

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
CURSO: ENGENHARIA DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

TÍTULO: ESTUDO DAS VISCOSIDADE PLÁSTICA E APARENTE, TEOR
COLOIDES E INCHAMENTO EM ARGILAS MONTMORILONÍTI-
CAS OU ESMECTÍTIAS DO DISTRITO DE BOA VISTA, MU-
NICÍPIO DE CAMPINA GRANDE - PARAIBA, VISANDO SUA
UTILIZAÇÃO EM FLUIDO DE PERFURAÇÃO DE POÇOS DE
PETRÓLEO E CITAÇÃO PARA OUTRAS FINALIDADES.

ALUNO: MARCOS ANTONIO DA SILVA PEDROSO

ORIENTADOR: EDNA CELIE DA CUNHA MACHADO

PERÍODO: 11/09 A 30/ NOVEMBRO DE 1985

LOCAL: LABORATÓRIO DE CERÂMICA - CCT/PRAI/UFPE

CAMPINA GRANDE - PARAIBA - BRASIL



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

INDICE

	Página
Apresentação	01
Agradecimentos	02
Objetivo	03
Introdução	04
Revisão da literatura	05
- Tixotropia	09
- Usos industriais de bentonitas e de argilas montmoriloní ticas	11
- Sedimentos montmoriloníticas de Boa Vista, Município de Campina Grande, Paraíba	12
- Argilas para aglomerantes de areias de moldagem para fun dição	12
- Teoria da ação ligante de uma argila de fundição	13
- Bentonitas para pelotização de finos de minérios de fer ro	14
- Fluxograma de beneficiamento da argila montmorilonítica policatiônica	16
- Fluxograma do processo de tratamento de argilas montomo riloníticas ou esmectíticas do Distrito de Boa Vista, Mu nicípio de Campina Grande, Paraíba, com carbonato de só dio	19
Materiais e métodos	20
1. Preparação das amostras	20
2. Determinação da viscosidade plástica e aparente	21
3. Umidade	21
4. Determinação do teor de coloides	22
5. Determinação de inchamento	22
Tabela 01	23
Tabela 02	23
Tabela 03	24
Tabela 04	25
Resultados	25

Apresentação, discussão dos resultados e sugestões da 1ª parte	29
2ª parte (tratamento com concentrações de Na_2CO_3 diferentes), preparação das soluções de Na_2CO_3	32
Discussões dos resultados da (2ª parte) e sugestões	36
Conclusão	37
Bibliografia	38
Tabela 05	40
Tabela 06	41
Gráfico 01	42
Gráfico 02	43

APRESENTAÇÃO

Este Relatório apresenta as atividades desenvolvidas por MARCOS ANTONIO DA SILVA PEDROSO, aluno do curso de Engenharia de Materiais do Departamento de Engenharia Química do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, campus II, no período de 11 de setembro de 1985 a 30 de novembro de 1985, sob a orientação de Edna Célie da Cunha Machado.

AGRADECIMENTOS

Aproveito a oportunidade para agradecer ao Departamento de Engenharia Civil, Área de Geotecnia do CCT-UFPA. Principalmente a Prof^a. Edna Célia da Cunha Machado, pela dedicação e orientação nas atividades.

Agradeço ao Engenheiro Gelmires de Araujo Neves, pelo acompanhamento e atenção dispensada durante a utilização dos laboratórios.

Agradeço a Prof^a. Maria do Socorro Lacerda, orientadora do Programa de Estágio Supervisionado do curso de Engenharia de Materiais da UFPA, e a todos que indiretamente colaboraram para a realização deste estágio.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo estudar o comportamento das argilas montmoriloníticas ou esmectíticas do Distrito de Boa Vista, Município de Campina Grande, Paraíba, tratada com carbonato de sódio, 100 meq/100 g de argila seca, visando a otimização de suas propriedades para aplicação em fluidos de perfuração de poços de petróleo e outras finalidades.

Como também tratar as argilas com diferentes concentrações, determinando suas propriedades reológicas para observarmos seu comportamento frente a essas diversas concentrações.

INTRODUÇÃO

Argilas montmoriloníticas ou esmectíticas, são argilominerais formado pela desvitrificação e subsequente alteração química de um material vítreo de origem ígnea, usualmente um tufo ou cinza vulcânica. Ácido de preferência, sua forma cristalina é do tipo tetragonal. São utilizadas: em perfuração rotativa de poços de petróleo, aglomerantes de areias de fundição, como agente compactante para cascalhos e solos, como impermeabilizantes para barragens e canais, em trabalhos de fundição de estaca e emulsões asfálticas, como agente decorante, classificação de óleo, espessamento de tinta, pelotização de minério, nos fertilizantes, como agente estabilizador e suspensões, na indústria de isolante como agente ligante, em pomadas para proteção de partes do corpo de graxas tóxicos e irritantes. Sua aplicação industrial depende das cations trocáveis existentes na argila no seu estado natural, após tratamento químico, os cations trocáveis são os seguintes: Na^+ , K^+ , H_2O^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} . Na natureza, as argilas montmoriloníticas são policatiônicas, havendo necessidade de tratamento químico para que haja predominância de cation.

No Brasil, as argilas montmoriloníticas são cálcicas, sendo necessário fazer um tratamento químico com carbonato de sódio para formação de géis tixotrópicos, onde o cation predominante é o sódio. Foi determinado que um dos mais eficientes processos é com uma solução saturada de carbonato de sódio na proporção de 100 meq/100 g de argila beneficiada em peneira USS Nº 200(0,074 mm). Após o tratamento com solução saturada de carbonato de sódio, a intensidade de troca de cations pelo sódio é verificada através da determinação das viscosidade aparente, plástica e volume do filtrado, havendo posterior comparação com os valores normalizados pela Petrobrás, que são os seguintes: a) viscosidade plástica 4,0 cP (mínima); b) viscosidade aparente 15,0 cP (mínima); c) volume do filtrado, após 30 min. 18,0 ml (máximo).

REVISÃO DA LITERATURA

Argilas montmoriloníticas ou esmectíticas das jazidas do Distrito de Boa Vista, Município de Campina Grande, Paraíba - Brasil, quando feita a adição de carbonato de sódio constituem a fonte principal de esmectitas sódicas utilizadas industrialmente no Brasil, especialmente como agente tixotrópico para fluido de perfuração de poços de Petróleo com a finalidade de funcionar como refrigerante, para remover do orifício em perfuração os detritos e para vedar as partes laterais do poço como uma espécie de filtro impermeável. As operações de bombeamento e vedação são executadas com maior eficiência se essa suspensão de argila estiver defloculada, contudo, um certo grau de rigidez da argila torna-se necessária para reduzir a sedimentação das aparas principalmente durante uma interrupção da circulação. Essas condições são em partes conciliadas mantendo a suspensão da argila em um estado parcialmente flocculado, tixotrópico.

As partículas das argilas quando colocadas em suspensão estão eletricamente carregadas e dependendo de suas propriedades químicas podem floccular ou deflocular. A habilidade destas argilas adsorverem íons tais como Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , é denominado troca de cátions e a soma destes íons adsorvidos por unidade de peso de argila é denominado capacidade de troca de cátions.

As esmectíticas brasileiras, encontram-se notavelmente na forma policatiônica cujos cátions trocáveis mais comuns são os citados acima, e são industrialmente transformados em esmectitas sódicas por meio de uma reação química de dupla troca reversível com carbonato de sódio.

Grim descreve três mecanismos que podem explicar o fenômeno, de troca de cátions nos argilominerais:

1. Ligações quebradas nas arestas do Si_2O_5 , e falhas de gíbsita que compõem o reticulado cristalino. Isto ocorre somente nas superfícies paralelas ao eixo C do mineral;

2. Substituições no reticulado cristalino de um íon de baixa valência tal com o Al^{3+} por Si^{4+} na folha tetraédrica ou Al^{3+} na folha octaédrica. Disto resulta que cargas negativas nas partículas, podem ser balanceadas pela adsorção de cátions.

Grim indica que 80 por cento da capacidade de troca de cátions nas bentonitas são explicadas por tais substituições. Enquanto que Johnson mostra provas que a capacidade de troca nas bentonitas podem ser explicadas pelas ligações quebradas das arestas das partículas.

O hidrogênio exposto nas hidroxilas podem ser trocados por outros cátions. Esta capacidade de troca de cátions pode ser medida por vários métodos incluindo medidas de viscosidade (que é o que fazemos nesta experiência), pH e titulação.

O volume de sedimentação e a floculação são importantes na perfuração de poços de Petróleo. As partículas de uma suspensão apresentam geralmente uma densidade um pouco diferente da do meio de suspensão; assim sendo, elas tenderão a se acumular, sob o efeito da gravidade, no fundo ou na superfície do recipiente. Uma velocidade de sedimentação de até cerca de 10^{-8} ms^{-1} é geralmente, contrabalanceada pela difusão e convecção, que tendem a manter a mistura dispersa.

Quando as partículas floculam com formação de uma estrutura reticular contínua, que se estende por todo o volume disponível e imobiliza o meio de dispersão, o sistema semi-sólido resultante é chamado gel.

A rigidez de um gel depende do nº da força das ligações, entre as partículas que formam a estrutura contínua.

Algumas dessas argilas policatiônicas, quando submetidas a troca de cátions por sódio, não fornecerem geis tixotrópicos em dispersões aquosas a 6% nas condições especificadas pelas normas da Petrobrás (1968), aí começaram as pesquisas em cima dessas argilas, visando a sua utilização. A maioria destas pesquisas estão pesquisando em cima de: Secagem e/ou tratamento térmico (temperatura de secagem) e cura (câmara climatizada, e úmida), etc.

O nome bentonita foi aplicado pela 1ª vez em 1898, por

Knight a uma argila plástica coloidal encontrada em camadas cretáceas do depósito descoberto em folhelhos argilos do Fort Benton.

Todos os tipos de bentonitas tem algum ou vários argilominerais do grupo da montmorilonita ou esmectita, com argilomineral predominante. As argilas que contém a maior porcentagem de montmorilonita são as bentonitas e as terras Fuller, nos Estados Unidos, especialmente em função da definição de Ros e Shonnon(1926) considera-se como bentonitas as montmorilonitas que são provenientes das alterações in situ de cinzas vulcânicas;

De uma maneira geral, existem dois tipos de bentonitas:

Bentonitas que incham (Swelling bentonites); não confundir o termo "inchamento" (Swelling), que é uma propriedade macroscópica em meio aquoso. Com o termo "expansão basal" (Layer expansion), que é específica dos argilominerais montmoriloníticos. As bentonitas que não incham compreendem argilas que costumam ser chamadas meta ou sub-bentonitas, que, além de montmorilonita, costumem conter argilominerais de camadas mistas illita-montmorilonita.

Bentonitas que incham ("Swelling"). Essas argilas são caracterizadas por sua propriedade específica de inchar até vinte vezes o volume da argila seca, quando imersas em água; uma vez colocada em água e expandida, a argila entra em suspensão formando espontaneamente um sol ou gel tixotrópico, permanecendo em suspensão estável por meses. Este é um ensaio que é específico para identificar esse tipo de argila, pois nenhuma outra apresenta essa propriedade.

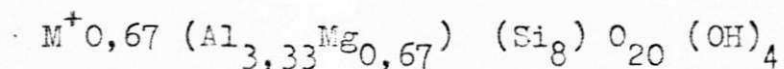
A bentonita sódica de Wyoming é composto por no mínimo de 90% de montmorilonita ou esmectita e sua capacidade de troca de cátions é da ordem de 80 a 90 meq/100 g de argila, tendo o sódio, o cálcio e o magnésio como principais cátions trocáveis.

A cor das bentonitas na natureza varia da branca ao creme; Cores cinza, azul, verde e rosa podem também ser encontradas. O cone pirométrico equivalente é geralmente inferior a CO12.

Analisada quimicamente, as bentonitas apresentam teores

apreciáveis de metais alcalinos e alcalinos terrosos; o sódio é o cátion trocável predominante na bentonita de Wyoming. Essas bentonitas sódicas formaram-se pela alteração in situ de cinzas vulcânicas, ácidos depositadas em ambiente lacustre, rico principalmente em sais sódicos.

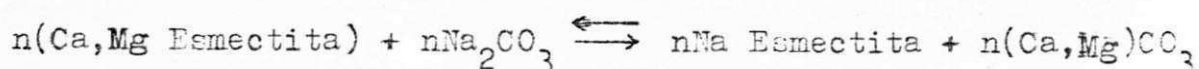
As bentonitas sódicas possuem maior nº de usos individuais e diversos do que qualquer outro tipo de argila; são usadas em cerâmica, em metalurgia, em indústrias químicas de Petróleo e farmacêuticas. Sua fórmula teórica da cela unitária é:



Bentonitas que não incham. São idênticas em composição mineralógica às bentonitas que incham, diferindo nos cátions trocáveis, que são predominantemente cálcio e magnésio neste tipo que não incha ou em grau elevado de magnésio ou ferro e substituição isomórfica na folha octoédrica. A troca do sódio por cálcio, ou magnésio em uma bentonita sódica destrói a propriedade de inchar e dispersar espontaneamente em água, além da tixotropia; a argila sedimenta e permanece precipitada ou "fkicykada", não formando géis tixotrópicos (isto é, não mais defloculam espontaneamente em água). Se o cálcio e o magnésio forem trocados totalmente, pelo sódio, a propriedade de inchamento e dispersão espontânea em água é adquirido se o magnésio e o ferro em substituição isomórfica forem em baixa proporção. Muito embora haja usos que são comuns a ambos os tipos de bentonitas, existe um uso que é específico do tipo que não incha e que parece ser consequência de ser cálcio o cátion trocável: Por tratamento com ácidos inorgânicos concentrados, as bentonitas que não incham produzem "argilas decorantes ativadas", que são utilizadas no descoramento ou branqueamento de óleos minerais, vegetais e animais; as bentonitas sódicas não respondem satisfatoriamente a esse tratamento ácido, pois são decompostas totalmente pelo tratamento com ácidos inorgânicos fortes.

No Brasil que não possui bentonita sódica natural como dos EE UU (Wyoming) é de interesse industrial desenvolver proces-

sos (além dos que já existem), que permitam transformar esmectíti cas mono e policatiônicas não sódicas, em esmectitas sódicas por meio de uma reação química de dupla troca, reversível, aumentando -se a concentração do sal de sódio no deslocamento do equilíbrio, ou pela formação de um carbonato insolúvel, usando carbonato de sódio comercial.



A esmectita sódica formada deve apresentar a capacidade de inchar em água, formando um gel tixotrópico, dependendo da concentração da argila no meio. Isto levou a especificação que para uma dispersão aquosa, contendo 6% de bentonita sódica, a viscosidade aparente mínima seria de 15,0 cP., a viscosidade plástica mínima de 4,0 cP e o volume do filtrado de no máximo 18,0 ml.

A determinação do filtro dos fluidos de perfuração permite tirar conclusões sobre as qualidades coloidais da argila empregada. Quanto maior a proporção da matéria coloidal na argila, tanto menor será a porcentagem de água livre no sistema. Consequentemente, menos será o filtrado após 30 minutos.

A viscosidade plástica depende essencialmente da concentração em sólidos, representa a componente da resistência ao escoamento devido ao atrito mecânico entre as partículas sólidas do sistema, entre as partículas sólidas e líquidas e entre as partículas líquidas. A viscosidade aparente é aquela que os fluidos apresentam ter a determinada rotação, se comportarem com o fluido Newtonianos, tendo 2 componentes, a viscosidade plástica e o limite de escoamento.

Tixotropia:

Dispersões coloidais diluídas de bentonitas sódicas, com um certo grau de defloculação apresentando fenômeno da tixotropia. A suspensão torna-se menos rígida e viscosa (mais "fina"), pela agitação e torna-se mais espessa (gelifica) pelo repouso. Define-se a tixotropia como a transformação sol-gel isotérmica e reversível (Freundlich, 1925). No caso de argila, a tendência à ti

xotropia é função do potencial Zeta, da concentração e anisometria das partículas constituintes. Montmoriloníticas, paligorsquitas, haloisitas, etc, apresentam maior tendência para tixotropia quando maior for o grau de anisometria das partículas (Fohn, Weiss e Hotmann, 1953, Weiss, 1962). Partículas de cargas opostas às dos argilominerais e que possam formar pontes de ligação entre elas, como os óxidos de hidróxidos de alumínio e ferro, aumentam a tendência à maior tixotropia de barbotinas.

A viscosidade e a tixotropia variam com o tempo (fenômeno de envelhecimento), e o fenômeno pode ser acelerado com ultrasons (Dale e German, 1964; Worrell e Basu, 1965).

-USOS INDUSTRIAIS DE BENTONITAS E DE
ARGILAS MONTMORILONÍTIICAS.

Importantes e diversificadas são as aplicações tecnológicas e industriais das argilas montmoriloníticas, sobretudo a bentonita. Entre vários usos importantes, essas argilas podem ser empregadas: 1) como agente tixotrópico de fluídos para perfuração rotativa de poços; 2) como agente aglomerante de areias de moldagem para fundição; 3) como fase dispersa em suspensão aquosa para feccamento de moldes para fundição; 4) em engenharia civil: a) como aditivo para cimentos, concretos e argamassas; b) como agente compactante para cascalhos e solos; c) em emulsões asfálticas, etc; 5) como agente descorante, após ativação, de óleos vegetais, animais e minerais; 6) em catálise, como agente catalítico de craqueamento; 7) como bentonitas organofílicas: a) na preparação de lacas termo-resistentes; b) no espessamento de tintas; c) no espessamento de diluentes e solventes de tintas; 8) em pesticidas, como veículo e diluente; 9) em cerâmica e esmaltes, como agente plastificante ou suspensor; 10) em pelotização de minérios como aglomerante; 11) em borrachas e polímeros (latex), como agente estabilizador e espessador; 12) em papel, para prevenir aglomeração de polpa, de ceras e resinas; 13) na clarificação industrial de água, vinho, cidra, cerveja, vinagre, caldo de cana, licores e mel; 14) nos fertilizantes, como agente estabilizador e suspensor; 15) na alimentação animal; 16) na cobertura de sementes vegetais; 17) em campos de limpeza e polimento e em sabões, como agente ligante; 18) em extintores de incêndio de florestas, como elemento retentor de umidade; 19) como agente dessecante, por causa da grande adsorção de água; 20) como adsorvente de ions radiativos de águas refugadas; 21) na indústria de lápis, como ligante na fabricação de minas de diversas cores; 22) na indústria farmacéutica, como espessador e aglomerante de remédios; 23) na proteção de contatos de eletrodos, como retentor de umidade, por exemplo, em eletroencefalogramas; 24) em eletrodos de solda, como ligante; 25) em adesivos, como espessador; 27) em

cosmético, pós e cremes de beleza; 28) em pomadas para proteção de partes do corpo de gases tóxicos e irritantes, etc.

-SEDIMENTOS MONTMORILONÍTIICOS DE BOA
VISTA, MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE.

São argilas constituídas por misturas de montmorilonítica e/ou argilomineral de camadas mistas illita-montmorilonita. O teor ponderal de argilomineral montmorilonítico nas argilas varia entre 55% e 75%. São argilas policatiônicas tendo o magnésio, o sódio, o cálcio e o hidroxônio como cátions trocáveis, sendo que o magnésio e o cálcio contribuem com 50% a 85% da capacidade total de troca catiônica das argilas. Tem origem talvez vulcânica, do vulcanismo dos abrolhos e regiões vizinhas, após sedimentação em lagos ricos em sais de magnésio, cálcio e sódio. São industrializadas em Campina Grande e João Pessoa (PB), e em Sorocaba(SP).

-ARGILAS PARA AGLOMERANTES DE AREIAS
DE MOLDAGEM PARA FUNDIÇÃO.

Dentre as muitas aplicações tecnológicas de argilas, uma das mais importantes é na indústria metalúrgica, especialmente em fundição, para conformação (moldagem) em areia. Uma areia de fundição é um material heterogêneo, constituído essencialmente por um elemento granular refratário, dito areia-base (geralmente areia silicosa) e por um elemento aglomerante, seja mineral (argila-base) ou orgânico (óleos, aglomerantes derivados de cereais e outros), usado para confecção de moldes monolíticos de fundição, designados mais comumente como moldes refratários. As areias de fundição podem ser naturais e sintéticas. As areias naturais podem ser utilizadas diretamente na moldagem da peça sem preparo especial, apenas adequadamente umedecidas. As areias sintéticas são obtidas artificialmente misturando à areia silicosa aglomerantes que podem ser minerais ou orgânicos.

As argilas são aglomerantes do tipo mineral, usuais nas areias de fundição sintéticas; delas se exigem características es

peciais; a argila para fundição deve ter alto poder aglomerante de modo que a areia de fundição tenha elevada resistência mecânica a verde, depois de secada, e a quente, isto é, em temperaturas da ordem de 800° C, para suportar o jato de material fundido e a ação do metal de escória, se existir, durante o resfriamento.

-TEORIA DA AÇÃO LIGANTE DE UMA
ARGILA DE FUNDIÇÃO.

A areia por si só não tem resistência necessária para formar o molde no qual será vazado o metal fundido. Para que ela possa ser usada é necessário um aglomerante, que já pode estar em mistura à areia em seu estado natural, ou então é necessário adicioná-lo de modo a fixar os grãos de areia entre si. Esse aglomerante pode ser mineral ou orgânico, sendo que, aqui, iremos tratar do aglomerante argila. A argila, quando é misturada com areia e água, deve se desagregar em partículas lamelares finas, que devem recobrir de uma forma contínua os grãos de quartzo, ligando-os entre si. Quando se considera a dependência da massa específica aparente em relação à água de moldagem nas areias de fundição, é fato conhecido que, com o aumento do teor percentual de água, a massa específica aparente diminui até um valor mínimo, seguindo-se um aumento na massa específica. Isto pode ser explicado pelo fato de, com a adição de água, as partículas de argila se desagregam em placas finas que desenvolvem uma película de recobrimento de argila + água ao redor dos grãos de areia. Quando esse recobrimento torna-se mais espesso e mais perfeito com o aumento da quantidade de água de moldagem, o empacotamento dos grãos torna-se mais difícil e dificulta a secagem. O ponto de mínima massa específica aparente é aquele onde a areia de fundição apresenta uma maior resistência à compactação e uma maior porosidade após secagem; com um teor de umidade mais alto, a película de recobrimento dos grãos de areia gradualmente se torna mole e plástica, permitindo a uma parte do material de recobrimento ser extrudado entre os grãos, enchendo vazios, daí resultando num aumento da massa específica aparente a verde.

Quando se adicionar água a uma argila seca, as primeiras porções de água são adsorvidas e fixadas rapidamente às partículas dos argilominerais; em seguida, a água forma uma película líquida que age como lubrificante entre as películas; a quantidade total de água adicionada até este ponto é a água de pasticidade; quantidades maiores de água transformam o sistema em uma barbotina fluida, cuja viscosidade diminui a medida que o teor de água adicionada aumenta.

O ponto de máxima resistência à compressão a verde se obtém com pouco menos de água do que o requerido para a massa específica aparente, sendo que, em alguns casos, os dois pontos se confundem, dependendo da natureza da argila empregada.

Na prática de fundição, a condição ótima de trabalho para moldagem é o ponto de mínima massa específica aparente, e não o de máxima resistência mecânica, para dar a escoabilidade e uma permeabilidade adequadas; entretanto, como a medição da massa específica aparente em corpos de prova de areias de fundição é a determinação difícil em laboratório, ela é avaliada indiretamente pelas determinações da escoabilidade e da permeabilidade. A condição de trabalho entre os dois extremos é acertada em função da peça a ser fundida.

-BENTONITAS PARA PELOTIZAÇÃO DE FINOS DE MINÉRIOS DE FERRO.

Mesmo antes da Segunda Guerra Mundial, devido ao esgotamento dos minérios de ferro de alto teor, as usinas siderúrgicas norte-americanas começaram a importar minério de ferro do Canadá, Brasil, Europa, África e Ásia. Em 1960, a importação de minério era de 36 milhões de t/ano, representando cerca de 35% das necessidades normais do país. A taconita, minério de ferro de baixo teor do distrito do Lago Superior nos EUA, após moagem adequada, pode liberar finos capazes de produzir 20 bilhões de t de concentrados contendo 64% de ferro, o que é suficiente para os próximos dois séculos. O grupo do professor E. W. Davis na Universidade de Minnesota desenvolveu desde 1916 métodos técnicos e económica-

mente adequados para moer, separar e concentrar o minério de ferro finamente dividido; vários métodos de compactação foram experimentados, um sendo sintetização e o outro para modulização, porém era necessário uma melhor resistência mecânica do minério aglomerado. Com a adição de bentonita sódica, em 1943, foram conseguidas as primeiras pelotas a partir dos finos de magnetita separados da taconita: as pelotas, que antes da calcinação tinham o aspecto de bolinhas de barro (de dimensões da usadas em bодоques), eram endurecidas pela calcinação a 1.260° C, tornando-se resistentes ao intemperismo, abrasão e ruptura por transporte ou queda. Em 1948 foi demonstrada a eficiência das pelotas em um alto-forno piloto na Universidade de Minnesota e, imediatamente, os produtores de aço passaram ao teste em escala comercial em altos-fornos industriais. Em 1950 as primeiras corridas foram produzidas nas usinas da Armo Steel Corp. em Ashland, Kentucky. Em 1953, a Erie Mining e a Reserve Mining Companies começaram a produção de 7,5 milhões de t de pelotas por ano, com 64% de ferro, num investimento de 300 milhões de dólares. Em todas as usinas de pelotização nos EUA, atualmente, o ligante usado é bentonita sódica na proporção de 4,5 Kg a 9,0 Kg por tonelada de finos para produção de uma pelota capaz de ser manuseada e/ou transportada, secada e calcinada com um mínimo de perdas por quebra. Cal também pode ser usada como ligante. No Brasil, a Companhia Vale do Rio Doce no Porto de Tubarão, em Vitória, operando com finos de minérios de ferro de Casa de Pedra e Itabira (MG), produziu 5 milhões de toneladas de pelotas em 1973, ligadas por cal de calcário do Espírito Santo; dessas, 500.000 t foram usadas no mercado interno.

Esses desenvolvimentos brasileiros foram abertos através de quatro projetos desenvolvidos pelo Vale do Rio Doce no I. P.T: a) experiências preliminares sobre pelotização de concentrados de Itabiritos usando argilas nacionais como ligante; b) pelotização de hematita pulverulenta usando cal como aglomerantes; c) seleção de argilas nacionais para emprego na pelotização.

-FLUXOGRAMA DE BENEFICIAMENTO DA ARGILA
MONTMORILONITA CÁLCICA.

O diagrama de blocos da figura mostra o fluxograma da argila montmorilonita cálcica, pela Bentonit União Nordeste S/A, que funciona com três linhas de produção e está hoje produzindo uma média de 16 mil toneladas/mês sendo o produto comercializado para diversos Estados do Brasil como: Pará, Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul, e outros, como também para o exterior, ou seja, Bolívia e Chile.

A argila ao chegar da mina é armazenada em uma área externa da indústria, em lotes separados obedecendo a coloração de cada material, como seja: verde claro, vermelho, verde escuro, chocolate, sortido, bofe, etc. Por intermédio de pá carregadeira é abastecido um caixão alimentador o qual tem a finalidade de abastecer a linha de produção, com um fluxo de argila desejado. Do caixão alimentador cai em uma esteira transportadora que leva o material até um desintegrador de argila que reduz os grandes pedaços, para que haja fácil penetração do carbonato de sódio (barri-lha).

Do desintegrador a argila cai num misturador de eixos e pás helicoidais que faz a mistura do material com o carbonato de sódio e água.

A colocação de água é porque a troca de cátions só se e fetua em meio úmido ou aquoso.

Feita a mistura, o material é conduzido por esteira a uma galga que faz a homogeneização, se processando aí uma quase que total troca catiônica. Após a troca de cátions na galga este é levado, por esteira, para o laminador. No laminador a argila é transformada em lâminas de 3 mm, para facilitar a secagem, tornando o processo mais rápido e menos oneroso.

Através de uma esteira, a argila laminada é transportada para dois misturadores de coluna. Feita a mistura, através de um sistema de exaustão a argila cai num pulverizador, que funcio-

na à base de martelos, num total de 32, pesando 09 quilos cada um.

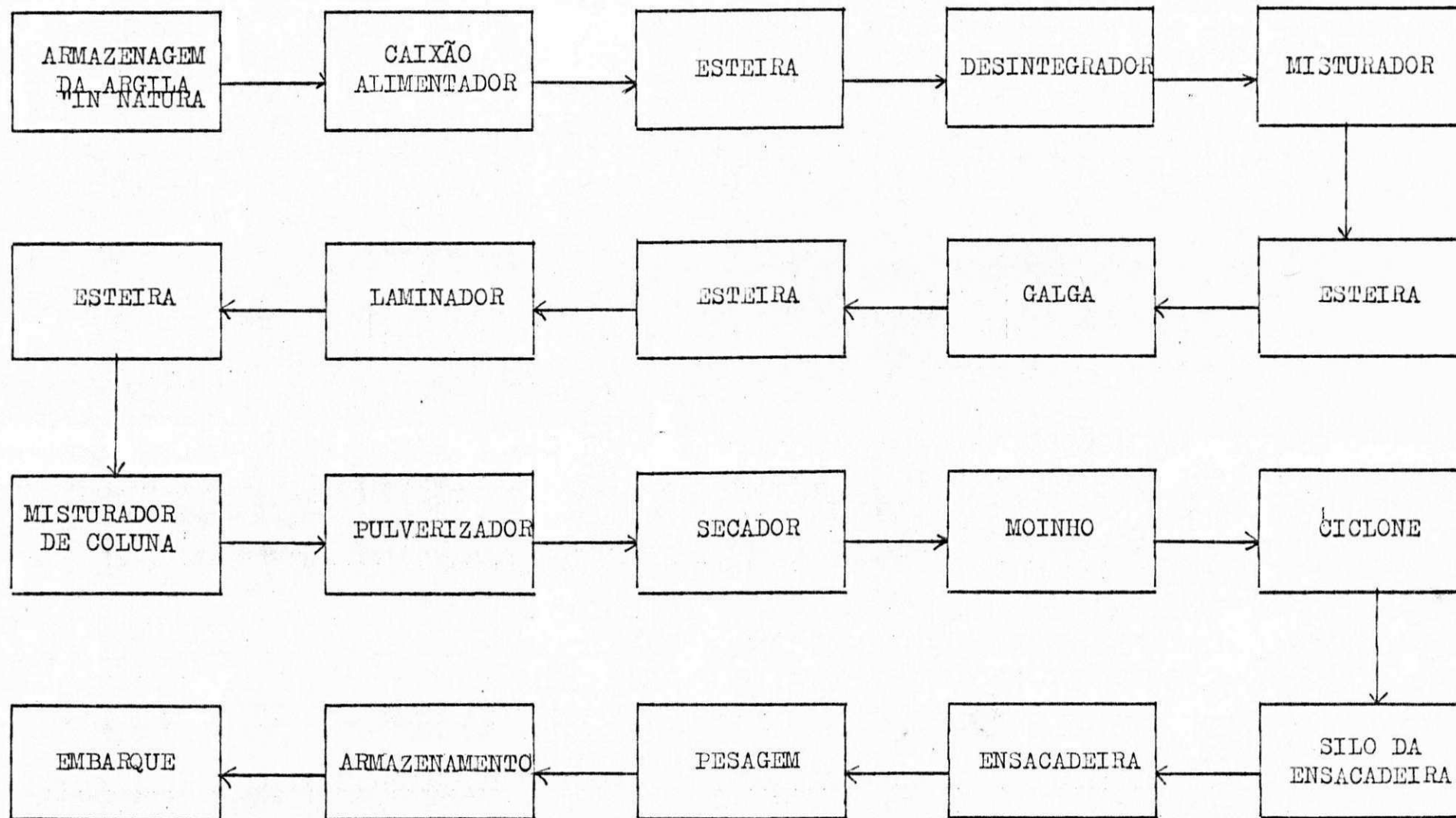
Do pulverizador a argila entra no secador, que funciona a uma temperatura média de entrada de 680° C e uma temperatura média de saída de 90° C. Após seca, a argila é transportada por um elevador de canecas para o moinho. No moinho é feita a moagem da argila seca, em granulometria desejada. A moagem se realiza por rolos que trabalham sobre anel e sob estes rolos se encontram revolvedores que têm a finalidade de manter o material sob a área de fricção. A granulometria é feita através de turbulência e separada com separador de palhetas rotativas, que funcionam com uma velocidade entre 200 e 300 rpm.

Saindo do moinho, a argila já beneficiada é transportada para um ciclone, havendo aí uma separação entre a argila e o ar. O ar vai para a chaminé e a argila vai para um silo da ensacadeira, seguindo daí, por gravidade, para a ensacadeira onde é feito o ensacamento e pesagem em balança automática. O ensacamento ocorre em sacos multifolheados de 50 ou 25 Kg.

Após ensacado o material é transportado para um setor de armazenamento, em forma de lotes, de onde é embarcado.

FLUXOGRAMA DE BENEFICIAMENTO

DA ARGILA MONTMORILONITA CALCICA



MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais:

1. Para realização da 1ª etapa deste trabalho, foram utilizados oito amostras de argilas montmoriloníticas ou esmectíticas identificadas de: 2 chocolate, 2 verde clara, 2 vermelha e 2 sortidas, provenientes do Distrito de Boa Vista, Município de Campina Grande, Paraíba, Brasil.

2. Para preparação das amostras, troca de cátion, foi usado carbonato de sódio (Na_2CO_3) em solução na seguinte proporção 100 meq/100 g de argila seca, sendo 5,5 ml de solução para 21g de de argila.

3. Balança analítica com sensibilidade de 0,01 g.

4. Misturador cujo eixo, que mergulha sobre a suspensão de argila, é capaz de girar com 5000 a 7000 rpm, quando em carga. A pá fixada na ponta do eixo tem a forma de disco corrugado.

5. Recipiente para o misturador (ou agitador) acima adequado.

6. Regulador de voltagem para manter a tensão no misturador entre 110 e 115 V, durante a misturação.

7. Viscosímetro FANN-35

8. Centrifugador de bulbor de 100 ml.

9. Estufa que forneça a temperatura de $105 \pm 1^\circ \text{C}$.

10. Peneira ABNT de abertura nominal de 0,075 mm ou U.S. Standard nº 200.

11. Potenciômetro micro não digital para medir pH.

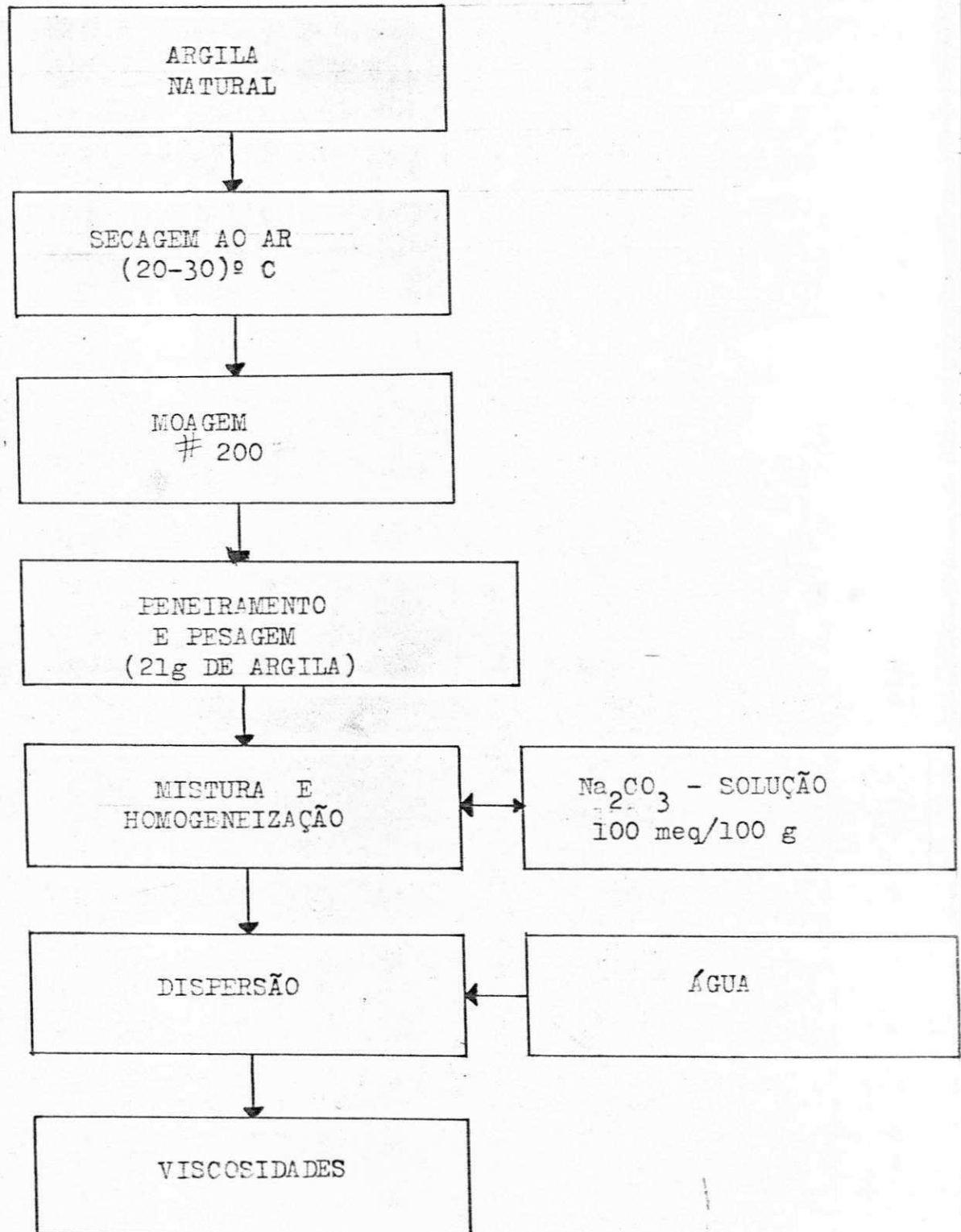
Métodos AFI/CVRD:

1. Preparação das amostras:

As amostras após serem coletadas, passaram por uma secagem ao ar livre, às temperaturas ambiente ($20 - 30^\circ \text{C}$) sem a ação direta dos raios solares, umidade em torno de 10%.

FLUXOGRAMA:

Processo de tratamento de argilas montmoriloníticas ou esmectíticas do Distrito de Boa Vista, Município de Campina Grande, Paraíba, com carbonato de sódio.



Logo após foi feito a moagem até passar em peneiras USS nº 200 (abertura de 0,074 mm), e ensacadas em sacos de plásticos, até serem realizados os ensaios.

Cada amostra de 21 g de argila seca foi adicionado 5,5 g de carbonato de sódio em solução (0,5 g de carbonato de sódio em 2,5 ml de água destilada), misturando (Homogeneizando) a amostra, para que haja a troca de cátions.

Empregando água destilada, preparar as amostras de lama, contendo quantidades de argila na proporção de 6%, isto é 350 ml de água para 21 g de argila.

Agitar cada amostra, durante 20 minutos. Interromper a agitação uma única vez após 3 minutos de agitação, durante no máximo, 30 segundos, para raspar qualquer quantidade de argila que possa ter aderido à parede do recipiente. Deixar em repouso por 24 horas, em recipiente fechado à temperatura ambiente. Agitar então, cada amostra durante 5 minutos.

2. Determinação das viscosidade plástica e aparente:

Transferir para o recipiente do viscosímetro, a amostra preparada de acordo com o sob item 1. Acionar o viscosímetro a 600 rpm durante 2 minutos.

Efetuar a leitura. Mudar imediatamente para 300 rpm, fazendo a leitura após 15 segundos. Anotar a viscosidade aparente, em cP, correspondente a cada amostra, com o valor obtido a 600 rpm, dividido por dois. Anotar a viscosidade plástica, em cP, correspondente a cada amostra, com a diferença das leituras procedidas a 600 e 300 rpm. Anotar o limite de escoamento, em $\text{g}/100\text{cm}^2$, correspondente a cada amostra, com a metade da diferença entre a leitura obtida a 300 rpm e a viscosidade plástica.

3. Umidade:

Pesar aproximadamente 10 g de argila, com aproximação de 0,01 g. Secar a amostra, a peso constante, numa estufa à temperatura de $105^\circ \pm 1^\circ \text{C}$. Resfriar a amostra num dessecador e pesar. A percentagem de umidade será expressa pela fórmula:

$$\text{Umidade \%} = \frac{10 - \text{peso da amostra seca}}{\text{peso inicial da amostra}} \times 100$$

4. Determinação do teor de coloides:

Secar a 105° C a argila e pesar 10 g da amostra (P). Dissolver em 1000 ml de água destilada e agitar por 10 minutos. Pipetar, durante a agitação e encher 4 bulbos (N) de 100 ml (V) de uma centrífuga. Centrifugar por 15 minutos a 1700 giros. Separar o líquido e recolher em 4 beakers pré-pesados (Pb). Secar completamente, esfriar em dessecador e pesar os beakers (Pa). O resultado será:

$$\begin{aligned} P &= 10 \text{ g} & M &= \frac{P \cdot N \cdot V}{1000} \\ N &= 4 \text{ bulbos} & \% \text{ coloides} &= \frac{Pa - Pb}{M} \times 100 \\ V &= 100 \text{ ml} \end{aligned}$$

5. Determinação de inchamento:

Secar a 105° C a amostra. Esfriar em dessecador e peneirar em 200 meshes. Pesar 2 g do menor que 200 meshes e com uma espátula adicionar \pm 0,1 g por vez em uma proveta de 100 ml de água destilada. Colocar cuidadosamente o material sobre a água, mas antes se certificar que a porção anterior adicionada já depositou totalmente no fundo. Esta operação não deve durar mais que 120 minutos. Deixar descansar por mais quatro horas e ler o volume (Vl) de gel formado no cilindro.

$$\% I = \frac{Vl \times 100}{2}$$

Obs.: O cilindro deve ser de 250 ml com diâmetro de 40 mm. O teste deve ser repetido duas vezes e o resultado será a média aritmética.

A amostra após ser peneirada (200 meshes), deve ser seca a 105° C.

É mais comum apresentar o resultado em ml/2 g.

TABELA 01 - LEITURAS

LEITURAS

AMOSTRA	Nº ORDEM	LEITURAS	
		600(rpm)	300(rpm)
VERMELHA	1	35	29
	2	37	32
VERDE	1	29	24
	2	29	24
CHOCOLATE	1	14	9
	2	14	9
SORTIDA	1	48	41
	2	47	43

TABELA 02 - DETERMINAÇÃO DE INCHAMENTO

AMOSTRA	Nº DE ORDEM	INCHAMENTO (ml) _{eg}
VERDE	1	9
	2	7
VERMELHA	1	10
	2	10
CHOCOLATE	1	9
	2	8
SORTIDO	1	10,5
	2	11

TABELA 03 - TEOR DE COLOIDES

TEOR DE COLOIDES

AMOSTRA		BECKER (g)	BECKER +
		Fb	COLOIDES (g)
			Fa
VERDE	V1	94,48	94,85
	V2	99,41	99,78
	V3	81,83	82,22
	V4	84,36	84,74
VERMELHO	V1	89,14	89,60
	V2	74,43	75,09
	V3	79,86	80,53
	V4	68,86	69,37
CHOCOLATE	C1	81,67	81,88
	C2	77,18	77,39
	C3	70,15	70,37
	C4	77,20	77,73
SORTIDO	S1	86,71	87,21
	S2	66,99	67,52
	S3	82,89	83,40
	S4	86,55	87,08

TABELA 04

25

AMOSTRAS	VISCOSIDADES:		MÉDIA	
	AFARENTE 600/2 (rpm)	PLÁSTICA 600 - 300 (rpm)	η APARENTE (cp)	η PLÁSTICA (cp)
VERMELHA 1-	17,0	5	17,75	5
2-	18,5	5		
VERDE 1-	14,5	5	14,5	5
2-	14,5	5		
CHOCOLATE 1-	7	5	7	5
2-	7	5		
SORTIDO 1-	24	7	23,75	5,5
2-	23,5	4		

TEOR DE COLOIDES (RESULTADOS)

$$P = 10 \text{ g} ; N = 4 \text{ bulbos} ; V = 100 \text{ ml} ; M = \frac{P \cdot N \cdot V}{1000} = 4$$

$$P_b = ? \quad P_a = ? \quad M = \frac{10 \times 4 \times 100}{1000} = 4$$

Obs.: 4 amostras de cada argila

Amostra 1: Verde

$$V_d 1 \text{ — } P_b = 94,48 \text{ e } P_a = 94,85$$

$$V_d 2 \text{ — } P_b = 99,41 \text{ e } P_a = 99,78$$

$$V_d 3 \text{ — } P_b = 81,83 \text{ e } P_a = 82,22$$

$$V_d 4 \text{ — } P_b = 84,36 \text{ e } P_a = 84,74$$

$$\% \text{ Coloides} = \frac{P_a - P_b}{M} \times 100$$

$$\% \text{ Coloides} = \frac{0,37 + 0,37 + 0,39 + 0,38}{4} \times 100$$

$$\% \text{ Coloides} = 37,75\%$$

Amostra 2: vermelho (=V)

V 1 — Pb= 89,14 e Pa= 89,60

V 2 — Pb= 74,43 e Pa= 75,09

V 3 — Pb= 79,86 e Pa= 80,53

V 4 — Pb= 68,86 e Pa= 69,37

$$\% \text{ Coloides} = \frac{\text{Pa}-\text{Pb}}{\text{M}} \times 100$$

$$\% \text{ Coloides} = \frac{0,46+0,66+0,67+0,51}{4} \times 100$$

$$\% \text{ Coloides} = 57,5\%$$

Amostra 3: chocolate (C)

C 1 — Pb= 81,67 e Pa= 81,88

C 2 — Pb= 77,18 e Pa= 77,39

C 3 — Pb= 70,15 e Pa= 70,37

C 4 — Pb= 77,20 e Pa= 77,73

$$\% \text{ Coloides} = \frac{\text{Pa}-\text{Pb}}{\text{M}} \times 100$$

$$\% \text{ Coloides} = \frac{0,21+0,21+0,22+0,53}{4} \times 100$$

$$\% \text{ Coloides} = 29,25\%$$

Amostra 4: sortida (S)

S 1 — Pb= 86,71 e Pa= 87,21

S 2 — Pb= 66,99 e Pa= 67,52

S 3 — Pb= 82,89 e Pa= 83,40

S 4 — Pb= 86,55 e Pa= 87,08

$$\% \text{ Coloides} = \frac{\text{Pa}-\text{Pb}}{M} \times 100$$

$$\% \text{ Coloides} = \frac{0,5+0,53+0,51+0,53}{4} \times 100$$

$$\% \text{ Coloides} = 51,75\%$$

INCHAMENTO

$$\% \text{ I} = \frac{V1 \times 100}{2}$$

Amostra 1: verde (Vd)

$$1 - \% \text{ I} = \frac{9 \times 100}{2} = 45\%$$

$$2 - \% \text{ I} = \frac{7 \times 100}{2} = 35\%$$

$$\text{Média} = \% \text{ I} = 40\%$$

Amostra 2: vermelha (V)

$$1 - \% \text{ I} = \frac{10 \times 100}{2} = 50\%$$

$$2 - \% \text{ I} = \frac{10 \times 100}{2} = 50\%$$

$$\text{Média} = \% \text{ I} = 50\%$$

Amostra 3: chocolate (C)

$$1 - \% \text{ I} = \frac{9 \times 100}{2} = 45\%$$

$$2 - \% \text{ I} = \frac{8 \times 100}{2} = 40\%$$

$$\text{Média} = \% \text{ I} = 42,5\%$$

Amostra 4: sortida (S)

$$1 - \% \text{ I} = \frac{10,5 \times 100}{2} = 52\%$$

$$2 - \% \text{ I} = \frac{11 \times 100}{2} = 55\%$$

$$\text{Média} = \% \text{ I} = 53,5\%$$

RESULTADO DO TESTE DE UMIDADE (MÉDIA)

Pi = 10 g Pi = peso inicial

Pf = 9,05 g Pf = peso final

$$\% \text{ umidade} = \frac{10 - 9,05}{10} \times 100 = 95\%$$

As argilas normalmente contém um teor variável de umidade, porém a apreciação dos resultados da análise deve ser feita sobre o material seco, daí a importância dessa determinação.

RESULTADO DO TESTE DE pH

Argila de cor verde — 10,34

Argila de cor chocolate — 10,35

Argila de cor sortida — 10,30

Argila de cor vermelha — 10,35

APRESENTAÇÃO, DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E SUGESTÕES DA
1ª PARTE

A apresentação dos resultados obtidos estão contidos nas tabelas 01, 02, 03, e 04.

Esses resultados foram obtidos na forma de viscosidade plástica, viscosidade aparente, umidade, inchamento, teor de coloides e pH, das amostras de argilas montmoriloníticas do tipo verde, vermelha, chocolate e sortida do Distrito de Boa Vista, Município de Campina Grande. Esses resultados são comparados com as especificações da Petrobrás e CVRD, onde podemos observar nitidamente que as argilas montmoriloníticas do tipo sortida apresenta melhores resultados em relação as outras amostras.

Os resultados obtidos após tratamento com carbonato de sódio na proporção de 100 meq/100 g de argila seca, estão contidos nas tabelas 01 e 04. As amostras de cor vermelha apresentam: a) um valor máximo de viscosidade aparente de 18,5 cP e um mínimo de 17 cP, obtendo uma média de 17,8 cP, comparando com as especificações da Petrobrás podemos dizer, que este valor quase corresponde no valor mínimo da especificação; b) um valor fixo de viscosidade plástica de 5,0 cP que ultrapassa o valor mínimo das especificações da Petrobrás que é 4,0 cP para viscosidade plástica. Os resultados obtidos com estas amostras do tipo vermelha na concentração estudada não satisfaz as normas da Petrobrás.

Sugestões de acordo com a bibliografia (3), a argila do tipo vermelha entra dentro das especificações da Petrobrás com as seguintes especificações:

Tempo (h)	Cura a 100% UR e temperatura ambiente com 50 meq/100 g de Na ₂ CO ₃		
	Viscosidade (cP) aparente plástica		Volume do filtrado (ml)
15	18,4	5,7	16,5
21	19	5,5	17
24	19,9	6,5	17
Mesmas condições e 100 meq/100g de Na ₂ CO ₃			
6	18,8	4,3	16
9	21	5,5	17
12	21,4	4,3	14,5
15	21,5	4,3	15,5
18	23,3	5,5	15,5
24	23,8	6,3	15,0
Mesmas condições e 150 meq/100g de Na ₂ CO ₃			
3	18,3	5,0	16,0
12	20,4	4,3	15,5
15	21,3	4,0	15,5
24	21,3	4,0	16,0

Pesquisa variando a umidade relativa (UR) e a temperatura, revelam que somente em pouquíssimas condições a argila do tipo vermelha apresenta dentro das especificações, sugerimos a utilização de outros defloculantes, ou misturas de defloculantes. Em estudo que está sendo iniciado iremos trabalhar com pirofosfato de sódio em diversas concentrações após o uso do carbonato de sódio.

As amostras de cor verde apresentam: a) um valor fixo de viscosidade aparente de 14,5 cP, que se encontra abaixo do es

tipulado pela Petrobrás; b) um valor fixo de viscosidade plástica de 5,0 cF que se encontra acima da norma da Petrobrás.

Os resultados obtidos com estas amostras do tipo verde na concentração estudada não satisfazem as normas da Petrobrás.

Sugerimos tratar esta argila com diferentes quantidades de carbonato de sódio, mostrando na 2ª parte, o tratamento de cura com diferentes tempos UR, e temperatura, sempre verificando seu comportamento, e também a utilização de outros defloculantes, alguns pesquisadores estão trabalhando nesta área, como Dr. Herber Carlos Ferreira e colaboradores.

As amostras de cor chocolate apresentam: a) um valor fixo de viscosidade aparente de 7 cP, que se encontra abaixo do estipulado pela Petrobrás; b) um valor fixo de viscosidade plástica de 5,0 cF que se encontra acima do mínimo exigido pela Petrobrás.

Os resultados obtidos com estas amostras do tipo chocolate na concentração estudada (100 meq/100 g de argila) não satisfazem as normas da Petrobrás.

Sugerimos tratar este tipo de argila com concentrações de sódio diferentes (feito na 2ª parte), e fazer um tratamento de cura com diferentes tempos, umidade relativa e temperatura variando, e também a utilização de outros defloculantes (em continuação a esta pesquisa iremos trata-la com pirofosfato de sódio).

As amostras de cor sortida apresentam: a) um valor de viscosidade aparente de 23,75 cF em média, superando as especificações da Petrobrás; b) um valor de viscosidade plástica de 5,5 cP, que também se encontra acima do valor mínimo exigido pela Petrobrás.

Os resultados obtidos com este tipo de amostra de cor sortida, satisfazem as especificações da Petrobrás, conseqüentemente, este tipo de amostra (sortida), tratada com carbonato de sódio está pronta para ser utilizada.

SEGUNDA PARTE

Nesta parte foi escolhida duas argilas do tipo verde e chocolate (duas amostras de cada tipo), e determinação das propriedades reológicas das argilas após as adições do Na_2CO_3 nas seguintes concentrações (10, 20, 40, 50, 70, 90, 100, 120, 140, 150, 180, e 200) meq/100 g de argila seca, sendo usado 5,5 ml de solução em 21 g de argila na proporção de 6% ou seja, 350 ml de água para cada 21 g de argila.

Preparação das soluções de carbonato de sódio (Na_2CO_3), nas concentrações de (10, 20, 40, 50, 70, 90, 100, 120, 140, 150, 180 e 200) meq/100 g de argila.

Carbonato de sódio (Na_2CO_3)

$$\text{PM} = 106 \text{ g}$$

$$\text{Equivalente grama (E)} = \frac{\text{Mol}}{2} = \frac{106}{2} = 53 \text{ g}$$

$$\text{meq} = \frac{\text{E}}{1000} = \frac{53}{1000} = 0,053 \text{ g}$$

Obs.: Iremos usar 5,5 ml de solução em 21 g de argila seca, variando apenas a concentração (x meq/100 g de argila).

$$\begin{array}{l} 5,5 \text{ ml} \text{ --- } 21 \text{ g} \\ X \text{ --- } 100 \text{ g} \end{array} \quad X = 26,2 \text{ ml}$$

1) Para uma solução com 10 meq/100 g de argila temos:

$$\begin{array}{l} 10 \times 10^{-3} \text{ eq} \text{ --- } 26,2 \text{ ml} \\ X \text{ --- } 1000 \text{ ml} \end{array} \quad X = 0,382 \text{ eq}$$

$$\begin{array}{l} 53 \text{ g} \text{ --- } 1 \text{ eq} \\ X \text{ g} \text{ --- } 0,382 \text{ eq} \end{array} \quad X = 20,246 \text{ g de } \text{Na}_2\text{CO}_3$$

2) Para uma solução com 20 meq/100 g de argila temos:

$$\begin{array}{l} 20 \times 10^{-3} \text{ eq} \text{ --- } 26,2 \text{ ml} \\ X \text{ --- } 1000 \text{ ml} \end{array} \quad X = 0,763 \text{ eq}$$

$$\begin{array}{l}
 53 \text{ g} \text{ — } 1 \text{ eq} \\
 X \text{ g} \text{ — } 0,763 \text{ eq} \quad X = 40,458 \text{ g de Na}_2\text{CO}_3
 \end{array}$$

3) Para uma solução com 40 meq/100 g de argila temos:

$$\begin{array}{l}
 40 \times 10^{-3} \text{ eq} \text{ — } 26,2 \text{ ml} \\
 X \text{ — } 1000 \text{ ml} \quad X = 1,527 \text{ eq}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 53 \text{ g} \text{ — } 1 \text{ eq} \\
 X \text{ g} \text{ — } 1,527 \text{ eq} \quad X = 80,91 \text{ g de Na}_2\text{CO}_3
 \end{array}$$

4) Para uma solução com 50 meq/100 g de argila temos:

$$\begin{array}{l}
 50 \times 10^{-3} \text{ eq} \text{ — } 26,2 \text{ ml} \\
 X \text{ — } 1000 \text{ ml} \quad X = 1,908 \text{ eq}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 53 \text{ g} \text{ — } 1 \text{ eq} \\
 X \text{ g} \text{ — } 1,908 \text{ eq} \quad X = 101,14 \text{ g de Na}_2\text{CO}_3
 \end{array}$$

5) Para uma solução com 70 meq de Na_2CO_3 /100 g de argila, temos:

$$\begin{array}{l}
 70 \times 10^{-3} \text{ eq} \text{ — } 26,2 \text{ ml} \\
 X \text{ — } 1000 \text{ ml} \quad X = 2,671 \text{ eq}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 53 \text{ g} \text{ — } 1 \text{ eq} \\
 X \text{ g} \text{ — } 2,671 \text{ eq} \quad X = 141,60 \text{ g de Na}_2\text{CO}_3
 \end{array}$$

6) Para uma solução com 90 meq de Na_2CO_3 /100 g de argila, temos:

$$\begin{array}{l}
 90 \times 10^{-3} \text{ eq} \text{ — } 26,2 \text{ ml} \\
 X \text{ — } 1000 \text{ ml} \quad X = 3,435 \text{ eq}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 53 \text{ g} \text{ — } 1 \text{ eq} \\
 X \text{ g} \text{ — } 3,435 \text{ eq} \quad X = 182,06 \text{ g de Na}_2\text{CO}_3
 \end{array}$$

7) Para uma solução com 100 meq de $\text{Na}_2\text{CO}_3/100$ g de argila, temos:

$$\begin{array}{rcl} 100 \times 10^{-3} \text{ eq} & \text{---} & 26,2 \text{ ml} \\ X & \text{---} & 1000 \text{ ml} \end{array} \quad X = 3,816 \text{ eq}$$

$$\begin{array}{rcl} 53 \text{ g} & \text{---} & 1 \text{ eq} \\ X \text{ g} & \text{---} & 3,816 \text{ eq} \end{array} \quad X = 202,29 \text{ g de } \text{Na}_2\text{CO}_3$$

8) Para uma solução de 120 meq de $\text{Na}_2\text{CO}_3/100$ g de argila, temos:

$$\begin{array}{rcl} 120 \times 10^{-3} \text{ eq} & \text{---} & 26,2 \text{ ml} \\ X & \text{---} & 1000 \text{ ml} \end{array} \quad X = 4,580 \text{ eq}$$

$$\begin{array}{rcl} 53 \text{ g} & \text{---} & 1 \text{ eq} \\ X \text{ g} & \text{---} & 4,580 \text{ eq} \end{array} \quad X = 242,748 \text{ g de } \text{Na}_2\text{CO}_3$$

9) Para uma solução de 140 meq de $\text{Na}_2\text{CO}_3/100$ g de argila, temos:

$$\begin{array}{rcl} 140 \times 10^{-3} \text{ eq} & \text{---} & 26,2 \text{ ml} \\ X & \text{---} & 1000 \text{ ml} \end{array} \quad X = 5,343 \text{ eq}$$

$$\begin{array}{rcl} 53 \text{ g} & \text{---} & 1 \text{ eq} \\ X \text{ g} & \text{---} & 5,343 \text{ eq} \end{array} \quad X = 283,2 \text{ g de } \text{Na}_2\text{CO}_3$$

10) Para uma solução de 50 meq de $\text{Na}_2\text{CO}_3/100$ g de argila, temos:

$$\begin{array}{rcl} 150 \times 10^{-3} \text{ eq} & \text{---} & 26,2 \text{ ml} \\ X & \text{---} & 1000 \text{ ml} \end{array} \quad X = 5,725 \text{ eq}$$

$$\begin{array}{rcl} 53 \text{ g} & \text{---} & 1 \text{ eq} \\ X \text{ g} & \text{---} & 5,725 \text{ eq} \end{array} \quad X = 303,43 \text{ g de } \text{Na}_2\text{CO}_3$$

11) Para uma solução de 180 meq de $\text{Na}_2\text{CO}_3/100$ g de argila, temos:

$$\begin{array}{l}
 180 \times 10^{-3} \text{ eq} \text{ --- } 26,2 \text{ ml} \\
 X \text{ --- } 1000 \text{ ml} \quad X = 6,87 \text{ eq}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 53 \text{ g} \text{ --- } 1 \text{ eq} \\
 X \text{ g} \text{ --- } 6,87 \text{ eq} \quad X = 364,12 \text{ g de Na}_2\text{CO}_3
 \end{array}$$

12) Para uma solução com 200 meq de Na_2CO_3 /100 g de argila, temos:

$$\begin{array}{l}
 200 \times 10^{-3} \text{ eq} \text{ --- } 26,2 \text{ ml} \\
 X \text{ --- } 1000 \text{ ml} \quad X = 7,63 \text{ eq}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 53 \text{ g} \text{ --- } 1 \text{ eq} \\
 X \text{ g} \text{ --- } 7,63 \text{ eq} \quad X = 404,58 \text{ g de Na}_2\text{CO}_3
 \end{array}$$

DISCUSSÕES DOS RESULTADOS DA (2ª PARTE) E SUGESTÕES

Como podemos observar pelos resultados e pelo gráfico 01, a argila do tipo chocolate em momento algum esteve dentro das especificações da Petrobrás, que é um mínimo para viscosidade aparente de 15 cP, quando tratada com 120 e 140 meq de carbonato de sódio, obteve seu valor mais próximo do mínimo exigido que foi da ordem de 12,5 cP. Na viscosidade plástica a argila dentro das especificações quando tratada com 70 meq de Na_2CO_3 e permaneceu sempre acima de 4,0 cP, isto é: quando tratada com 70, 100, 120, 140, 150, 180, 200 meq de Na_2CO_3 por 100 g de argila seca na proporção de 6% ou seja 21 g de argila para cada 350 ml de água destilada.

Como resultado final desta amostra, temos que, nestas condições a argila de cor chocolate não entrou nas especificações da Petrobrás em nenhum momento. Sugerimos para esse caso um tratamento com outro defloculante, e também um trabalho de cura com diferentes tempo e umidade relativa.

A argila de cor verde está representada no gráfico 02 e na tabela . Esta argila foi tratada com carbonato de sódio nas seguintes condições (0, 10, 20, 40, 50, 70, 90, 100, 120, 140, 150, 160, 180, 200) meq de Na_2CO_3 por 100 g de argila seca, obtendo os seguintes resultados já citados no gráfico 02 e na tabela . Podemos observar que na viscosidade aparente, quando a argila foi tratada com 40 meq de Na_2CO_3 por 100 g de argila, que já supera o valor mínimo exigido pela Petrobrás (15 cP), obtendo um valor máximo de viscosidade aparente quando tratada com 100 meq/100 g de argila, com quantidades superior a 100 meq/100 g de argila, a amostra começa a flocular.

Esta argila após tratada com quantidades superiores a 70 meq/100 g de argila, vira no pote sem derramar.

A viscosidade plástica entra dentro das especificações (mínimo de 40 cP), quando tratada com 20 meq/100 g de argila seca, atingindo seu maior valor em 100 meq de carbonato de sódio por 100 g de argila seca, a partir deste ponto, ou seja, aumentando a con

centração de meq a viscosidade plástica sai fora das especificações, atingindo seu valor mínimo em 200 meq/100 g de argila seca.

Como resultado final desta argila (verde), temos que a melhor concentração de meq de Na_2CO_3 e a de 100 por 100 g de argila seca na proporção de 6%, ou seja, 21 g de argila para 350 ml de água destilada. Obtendo neste ponto o melhor valor atingido pela amostra que foi de 35,87 cP para viscosidade aparente e 8,0 cP para viscosidade plástica, conseqüentemente esta argila tratada nestas condições está em plena condição de ser usada como fluido de perfuração de poços de Petróleo.

CONCLUSÃO:

As argilas montmoriloníticas ou esmectíticas do Distrito de Boa Vista, Município de Campina Grande, Paraíba, após tratadas com carbonato de sódio apresenta resultados satisfatório, visto que foi feita a troca de cátions, e apresenta viscosidades aparente e plásticas dentro da norma exigida pela Petrobrás.

Como vimos também, (na revisão de literatura), estas argilas podem ser utilizadas para muitos outros fins.

Vimos também na prática que a concentração de 100 meq/100 g de argila é a melhor concentração de meq a ser usada no tratamento das argilas montmoriloníticas ou esmectíticas.

Entre as argilas chocolate e verde, a verde tratada com 100 meq de Na_2CO_3 por 100 g de argila, está ápta a ser utilizada para perfuração de poços de Petróleo, já a chocolate é necessário novos trabalhos, e pesquisas para fazer com que entre dentro das especificações da Petrobrás, ou seja utilizada para outros fins.

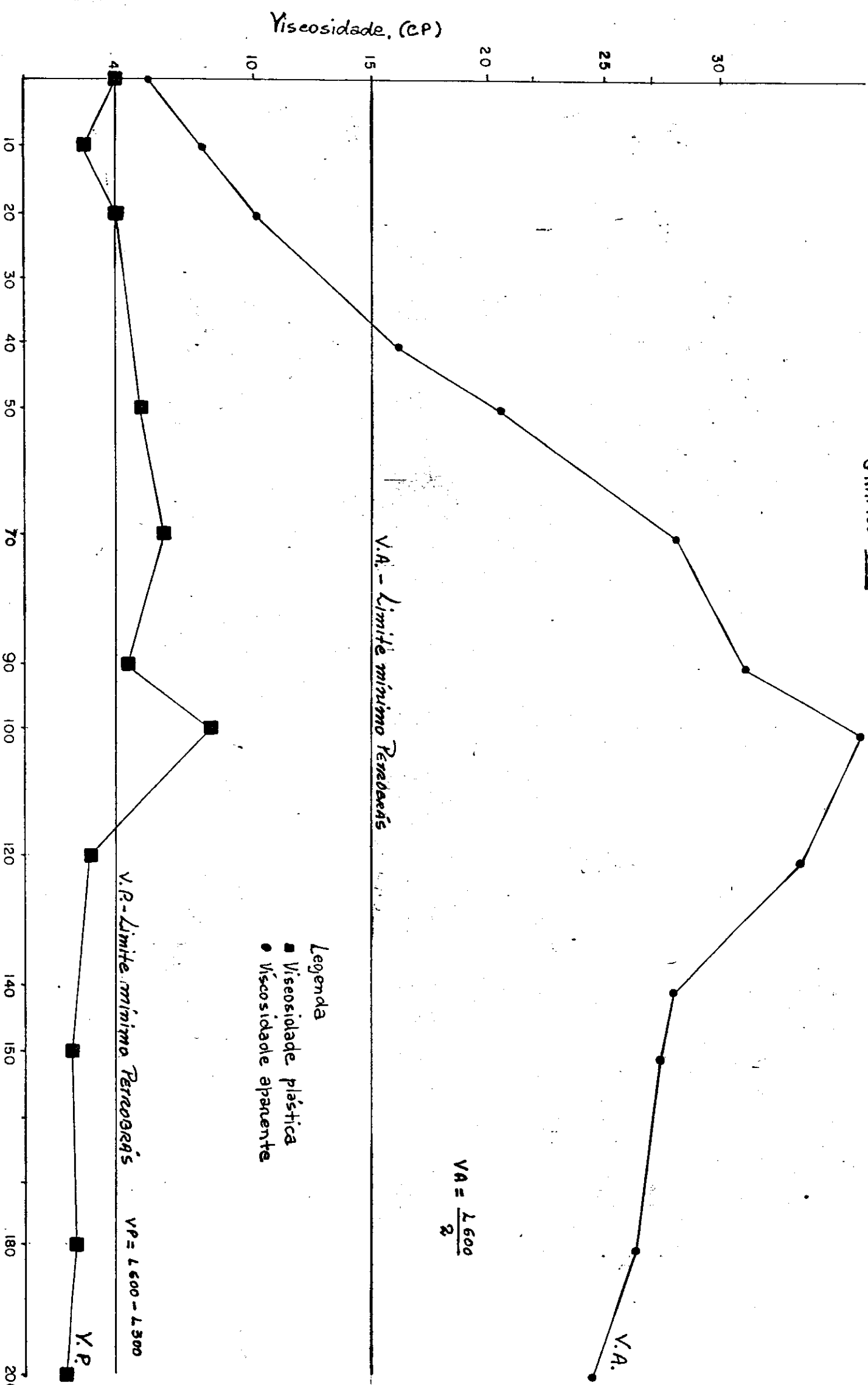
BIBLIOGRAFIA

- 1 - Petrobrás - Argila ativada para água doce, EE-78, abril de 1968
- 2 - Sousa Santos P. - Tecnologia de argilas. Editora Edgar Blücher Ltda, e Editora da USP - São Paulo; vol. I e II (1975)
- 3 - Kiminawi R.H.G.A. - Efeitos de tratamento de cura em algumas propriedades reológicas de argilas esmectíticas de Boa Vista, visando sua aplicação como fluidos tixotrópicos para perfuração de poços de petróleo, dissertação de mestrado, Deptº. de Engenharia Química do Centro de Ciência e Tecnologia da UFPB, Campina G. Paraiba - 1981.
- 4 - Queiroz M.F.V. - Influência do tratamento de cura em câmara úmida e climatizada nas propriedades reológicas e nos teores de carbonatos e bicarbonatos das argilas esmectíticas do Distrito de Boa Vista, Município de Campina Grande, PB, Dissertação do Mestrado, Deptº. de Engenharia Química do Centro de Ciência e Tecnologia da UFPB, Campina Grande, PB, 1985.
- 5 - Kiminami, R.H.G.A. & Ferreira, H.C. - Propriedades Reológicas das argilas montmoriloníticas da Distrito de Boa Vista, Município de Campina Grande, Paraiba. Após tratamento com carbonato de sódio e Cura em câmara climatizada, visando sua aplicação em fluídos para perfuração de poços de Petróleo, cerâmica 26(131), 307 (1980).
- 6 - Kiminami, R.H.G.A. e Ferreira, H.C. - Estudos preliminares em câmara climatizada, visando a Otimização das propriedades reológicas de argilas montmoriloníticas ou esmectíticas do Distrito de Boa Vista, Município de Campina Grande, Paraiba, Cerâmica 27 (133), 21 (1981 a).

- 7 - Kiminami, R.H.G.A. e Ferreira, H.C. - Propriedades reológicas das argilas montmoriloníticas ou esmectíticas do Distrito de Boa Vista, Município de Campina Grande, Paraíba. Após tratamento com carbonato de sódio e cura (até 24 h) em câmara climatizada, visando sua aplicação com fluidos tixotrópicos para perfuração de poços de Petróleo, Cerâmica 27 (138), 225(1981b)

- 8 - Ramos, R.R. et alli- Influência de diversos tratamentos de cura nas argilas esmectíticas do Distrito de Boa Vista, Município de Campina Grande, Paraíba. Tendo em vista sua aplicação como fluido tixotrópico para perfuração de poços de Petróleo, Cerâmica 30 (173), 117 (1984)

GRÁFICO 02



Legenda

- Viscosidade plástica
- Viscosidade aparente

$$VA = \frac{L600}{Q}$$

V.P. - Limite mínimo Perdasas VP = L600 - L300

Y.P.

Viscosidades da argila esmectítica do tipo "verde", tratada com diferentes

mg de Na₂CO₃/100g de

tabela 5

**viscosidade aparente e viscosidade plástica da argila
esmectítica do tipo chocolate**

meq	visc. aparente - cp	visc. plástica - cp
10		
20	3,75	2,25
40	4,87	3
50	5,25	3,25
70	6,5	4,25
90	8,5	4,25
100	11,75	4,5
120	12,35	4,75
140	12,5	4
150		
180	10	6
200	8,85	5,25
natural	3	2,25

tabela 6

viscosidade aparente e viscosidade plástica da argila
esmetítica do tipo verde

meq	visc. aparente - cp	visc. plástica - cp
10	7,75	2,5
20	10	4
40	16	7,5
50	20,5	5
70	28	6
90	31	4,5
100	35,87	8
120	33,37	2,75
140	28,37	1,5
150	27,5	2,0
180	26,5	2,25
200	24,62	1,75
natural	5,5	4