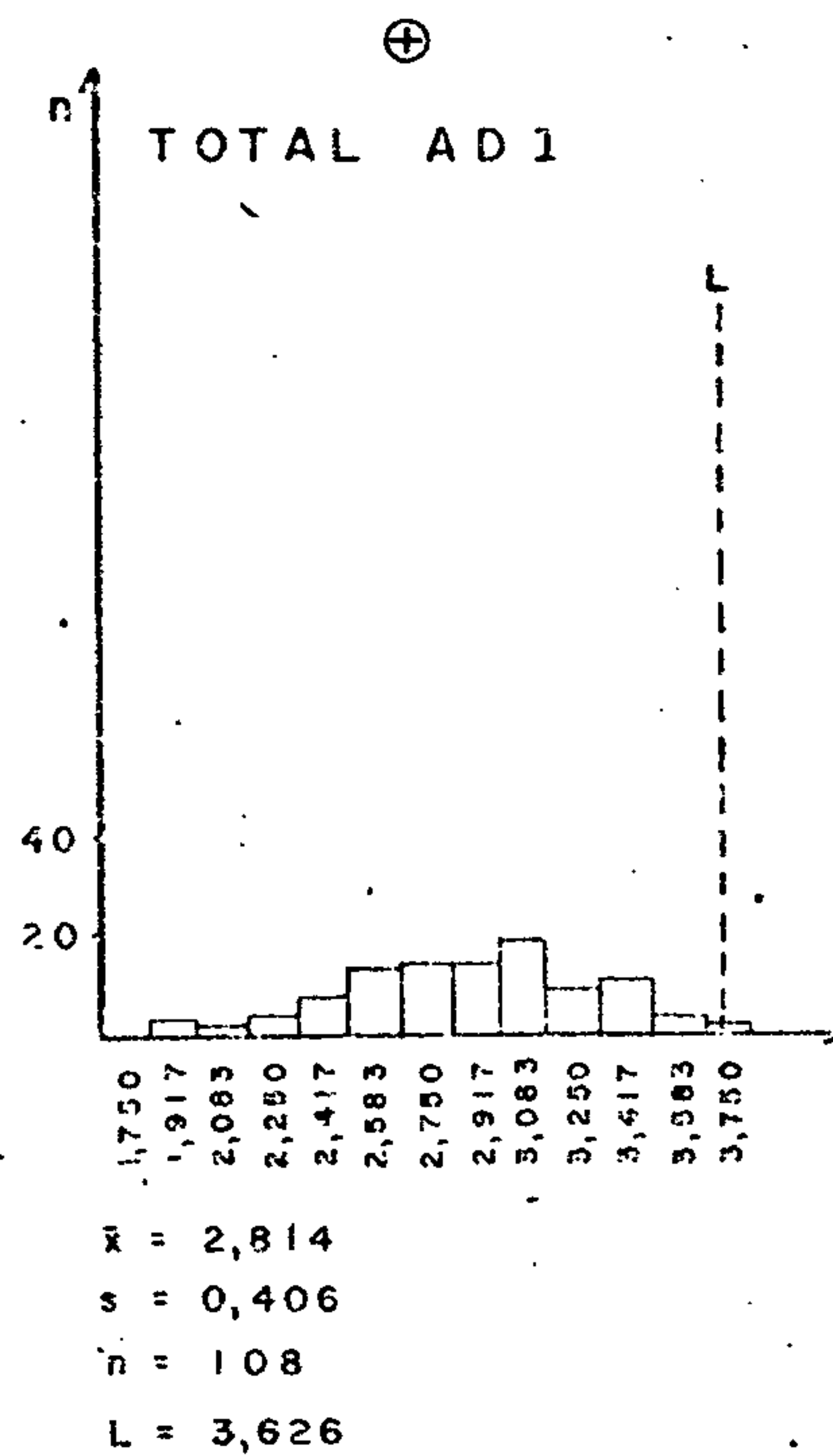
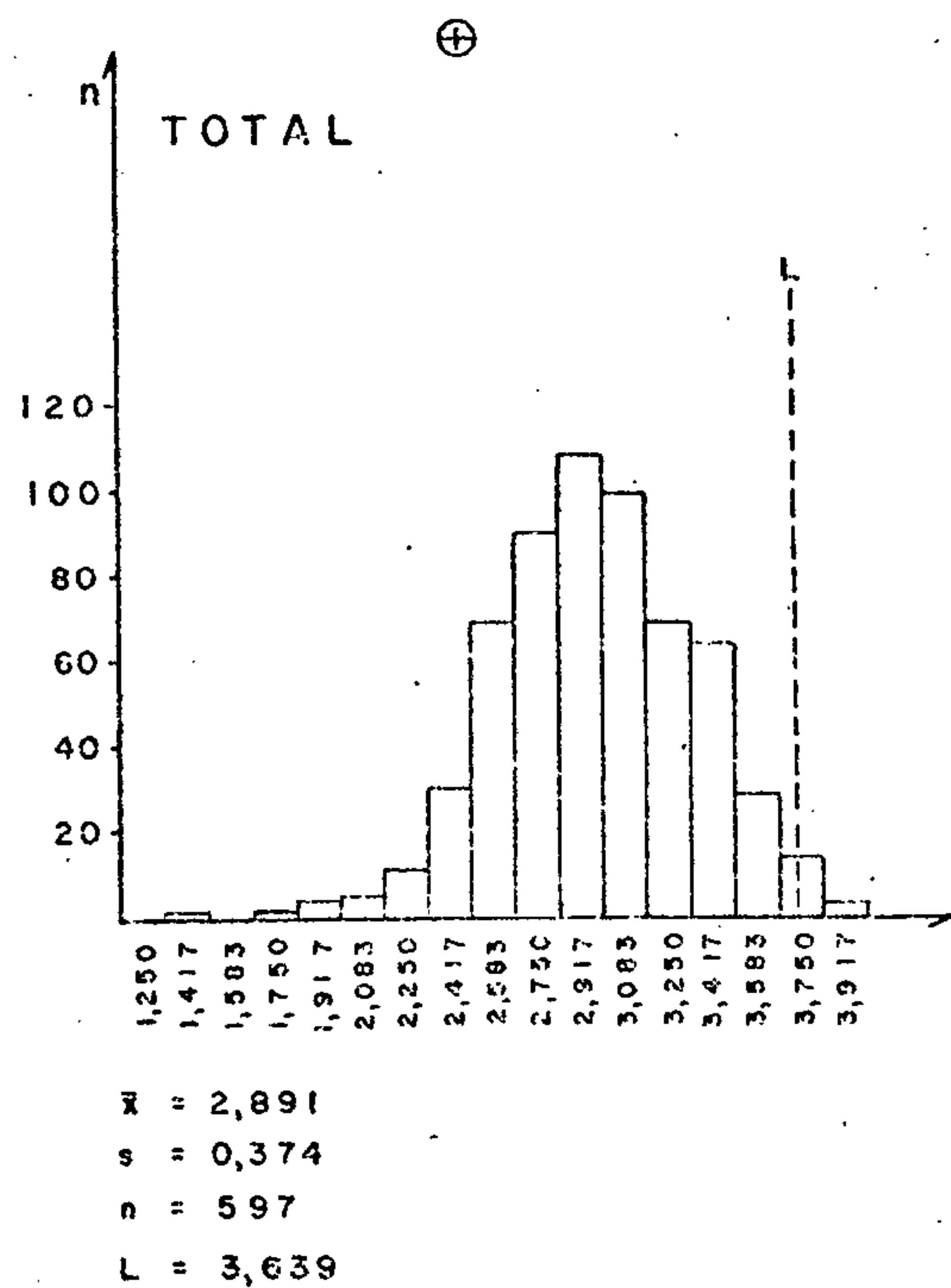
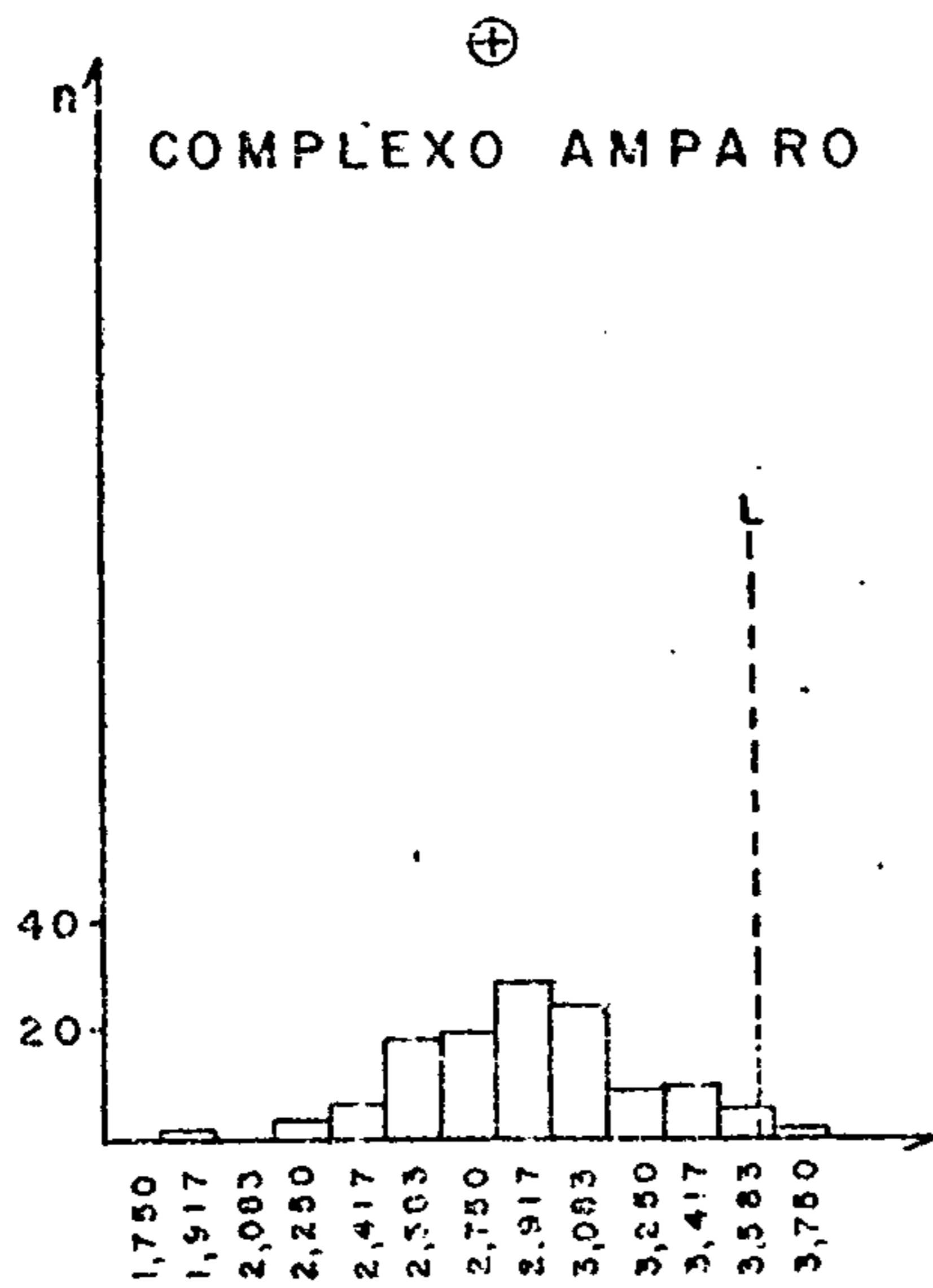
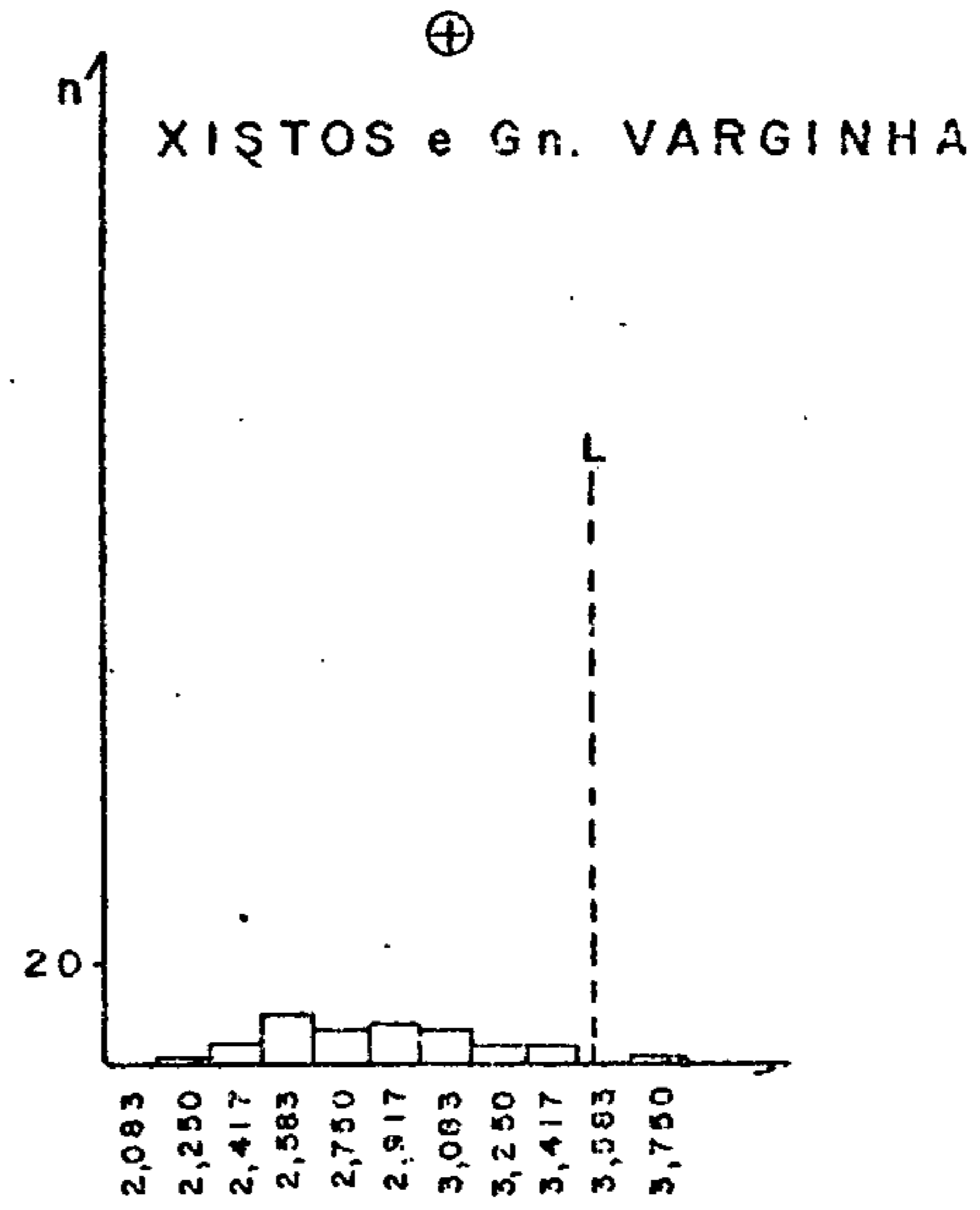


Figura 92 - Histogramas de dados logaritmizados.

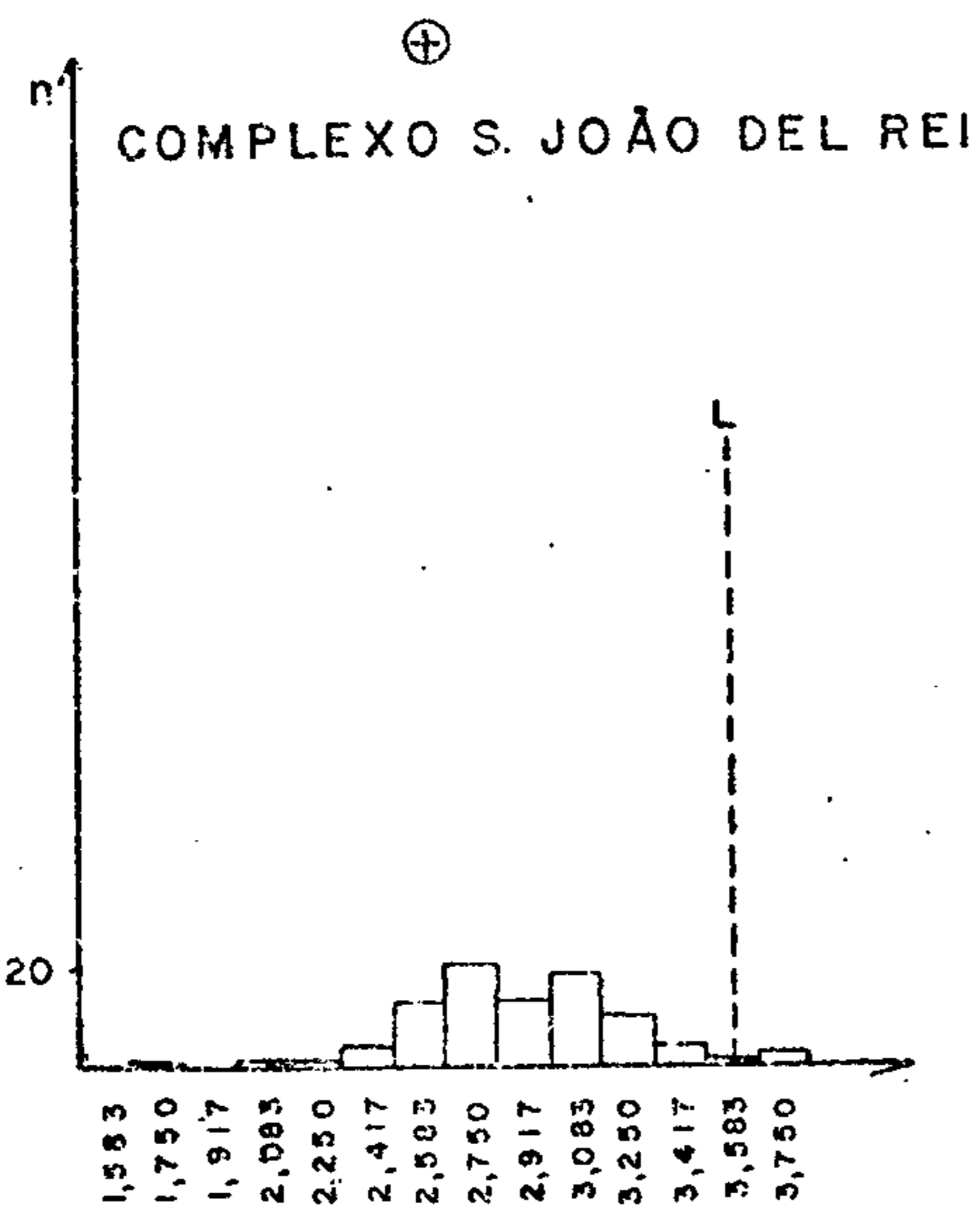
## MANGANÊS



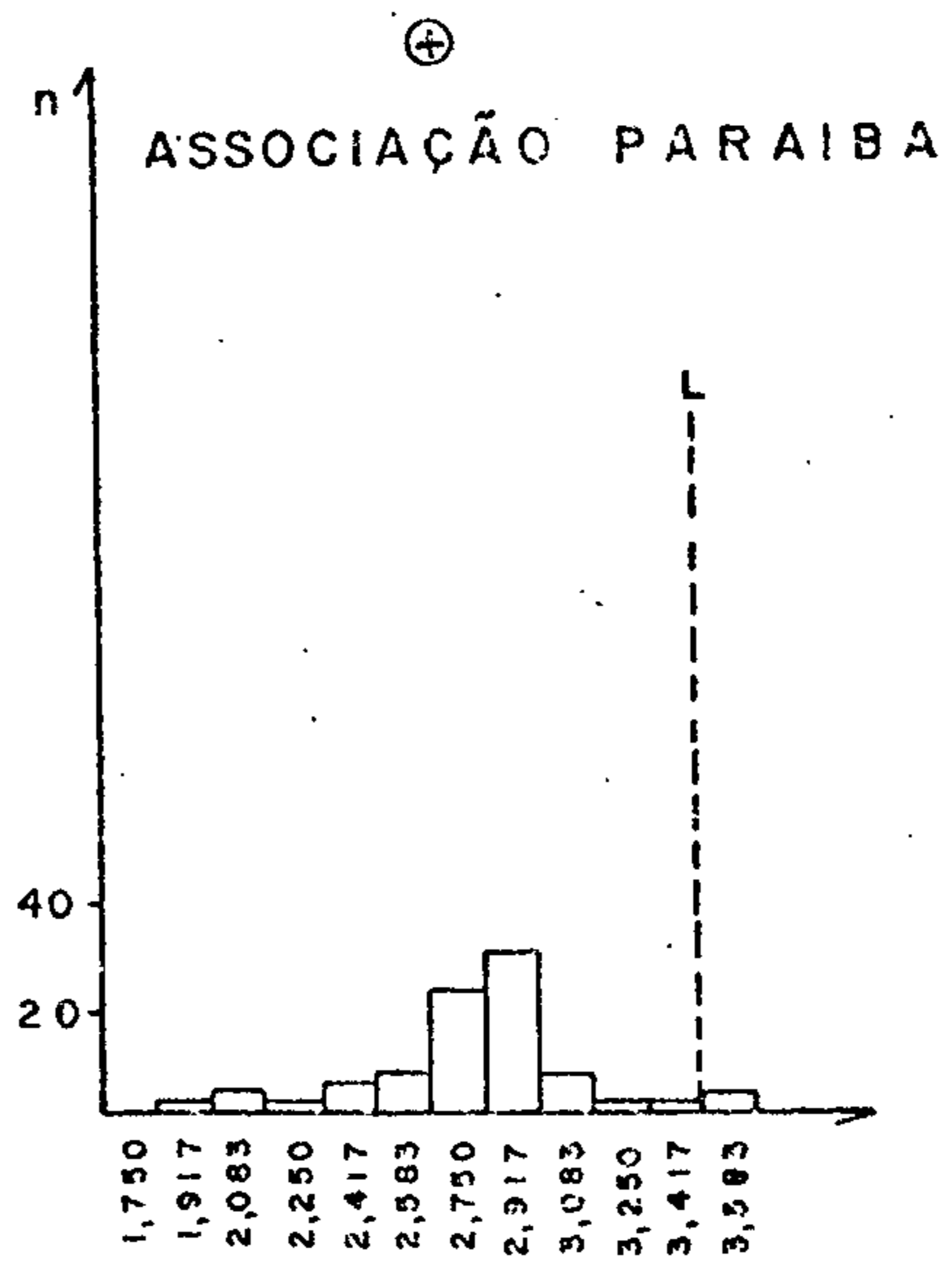
$\bar{x} = 2,829$   
 $s = 0,349$   
 $n = 132$   
 $L = 3,527$



$\bar{x} = 2,771$   
 $s = 0,332$   
 $n = 44$   
 $L = 3,435$



$\bar{x} = 2,823$   
 $s = 0,339$   
 $n = 87$   
 $L = 3,501$



$\bar{x} = 2,722$   
 $s = 0,337$   
 $n = 90$   
 $L = 3,396$

Figura 93 - Histogramas de dados logaritimizados.

## MANGANÊS

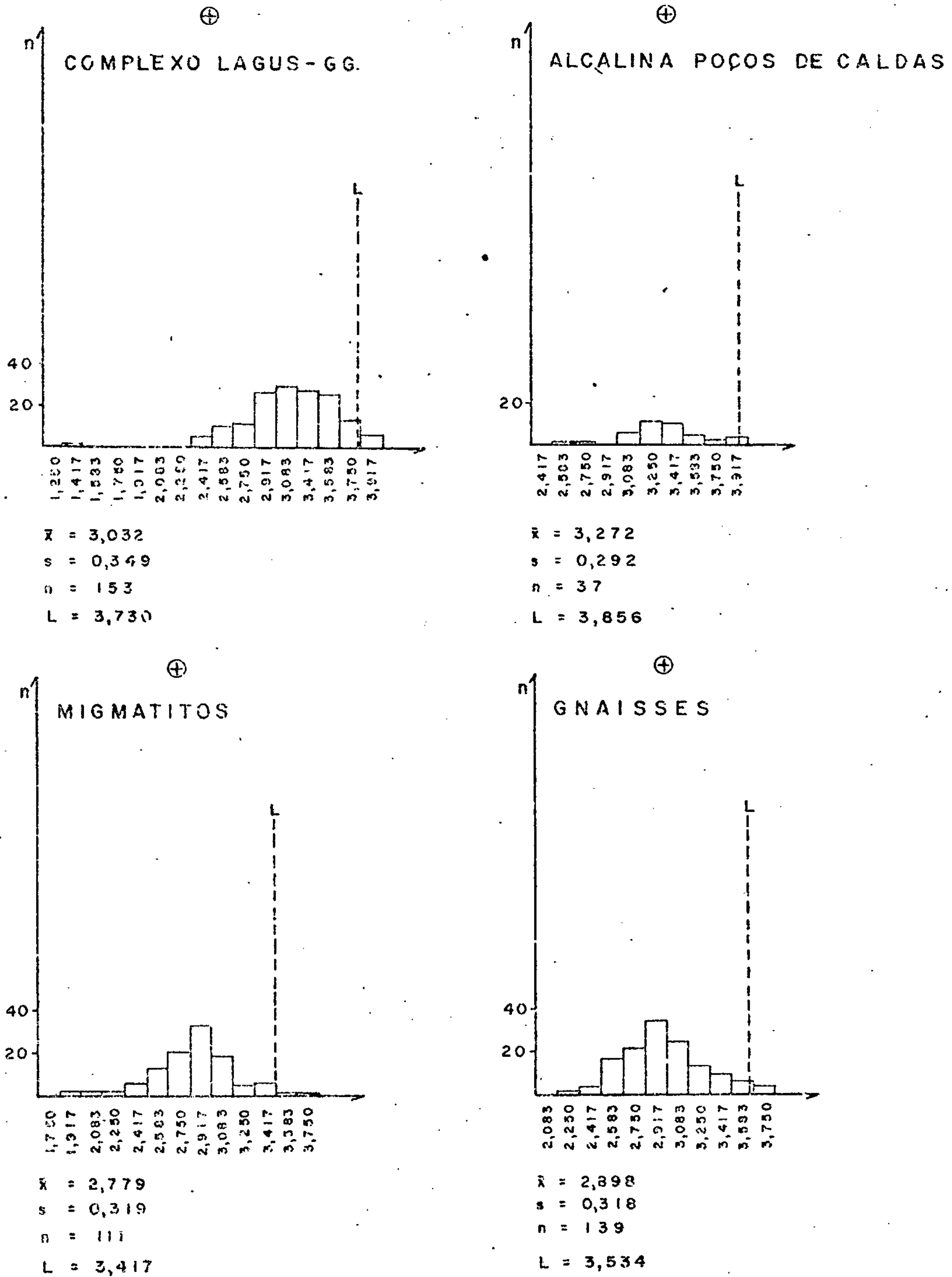


Figura 94 - Histogramas de dados logaritmizados.

#### 7.4.18 - Nióbio

Os teores de nióbio em sedimentos de corrente (anexo. XVII) mostraram-se bastante uniformes na maior parte da área amostrada, dominando valores de até 10 ppm nos conjuntos menos metamorfizados, passando a 20 ppm (localmente 50 ppm) nos complexos granitóide-migmatíticos. Três regiões, no entanto, fogem a esse padrão e apresentam teores superiores à média regional: a) intrusão alcalina de Poços de Caldas; b) porção oriental do Complexo Varginha; e c) maciço granítico de Morungaba.

Dentre os diversos elementos menores estudados, o nióbio foi um dos que melhor destacou a intrusão alcalina no contexto geoquímico regional, em razão dos altos teores (150 ppm - 200 ppm) nela detectados. A unidade geológica encaixante desse maciço (Complexo Varginha) apresentou, de um modo geral, valores entre 20 ppm e 50 ppm Nb, algo elevados junto às bordas fenitizadas, atingindo até 100 ppm Nb. Há uma clara concordância entre os teores registrados em sedimentos de corrente (com média ao redor de 160 ppm Nb) e aqueles assinalados por GUIMARÃES & DUTRA (1962) em rochas dessa intrusão (260 ppm Nb), refletindo o enriquecimento desse elemento nos corpos de composição alcalina (VLASOV, 1966). Em maciços agpáticos como o de Poços de Caldas, o nióbio costuma ocorrer disseminado nos minerais de zircônio e titânio, devido à semelhança de seus raios iônicos, raramente formando minerais independentes. No entanto, GRESTNER (1974, p.40) registra a ocorrência de pirocloro nessa intrusão.

Na porção oriental do Complexo Varginha, onde afloram xistos e gnaisses granatíferos, registraram-se teores entre 50 ppm e 100 ppm Nb, possivelmente relacionados à fase pneumatolítica-hidrotermal atuante nessa área, conduzindo ao aparecimento de faixas silicificadas contendo turmalina e rutilo (este último mineral pode conter até 6% de  $Nb_{2,5}O_5$ , VLASOV, 1966). Teores algo inferiores (ao redor de 50 ppm Nb) foram assinalados no maciço granítico de Morungaba, realçando-o das rochas encaixantes, onde os valores situaram-se entre 10 ppm e 20 ppm Nb.





CPRM

# NIÓBIO

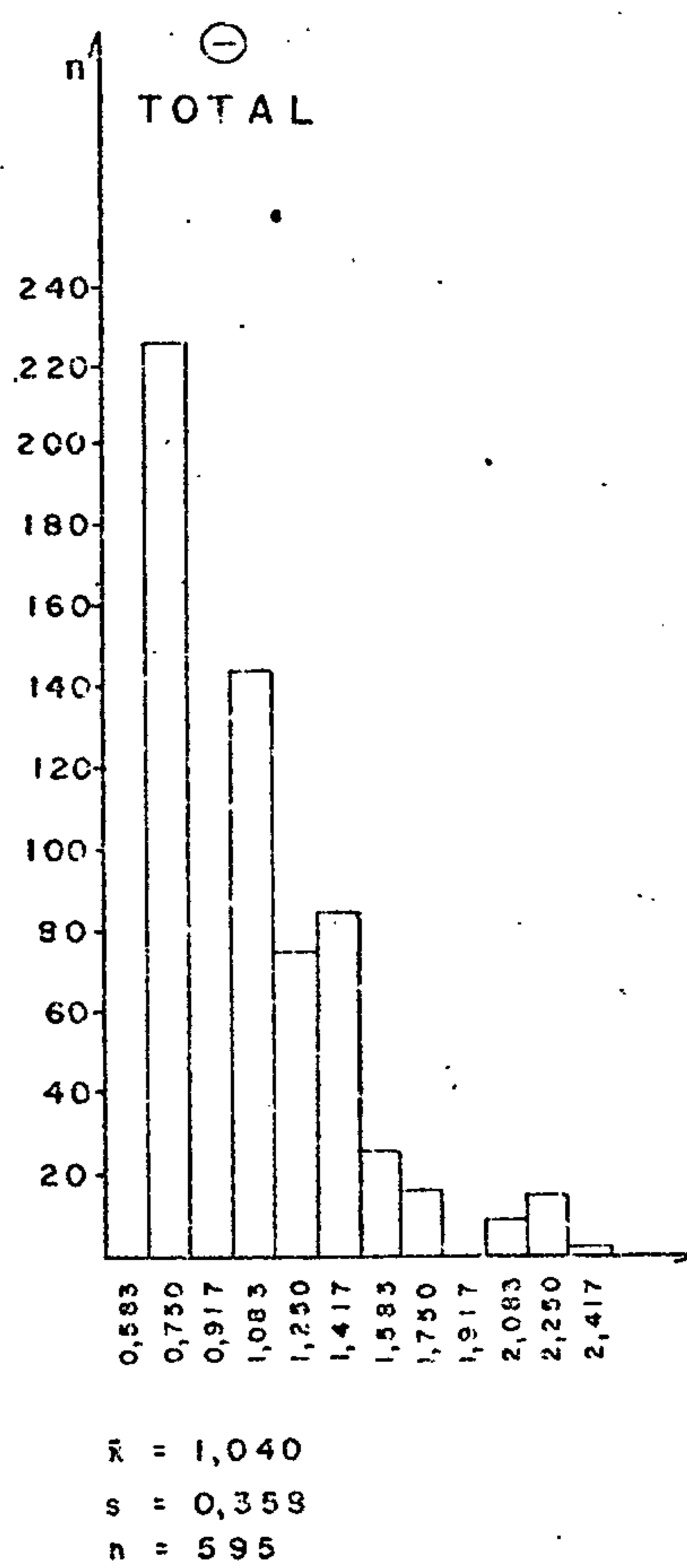


Figura 95 - Histograma de dados logaritmizados.

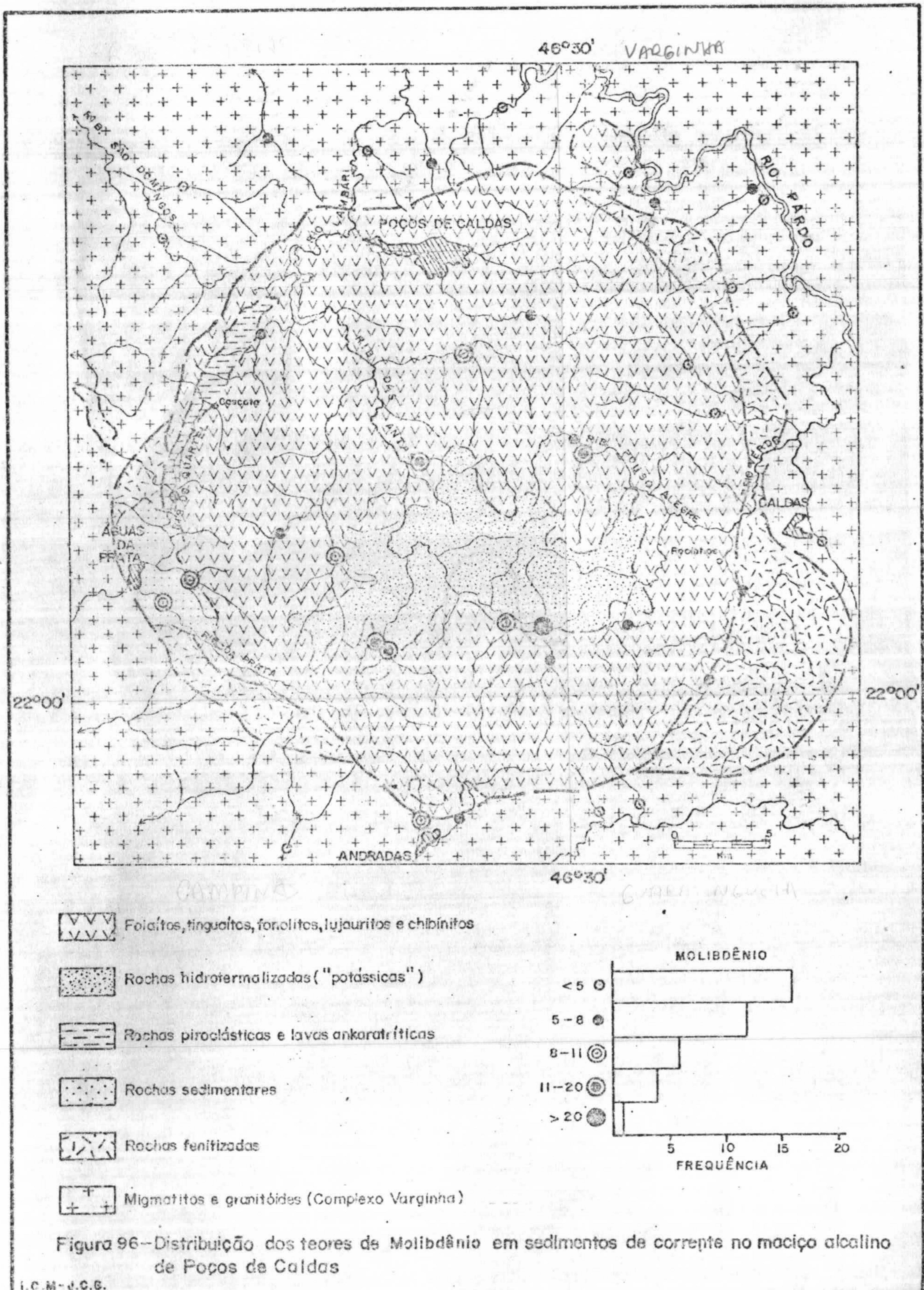
#### 7.4.19 - Outros elementos

##### 7.4.19.1 - Molibdênio

De um total de 597 amostras de sedimentos de corrente analisadas, apenas 28 apresentaram teores definidos para esse elemento, em sua grande maioria oriundas do maciço alcalino de Poços de Caldas ou de sua área de influência. Em pequena parcela das amostras restantes, registrou-se a presença desse elemento em teores inferiores ao limite mínimo de sensibilidade do método analítico (5 ppm Mo).

Dos valores definidos, cinco correspondem a amostras oriundas de seqüências pré-cambrianas, sete procedem da zona de contato da intrusão alcalina e 16 de sua porção interna. No contexto global, os teores variaram entre 5 ppm e 100 ppm Mo, dominando os valores na faixa 5 ppm - 20 ppm Mo, cabendo ao maciço alcalino uma média ao redor de 14 ppm Mo, quase quatro vezes superior à das rochas encaixantes (cerca de 4 ppm Mo).

Os teores elevados mostrados pelo maciço alcalino retratam o comportamento geoquímico do molibdênio durante o processo magmático, onde esse elemento, devido ao seu alto potencial iônico, tende a formar íons complexos e enriquecer-se nas frações residuais (TAYLOR, 1966). No caso da intrusão de Poços de Caldas, a concentração de molibdênio teve seu clímax na fase hidrotermal, levando à formação de mineralizações em zonas brechadas, cuja paragênese é ditada por minerais uraníferos, molibdeníferos (molibdenita, jordsita e ilsemanita), pirita, fluorita e zircão. As principais ocorrências estão localizadas na porção centro-sul do maciço, palco de intensa atividade hidrotermal, e onde foram detectados os mais altos teores de molibdênio em sedimentos de corrente (figura 96), atingindo um máximo de 100 ppm no córrego do Cercado, que drena o depósito do setor C-09, uma das mais expressivas concentrações de urânio e molibdênio em toda a intrusão.



No domínio das sequências pré-cambrianas cinco amostras apresentaram teores definidos de molibdênio, quatro das quais com 5 ppm e uma com 7 ppm. As primeiras procedem do corpo charnoquítico de São Francisco Xavier (duas amostras), dos charnoquitos a noroeste de Machado e dos migmatitos bandados a noroeste de São Gonçalo do Sapucaí. A última foi coletada a leste de Varginha, em área de exposição de granada-gnaisses, onde diversas outras amostras apresentaram teores abaixo de 5 ppm Mo.

#### 7.4.19.2 - Estanho

Trinta e seis amostras de sedimentos de corrente apresentaram teores definidos para esse elemento, situando-se os valores entre 10 ppm e 20 ppm Sn. As concentrações mais significativas foram assinaladas no domínio dos gnaisses granatíferos do Complexo Varginha (cinco amostras) e na intrusão alcalina de Poços de Caldas (sete amostras), distribuindo-se as demais pelos Complexos Varginha (7), Amparo (7), Paraisópolis (2), Socorro (2), Lavras (1) e Andrelândia (1), e pela Associação Paraíba do Sul (4).

De um modo geral, os teores detectados nos conjuntos granitóide-migmatíticos (Varginha, Paraisópolis, Socorro e Lavras), todos com 10 ppm Sn, estão sempre associados a corpos granulíticos ou charnoquíticos. Há de se registrar o alto teor apresentado pela amostra LK-39B (300 ppm Sn), coletada a sul de Monte Belo, correspondendo a um material segregado no seio de hornblenda-granulitos.

Três das quatro amostras coletadas na Associação Paraíba do Sul, que mostraram a presença de estanho (10 ppm), procedem do maciço granítico de Mendanha. Situação idêntica ocorre no Complexo Amparo, onde, nas proximidades de Turvolândia, três amostras apresentaram 10 ppm Sn, em um domínio de migmatitos bandados ou porfiroblásticos (ortognaisses graníticos?).

A presença de estanho foi assinalada em treze das 18 amostras coletadas no interior da intrusão alcalina de Poços de Caldas, refletindo o enriquecimento nesse elemento normalmente exibido por rochas dessa natureza, quando comparadas ao teor médio das rochas ígneas\*. Sete amostras mostraram 10 ppm Sn e as seis restantes apresentaram teores abaixo desse valor (limite mínimo do método analítico).

Nas áreas adjacentes à Carmo da Cachoeira, onde dominam granada-gnaisses do Complexo Varginha, foram registrados teores de estanho entre 10 ppm e 20 ppm, aos quais se associam valores altos de nióbio e, em menor escala, de molibdênio. Estão inseridos no contexto dos termos granatíferos do Complexo Varginha, que se constituem nos termos litológicos que apresentaram a maior média para cobre e escândio, além de teores significativos de cromo, níquel, cobalto e vanádio.

#### 7.4.19.3 - Prata

Apenas cinco amostras mostraram teores definidos de prata, quatro das quais com 0,5 ppm e uma com 0,7 ppm. Duas delas procedem de regiões que exibem sinais de antigas faisqueiras, como é o caso da área a leste de Natércia, onde houve a exploração desse elemento, e das porções vizinhas a São Gonçalo do Sapucaí, intensamente garimpadas para ouro.

Na região de Natércia, a mineralização argentífera estaria associada à aurífera e, possivelmente cuprífera, visto que a mesma área outrora garimpada para prata, mereceu recentes pesquisas para cobre (abandonada devido aos resultados pouco promissores). Os tipos litológicos aí aflorantes são muscovita-biotita-gnaisses e migmatitos com paleossoma

---

\* GOMES (1970) obteve um teor médio de 11,4 ppm Sn para o maciço alcalino de Itapirapuã, quase quatro vezes superior à média desse elemento nas rochas ígneas: 2 ppm - 3 ppm Sn (WEDEPOHL, 1972).

anfíbolítico, englobados no Complexo Amparo. No ribeirão São Bernardo, que drena esses terrenos, foi coletada uma amostra que apresentou 0,5 ppm Ag.

As demais amostras procedem das seguintes drenagens: a) ribeirão do Feijão, a sudeste de São Gonçalo do Sapucaí, no domínio de biotita-hornblenda-gnaisses do Complexo Amparo; b) ribeirão das Cabras, a leste de Joaquim Egídio, em faixa de exposição de migmatitos do Complexo Amparo; e) ribeirão dos Marmelos, a norte de Campos do Jordão, no contexto de biotita-gnaisses e migmatitos do Complexo Campos do Jordão (Associação Paraíba do Sul); e d) alto rio Buquira, a leste de Monteiro Lobato, drenando o corpo granítico da serra do Trabiçu e xistos e gnaisses inseridos no Complexo Piquete (Associação Paraíba do Sul).

#### 7.4.19.4 - Zinco

O método analítico empregado mostrou-se inadequado para o estudo desse importante elemento, devido ao alto valor do seu limite mínimo de sensibilidade: 200 ppm Zn. Fruto disso, apenas cinco amostras apresentaram teores definidos: quatro com 200 ppm e uma com 300 ppm Zn. Mesmo esses valores, no entanto, apresentam um significado geológico muito reduzido, pois resultaram ou de problemas de contaminação por atividades humanas (como é o caso de três amostras coletadas no Complexo Amparo), ou de erros do laboratório (possivelmente troca de amostras), fato ocorrido com duas amostras colhidas em domínios da Associação Paraíba do Sul, cujas duplicatas não confirmaram os altos teores inicialmente obtidos.

## 7.5 - Concentrados de bateia

### 7.5.1 - Generalidades

Sinais de antigos garimpos são visíveis em diversos locais da porção sul de Minas Gerais, principalmente nos arredores das cidades de Campanha, São Gonçalo do Sapucaí, Silvianópolis, Pouso Alegre, Natércia, Santa Rita do Sapucaí, Ouro Fino e Jacuí. As ocorrências auríferas da região de Campanha - São Gonçalo do Sapucaí são conhecidas e exploradas intermitentemente desde o início do século passado e, mercê de sua importância, foram as únicas que comportaram trabalhos de sub-superfície. OPPENHEIM (1934, 1935) descreveu as principais jazidas dessa área e relacionou as rochas locais à "Série Minas".

Escolheu-se para o presente estudo uma faixa com cerca de 70 km de extensão e 30 km de largura, grosseiramente alinhada segundo NE-SW e balizada pelas cidades de Pouso Alegre e Campanha, no âmbito da qual foram coletados 39 concentrados de bateia. Amostraram-se somente aluviões recentes, em drenagens com bacias entre 4 km<sup>2</sup> e 40 km<sup>2</sup>, oriundas de três tipos de áreas: a) intensamente garimpadas; b) com poucas faisqueiras, mas geologicamente semelhantes às zonas mineralizadas; e c) supostamente estéreis, isto é, sem evidências de garimpos e com tipos litológicos diferentes das anteriores.

A coleta de concentrados de bateia foi dificultada pelo baixo teor de minerais pesados na maioria das aluviões amostradas, motivada em grande parte pela ausência de sedimentos grosseiros (cascalheiras), adequados à deposição desse material. Para isso contribuiu o relevo extremamente arrasado e o profundo manto de intemperismo presente na região, resultando em drenagens de baixa competência, que transportam sedimentos finos com pequena quantidade de minerais pesados. Já a influência do fator litológico é mais evidente nas porções norte e noroeste, onde ocorrem migmatitos of

tálmicos leucocráticos, originando aluviões cuja fração pesada é bastante diminuta.

Por outro lado, os córregos que drenam as faisqueiras localizadas junto às cidades de Campanha e São Gonçalo do Sapucaí deixaram de ser amostrados, dado o alto grau de contaminação (por atividades humanas) que apresentam.

Todos os concentrados de bateia foram analisados por método rápido, com leitura por espectrofotometria de absorção atômica para ouro e prata, cujos resultados, registrados na tabela XIX, serão comentados a seguir.

#### 7.5.2 - Ouro

Dos 39 concentrados de bateia analisados, o ouro esteve presente em 28 amostras, em quatro das quais com teores inferiores ao do limite de detecção do método analítico (0,05 ppm). Nas restantes 24 amostras os teores desse elemento variaram entre 0,1 ppm e 16 ppm Au, com um teor médio ao redor de 3 ppm Au. Recalculando-se os resultados analíticos em função do volume de material amostrado, verifica-se que os teores de ouro nos sedimentos oscilaram entre 1 ppb e 164 ppb, com um valor médio de 19 ppb Au.

A localização dos pontos amostrados, bem como os respectivos teores em ouro nos sedimentos, estão representados na figura 97, onde podemos observar que, na maioria dos casos, os teores mais altos ocorreram em drenagens oriundas de áreas já garimpadas. Em função dos valores apresentados, podem-se individualizar quatro áreas como potencialmente favoráveis à presença de mineralizações auríferas, as quais, em ordem decrescente de importância, são as seguintes:

a) Uma faixa com cerca de 15 km de extensão e direção aproximada NE-SW, localizada entre a cidade de Campanha e o bairro de Ferreiras. Nela foram obtidos os maiores teores de ouro em sedimentos de corrente de toda a área estudada, com quatro amostras apresentando valores entre 26 ppb e

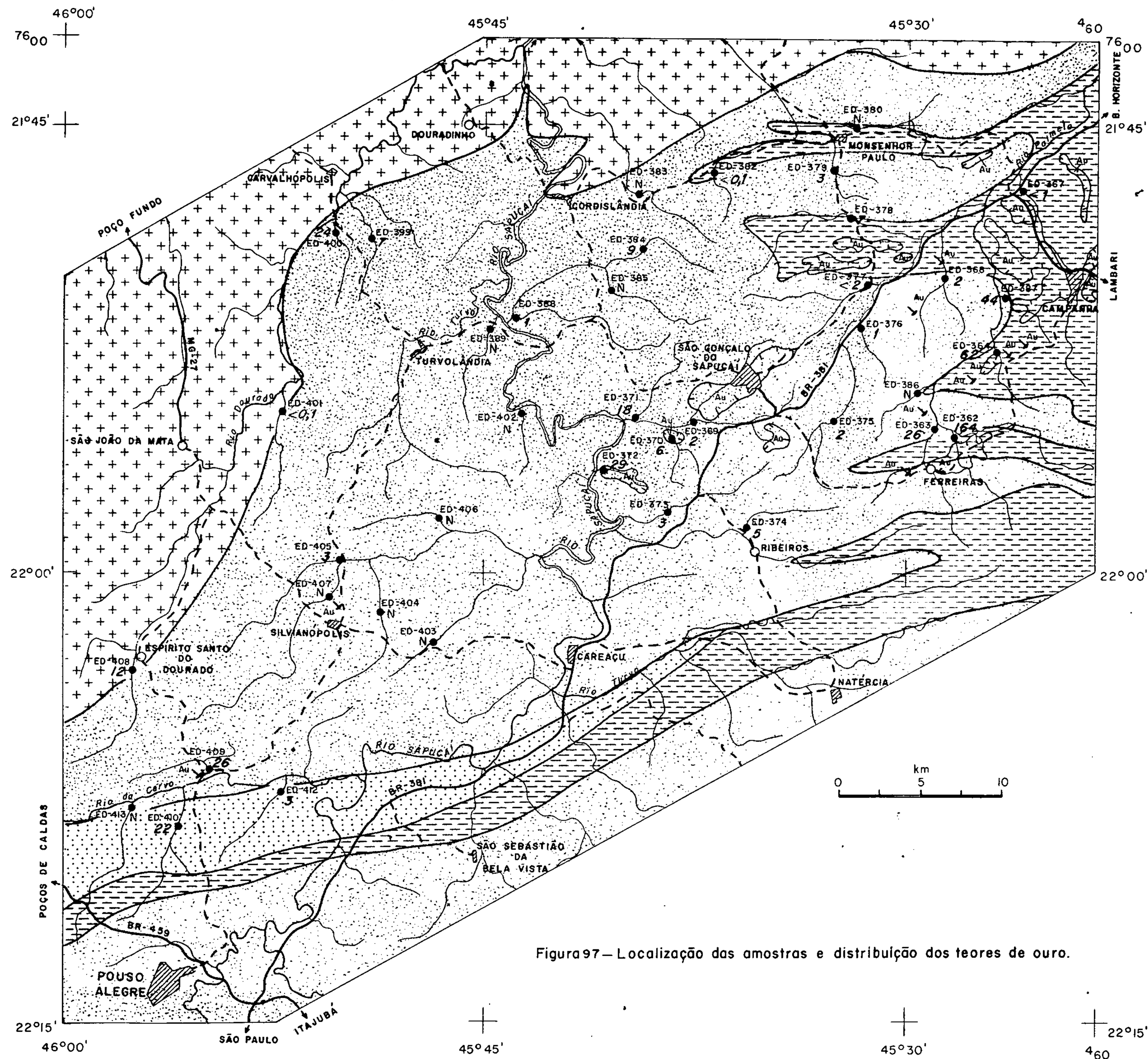


TABELA XIX — TEORES DE OURO E PRATA EM CONCENTRADOS DE BATEIA E SEDIMENTOS DE CORRENTE

NÚMERO DA AMOSTRA	PESO (em gramas)		RAZÃO DE CONCENTRAÇÃO	TEORES NO CONCENTRADO (em ppm)		TEORES NO SEDIMENTO (em ppb)	
	AMOSTRA DE CAMPO	CONCENTRADO		OURO	PRATA	OURO	PRATA
ED - 362A	25.000	685	36,5	6,0	<0,5	164	<14
ED - 363A	25.000	330	75,8	2,0	n.d.	26	
ED - 364A	25.000	310	80,6	5,0	n.d.	62	
ED - 367	25.000	720	34,7	<0,05	n.d.	<1	
ED - 368A	50.000	25	2.000	4,0	<0,5	2	<0,25
ED - 369A	25.000	620	40,3	0,1	1,0	2	25
ED - 370	50.000	120	417	2,5	n.d.	6	
ED - 371A	50.000	220	227	4,0	n.d.	18	
ED - 372	50.000	210	238	7,0	n.d.	29	
ED - 373A	50.000	170	294	0,95	n.d.	3	
ED - 374	25.000	220	114	0,60	n.d.	5	
ED - 375A	25.000	200	125	0,20	n.d.	2	
ED - 376	50.000	70	714	1,0	n.d.	1	
ED - 377A	25.000	900	27,8	<0,05	n.d.	<2	
ED - 378A	25.000	720	34,7	0,25	n.d.	7	
ED - 379A	50.000	100	500	1,5	0,5	3	1
ED - 380A	50.000	67	746	n.d.	n.d.		
ED - 382	50.000	75	667	<0,05	1,0	<0,1	1,5
ED - 383A	50.000	80	625	n.d.	1,0		1,6
ED - 384A	25.000	220	114	1,0	0,5	9	4,4
ED - 385A	50.000	430	116	n.d.	n.d.		
ED - 386	50.000	480	104	n.d.	n.d.		
ED - 387	50.000	340	147	6,5	<0,5	44	<3,4
ED - 388A	50.000	80	625	0,55	0,5	1	0,8
ED - 389A	50.000	15	3.333	n.d.			
ED - 399A	50.000	100	500	3,5	n.d.	7	
ED - 400	25.000	150	167	4,0	n.d.	24	
ED - 401A	25.000	70	357	<0,05	n.d.	<0,1	
ED - 402A	25.000	25	1.000	n.d.	0,5		0,5
ED - 403	25.000	37	676	n.d.			
ED - 404A	50.000	120	417	n.d.	n.d.		
ED - 405A	25.000	130	192	0,50	n.d.	3	
ED - 406A	50.000	180	278	n.d.	n.d.		
ED - 407A	25.000	530	47,2	n.d.	n.d.		
ED - 408A	25.000	290	86,2	1,0	n.d.	12	
ED - 409A	25.000	440	56,8	1,5	n.d.	26	
ED - 410A	50.000	70	714	16	n.d.	22	
ED - 412A	25.000	155	161	0,5	n.d.	3	
ED - 413A	50.000	50	1.000	n.d.	n.d.		

n.d. = não detectado

Limite inferior do método analítico Au (0,05 ppm) - Ag (0,5 ppm)



**LEGENDA**

- Estação de coleta de concentrado de bateia.
- ED-400 Número da estação.
- 26 Teor de ouro (em ppb) no sedimento.
- N Não detectada a presença de ouro.
- Au Garimpo abandonado.
- Au Fiskeira abandonada.

**UNIDADES GEOLÓGICAS**

- [Horizontal lines] COMPLEXO LAMBARI
- [Crosses] COMPLEXO VARGINHA
- [Dotted] COMPLEXO AMPARO
- [Stippled] COMPLEXO ITAPIRA

Figura 97—Localização das amostras e distribuição dos teores de ouro.

J.C.G.



164 ppb Au. Nos concentrados de bateia esses teores variaram entre 2 ppm e 6,5 ppm Au. Todas as drenagens amostradas (córregos do Melado, da Ressaca, do Pinto e Fundo) percorrem terrenos metamórficos constituídos por granada-biotita-xistos do Complexo Lambari e biotita-hornblenda-gnaisses migmatíticos do Complexo Amparo, onde são visíveis diversas pequenas faisqueiras abandonadas, concentradas mormente nos primeiros tipos litológicos.

FISCHER & FISHER (1968), estudando os teores de ouro em aluviões de áreas estéreis e mineralizadas da região de San Juan Mountains, Colorado (EUA), obtiveram valores entre 6 ppb e 300 ppb Au nos sedimentos oriundos das porções com explorações auríferas em atividade. Todos os teores das amostras coletadas na faixa Campanha - Ferreiras situam-se dentro desse intervalo, tornando a área merecedora de uma avaliação mais detalhada.

b) A região a sudoeste de São Gonçalo do Sapucaí, entre essa cidade e o rio Sapucaí, especialmente as áreas drenadas pelos córregos Ouro-Fala e Água Comprida, cujas aluviões mostraram teores de ouro da ordem de 29 ppb e 18 ppb (7 ppm e 4 ppm nos concentrados de bateia), respectivamente. Apesar dos teores um tanto baixos, motivados em grande parte pela ausência de caçalheiras apropriadas à amostragem, a área apresenta boa potencialidade (em especial Ouro-Fala), quer devido à sua semelhança geológica com as porções outrora ativamente faiscadas ao redor de São Gonçalo do Sapucaí, quer por ser lavrada esporadicamente por diversos garimpeiros, que a consideram uma das mais ricas da região.

O córrego Ouro-Fala tem seu curso ao longo de uma antiga faisqueira e seu trecho final foi desviado do leito natural pelos trabalhos de lavra. As rochas locais são biotita-hornblenda-gnaisses (gnaisse São Gonçalo do Complexo Amparo), cortados por veios de quartzo e, na maior parte da área, profundamente alterados a um manto regolítico que alcança, por vezes, mais de 20 metros de espessura. A região



foi requerida para pesquisa de ouro há alguns anos e na época da amostragem lá existia uma pequena draga empregada na lavra do gnaíse alterado, mas cujas atividades estavam temporariamente paralisadas.

c) A área entre a cidade de Pouso Alegre e a serra do Cervo, especialmente as porções drenadas pelo córrego Xica-Costa e pelo ribeirão dos Afonsos, que apresentaram teores de ouro nos sedimentos da ordem de 26 ppb e 22 ppb, respectivamente, correspondendo a 1,5 ppm e 16 ppm Au nos concentrados de bateia neles coletados. A primeira drenagem percorre terrenos gnáissico-migmatíticos englobados no Complexo Amparo e apresenta, no âmbito de sua bacia, sinais de uma pequena faisqueira abandonada junto à estrada para Espírito Santo do Dourado. Já o ribeirão dos Afonsos, onde foi registrado o maior teor de ouro em concentrado de bateia de toda a área amostrada (16 ppm), drena diversos tipos rochosos inseridos em unidades geológicas distintas: gnaisses com metabásicas do Complexo Itapira, gnaisses e xistos do Complexo Lambari e gnaisses quartzosos do Complexo Amparo.

Um pouco mais a norte o alto rio Turvo mostrou teores ainda significativos: 12 ppb Au no sedimento de corrente. O condicionamento geológico de sua bacia é bastante semelhante à do córrego Xica-Costa.

d) A faixa entre as cidades de Turvolândia e Carvalhópolis, onde os córregos da Lagoa e do Mamoeiro apresentaram, respectivamente, teores de 24 ppb e 7 ppb Au nos sedimentos de corrente, correspondendo a 4 ppm e 3,5 ppm Au nos concentrados de bateia. As rochas dominantes na região são migmatitos bandados, às vezes cortados por veios de quartzo.

### 7.5:3 - Prata

De um total de 37 concentrados de bateia analisados para esse elemento, apenas sete mostraram valores definidos, situando-se entre 0,5 ppm e 1 ppm Ag. Três amostras

apresentaram teores abaixo da sensibilidade mínima do método analítico (0,5 ppm Ag) e em 27 concentrados esse elemento não foi detectado. Recalculando esses valores para os sedimentos de corrente, verifica-se que os teores de prata nesse material variam entre 0,25 ppb e 25 ppb, não guardando qualquer correspondência direta com os teores de ouro neles encontrados.

Os baixos valores registrados na maioria das amostras indicam ser a área pouco promissora à presença de mineralizações de prata, confirmando os dados fornecidos por outros autores, que a reportam como sendo uma região eminentemente aurífera.

## 7.6 - Rochas

A semelhança geológica entre as Formações Irati e *Kupferschiefer*, em parte representada na figura 98, levou-nos a executar um reconhecimento geoquímico em sua faixa de ocorrência no extremo sudoeste da área abrangida pelo Projeto Sapucaí. Essa caracterização geoquímica não pode ser realizada através da amostragem de sedimentos de corrente, conforme previsto inicialmente, quer pela pequena extensão lateral de sua faixa de exposição, impossibilitando a coleta de material originado exclusivamente dessa sequência, quer pelo alto grau de contaminação das drenagens, provocada por atividades agrícolas e rejeitos das diversas minerações de dolomito nela estabelecidas, optando-se, então, pela coleta de rochas.

Foram colhidas oito amostras de rochas (folhelho pirobetuminoso, dolomito e dolomito silicificado?), em seis pedreiras de dolomito, localizadas entre Rio das Pedras e Rio Claro (figura 99). Cada amostra compunha-se de diversos fragmentos, coletados nas frentes de lavra e distanciados de, no mínimo, 5 m entre si.

Os resultados analíticos dessas amostras estão expostos na tabela XX, juntamente com os teores médios de alguns elementos em rochas sedimentares, fornecidos por TUREKIAN & WEDEPOHL (1961). Do exame dos valores ali representados sobressai, de imediato, a diferença quanto à distribuição dos elementos-traços nos três tipos de rochas estudadas, notando-se que, à exceção do manganês e do estrôncio, os demais elementos menores apresentam-se, de um modo geral, grandemente enriquecidos nos folhelhos. Por outro lado, a amostra WA-86 (folhelho pirobetuminoso) apresenta, em relação aos seus congêneres mundiais, uma maior concentração de magnésio, bário, estrôncio, chumbo e molibdênio, o que, em parte, pode ser explicado tanto pelo caráter redutor do seu ambiente de deposição, como pela presença de material de origem orgânica nesse sedimento.



CPRM

CARACTERÍSTICA GEOLÓGICA	FORMAÇÃO IRATI	FORMAÇÃO KUPFERSCHIEFER
GÊNESE	Puramente sedimentar	Puramente sedimentar
IDADE	Permiana	Permiana
POSIÇÃO GEOTECTÔNICA	Plataforma estável, sem ligação com ciclo orogênico	Plataforma estável, sem ligação com ciclo orogênico
DOBRAMENTOS	Somente deformações atectônicas	Suaves anticlinais e sinclinais
FALHAMENTOS	Pequenas falhas normais	Pequenas falhas
LITOLOGIA	Dolomitos, folhelhos betuminosos, siltitos e restritos arenitos e conglomerados	Calcários, margas betuminosas foliadas, conglomerados e arenitos
EXTENSÃO	Superior a 1.500 km	Superior a 1.500 km
ASSOCIAÇÃO MINERALÓGICA SULFETADA	Pirita (em furos de sondagens já se encontrou galena)	Bornita, calcosina, calcopirita, galena e esfarelita
AMBIENTE DE SEDIMENTAÇÃO	Lago em comunicação com o mar	Marinho de plataforma
AMBIENTE GEOQUÍMICO	Redutor	Redutor
MINERALIZAÇÃO	Condições possíveis de existência econômica de sulfetos	Cobre, chumbo e zinco economicamente recuperáveis

Figura 98 - Quadro comparativo entre as formações Irati e Kupferschiefer.

J.C.G.

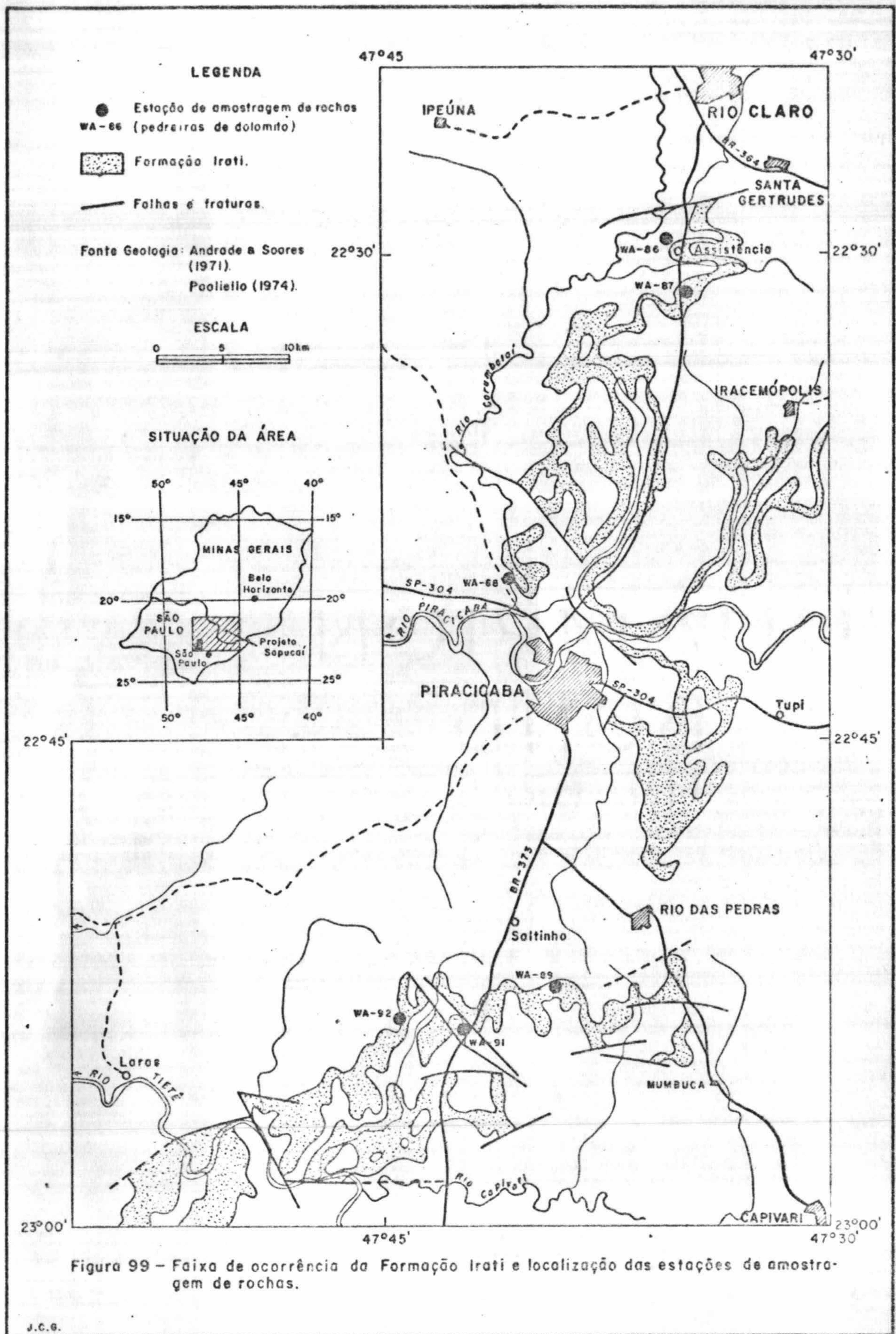




TABELA XX — RESULTADOS ANALÍTICOS DE AMOSTRAS DE ROCHAS DA FORMAÇÃO IRATI

TECR ELEMENTO	NATUREZA DO MATERIAL AMOSTRADO E NÚMERO DAS AMOSTRAS								TEORES MÉDIOS EM ROCHAS SEDIMENTARES		
	FOLHELHO PIROBETUMINOSO		DOLOMITO				ROCHA SILICIFICADA		FOLHELHO	ARENITO	CALCÁRIO
	WA-86	WA-92A	WA-88	WA-89	WA-91	WA-92	WA-86A	WA-87			
Fe	5	5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,02	0,2	4,72	0,98	0,38
Mg	7	3	>10	>10	>10	>10	1	2	1,5	0,7	4,7
Ca	2	0,5	20	20	15	20	1,5	2	2,21	3,91	30,23
Ti	0,3	0,2	0,007	0,02	0,02	0,02	0,002	0,002	0,46	0,15	0,04
Mn	200	1500	1500	2000	2000	2000	700	500	850	X0,	1100
Ag (0,5)	0,5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,07	0,0X	0,0X
B (10)	50	50	20	50	20	20	n.d.	n.d.	100	35	20
Ba (20)	1000	500	100	50	70	50	<20	<20	580	X0,	10
Co (5)	10	15	<5	<5	<5	<5	n.d.	n.d.	19	0,3	0,1
Cr (10)	50	70	<10	<10	<10	<10	<10	<10	90	35	11
Cu (5)	50	50	<5	<5	<5	<5	<5	<5	45	X,	4
La (20)	20	20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	92	30	X,
Mo (5)	7	5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,6	0,2	0,4
Nb (10)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	11	0,0X	0,3
Ni (5)	20	20	n.d.	<5	<5	<5	n.d.	n.d.	68	2	20
Pb (10)	150	20	<10	10	10	10	10	20	20	7	9
Sc (5)	10	10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	13	1	1
Sr (100)	2000	100	300	300	1000	700	n.d.	n.d.	300	20	610
V (10)	150	100	<10	10	10	10	<10	<10	130	20	20
Y (10)	30	30	<10	10	10	<10	<10	<10	26	40	30
Zr (10)	100	100	<10	<10	<10	<10	<10	<10	160	220	19
LOCAL DE COLETA	RIO CLARO	RIO DAS PEDRAS	PIRACI- CABA	RIO DAS PEDRAS			RIO CLARO		Fonte TUKERIAN & WEDFPOHL ( 951)		

n.d. não detectado — Os limites inferiores de detecção estão indicados entre parênteses  
Fe, Mg, Ca e Ti estão expressos em %; os demais elementos em ppm.



CPRM

Finalmente, o reduzido número de amostras analisadas não permite a real avaliação do potencial metalogenético da Formação Irati na área em questão, acreditando-se que ele seja muito maior do que os dados obtidos no presente estudo deixam supor.

## 8 - CONCLUSÕES

A maioria das conclusões aqui esboçadas são de caráter genérico e amplitude regional, devendo ser encaradas como uma primeira tentativa de análise da distribuição dos diversos elementos-traços nas seqüências estudadas, considerando-se a natureza do presente trabalho, envolvendo o reconhecimento geoquímico de uma ampla região com a utilização de número reduzido de amostras, refletindo numa malha de amostragem bastante espaçada; o caráter polimetamórfico e a complexidade dos eventos que atingiram alguns conjuntos litostratigráficos, especialmente os de idade pré-cambriana; e a insuficiência de dados geoquímicos acerca dos litotipos inseridos nessas unidades.

1 - Nos Complexos Varginha, Socorro e Paraisópolis, que denotam uma profunda evolução petrogenética, envolvendo processos de granitização e migmatitização em larga escala (desenvolvidos especialmente durante o ciclo Brasileiro), registraram-se teores altos de vanádio, zircônio e chumbo, bem como valores baixíssimos de boro, com os demais elementos ocorrendo em parcelas pouco significativas regionalmente. Existem, no entanto, particularidades de cada uma dessas seqüências, destacando-se a presença de teores elevados de cobalto no Complexo Socorro, que revelou igualmente teores elevados de bário na faixa de contato com o Complexo Amparo.

2 - O padrão anterior, resultante de uma extrema homogeneização desenvolvida pelos processos metassomáticos/palingenéticos atuantes nesses conjuntos, apresenta modificações nas áreas de ocorrência de corpos charnoquítico/granulíticos e/ou anfibolíticos, que constituem normalmente maciços megapaleossomáticos refratários à migmatitização regional. Nas zonas de predominância desses termos litológicos e levam-se os teores de cobre, cobalto, níquel, escândio e níbio, sugerindo que alguns deles tenham-se originado a partir de rochas básicas.



3 - No Complexo Paraisópolis destacam-se três áreas com características geoquímicas particulares e que são: a) a faixa entre São Francisco Xavier e sul de Campos do Jordão, ocupada por um maciço granitóide porfiroblástico, possivelmente originado por granitização de corpos de composição intermediária, o que é sugerido tanto pelas evidências de campo, como pelos altos teores de bário, estrôncio, níquel, vanádio e cobalto (secundariamente de ítrio e lântanio) nele detectados; b) a região próxima à Brazópolis, na qual registraram-se teores elevados de bário, chumbo e estrôncio, num contexto de migmatitos bandados e paragnaisses de alto grau metamórfico; e c) a porção oriental dessa unidade (a nordeste de Itajubá), com feições semelhantes às do Complexo Campos do Jordão e onde os teores de cobre, boro e ítrio são superiores aos comumente presentes nos complexos granitóide-migmatíticos.

4 - Já no Complexo Lavras, em que os processos metasomáticos brasileiros foram menos intensos e no qual ocorrem inúmeras intrusões de corpos básico-ultrabásicos, especialmente a sul de Nepomuceno, assinalaram-se teores bastante elevados de cromo, níquel e cobre (em menor escala, de chumbo e cobalto), ligados a esses últimos tipos litológicos, o que diferencia essa seqüência dos demais conjuntos granitóide-migmatíticos (Varginha, Socorro e Paraisópolis), em termos geoquímicos.

5 - Os litotipos granatíferos do Complexo Varginha (xistos, gnaisses e granoblastitos) mostram uma associação geoquímica composta pelos elementos filiados às rochas básico-ultrabásicas - cobre, escândio, cromo e níquel -, denunciando a efetiva participação de material dessa natureza na sua petrogênese. Exibem ainda teores significativos de nióbio, de estanho e, em algumas amostras, de molibdênio, os quais normalmente não se encontram associados aos anteriores no ambiente primário, sugerindo a presença de duas populações geo

químicas. Relacionamos a segunda população (nióbio, estanho e molibdênio) à atuação de soluções pneumatolíticas que afetaram essa seqüência, resultando na formação de inúmeros pegmatitos contendo rutilo e muscovita, embora não deva ser descartada a hipótese de que tais elementos possam estar ligados aos pelitos aluminosos que originaram esse conjunto litológico.

6 - As porções meridional e oriental do Complexo Amparo apresentam padrões geoquímicos diferentes, predominando na primeira, teores superiores de níquel, cobalto, cobre, bário, chumbo, nióbio e estrôncio, em confronto com os valores mais altos de boro, ítrio e lantânio, presentes na segunda região (a leste de Pouso Alegre). A maior freqüência de corpos metabásicos cristificados, ao lado de hornblenda-gnaisses na porção sul, parece ser a principal causa dessa dessemelhança geoquímica, já que tais rochas são pouco comuns na faixa oriental, exceto nas proximidades de Natércia, onde igualmente ocorrem teores significativos de cromo e níquel.

7 - Corpos ortognáissicos de ascendência granítica são conhecidos em ambas as áreas, tanto entre Águas de Lindóia e Barão Ataliba Nogueira, como a norte e noroeste de São Gonçalo do Sapucaí, as quais exibiram teores de bário e chumbo superiores aos valores médios presentes no Complexo Amparo.

8 - O Complexo Itapira mostra feições similares às da porção sul do Complexo Amparo, dele diferenciando-se pelos teores de níquel, que são mais baixos no primeiro conjunto.

9 - A Associação Paraíba do Sul caracteriza-se, de um modo geral, por altos teores nos elementos ligados às rochas ácidas: boro, berílio, lantânio, ítrio, bário e chumbo. Tal fato é melhormente evidenciado no domínio do Complexo Piquete, já que o Complexo Campos do Jordão apresenta um comportamento geoquímico semelhante tanto ao da porção oriental do

Complexo Paraisópolis como ao do Complexo Piquete, diferenciando-se desse último por teores menores de bário, chumbo e berílio e maiores de zircônio.

10 - As faixas pré-cambrianas a sul e norte da bacia de Taubaté, ambas ocupadas por litotipos inseridos no Complexo Piquete, apresentam um claro contraste geoquímico, dominando valores elevados de boro na porção sul (baixos na área norte) e altos teores de bário e estrôncio na faixa norte (baixos na região sul). Ainda nessa seqüência destaca-se a área a nordeste e leste de Monteiro Lobato, que apresentou teores anômalos (para essa população) de ítrio, lantânio e berílio, num domínio de migmatitos bandados, corpos graníticos e diques de rochas alcalinas e alcalino-básicas.

11 - As seqüências portadoras de rochas epi e mesometamórficas (Grupo Bambuí e Complexos Campos Gerais, Lambari, Rio Elvas e Andrelândia) apresentam características geoquímicas semelhantes, mas cujo padrão global exhibe modificações em função da maior ou menor participação de material básico-ultrabásico. Assim, no Grupo Bambuí, onde rochas dessa natureza são ausentes, todos os elementos analisados apresentam teores baixíssimos, com exceção do boro. Feições idênticas estão presentes no Complexo Andrelândia, mas nessa unidade, além do boro, também o ítrio, o lantânio e o zircônio ocorrem em teores altos.

12 - O Complexo Lambari destaca-se pelos elevados teores de boro (sedimentos marinhos metamorfizados?), embora, por vezes, ocorram valores significativos de ítrio, nióbio, escândio, vanádio, cobre e níquel, os quatro últimos relacionados à presença de corpos básico-ultrabásicos, num quadro idêntico ao do Complexo Rio Elvas.

13 - Esse fato geológico fica melhor evidenciado no domínio do Complexo Campos Gerais, mormente entre Nova Resen-



de e Conceição da Aparecida e a sul de Campos Gerais, onde litotipos de composição básico-ultrabásica são freqüentes e os principais responsáveis pelos teores elevados de cromo, níquel, cobre, cobalto e ítrio ali detectados. A exceção dessas regiões, no entanto, o restante da área ocupada por essa seqüência revela-se empobrecida em todos os elementos menores analisados.

14 - O granito de Morungaba destacou-se regionalmente pelos altos valores em bário, chumbo e, em menor escala, nióbio e berílio, registrados em sua área de exposição. Desses elementos apenas o chumbo marca a presença do corpo granítico da serra do Mendanha. Já o maciço granítico-granodiorítico de Porto dos Mendes, embora mostre também altos valores de bário e chumbo nos sedimentos de corrente dele oriundos, tem sua caracterização geoquímica mascarada tanto pelos vários eventos geológicos que o afetaram, como pelos inúmeros diques básicos nele encaixados, aos quais associam-se algumas amostras com teores expressivos de cobre, cromo e níquel.

15 - A intrusão alcalina de Poços de Caldas apresenta-se como um verdadeiro "inselberg" geológico-geoquímico no contexto da área estudada, dados os altíssimos teores de nióbio, chumbo, berílio, molibdênio e lantânio ali detectados, ao lado de valores também elevados de estrôncio, vanádio, ítrio e manganês. De modo inverso, foram registrados, nesse maciço, os mais baixos teores de boro, bário, cobre, cobalto, cromo, escândio e níquel de todas as seqüências amostradas. Esse padrão geoquímico, válido para a maior parte da intrusão, exhibe modificações na sua borda ocidental, onde afloram rochas piroclásticas e lavas ankaratríticas, que se mostram enriquecidas em cobre, vanádio, cromo, escândio e níquel em relação ao resto do maciço, denunciando a sua composição básica.

16 - As formações encaixantes da intrusão alcalina, re-



presentadas por rochas gnáissico-migmatíticas e granitóides do Complexo Varginha, em parte fenitizadas, apresentam, junto aos contatos, teores mais elevados em determinados elementos-traços do que os comumente detectados nessa unidade. Dentre esses, destacam-se estrôncio, bário, nióbio, lantânio, molibdênio e vanádio. Parte desses altos valores, especialmente aqueles dos elementos de filiação alcalina, devem ter resultado do aporte de soluções metassomáticas, responsáveis pela fenitização das encaixantes. Entretanto, os altíssimos teores de bário e estrôncio registrados no âmbito do corpo sienítico da serra da Pedra Branca (a sul de Caldas) estão a merecer um melhor estudo para a sua correta explicação, podendo estar tanto associados à atuação dessas soluções alcalinas (ali localiza-se o principal domínio de rochas fenitizadas), como à presença de um corpo originalmente rico nesses elementos (nesse caso, provavelmente de origem magmática).

17 - Dos concentrados de bateia coletados nas áreas de faisqueiras, revelaram teores significativos de ouro aqueles oriundos da faixa Campanha-Ferreiras e das porções a sudoeste de São Gonçalo do Sapucaí, inseridas no âmbito de litotipos relacionados aos Complexos Amparo e Lambari. Além dessas áreas, também as regiões a norte de Pouso Alegre e a noroeste de Turvolândia apresentaram valores interessantes para esse elemento, enquanto que nas demais porções os teores de ouro foram extremamente baixos. Os resultados analíticos para prata indicaram que esse elemento não acompanha a mineralização aurífera, dados os baixíssimos teores detectados em todas as amostras.

18 - As poucas amostras de rochas colhidas na Formação Irati não permitiram uma melhor avaliação de suas possibilidades metalogenéticas, confirmando-se que, dos litotipos componentes daquela seqüência, são os folhelhos pirobetuminosos os de maior potencial para a presença de mineralizações sulfetadas.



19 - Nas populações geoquímicas que receberam um tratamento estatístico (Complexo Amparo, Xistos e gnaisses Varginha, Complexo São João del Rei, Associação Paraíba, Complexo LAGUS-GG e Alcalina de Poços de Caldas), foram assinalados 131 teores anômalos\* para os elementos menores analisados (tabela XXI). As áreas anômalas estão reunidas no anexo XVIII (representadas pela área da drenagem que acusou a anomalia), ao lado das regiões que mostraram altos teores para determinados elementos, não trabalhados estatisticamente, devido ao reduzido número de amostras com resultados definidos, incluindo-se, ainda, algumas porções com valores anômalos regionalmente\*\*.

TABELA XXI - ANOMALIAS REGISTRADAS NAS POPULAÇÕES GEOLÓGICAS

ELEMENTOS POPULAÇÕES	NÚMERO DE ANOMALIAS														NÚMERO DE AMOSTRAS
	B	Ba	Be	Co	Cr	Cu	La	Ni	Pb	Sc	Sr	V	Y	TOTAL	
COMPLEXO AMPARO	9	2	3	-	1	-	4	3	5	-	-	1	6	34	132
XISTOS E GNAISSES VARGINHA	-	2	-	-	-	1	1	3	2	1	-	1	-	11	44
COMPLEXO SÃO JOÃO DEL REI	1	-	-	3	6	3	2	2	-	-	-	-	5	22	87
ASSOCIAÇÃO PARAÍBA	2	-	3	-	-	1	4	-	1	-	1	-	4	16	90
COMPLEXO LAGUS-GG	1	2	-	-	4	6	6	5	3	1	1	2	6	37	153
ALCALINA DE POÇOS DE CALDAS	-	1	1	-	1	2	2	1	-	-	3	-	-	11	37
TOTAL	13	7	7	3	12	13	19	14	11	2	5	4	21	131	543

\* Consideram-se como valores anômalos, os teores superiores ao do limiar de uma dada população, que é obtido pela multiplicação da média geométrica pelo desvio geométrico ao quadrado (segundo o conceito de "anomalia" de HAWKES & WEBB, 1965).

\*\* Nesse caso, admite-se a área total como sendo uma única população, podendo tais valores não ser anômalos para a sequência litoestratigráfica na qual se incluem.

20 - Examinando-se a tabela anterior, verifica-se que é a população Alcalina de Poços de Caldas que apresenta, proporcionalmente ao número de amostras que a compõe, o maior número de valores anômalos (11), grande parte dos quais ligados a elementos concentrados durante a diferenciação de magmas alcalinos (estrôncio, lantânio, berílio e molibdênio, este último não representado na tabela), enquanto outros estão associados às rochas piroclásticas de composição básica (cobre, níquel e cromo), que ocorrem na borda ocidental da intrusão.

21 - No caso do Complexo Amparo denota-se a presença de valores anômalos nos elementos ligados ao magmatismo ácido (bário e chumbo no granito de Morungaba), por vezes de natureza tardia (berílio, boro, ítrio e lantânio, provavelmente relacionados a soluções pneumatóliticas). Os teores anômalos de níquel e cromo estão, de um modo geral, relacionados aos corpos de anfibolitos e metabasitos inseridos nessa sequência.

22 - De modo semelhante, na Associação Paraíba predominam teores anômalos de elementos associados às soluções residuais ácidas: boro, berílio, lantânio e ítrio.

23 - As populações denominadas Xistos e gnaisses Varginha e Complexo São João del Rei apresentam principalmente valores anômalos nos elementos ligados às rochas básico-ultra básicas. Essas anomalias são mais frequentes na última unidade, podendo tal fato ser explicado pelo diferente posicionamento de tais rochas nos dois conjuntos. No Complexo São João del Rei, mais propriamente no Complexo Campos Gerais e na porção sul do Complexo Lavras, elas ocorrem como corpos individualizados (diques ou *sills*) de anfibolitos ou metabasitos xistificados, embutidos nos litotipos gnaissícos ou xistosos que compõem essas seqüências. No caso dos Xistos e gnaisses Varginha (domínio dos termos granatíferos do Com-



plexo Varginha), a contribuição de material dessa natureza se faz de maneira uniforme, como intercalações de leitos ou estreitos níveis anfibólicos, sugerindo que seu aporte tenha-se dado concomitantemente à sedimentação clástica pelítico-aluminosa (vulcanoclastos?). Assim enquanto no Complexo Campos Gerais os altos teores estão ligados exclusivamente a esses corpos básico-ultrabásicos metamorfizados, que constituem igualmente "anomalias" geológicas, no contexto dos termos granatíferos do Complexo Varginha, os valores elevados são comuns a todo o conjunto, resultando numa média superior e reduzindo, conseqüentemente, o número de áreas anômalas, mas valorizando sobremaneira as encontradas.

24 - Os complexos granitóide-migmatíticos, reunidos sob a denominação Complexo LAGUS-GG, exibem diversas anomalias ligadas a corpos básico-ultrabásicos metamorfizados (semelhantes aos do Complexo Campos Gerais), distribuídos em larga escala na porção meridional do Complexo Lavras, a sul da cidade de Nepomuceno, bem como a maciços charnoquítico-anfibolíticos inseridos nos migmatitos regionais.



## 9 - RECOMENDAÇÕES

Com base nos dados obtidos durante o presente reconhecimento geoquímico e nos resultados do mapeamento geológico regional e do levantamento aerogeofísico, recomenda-se a execução de estudos de maior detalhe em três regiões (figura 100):

1 - Nas áreas de ocorrências de intrusões básico-ultrabásicas metamorfizadas, inseridas no Complexo Campos Gerais e na porção meridional do Complexo Lavras, que parecem representar o prolongamento oriental da faixa de ultrabásitos de Pratápolis, naquela área encerrando a importante jazida do morro do Níquel, e que se encontram igualmente mineralizadas à cromita, na faixa a nordeste de Nova Resende\*. A essas rochas filiam-se as diversas anomalias geoquímicas para cromo, cobre e níquel detectadas no domínio dos Complexos Campos Gerais e Lavras. Sugere-se, então, a avaliação do potencial metalogenético dessas intrusões, através das seguintes atividades: a) detalhamento geoquímico (sedimentos de corrente e solos) das anomalias registradas durante o presente estudo, bem como das áreas com ocorrências assinaladas pelas equipes de mapeamento ou indicadas pelo levantamento aeromagnético; b) seleção de alguns corpos para a execução de trabalhos de geofísica terrestre (magnetometria), visando determinar a continuidade de tais corpos em subsuperfície\*\*; c) estudo orientativo na ocorrência cromífera da fazenda Catalão, com vistas a confirmar a validade do méto-

---

\* Soma-se ainda o fato de que diversos desses corpos encerram depósitos de amianto, de possança desconhecida, muitos dos quais já foram lavrados em pequena escala no passado.

\*\* Esse estudo torna-se obrigatório em razão dos resultados geofísicos obtidos por SANTOS et alii (1976) na área da fazenda Catalão, indicando o caráter superficial dos corpos básico-ultrabásicos ali aflorantes, que constituiriam "restos de um corpo maior intensamente erodido". Tal afirmativa, se confirmada para as demais ocorrências de rochas dessa natureza, reduziria grandemente a possibilidade de que tais corpos contenham depósitos economicamente exploráveis.

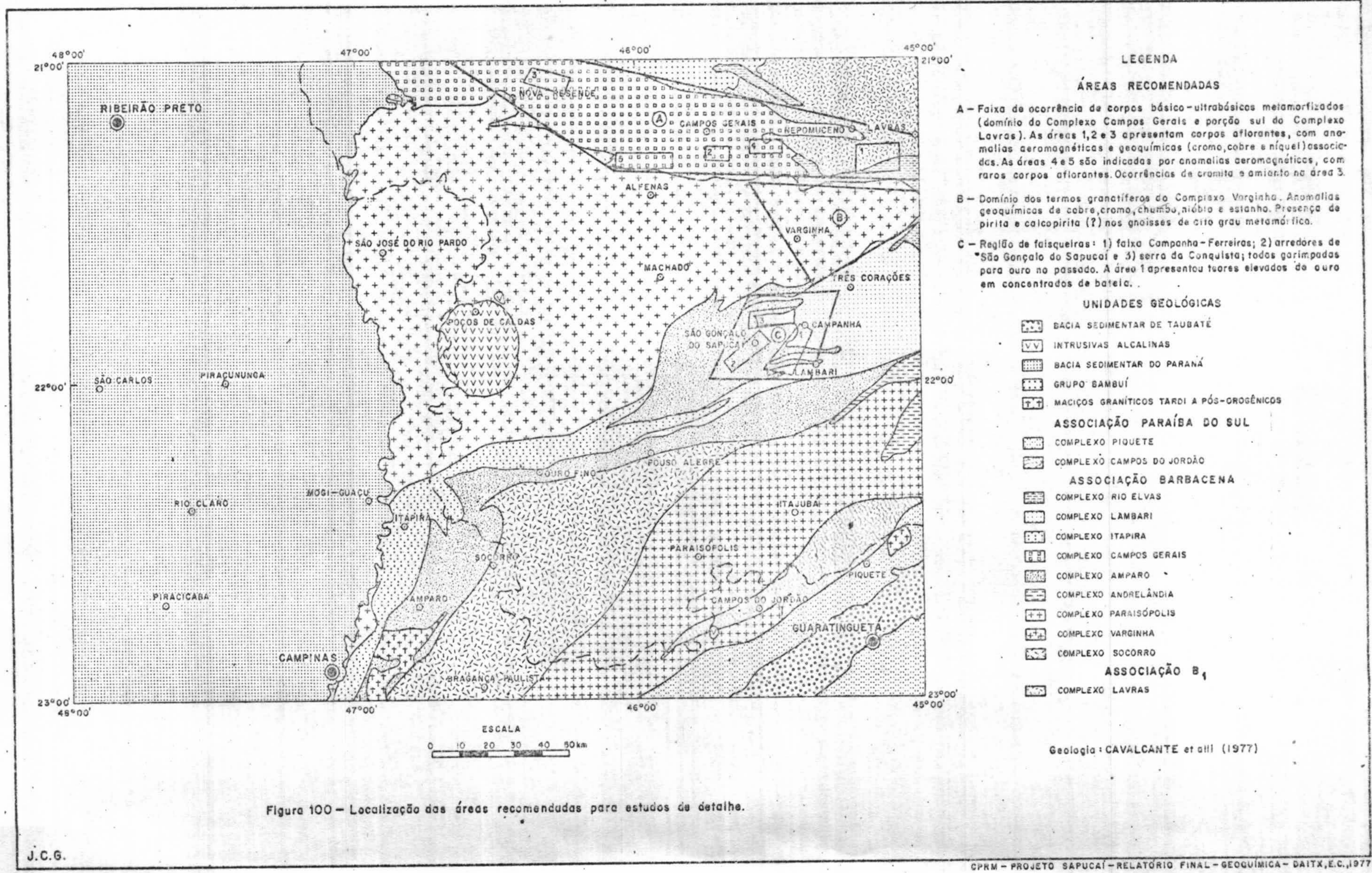


Figura 100 - Localização das áreas recomendadas para estudos de detalhe.

J.C.G.



do geoquímico para a prospecção de mineralizações semelhantes e escolher o tipo de análise adequado aos objetivos da pesquisa; e d) prospecção sistemática regional no âmbito dos Complexos Campos Gerais e Lavras (nesse último, mormente na região a sul de Nepomuceno), através da coleta de sedimentos de corrente, numa malha de amostragem em torno de 1: 5 km<sup>2</sup> a 1 : 10 km<sup>2</sup>, buscando detectar a presença de outros corpos dessa natureza, não reconhecidos durante o mapeamento geológico.

2 - No domínio dos termos granatíferos (xistos, gnais ses e granoblastitos) do Complexo Varginha, que mostraram globalmente teores elevados (e algumas anomalias) de cobre, cromo, cobalto, vanádio, escândio e níquel, denunciando a participação de material básico-ultrabásico na sua formação, possivelmente durante a sedimentação dos termos pelíticos. A presença de pirita e calcopirita (?) nessa seqüência foi ás sinalada por CAVALCANTE et alii (1977), especialmente nas faixas de passagem para os metamorfitos de alto grau (charnoquitos e granulitos). Propõe-se para esse conjunto, mormente na porção oriental do Complexo Varginha, um levantamento geoquímico por sedimentos de corrente, numa densidade de coleta ao redor de 1 amostra: 10 km<sup>2</sup>. O método analítico sugerido é o de absorção atômica, envolvendo a dosagem dos seguintes elementos: cobre, cobalto, níquel, zinco, chumbo e molibdênio (os dois últimos por apresentarem alguns valores anômalos nessa unidade e o zinco pelo fato de que o método utilizado no presente estudo não se mostrou adequado para esse elemento).

Paralelamente, recomenda-se a execução de estudos geológicos de maior escala para estabelecer a petrogênese dessa seqüência, bem como explicar a que se associam os altos valores de estanho e nióbio registrados entre as cidades de Varginha e Carmo da Cachoeira, para cujo fim prevê-se a coleta de concentrados de bateia nas aluviões fluviais da região.

3 - Nas porções que apresentaram teores expressivos de ouro nos concentrados de bateia, mormente na faixa entre a cidade de Campanha e o bairro de Ferreiras e nas áreas com indícios de faisqueiras, ao redor de São Gonçalo do Sapucaí. Na primeira região sugere-se, inicialmente, o detalhamento das quatro drenagens que mostraram valores elevados de ouro, por meio da coleta de concentrados de bateia e sedimentos de correntes. Na fração pesada seriam efetuadas análises qualitativa (mineralógica) e quantitativa (dosagem dos teores de ouro e arsênio, respectivamente por absorção atômica ou fusão alcalina e colorimetria), enquanto que na fração siltico-argilosa dos sedimentos de corrente dosar-se-iam os teores de arsênio (colorimetria). Concomitantemente, propõe-se a realização de um mapeamento geológico de detalhe nas áreas garimpadas visando o reconhecimento do controle litoestrutural da mineralização aurífera, incluindo medidas de juntas, fraturas e veios de quartzo e a execução de perfis nas faisqueiras, com a amostragem de concentrados de bateia no *bed rock* alterado (bastante espesso na região) e nas paleoaluvões, principalmente na bacia do rio Palmela.

Estudos semelhantes devem ser desenvolvidos nas porções a sudoeste e nordeste de São Gonçalo do Sapucaí (e num sentido global em toda a faixa de contato entre os Complexos Amparo e Lambari), especialmente na região de Ourofala e ao longo da serra da Conquista, que foram palco de intensa garimpagem no passado e onde a amostragem de aluvões fluviais é dificultada pela contaminação das drenagens, provocada por atividades humanas.

10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. A. de - Geology of the bauxite deposits of the Poços de Caldas district, state of Minas Gerais, Brazil. Tese (Dout.). (s.ed.) Univ. Stanford, 270 p., 1976.

ALMEIDA, F. F. M. de - "Fundamentos geológicos do relevo paulista". In: Geologia do Estado de São Paulo. SÃO PAULO. *Inst. geogr. geol.*, B., São Paulo, n. 41:167-262, 1964.

ALONSO, M. T. A. - "Vegetação". In: *Geografia do Brasil. Região Sudeste*. BRASIL. Fundação IBGE, Rio de Janeiro, v. 3: 91-118, 1977.

ANDRADE RAMOS, J. R. de & MACIEL, A. C. - Atividades de Prospeções de urânio no Brasil (1966-1970). BRASIL. *CNEN*, B., Rio de Janeiro, n.3, 96 p., 1974.

AZEVEDO, L. G. de - Tipos de Vegetação do Sul de Minas e Campos da Mantiqueira (Brasil). *An. Acad. bras. Ci.*, Rio de Janeiro, 34(2): 225-234, jun. 1962.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas - Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. *Serv. nac. Pesq. agron.*, B., Rio de Janeiro, n. 12, 634 p., 1960.

\_\_\_\_\_ - Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatório de Furnas. *Serv. nac. Pesq. agron.*, B., Rio de Janeiro, n. 13, 462 p., 1962.

BRINCK, J. W. & HOFMANN, A. - The distribution of beryllium in the Oslo Region - Norway - A geochemical stream sediment study. *Econ. Geol.*, v. 59: 79-96, 1964.



- BUSHEE, J. M. - *Geochronological and Petrographic Studies of Alkaline Rocks from Southern Brazil*. Tese (Dout. Univ. Calif.) (Berkeley) (s.ed.) 1961. 145 p.
- CAVALCANTE, J. C. - "Geomorfologia". In: KAEFER, L. Q. - et alii - *Projeto Sapucaí - Geologia Preliminar*. São Paulo. BRASIL. Conv. DNPM-CPRM, Relat. inéd., v. 1:12-25, 1975.
- CAVALCANTE, J. C. & KAEFER, L. Q. - *Relatório Geológico final. Folha de Santos - parcial (SF-23-Y-D)*. São Paulo. BRASIL. Conv. DNPM-CPRM, Proj. Sudeste Est. São Paulo, Relat. inéd., v. 2, abr. 1974, 234 p.
- CAVALCANTE, J. C. et alii - *Projeto Sapucaí - Relatório Final - Geologia*. São Paulo, BRASIL. Conv. DNPM-CPRM, Relat. inéd., v. 1, 1977. 615 p.
- COUTINHO, J. M. V. - "Roteiro para a excursão de Poços de Caldas (São Paulo)". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 13. São Paulo, Soc. bras. Geol., 1959. (Guia Excursões), 16 p.
- DUTRA, C. V. - "O método chumbo-alfa e idades de zircões do maciço alcalino de Poços de Caldas, Minas Gerais. *Inst. Geol. Esc. Fed. Minas Ouro Preto*, B., Ouro Preto, 1(3/4): 125-135, 1966.
- EBERT, H. - Pesquisas na parte Sudeste de Minas Gerais e no Nordeste. In: *Relatório Anual do Diretor, Ano de 1954*. BRASIL. DNPM. DGM, Rio de Janeiro, p. 79-89, 1955.
- EMMERMANN, R. - Genetic relations between two generations of K-feldspar in a granite pluton. *Neues Jahrb. Mineral. Abhandl.*, Stuttgart, 111 (3): 289-313, 1969.



ENGEL, A. E. & ENGEL, C. G. - Progressive metamorphism and granitization of the major paragneiss, northwest Adirondack Mountains, New York - Part I, Total rock. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 69: 1369-1414, 1958; Part II, Mineralogy. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 71:1-58, 1960.

\_\_\_\_\_ - Migration of elements during metamorphism in the northwest Adirondack Mountains, New York. *U.S.G.S., Prof. Paper*, 400 B: B465-B-470, 1960.

FISCHER, R. P. & FISHER, F.S. - Interpreting Pan-Concentrate Analyses of Stream Sediments in Geochemical Exploration for Gold. *U. S. G. S., Circular*, n. 592:1-9, 1968.

FRAYHA, R. - Samarskita e Xenotima de Machado, Minas Gerais. *Miner. Metal.*, R., Rio de Janeiro, 12(72), p. 287, mar./abr. 1948.

\_\_\_\_\_ - Urânio e tório no planalto de Poços de Caldas. BRASIL. *DNPM. DFPM*, B., Rio de Janeiro, n. 116, 75 p., 1962.

FRONDEL, C. et alii - Cerianite,  $CeO_2$ , from Poços de Caldas, Brazil. *Amer. Mineral.*, Washington, 44(7/8): 882 - 884, jul./ago. 1959.

GERASIMOVSKY, V. I. - "Trace Elements in Selected Groups of Alkaline Rocks". In: SØRENSEN, H. - *The Alkaline Rocks*. London, John Wiley & Sons, 1974. p. 402-412.

GOLDSCHMIDT, V. M. - *Geochemistry*. London, Oxford University Press, 1958. 730 p.

GOMES, C. B. - Petrologia do Maciço alcalino de Itapirapuã, SP. *Boletim IGA*, Inst. Geoci. Astron., Univ. São Paulo, São Paulo, n. 1:76-197, dez. 1970.



CPRM

GORSKY, V. A. & GORSKY, E. - Contribuição à mineralogia e petrografia do planalto de Poços de Caldas. BRASIL. *CNEN*, B., Rio de Janeiro, n. 13, 91 p.; 1974.

GRESTNER, A. - Missão Brasil 1961-1966. Relatório geral de síntese. BRASIL. *CNEN*, B., Rio de Janeiro, n. 2, 59 p., 1974.

GROSSI SAD, J. H. & DUTRA, C. V. - Elementos menores em bauxitas - Planalto de Caldas, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25. São Paulo, Soc. bras. Geol., 1971. (*B. espec. 1*) p. 123-124.

GUIMARÃES, D. - Os metamorfitos denominados "micaxistos Seridô". BRASIL. *DNPM. DGM*, B., Rio de Janeiro, n. 237, 31 p., 1966.

GUIMARÃES, D. & DUTRA, C. V. - Contribuição à geoquímica das rochas alcalinas do Brasil. BRASIL. *DNPM. DFPM*, B., Rio de Janeiro, n. 112: 47-76, 1962.

HARDER, H. - "Boron" In: WEDEPOHL, K. H. - *Handbook of Geochemistry*. Heidelberg, Springer-Verlag Berlin, II (1) : 5-D-1 a 5-0-3, 1974.

HAWKES, H. E. & WEBB, J. S. - *Geochemistry in mineral exploration*. Tokyo, Harper International Student Reprint, 1965. 415 p.

HERZ, N. & DUTRA, C. V. - Minor element abundance in a part of the Brazilian shield. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v.21: 81-98, 1960.

HORMANN, P. K. - "Beryllium" In: WEDEPOHL, K. H. - *Handbook of Geochemistry*. Heidelberg, Springer-Verlag Berlin, II (1): 4-D-1 a 4-0-1; 1969.

- LEVINSON, A. A. - *Introduction to Exploration Geochemistry*. Maywood, Illinois, Applied Publishing Ltd., 1974. 612 p.
- MEHNERT, K. R. - *Migmatites and the origin of granitic rocks*. Amsterdam, Elsevier Publishing Co. 1971, 405 p.
- MOREIRA, A. A. N. & CAMELIER, C. - "Relevo". In: *Geografia do Brasil. Região Sudeste*. BRASIL. Fundação IBGE, Rio de Janeiro, v. 3: 1-50, 1977.
- NIMER, E. - "Clima". In: *Geografia do Brasil. Região Sudeste*. BRASIL. Fundação IBGE, Rio de Janeiro, v. 3: 51-89, 1977.
- OPPENHEIM, V. - "Estudo preliminar da zona aurífera de São Gonçalo do Sapucaí (Minas Gerais)". In: GUIMARÃES, D. & OPPENHEIM, V. - *Notas preliminares sobre algumas jazidas de minérios de ouro no Estado de Minas Gerais*. BRASIL. DNPM. SFPM, B., Rio de Janeiro, n. 1: 29-39, 1934.
- \_\_\_\_\_ - Ouro em São Gonçalo do Sapucaí. BRASIL. DNPM. SFPM, Avulso, Rio de Janeiro, n. 4, 25 p., 1935.
- PIRES, F. R. M. et alii - Gonditos na região de Pouso Alegre, Minas Gerais. *Miner. Metal.*, R., Rio de Janeiro, 52 (312): 237-239, dez. 1970.
- PUCHELT, H. - "Barium". In: WEDEPOHL, K. H. - *Handbook of Geochemistry*. Heidelberg, Springer-Verlag Berlin, II (3): 56-D-1 a 56-D-2, 1972.
- RAMALHO, R. - "Geomorfologia". In: CAVALCANTE, J. C. et alii *Projeto Sapucaí - Relatório Final - Geologia*. São Paulo, BRASIL. Conv. DNPM-CPRM, Relat. inéd. v. 1:56-66, 1977.

- ROMARIZ, D. de A. - Aspectos da vegetação do Brasil. BRASIL. Fundação IBGE, Rio de Janeiro, 60 p., 1974.
- SADOWSKY, G. R. & CARNEIRO, C. Daí Rê - "O charnoquito de São Francisco Xavier". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28. Porto Alegre, Soc. bras. Geol., 1974. (B. n. 1, Res. Comun.), p. 175-176.
- SANTOS, M. J. dos et alii - *Projeto Catalão*. Belo Horizonte, CPRM/SUREG-BH, Relat. inéd., 30 p., 1976.
- SHAW, D. M. - Trace elements in pelitic rocks. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 65: 1151-1182, dez. 1954.
- TAYLOR, S. R. - The application of trace element data to problems in petrology. *Physics and Chemistry of the Earth*, v. 6: 133-213, 1966.
- TOLBERT, G. E. - Geochemistry of trace element concentrations in the Poços de Caldas Plateau, Brazil. *Soc. bras. Geol.*, B., São Paulo, 7(2): 71-79; set. 1958.
- TUREKIAN, K. K. & WEDEPOHL, K. H. - Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 72: 175-192; 1961.
- VLASOV, K. A. - *Geochemistry and Mineralogy of Rare Elements and Genetic Types of Their Deposits*. Jerusalem, Israel Program for Scientific Translations Ltd., v. 1, 688 p. 1966.
- VLASOV, K. A. et alii - *The Lovozero Alkali Massif*. New York, Hafner Publishing Co. 1966. 627 p.

WEDEPOHL, K. H. - *Handbook of Geochemistry*. Heidelberg, Springer-Verlag Berlin, v. II-1, 1969; II-2, 1970; II-3, 1972 e II-4, 1974.

\_\_\_\_\_ - "Lead". In: WEDEPOHL, K. H. - *Handbook of Geochemistry*. Heidelberg, Springer-Verlag Berlin, II (4): 82-D-1 a 82-O-1, 1974.

WEDOW Jr., Helmuth - The Morro do Ferro Thorium and Rare-Earth ore Deposit, Poços de Caldas District, Brasil. *Geol. Surv. B.*, n. 1.185-B, 34 p. 1967.

WERNICK, E. - *A geologia da região de Amparo (Leste do Estado de São Paulo)*. Tese (Dout. Fac. Fil. Ci. Letr. Rio Claro, Univ. Campinas) (Rio Claro) (s.ed.) 1967. 140 p.

\_\_\_\_\_ - Granitos pórfiros dos arredores de Serra Negra, Valinhos e Amparo e suas relações com o maciço de Morungaba, leste do Estado de São Paulo. *R. bras. Geoci.*, São Paulo, 2(2): 129-138, jun. 1972.

WERNICK, E. & FERNANDES, N. A. - "Triclinicidade de feldspatos potássicos de rochas graníticas do maciço de Morungaba - SP". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26. Belém, 1972. *Anais do ...* Belém, Soc. bras. Geol., 1972. p. 51-56.