

Q. 7 27

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

TRABALHO DE LICENCIATURA

Tema:

Activação da bentonite de Boane como corpo adsorvivo para o branqueamento de óleos vegetais

Autor: Macereque Eduardo Armando

Maputo, Outubro de 2001

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

TRABALHO DE LICENCIATURA

Tema:

Activação da bentonite de Boane como corpo adsortivo
para o branqueamento de óleos vegetais

Autor: Macereque; Eduardo Armando

Supervisor: Prof. Doutor A. Federov

U. E. M. DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
BIBLIOTECA
R. E.....18.T.I.....
DATA...14.107.106...
AQUISIÇÃO.O.FERTA.....
COTA.....

Maputo, Outubro de 2001

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado aos meus pais, que com muita fé acreditaram em mim, depositando confiança para a minha formação.

DECLARAÇÃO SOB A PALAVRA DE HONRA

O presente trabalho de licenciatura foi realizado pelo autor com base nos recursos a que se faz referência ao longo do texto.

O autor

.....
(Eduardo Armando Macereque)

Maputo, Outubro de 2001

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Química da U.E.M, aos professores deste departamento que com muita dedicação, profissionalismo e compreensão contribuíram numa forma inigualável para a minha formação e a realização deste trabalho, a eles quero aqui deixar registrado o meu profundo agradecimento.

Meu reconhecimento é expresso ao meu supervisor : Prof. Doutor A. Fedorov que orientou e ajudou-me a superar dificuldades surgidas ao longo do trabalho. Ao Sr. Silvestre Nhandego do Laboratório Nacional de Higiene Águas e Alimentos que disponibilizou o seu laboratório para as análises e a todo o pessoal técnico do mesmo laboratório, sr Octávio Rafael Conho do I.I.M, ao diretor da Daddy Computers, pela assistência prestada, deixo registrado o meu profundo agradecimento.

Ao diretor da Companhia do Desenvolvimento Mineiro, ao Dr. Chalé gerente da Companhia do Desenvolvimento Mineiro, ao eng. Rosário da mesma instituição, direcção técnica da Ginwala, aos colegas da faculdade, funcionários do departamento de química e a todos que pelas sugestões, críticas e bibliografia contribuíram para este trabalho, deixo registrado o meu profundo agradecimento.

A minha família, que com muito carinho e dedicação deram muito apoio para que este momento impar se realize, a eles quero aqui deixar registrado o meu agradecimento.

RESUMO

A bentonite é um mineral de origem sedimentar, permeável, largamente utilizado como meio convencional para a clarificação e branqueamento de óleos em geral. Para além de outras aplicações, como por exemplo na agricultura, fábricas de açúcar, sumos de frutas, bebidas, ácidos, compostos de petróleo, pecuária, indústria de construção, a bentonite é o material utilizado em muitos países como corpos de branqueamento no tratamento de um líquido processual para dele se removerem sólidos suspensos, metais dissolvidos e pigmentos; fazendo correcções de eventuais falhas no processo anterior como por exemplo na preparação da matéria – prima.

O presente trabalho de investigação tem por objectivo verificar a possibilidade de utilização das terras bentoníticas locais (Boane) para a produção de corpos adsorptivos para o processo de branqueamento para esse fim, preparou-se laboratorialmente três modelos de corpos para o branqueamento e a sua capacidade de branqueamento foi testada no processo de clarificação e branqueamento de óleos vegetais “ Girassol ” e comparado com os resultados dos óleos branqueados na indústria de produção de óleos da Ginwala (utilizam corpos branqueadores importados).

Depois dos testes realizados, verificou-se que a bentonite activada por ácido clorídrico a 36% e com um tempo de tratamento de 12 horas é que respondeu com um resultado da capacidade de branqueamento de óleos de girassol satisfatoriamente “ $92,695 \pm 0,562\%$ ”.

Com este trabalho pretende-se mostrar a grande possibilidade que a bentonite de Boane tem nos vários ramos industriais depois de ser beneficiada de um processo de activação por ácidos.

Do ponto de vista químico, físico e tecnológico a bentonite de Boane é de uma qualidade aceitável para ser utilizada para a produção de corpos de branqueamentos e outros fins.

ÍNDICE.

Dedicatória	i
Declaração sob a palavra de honra	ii
Agradecimentos	iii
Resumo	iv
I. Generalidades sobre a bentonite (Parte bibliográfica)	1
1.1. Introdução	1
2. Antecedentes históricos	2
2.1. Definições	3
2.2. Classificação industrial	3
2.3. Principais aplicações da bentonite	4
2.4. Origem da bentonite	9
2.5. Características químicas e físicas da bentonite	12
3. Bentonite de Boane	14
3.1 Considerações gerais	15
3.2 Ocorrência da bentonite em Moçambique	15
3.3 Composição química da bentonite de Boane	17
3.3.1 Composição mineralógica da bentonite de Boane	18
4. Activação da bentonite	19
4.1 Branqueamento de óleo com bentonite	23
4.2 Óleos na indústrias	24
4.3 Sistema da branqueamento de óleos	24
II. Parte experimental	26
1. Propriedades da bentonite	27
1.1. Índice de acidez da bentonite	27
1.2. Índice de humidade da bentonite	28
1.3. Tratamento térmico da bentonite	30

1.4. Capacidade de troca de catiões (C.T.C) da bentonite	33
2. Activação da bentonite de Boane	37
3. Branqueamento de óleos vegetais (girassol)	38
III. Avaliação dos resultados	52
IV. Conclusões e recomendações	53
V. Bibliografia	55
Anexos	

1. GENERALIDADES SOBRE BENTONITE (ESTUDO BIBLIOGRÁFICO)

1.1. INTRODUÇÃO

A bentonite é um mineral de origem sedimentar largamente utilizado na indústria química como fonte de matéria-prima. Um vasto campo de aplicação é abrangido pela bentonite como, por exemplo, na clarificação e branqueamento de óleos em geral, açúcar, sumos de frutas, bebidas, compostos de petróleo, agricultura, pecuária, indústria de construção, como resultado da sua permeabilidade, e como agente isolante termo-acústico em edifícios, em virtude do baixo coeficiente de transmissão de calor.

Apesar de Moçambique possuir grandes reservas da bentonite natural, o principal problema é a falta de uma indústria concernente à pesquisa e desenvolvimento de processos especializados deste mineral, já que a indústria que neste momento está ocupada com a exploração do depósito da bentonite não se encontra com capacidade suficiente para permitir todo o processamento e especializar esta matéria-prima para todo o uso, daí que acarreta a importação global deste produto já processado, custando divisas ao país.

Este trabalho foi-me proposto pelo meu supervisor Prof. Doutor A. Fedorov, com o fim de verificar a possibilidade da produção do corpo adsortivo com base na bentonite local para o branqueamento dos óleos vegetais.

Produziu-se à escala laboratorial três formulados de corpos adsortivos, a bentonite activada por ácidos clorídrico, sulfúrico e nítrico, testaram-se os resultados obtidos e foram comparados com os fornecidos e usados pela Companhia Industrial Ginwala-Maputo Lda, (corpos adsortivos importados " diatomites e outros ").

O presente relatório do trabalho de licenciatura que tem como principal objectivo, a produção local da bentonite activada via ácidos minerais (HCl , H₂SO₄ e HNO₃ em diferentes concentrações), com a finalidade de obter um corpo adsortivo com capacidade de adsorção ✓

adequada e a aplicação no processo de branqueamento dos óleos vegetais, o relatório consistiu em duas partes. No que diz respeito à primeira parte tem-se:

- Fez-se uma breve revisão bibliográfica sobre a bentonite, a metodologia de trabalho e analisa-se o processo de activação da bentonite para o branqueamento e a sua aplicação prática.

-Fez-se o estudo dos vários processos de produção de óleos, a utilização da bentonite de Boane (Maputo) para a produção de branqueadores de óleos, depois analisam-se e discutem-se os resultados.

A segunda parte do trabalho consistiu em testes laboratoriais onde são apresentados:

- Os métodos de químicos e físicos análises da bentonite no estado natural.
- As condições experimentais e as tabelas dos resultados dos vários ensaios efetuados.
- fez-se a activação da bentonite de Boane e o branqueamento do óleo de girassol, analisaram-se e discutiram-se os resultados.

2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Os povos antigos aprenderam muito cedo que os materiais argilosos não serviam só para fins cerâmicos. As argilas do tipo da bentonite foram bastante usadas para as confecções de tintas, cosméticos e desengorduramentos de utensílios domésticos, lã e roupas. Existem referências de vários povos principalmente egípcios, gregos e romanos, que já mineravam argilas para estas finalidades[7]. No ano de 1888, na região de Rock Creed, Estado de Wyoming, Estados Unidos, foi descoberta uma nova variedade que possuía a capacidade de absorver grande quantidade de água, formando uma massa volumosa semelhante a gelatina[7]. Esta curiosa propriedade fez com que a argila fosse estudada detalhadamente. W.C.Knight [1897] publicou um estudo sobre este material, já denominado por bentonite, pois a ocorrência localizava-se próximo a Forte Benton na região citada[7].

2.1. DEFINIÇÕES

O termo “bentonite” foi sugerido pela primeira vez por Knight em 1897 para um material argiloso de propriedade gelatinosa, procedente de “ Benton Shale ” (Wyoming, USA); em 1917 Hewett estabeleceu que esta partícula argilosa era um produto das alterações das cinzas vulcânicas sendo posteriormente definido por Ross e Shannon (1926)[7] como: rocha composta essencialmente por um material cristalino, semelhante a uma argila, formada por desvitrificação e consequente alteração de um material ígneo vítreo, usualmente conhecido por cinzas vulcânicas. Esta definição é, não obstante, restritiva, porque está baseada em critérios genéticos[7,12].

Actualmente, a definição mais amplamentemais aceite é dada por R.E. Grim (1972): “ Bentonite é uma argila composta essencialmente por minerais do grupo de smectite, independênte da sua gênese e modo de aparecimento”. Deste ponto de vista a bentonite é uma rocha composta por mais de um tipo de mineral, em que a smectite é o constituinte essencial e lhe confere propriedades características[2].

2.2. CLASSIFICAÇÃO INDUSTRIAL

Os critérios de classificação utilizada por industriais baseiam-se no seu comportamento e propriedades físicas e químicas. Assim a classificação industrial mais aceite, estabelece tipos da bentonite em função da sua capacidade de inchamento em água[2].

- Bentonite altamente inchável (ou sódica).
- Bentonite pouco inchável (ou cálcica).
- Bentonite moderadamente inchável (ou intermédia).

O termo “fuller’earth”, também conhecido em espanhol por terra de “batán,” é usado por ingleses para denominar a argila constituída fundamentalmente por “montmorillonite” com Ca^{2+} como catião permutável, nome com que os americanos denominam argilas paligorskíticas.

2.3. PRINCIPAIS APLICAÇÕES DA BENTONITE

O valor da bentonite é determinado pela estrutura microscópica, densidade, capacidade de adsorção, capacidade de troca catiónica, composição química, composição mineralógica[2].

A bentonite apresenta uma série de propriedades que lhe conferem um amplo uso e diversificado. Segundo Kendal (1996), embora a maioria das aplicações não se deve as grandes variedades dos tipos, algumas delas só aceitam produtos específicos. Alguns usos mais importantes são descritos a seguir, em conformidade com as áreas de aplicação [2,3,7,12]:

a) Agricultura.

Várias argilas, particularmente bentonite, são comumente usado na formulação de pesticidas, quando elas são fisicamente e quimicamente compatíveis com o composto activado. Estas podem desempenhar a função de suporte na preparação da fase imediata ou diluente na fase final de pesticida antes da aplicação. A bentonite usada é primorosamente macia ou, algumas vezes, micronizada. O uso da bentonite nesta área é de severa importância, atendendo que, certos solos são arenosos, melhorando deste modo a fertilidade destes solos arenosos, adicionando vários elementos traços diretamente ao solo, como nutrientes importantes, previne o alastramento de fertilizantes da camada superficial para os lençóis de água ou cursos de água; outros são ácidos e a bentonite faz a correção destes solos, devido ao alto valor do pH que ela apresenta, prevenindo deste modo as contaminação das plantas por certas doenças[3].

A quantidade da bentonite requisitada para um hectare de solo arenoso é de 20-40t. Como resultado, regista-se o aumento de cultivos por vários anos na ordem de 15-30%.

Requisitos que a bentonite deve apresentar :

- Capacidade de troca catiónica (C.T.C) mínima de 25 meq/100 g .
- Deve conter como mínimo 25% de montmorillonite (constituente fundamental da bentonite) [3].

b) Pecuária.

Uma das aplicações da bentonite que está tendo grande importância nos últimos tempos é o seu uso como ligante na fabricação de alimentos politizados para animais. Actua como ligante e serve de suporte de vitaminas, sais minerais, antibióticos e outros aditivos (Saeed, 1996)[2].

Muitas vezes, adiciona-se certa quantidade da bentonite na ração animal devido ao seu rico valor em certos nutrientes , tais como P, Fe e Ca e, também, previne os animais dea certas doenças, facilitando a sua desparasitação [26].

Em 1992 fabricou-se, com base na bentonite, um produto comestível inovador denominado “ Repotiated Bentonite (RB)”. Segundo estudos de “ Poultry Research Institute” (Saeed, 1996) foram aplicadas pequenas quantidades da bentonite (<1%) na alimentação de aves de coral e responderam com importantes benefícios; um incremento na produção de ovos em 15%, um aumento de tamanho em 10% e as cascas tornaram-se mais duras.

A bentonite tem dupla missão: actua como promotor de crescimento e como atrapalhador de toxinas. Por isso, os alimentos misturados com bentonite, devido à grande capacidade de adsorção, permanecem mais tempo na zona intestinal ; a bentonite adsorve o excesso de água permitindo que os nutrientes permaneçam mais tempo no estômago, sendo maior o seu rendimento (maior produção) por outro lado adsorve toxinas, não podendo estas, atravessar a parede intestinal. A maior adsorção da água dos nutrientes, faz com que os excrementos saiam menos húmidos, assim sendo os lixos permanecem mais tempo limpos e reduz-se a probabilidade de epidemias e a proliferação de moscas e parasitas. As aves que comem este tipo de alimentos excretam 26% de toxinas e adsorvem 42% mais de proteínas[2].

c) Indústria de cerâmica.

A adição da bentonite a materiais de cerâmica, particularmente para argilas reduzidas aumenta a sua plasticidade. Isto aumenta igualmente o seu poder de esverdeamento e o seu coeficiente drotura depois de queima. A adição da bentonite na pasta de cerâmica aumenta

igualmente a sua homogeneidade e conduz a uma secagem mais uniformizada sem a formação de rachas.

No caso do esmalte a adição da bentonite durante a moagem dos pedaços de esmalte, mantém o pó do esmalte em suspensão, enquanto que se diluir só, poderia rapidamente precipitar na base. A viscosidade controlada e tixotropia levará a um depósito uniforme nas superfícies verticais e nas curvas [12].

d) Indústria de papel.

A adição de pequenas quantidades da bentonite, evita a aglomeração de pontos, alcatrão, cera, resinas. Por isso previne que eles se agarrem as roupas, arames, cilindros que podem levar ao defeito no papel. Não obstante, a bentonite aumenta a retenção de pigmentos no stock de papel, e também a uniformidade da sua distribuição [7].

e) Indústria de construção.

A adição da bentonite ao cimento pode suprimir ou decrescer consideravelmente a sangria, defeito caracterizado pela separação da água da mistura. Esta desenvolve condições heterogenicas na massa com formação frequente de película de água sobre a camada das componentes grosseiras de areia grossa, e o decréscimo na resistência do concreto para o congelamento e na sua permeabilidade. A adição da bentonite a um aluvio de cascalho e areia, permite a obtenção de um elevado valor de compactação. Quantidades reduzidas, na ordem de 0,1- 0,5% por g, são suficientes para obtenção de melhores resultados comparados com os incremento de compactação mecânica. Daí a obtenção de sistemas impermeáveis com rígida moldura de materiais de areia-cascalho que por seu turno não apresentam riscas de compactação durante a consolidação[26].

Uma maneira prática de se obter água potável, petróleo, gases combustíveis e sais encerrados no subsolo, é realizar um ou mais furos de diâmetro determinado a fim de pôr em contacto o depósito com a superfície. Seguidamente são montadas as instalações destinadas à retirada e controle das substâncias minerais extraídas. Geralmente estas perfurações são efectuadas por meio de sondas

rotativas compostas de uma broca, um conjunto de haste de transmissão e um sistema motriz solidário ao terreno. O material degradado deve ser retirado de modo a permitir o procedimento da perfuração.

A saída deste material provoca um desequilíbrio de pressões entre o furo e as rochas que tendem a desmoronar, obstruindo o poço. Para evitar que isto aconteça são fabricadas lamas e injectadas no poço por ocasião da perfuração.

A bentonite sódica natural ou sintética, devido as suas propriedades tixotrópicas, é o material mais usado na confecção de lamas [7].

Nas indústrias petrolíferas, geralmente usa-se bentonite para a cracking, hidrogenação e dihidrogenação para o refinamento do petróleo. (Harben--Bates, 1984) [7].

f) Indústria alimentar.

As indústrias no geral, têm-se deparado com sérios problemas no que diz respeito à qualidade dos seus produtos finais. Como forma de acabar com este problema, foram introduzidas as chamadas terras de branqueamento. Estas mesmas terras não só tinham a função de branquear, como também purificavam, clarificavam, libertavam estes mesmos produtos de odor desagradável e modificavam substâncias químicas orgânicas. A bentonite activada por ácidos é utilizado como catalisador devido à largura dos poros e acidez da superfície que oferecem uma propriedade única nas reacções ácidas fortemente catalisadas. Estas características permitem que a bentonite activada via ácidos tenha uma vasta aplicação. Os usos tradicionais incluem[7]:

- Branqueamento dos óleos e gorduras.
- Processo de branqueamento dos óleos minerais em contacto.
- Processo de filtração.
- Absorventes fixadores de bases.

f.1) Descorantes dos óleos.

Os óleos vegetais, animais ou minerais no seu estado natural possuem grandes quantidades de impurezas e corantes, que os tornam de baixo valor comercial. Para que sejam eliminadas estas partículas indesejáveis são usadas substâncias que possuem a propriedade de adsorvê-las com a consequente limpeza dos óleos. A bentonite descorañte, natural ou artificialmente activada é de largo emprego na indústria de clarificação e é usada de duas maneiras distintas:

Processo de percolação.

Consiste na passagem dos óleos através da camada da bentonite grosseiramente moída, a fim de permitir uma boa filtração. A grande vantagem deste método é a de permitir uma fácil recuperação dos óleos e da bentonite por meio de solventes. Os grãos devem possuir dureza suficiente para suportar o peso e movimento da coluna do óleo.

Processo de contacto.

Consiste na agitação do óleo juntamente com a bentonite finamente moída, sendo o de maior utilização na indústria. O filtrado é obtido por meio de filtro prensa. Sendo que a quantidade da bentonite usada é menor que no outro processo.

Em linhas gerais uma boa bentonite descorante deve :

Eliminar o máximo possível dos corantes vermelhos, azuis e amarelos.

Reter um mínimo do óleo.

Filtrar bem. Necessitar de pequena quantidade para descorar um litro do óleo.

Não agir quimicamente sobre o óleo e não lhe comunicar cheiro ou gosto.

Ser barata e de fácil obtenção [7].

O refinamento dos óleos vegetais e animais para fins alimentares inclui a remoção de variedades de impurezas desde os fosfatídios, ácidos gordos, gomas e metais traços, seguida de decolorização e desodorização [11,12].

f.2) Clarificação de caldo de cana.

Neste sector o uso de suspensões da bentonite tem diminuído o consumo de outros clarificantes como o enxofre, cal e carvão activado com uma importante redução dos custos globais nos tratamentos dos caldos. Embora de utilização recente em certos países " Brasil", sua aplicação é recomendável a várias experiências [7].

f.3) Clarificação de água.

Esta é uma das mais importantes aplicações da bentonite. Este produto não chega a substituir o sulfato de alumínio, mas quando aplicado junto, a sua acção torna-se mais rápida e eficaz, diminuindo o tempo que a água deve permanecer no decantador. Isto cria um aumento virtual da capacidade nas instalações de tratamento de água com um pequeno acréscimo do custo operacional [7].

2.4. ORIGEM DA BENTONITE

Até a actualidade, a bentonite é tomada por produto exclusivo da decomposição de tufos vulcânicos, parcialmente dos riolitos em ambientes aquáticos da bacia sedimentar em concordância com a bacia conhecida da origem dos minerais argilosos na parte inferior do perfil, então na zona da hidratação total e debarrelação num ambiente alcalino com pH 8 –10 [20,26].

É um facto indiscutível que a criação final da camada da bentonite passou pela influência da água superficial[26]. Esta acção ajudou também à segmentação tectónica e a permeabilidade das rochas vulcânicas subjacentes. O papel mais importante na criação da bentonite foi a circulação da água subterrânea muito rica em cálcio, de que testemunha o facto de que sob o nível de água de fundo a decomposição ser mais intensa. Porém, a bentonitização não deve ser considerada pelo

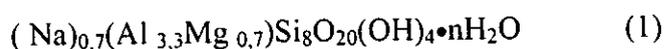
processo unicamente hipergênico. O alto volume de cristobalite fino-dispersa na bentonite, o alto grau de silicificação das rochas circunvizinhas testemunha que, a decomposição primária do material vulcânico, influíram também as soluções hidrotermais que à sua subida adquiriram a natureza alcálica e causaram a transformação do vidro vulcânico sob as brechas riolíticas. Quer isto dizer que, antes da hidrólise hipergênico, ocorreu um certo grau de devitrificação e hidrólise parcial.

Bentonite é um mineral argiloso de smectite de qualquer alumínio dioctaédrico. Este é de uma configuração de 2:1, constituído de duas folhas de silício e oxigênio tetraédrico e uma folha de alumínio, oxigênio e hidrogênio octaédrico. Na folha tetraédrica, quatro oxigênios são coordenados com o átomo de silício no centro. O silício tetravalente é algumas vezes substituído por alumínio trivalente. Na folha octaédrica, o átomo de alumínio é coordenado por seis átomos de oxigênio ou grupo hidroxilo com uma localização no ângulo octaédrico. O alumínio trivalente é substituído por Mg, Fe, Zn, Li, ou outros catiões. A substituição isomórfica de Al^{3+} por Si^{4+} na folha tetraédrica e Mg^{2+} ou Zn^{2+} por Al^{3+} na folha octaédrica resulta numa rede de superfície com cargas negativas na argila. Estas cargas não balanceadas são compensadas por catiões permutáveis (tipicamente Na^+ e Ca^{2+}) na superfície da bentonite (ver fig.1, pág.11)[3].

A quantidade total destes catiões é chamada por capacidade de troca catiônica (C.T.C.), expressa em termos de meq/100 g.

A camada da superfície da bentonite sempre permite dilatações "swelling" quando está em contacto com água, a qual apresenta uma superfície adicional ao mineral capaz de adsorver catiões. Esta propriedade permite à bentonite exibir uma alta C.T.C. relativamente aos outros minerais [4].

O termo moderno, smectite, foi introduzido na literatura em 1970 por Millot, que inclui as grandes variedades de argilas similares às micas, com estrutura pirofilitica (pyrophelite) [3]. A fórmula química é



O nome bentonite, refere-se às rochas argilosas, caracterizadas por misturas de diferentes

minerais argilosos, onde montmorillonite prevalece com uma ocorrência de propriedades típicas das rochas, semelhantes a alta capacidade de adsorção, alta capacidade de troca catiônica, inchação, plasticidade e um grande poder de ligação.

As duas qualidades mais importantes da bentonite são:

1- Montmorillonite sódica, conhecida como bentonite sódica que apresenta a propriedade de adsorver larga quantidade de água "inchação".

2- Montmorillonite cálcica, conhecida como bentonite cálcica que absorve não mais que uma argila ordinária plástica ou que a propriedade de inchação não é notável.

Bentonite comercial raramente contém menos de 60% de smectite e usualmente mais de 70%, associados a minerais típicos, começando por quartzo, cristabolite, feldspatos, zeolite, calcite, vidros vulcânicos e outros minerais argilosos tais como Caolinite. A qualidade e o tipo de associações de minerais típicos dependem da origem da bentonite. Não existem dois jazigos de argilas rigorosamente iguais. Às vezes há diferenças bem acentuadas num mesmo jazigo [3].

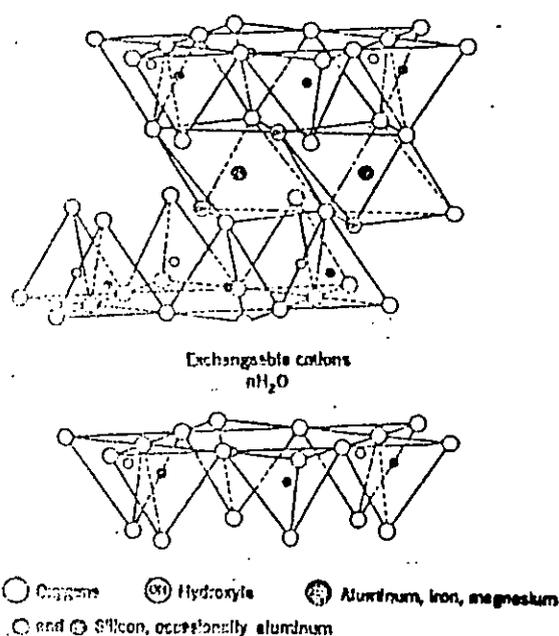


Fig 1. Estrutura da bentonite (montmorillonite).

2.6. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DA BENTONITE

A bentonite é comercializada, principalmente, sob duas principais formas: natural e activada.

A beneficiação necessária para adequar o produto ao mercado depende da forma escolhida para a sua venda ao consumidor.

As características qualitativas do produto são bastante variáveis, bem como são também os padrões mínimos a serem atendidos, que dependem da utilização pretendida.

A análise química da bentonite mostra uma variação de sílica de 54 a 91 % com variação de combinação de óxidos e água [7].

Na tabela 1, são ilustradas diferentes composições para diferentes tipos da bentonite [11,20,26].

Tabela 1 - Composição química de diferentes tipos da bentonite natural.

Constituintes,%	Bentonite de W. Estados Unidos	Bentonite de Inglaterra	Bentonite de Argélia
SiO ₂	61,30-64,00	55,20	51,52
Al ₂ O ₃	19,80	13,70	19,03
Fe ₂ O ₃	3,90	8,10	1,98
CaO	0,60	6,30	0,16
MgO	1,30	3,30	3,08
Na ₂ O	2,20	Traços	1,17
K ₂ O	0,40	0,60	0,36
TiO ₂	0,10	0,70	-
LOI ^[1]	-	-	-
Elementos traços	3,20	-	-

^[1] Perca sobre o aquecimento ao rublo.

Da observação dos valores da tabela anterior permite concluir que a composição da bentonite varia de local para local. Apesar das características variarem de jazigo para jazigo, a bentonite pode ser aplicada no estado natural na indústria de fertilizantes para a agricultura. Para aplicações específicas esta requerem tratamentos específicos. Como pode ser observado, o produto é aplicado em casos específicos, em função das suas características químicas e físicas.

A tabela a seguir, apresenta algumas propriedades físicas e químicas da bentonite natural.

Tabela 2 - Algumas propriedades físicas e químicas da bentonite [7,11,16].

Propriedades físicas	Características
Cor	Creme, amarelo, roxa, verde claro, verde escuro, cinzento. castanho claro e escuro são os mais comuns.
Dureza	2,00 a 2,50 (escala de Moh)
Densidade	2,00 - 2,70 g .cm ⁻³
Sistema cristalino	Monoclínico
Ponto de fusão	1330 - 1450 °C
Índice de refração	1,55 a 1,56
Absorção de líquidos	1,50 a 3,00 vezes ao seu peso na água
Transparência	Opaco
Hábito	Ocorre em massa sem forma definida, sendo que os seus cristais não são visíveis mesmo com microscópio electrónico
Aspecto	Semelhante a uma cera
Humidade	12,00 a 15,00%
Viscosidade	15 cp ^[2]
C.T.C.	Acima de 50 meq /100 g.
PH	8,00 a 13,00
Reacção com cloridrato de benzina	Cor azul

^[2] Centipoise

As características qualitativas do produto são bastante variáveis, bem como o são as especificações mínimas a serem consideradas, que dependem da utilização pretendida. Do ponto de vista físico, as características da bentonite a serem empregue no branqueamento estão relacionadas, principalmente com a granulométrica e a sua densidade.

Na tabela a seguir são apresentadas as composições mineralógicas da bentonite no seu estado natural.

Tabela 3 - Composição mineralógica da bentonite [7,11,12,20].

Montmorillonite	$5Al_2O_3 \cdot 2MgO \cdot 24SiO_2 \cdot 6H_2O(Na_2O, CaO)$	60 -90%
Cristabolite	SiO_2	0-35%
Caolinite	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	0-5%
Calcite	$CaCO_3$	0-3%
Quartzo	SiO_2	0.1-2%
Dolomite	$CaMg(CO_3)_2$	0-1%

As características qualitativas do produto são bastante variáveis, como também são as composições mineralógicas uma observação desta tabela permite visualizar que do ponto de vista mineralógico, o emprego deste mineral como branqueador nas indústrias está relacionado com a composição mineralógica e, em particular, o alto teor de montmorillonite e baixo teor do cristabolite.

3. BENTONITE DE BOANE

Analisa-se ao longo deste capítulo alguns aspectos químico-físicos da bentonite de Boane e fazem-se considerações atinentes à sua aplicação no branqueamento do óleo.

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A importância do estudo da utilização da bentonite de Boane, como matéria-prima na produção de corpos branqueadores assenta no facto de ser um material mineral sedimentar com alto teor de montmorillonite, que lhe confere uma alta propriedade de adsorção.

No desenvolvimento deste estudo, foram feitos ensaios experimentais com a bentonite natural, tratada térmicamente e activada por ácidos. A fim de torná-la praticamente compatível com o nosso objectivo, de notar que, com o tratamento, temos a alteração da superfície dos esqueletos.

Para o apuramento da qualidade do material em estudo, foram feitos ensaios químicos, físicos e tecnológicos em laboratórios.

3.2 OCORRÊNCIA DA BENTONITE EM MOÇAMBIQUE

Dada a importância que a bentonite pode ter em Moçambique como um recurso explorável e sua utilização na indústria de corpos branqueadores, bem como em outros tipos de indústrias, devia ocupar um lugar proeminente na economia nacional e nas exportações de Moçambique.

A bentonite aqui estudada foi colhida numa zona situada nos montes dos Pequenos Libombos, a 35 Km a SW de Maputo e a cerca de 9 Km de Boane, no distrito do mesmo nome. O acesso a este jazigo é feita pela estrada alcatroada Maputo-Boane e desta última vila para a zona mineira, pela estrada que se dirige à fronteira de Namaacha.

À bentonite deste jazigo está associada às alterações das cinzas e tufos vulcânicos da fase II do complexo vulcânico dos Pequenos Libombos do Korro-superior. As pesquisas efectuadas no referido depósito estima-se uma reserva prognóstica em toda a ocorrência bentonítica situada na faixa riolítica, com 2 Km de comprimento por 0,5 Km de largura em 15 -25 milhões de toneladas mapa em anexo-1 [3,20,26].

Os dados bibliográficos [3,20,26] disponíveis durante o presente estudo indicam que, em Moçambique, a exploração do depósito de Boane, chamado anteriormente de Luzinada é datada dos anos de 1930. Porém, a natureza da prospecção e mineração não foi bem documentado, remetendo-nos aos anos de 1962. Depois da independência foi lançado um trabalho de prospecção geológica a diretoria da Direcção Nacional da Geologia e Minas em 1979-1981, o relatório final foi submetido no ano de 1981 este trabalho foi incompleto e não satisfatório pois apresentava sérias lacunas (segundo Dr. Satya, 1992), portanto com assistência da UNDTCD(1988) levou-se a cabo um projecto que culminou com a divulgação de um relatório em 1992. Pese o facto da guerra no país, não permitiu que as pesquisas se estendessem em muitas áreas do interior.

As áreas das ocorrências foram identificadas nas províncias indicadas na tabela 4, mapa em anexo 2[20].

Tabela 4- Algumas ocorrências da bentonite em Moçambique.

Província	Localização
Maputo	Luzinadas / Namaacha
Sofala	Chibabava
Tete	Lupala

A Companhia do Desenvolvimento Mineiro de Moçambique é que está a ocupar-se da exploração e comercialização do depósito da bentonite de Boane. Dados fornecidos indicam que, antes da independência, Moçambique constava na lista dos fornecedores da bentonite para outros países, tais como: Portugal, Inglaterra, Austrália, Suécia, Japão, Angola, Itália, Holanda, África do Sul, Singapura, Zimbábue e uma pequena parte era consumida localmente, com uma produção recorde durante os anos de 1967 a 1974. Durante os anos de 1971 a 1974, a produção era de 6373, 3700, 4421 e 4699 toneladas por cada ano respectivamente. Dos anos de 1974 a 1978 não houve uma variação significativa. Nos anos de 1979 a 1980 a exportação restringiu-se apenas para Portugal, Angola, Holanda e Inglaterra.

Actualmente a produção e comercialização da bentonite baixou consideravelmente, visto que Moçambique tem apenas como principais consumidores a África do Sul e o Zimbábue com uma média anual de 2000 e 400 toneladas respectivamente e cerca de 120 toneladas para o consumo interno.

CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRÍMA

A matéria-prima considerada no presente trabalho é a bentonite natural (bruta). Para a sua caracterização foram estudadas, a composição mineralógica, química e as propriedades químico-físicas.

3.3.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA BENTONITE

As amostras da bentonite foram cedidas pela Companhia do Desenvolvimento Mineiro, que faz a exploração do depósito da bentonite localizado no distrito de Boane, província do Maputo, e as análises das composições químicas foram feitas pelo laboratório químico do Instituto Nacional de Geologia. Os resultados são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Composição química da bentonite do Boane [20,26].

Constituintes	Bentonite de Boane, em %
SiO ₂	57,30
Al ₂ O ₃	22,60
Fe ₂ O ₃	4,30
CaO	1,90
MgO	4,00
Na ₂ O	0,10
K ₂ O	0,80
TiO ₂	0,20
LOI	9,20
Elementos traços	0,22

Observa-se que o material em estudo na sua forma natural, apresenta valores médios em termos das composições químicas, comparáveis com as outras bentonites (tabela 1) ainda que apresente o valor de óxido de alumínio relativamente alto, isto não afecta a sua aplicabilidade na indústria depois de beneficiada, este beneficiamento pode reduzir valores como os dos óxidos de alumínio, ferro e mais em valores desejados na aplicação. Contudo, sendo que para argilas branqueadoras não existem especificações este factor não é de grande relevância.

3.2. COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

Tabela 6- Composição mineralógica da bentonite de Boane[20,26].

Montmorillonite	$5Al_2O_3 \cdot 2MgO \cdot 24SiO_2 \cdot 6H_2O(Na_2O, CaO)$	54%
Cristabolite	SiO_2	35%
Caolinite	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	5%
Calcite	$CaCO_3$	3%
Quartzo	SiO_2	2%
Dolomite	$CaMg(CO_3)_2$	1%

Os valores da composição mineralógica da bentonite em estudo, estão dentro dos critérios dos limites preconizados para a sua aplicação em vários ramos industriais, por outro lado o teor de cristabolite é um pouco elevado tirando assim a garantia da qualidade do produto final que não será muito alta, este factor não tira a garantia da utilização desta bentonite na indústria como corpos adsorptivos ainda que podem ser melhorada por processo de separação e talvez dando utilidade a esta cristabolite na área da agricultura(Possibilidade citada por Dr. Satya 1992)[20].

Tabela 7 -Algumas propriedades da bentonite de Boane[20,26].

Humidade	8,0- 12,0%
pH	7,8 - 10,0
Densidade	0,90 - 1,04 g.cm ⁻³
Viscosidade	13 cp
Capacidade de troca de catiões	10 - 65 meq /100g
Ponto de fusão	1200 - 1450 °C
Reacção com cloridrato de benzina	Cor azul

Comparando os valores da tabela 7 com a 2, observa-se que estas propriedades apresentam valores muito próximos, fazendo com que esta bentonite tenha em termos destas propriedades, condições dentro dos critérios admissíveis, não trazendo com isso dificuldades para a sua aplicação industrial.

4. ACTIVAÇÃO DA BENTONITE

Consiste em aumentar ou criar poder descorante numa bentonite qualquer por um processamento adequado. O tratamento adequado da bentonite resulta em bentonite activada, que tem uma capacidade de adsorver impurezas e é principalmente usada para purificação e modificação de substâncias químicas orgânicas. A bentonite activada é usada como substância adsortiva, devido ao tamanho largo dos poros e a acidez da superfície que oferecem propriedades únicas. Estas características permitam que a bentonite activada tenha uma vasta linha de aplicações [7].

As mudanças que são efectuadas nos cristais da bentonite activada por ácido são:

Os catiões permutáveis são substituídos pelo H⁺.

As pontas das partículas são abertas, o Al³⁺ e o Mg²⁺ na camada octaédrica são expostos nas extremidades e tornam-se solúveis.

Os diâmetros dos poros das superfícies são expandidos.

A cristalinidade do mineral de acordo com as medidas das intensidades dos picos e as larguras dos picos de 0,01 é reduzida.

A área da superfície do mineral aumenta até ao máximo, de seguida é reduzida por tratamento adicional [7,11,12].

A figura a seguir ilustra as mudanças que sofrem pelos cristais da bentonite no tratamento ácido.

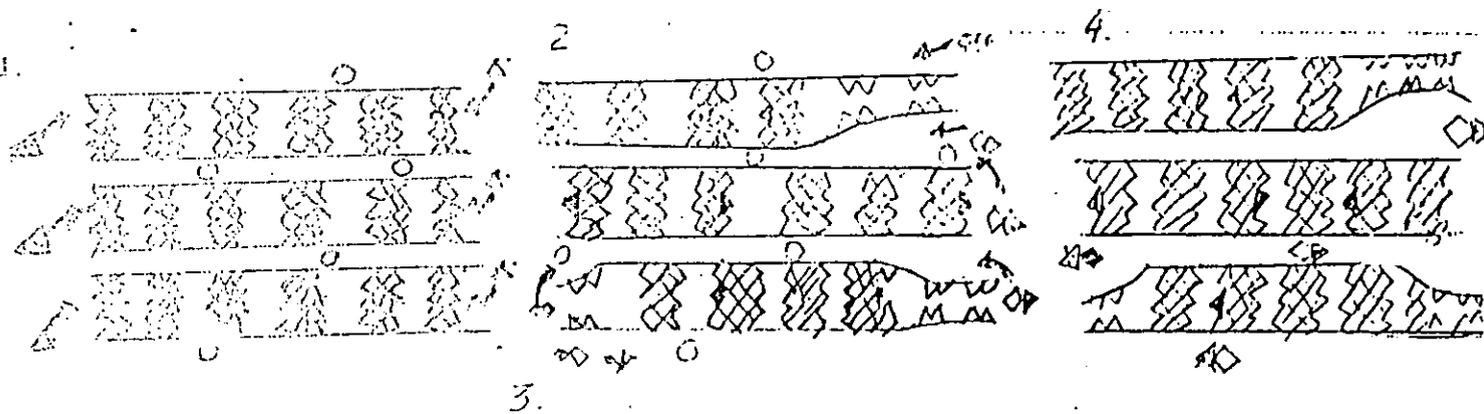


Fig. 2. O ataque ácido na bentonite

Legenda.

- 1- O ataque ácido na camada da rede octaédrica.
- 2- Modificação da estrutura e aumento da área de superfície.
- 3- Cátions ácidos (H^+) entram na estrutura por permuta com cátions trocáveis (Ca^{2+} , Na^+)
- 4 -Bentonite activada via ácido com cátions ácidos nos locais permutáveis

Em Moçambique não existe fábrica que produz corpos adsortivos (branqueadores), quer à base da bentonite ou outro mineral qualquer o processo sintetizado a seguir, bem como o fluxograma do diagrama 1 (pagina 22), baseia-se nas instalações da Califórnia, E.U.A., que é um exemplo típico de processamento em larga escala de corpos adsortivos (branqueadores) [16].

O sistema de processamento das terras activadas (bentonite) tem as seguintes etapas muito importantes a saber:

- 1 - Preparação do mineral para o ataque ou tanques de reacção.
- 2 - Activação.
- 3 - Lavagem de impurezas.
- 4 - Secagem
- 5 - Moagem
- 6 - Embalagem

O diagrama a seguir, mostra o esquema do processo da activação industrial da bentonite.

Esquemática do processo industrial da activação da bentonite

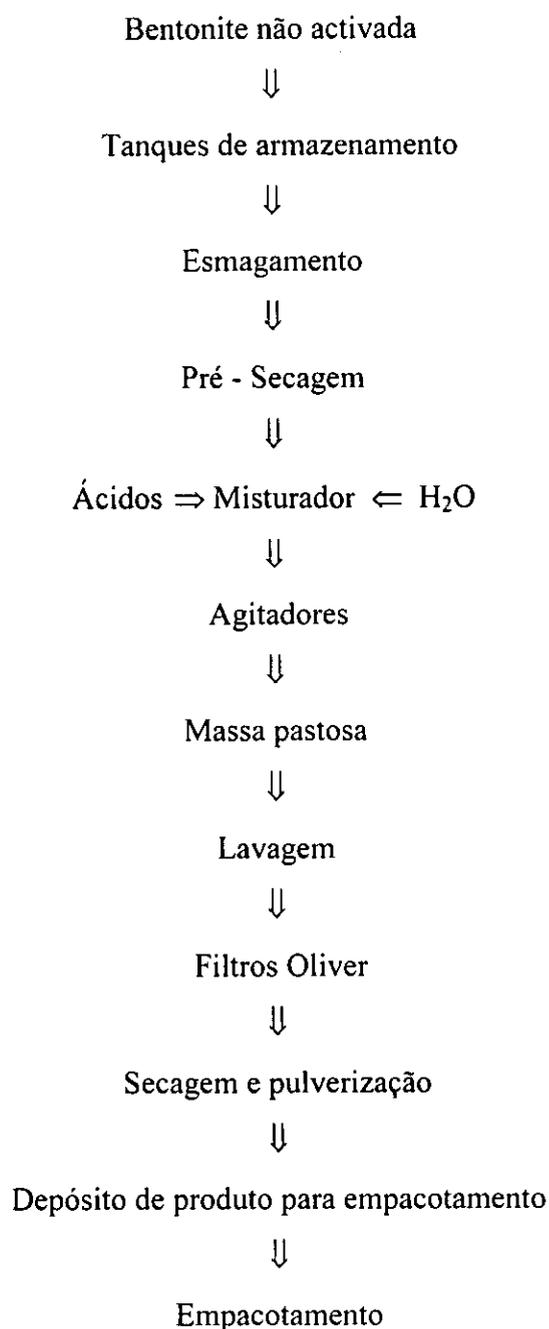


Diagrama 1. Processamento industrial da activação da bentonite[16].

Pode-se visualizar que o processo apresentado para a activação da bentonite é simples e aplicável a qualquer laboratório mínimamente equipado.

4.1. BRANQUEAMENTO DE ÓLEO COM BENTONITE

A bentonite artificialmente activada é usada basicamente onde a clarificação de um líquido processual é de grande importância porque aumenta a filtrabilidade do líquido. Em geral, o emprego destes branqueadores é limitado a líquidos contendo menos de 5% de um material sólido constituído por partículas de diâmetro menor que 5 micrômetros.

A bentonite activada artificialmente é de largo emprego na indústria de clarificação e branqueamento é usada de duas maneiras distintas:

Processo de percolação.

Consiste na passagem do óleo através da camada da bentonite grosseiramente moída, a fim de permitir uma boa filtração. A grande vantagem deste método é de permitir uma fácil recuperação do óleo e da bentonite por meio de solventes. Os grãos devem possuir dureza suficiente para suportar o peso e movimento da coluna do óleo.

Processo de contacto.

Consiste na agitação do óleo juntamente com a bentonite finamente moída, sendo o de maior utilização na indústria. O filtrado é obtido por meio de filtro prensa sendo que a quantidade da bentonite usada é menor que no outro processo [7].

Em linhas gerais uma boa bentonite branqueadora deve:

1. Reter um mínimo do óleo (eficiente).
2. Filtrar bem, formar um bolo muito poroso e permeável.
3. Necessitar de pequenas quantidades para descorar um litro de óleo.
4. Não agir quimicamente sobre o óleo e não lhe comunicar cheiro ou gosto.
5. Ser barata e de fácil obtenção (económico).
6. Ser essencialmente insolúvel nos líquidos a branquear.

A bentonite encontra estas exigências devido a uma larga variedade de partículas intrincadamente construídas e de composição inerte que o torna praticamente insolúvel em muitos líquidos.

4.2. ÓLEOS NA INDÚSTRIA

O óleo é um dos produtos com uma longa tradição, desde os tempos antigos, os humanos sabiam como remover óleo ou gordura das fontes naturais, e fazendo com eles vários usos. As gorduras animais, foram as primeiras a serem consumidas como alimentos estes não demonstravam grandes resistência nem muita qualidade, daí nasce o interesse para a obtenção dos óleos vinda da fonte vegetal, com isso a alta qualidade da demanda criada por novos mercados vem dando várias mudanças no processo de produção de óleos.

Para a produção dos óleos, dois métodos ou processos tecnológicos são classificados:

Processo de prensagem ou meramente mecânico contínuo.

Processo de extracção a solvente;

ou a combinação dos dois métodos os diagramas 2, 3 e 4 destes processos podem ser visualizados no anexo 3.

4.3. SISTEMA DE BRANQUEAMENTO DE ÓLEOS

Este processo consiste em retirar dos óleos produtos que podem ser prejudiciais na estabilidade, criar problemas e dificuldades na desodorização e hidrogênização[2].

O processo permite corrigir eventuais falhas no processo de tratamento anterior como: preparação das oleaginosas, extracção dos óleos, degomagem, neutralização e lavagem, facilitando a desodorização.

São retirados com as terras no branqueamento fosfatídios, sabões, metais dissolvidos, pigmentos, clorofila, oxidantes, etc.

Este processo pode ser resumido no diagrama a seguir.

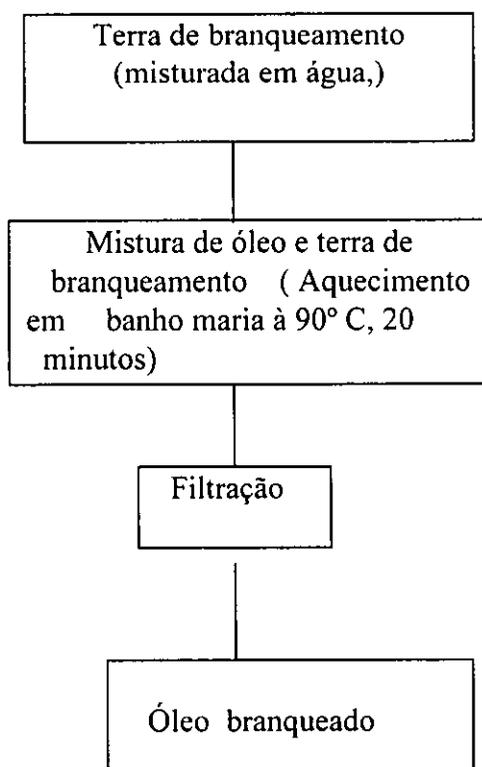


Diagrama 5. Esquematização do processo de branqueamento

II - PARTE EXPERIMENTAL

Para a realização da parte experimental, foram disponibilizadas amostras da bentonite pela Companhia do Desenvolvimento Mineiro, empresa esta que actualmente está encarregada da exploração e comercialização da bentonite do depósito de Boane, província de Maputo. A amostra bruta já vinha britada, a redução desta amostra bruta em amostra do laboratório, foi feita por trituração de modo que as partículas passassem numa peneira de malha de 80 mesh.

Segundo o objectivo preconizado para o presente trabalho, a parte experimental está dividida em três fases:

- Primeira fase, consistiu na determinação de algumas das propriedades, tais como; o índice de acidez, humidade, tratamento térmico e a capacidade de troca de catiões.

- Segunda fase, consistiu na activação da bentonite em três ácidos diferentes, nomeadamente HCl, H₂SO₄ e HNO₃.

- Terceira fase, consistiu no branqueamento de óleo vegetal (girassol), com bentonites activadas na segunda fase.

Para realização da terceira fase, foram gentilmente disponibilizadas amostras de óleo não tratado (cru) e amostras de óleo tratado (branqueado para orientação e/ou comparação) pela Companhia da Ginwala - Maputo (indústria de produção de óleo e sabão).

1- Propriedades da bentonite.

1.1- Índice de acidez (pH) da bentonite.

Consiste na determinação da actividade dos iões H^+ em solução o índice de acidez da bentonite foi determinada segundo o procedimento abaixo indicado.

1.1.2- Equipamento e utensílios.

Micro pH 2000 Creson; $\Delta pH=0,01$.

Agitador magnético

Balança (Denver instrument XS -210; cap. Max = 210 g ;precisão : 0,001g)

Espátula

Copos de precipitação (capacidade:100 e 200 ml)

Funil

Papel de filtro Whatman n^o 42.

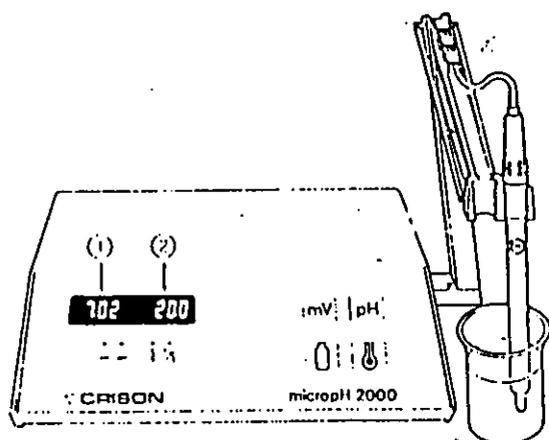


Fig.4 Micro pH 2000 Creson



Fig. 5. Balança Denver Instrument xs 210

1.1.3 - Procedimento.

Pesa-se 10 g da bentonite para um copo de 200 ml, adiciona-se 150 ml de água destilada e coloca-se um agitador magnético, agita-se durante 10 minutos e deixa-se repousar por 3 minutos, sem perturbar a amostra sedimentada, decanta-se o líquido para funil (equipado com papel de filtro Whatman nº 42) recolhe-se o filtrado num copo de 100 ml, e em seguida faz-se a leitura do pH num Micro pH 2000 Creson. Os resultados desta determinação são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 8. Índice de acidez da bentonite do Boane.

Nº de ensaio	1	2	3	4	5	6	Valor médio
PH	8,75	8,96	8,96	8,79	8,98	8,98	8,90 ± 0,269

O material em estudo, na sua forma natural possui valor do pH de $8,90 \pm 0,269$ valor este que faz deste modo que ela seja aplicada directamente na indústria agrária como normalizador de acidez, adicionando deste modo nutrientes importantes ao solo, prevenindo o alastramento de fertilizantes, contaminação das plantas contra as doenças. Da tabela 8, pode-se visualizar ainda que, o valor do pH apresentada pela bentonite de Boane, situa-se dentro dos limites preconizados [7,16, 20,26].

1.2 - Índice de humidade da bentonite.

O índice de humidade consiste na determinação da perda de peso da amostra, expressa em % que experimenta ao ser submetida a uma secagem pelo calor, a uma temperatura constante (105°C). Neste procedimento, além da água determina-se também, se as houver as substâncias que pelo seu baixo ponto de ebulição – substâncias voláteis – ou pela sua decomposição possam estar presentes na amostra e por esse processo analítico se avaliam.

1.2.1 - Equipamento e utensílios.

Estufa com circulação forçada de ar regulador automático.

Balança (Denver instrument XS -210; precisão : 0,001g; cap.Max = 210 g)

Pesa filtros

Espátula

Exsicador

Pinça

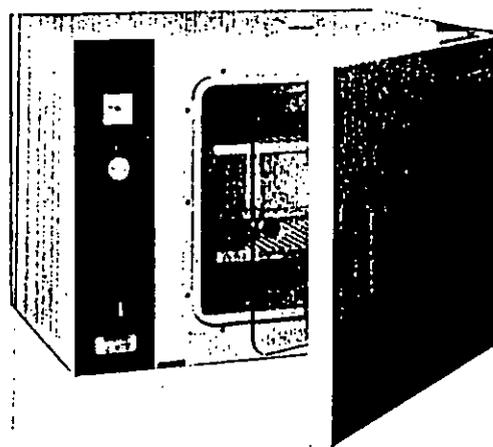


Fig. 6 Estufa de circulação forçada de ar regulador automático

1.2.2 – Procedimento.

Pesa-se com exatidão 5g de amostra reduzida em fragmento de 80 mesh para um pesa filtro previamente seco e tarado, coloca-se na estufa a 105° C por 2 horas. Transfere-se para um exsicador deixa-se arrefecer e pesa-se. Repete-se as operações de secagem e pesagem até que as diferenças entre os valores obtidos entre duas pesagens sucessivas não supere 0,001g. As determinações foram efectuadas com réplicas.

A humidade exprime-se em percentagem com arredondamento até décimas segundo a fórmula:

$$\% \text{ Humidade} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

Sendo:

m_0 - massa de amostra tomada para análise em gramas

m_1 - massa de amostra depois de secagem em gramas

Os resultados deste tratamento são apresentados na tabela 9.

Tabela 9. Humidade da bentonite do Boane.

N de ensaio	1	2	3	4	5	Valor médio
Índice de humidade, %	11,90	11,99	12,01	12,10	11,99	12,01 ± 0,201

A tabela mostra que o parâmetro estudado apresenta valores que são comparáveis aos recomendáveis numa bentonite, sendo assim esta bentonite do ponto de vista da humidade apresenta condições suficientes para ser aplicada na indústria deste modo esta propriedade não afecta a sua aplicabilidade na indústria de produção de corpos adsortivos.

1.3- Tratamento térmico da bentonite.

O método resume-se na secagem da amostra em condições bem definidas de acordo com a sua natureza e determinação da perda do peso. Definiu-se como temperaturas de tratamentos as seguintes: 25, 120, 200, 260, 300, 600 e 900°C respectivamente e um tempo de 30 minutos.

Dados literários mostram que ao efectuar um aquecimento moderado sobre a bentonite, elimina-se a água de capilaridade e amassamento. (20 – 150 °C), dos 150 – 600 °C tem-se a eliminação da água de adsorvida e a bentonite vai-se enrijecendo.(certas bentonite permanecem estáveis a temperatura entre os 400 a 600).

Aos 600 °C, começa as alterações químicas em três estágios: desidratação química, a água de constituição é expulsa, resultando o endurecimento e as matérias orgânicas são queimadas. Os carbonatos são calcinados e se transformam em óxidos. Dos 950 °C em diante, tem-se o endurecimento, resistência e compactação do conjunto, de notar que este comportamento vai-se consolidando até atingir-se a temperatura de fusão deste mineral.

Com o aumento de temperatura, temos a diminuição da área de superfície devido a deformação dos cristais e a ocorrência de canais tapados [11].

1.3.1- Equipamento e utensílios.

Forno com regulador automático e capacidade de 1200 °C.

Balança (Denver instrument, XS -210; precisão : 0,001g; cap. Max = 210g).

Cadinhos de porcelanas.

Espátula.

Exsicador.

Pinça.

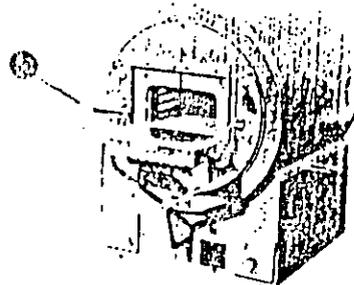


Fig. 7. Forno com regulador automático e capacidade de 1200 °C.

1.3.2 – Procedimento.

Para este tratamento foram seleccionados 7 lotes de amostras e submetidos a um aquecimento nas seguintes temperaturas: 25, 120, 200, 260, 300, 600 e 900 ° C, durante um tempo de 30 minutos. Pesou-se 10 g de amostra para um cadinho, previamente seco e tarado, colocou-se no forno e em cada uma das temperaturas fixadas, fez-se o tratamento térmico durante 30 minutos. Transferiu-se para um exsiccador deixou-se arrefecer e pesou-se. Repetiu-se a operação do tratamento e pesagem até que os valores obtidos entre duas pesagens sucessivas não superassem 0,001g. Por cada temperatura realizou-se várias replicas, e os resultados são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 10. Massa de água que se liberta no decurso do aquecimento.

Temperatura, °C		25	120	200	260	300	600	900
Massa de água que se liberta na amostra, %	1 ^a exp	8,962	12,216	14,537	14,971	16,371	16,673	16,763
	2 ^a exp	9,536	11,671	14,246	15,126	16,871	16,493	15,542
	3 ^a exp	9,332	11,873	14,228	14,989	16,173	16,532	16,691
Valor médio		9,277 ± 0,251	11,921 ± 1,186	14,339 ± 0,217	15,026 ± 0,360	16,472 ± 1,036	16,566 ± 0,398	16,662 ± 3,422

Com base nos dados tabelados traçou-se o gráfico, da qual torna-se notório o comportamento da bentonite no processo da perda de água com o tratamento térmico.

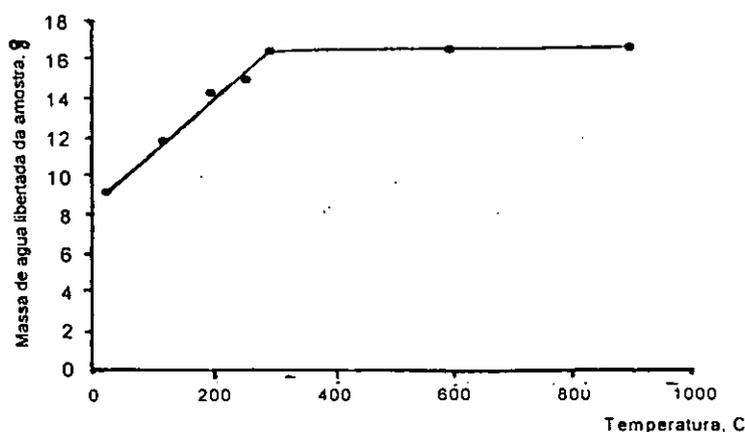


Fig. 8. Massa de água que se liberta da amostra com o tratamento térmico.

O comportamento do gráfico vem confirmando o que a literatura apresenta sobre o tratamento térmico da bentonite este comportamento deve-se ao facto de que as propriedades físico/químicas variam de jazigo para jazigo, ainda assim esta bentonite mostra que dos 25 a 300 °C tem uma perda de água de capilaridade e amassamento, expulsão da água interlaminar produzindo também uma ligeira diminuição dos espaços interlaminares, e este efeito depende em grande parte dos cátions interlaminares (presença de cátions de Ca) fazendo com que não seja estável a temperatura acima dos 400 °C, ocorrendo a eliminação da água adsorvida e dos 300-950 °C a bentonite vai-se enrijecendo ocorrendo processos químicos, eliminação da água de constituição e a queima do material orgânico, calcinação dos carbonatos e formação de óxidos. Continuando com o acréscimo de temperatura até aos 950°C, o material ganha a dureza, neste intervalo tem-se a redução aparente da densidade isto devido à reacção que ocorre e a reestruturação do material, dando resistência e compactação ao conjunto.

1.4- Capacidade de troca de cátions (C.T.C.) da bentonite.

Entende-se, em geral, por troca catiónica a troca de iões do mesmo sinal entre uma solução e um corpo sólido muito insolúvel, em contacto com ela. Os sólidos (trocaadores de iões) deve conter, como é claro, os seus próprios iões, para que a troca se processe com rapidez e na extensão suficiente para interesse prático, o sólido deve ter uma estrutura molecular aberta permeável, de

modo que os íons e as moléculas do solvente possam mover-se para dentro e para fora da estrutura. Todos os trocadores de íons que têm valor na análise têm muitas propriedades em comum; são quase insolúveis em água e em solventes orgânicos e contêm íons activos ou contra-íons, que permutarão reversivelmente de posição com outros íons de uma solução sem provocar modificações físicas apreciáveis no material [18].

1.4.1 – Equipamento, utensílios e reagentes.

Manta de aquecimento com capacidade de 100 °C

Aparelho de destilação simples

Balança (Denver instrument, XS -210; precisão : 0,001g ;cap. Max = 210g)

Frasco de Buchner.

Funil, papel de filtro Whatman 42

Copo graduado : 250 ml

Frasco cónico : 500 ml

Burreta

Balão de destilação : 500ml

Álcool

Acetato de amónio 1M.

Óxido de magnésio.

Água destilada

Reagente de Nessler

Ácido bórico : 4%

Bromocresol verde

Ácido clorídrico : 0,1N

1.4.2 - Procedimento.

Colocou-se 5 g da bentonite (préviamente seco a temperaturas do tratamento térmico: 25, 120, 200, 260, 300, 600 e 900°C) num copo de 400 ml. Juntou-se 200 ml de solução de acetato de amônio 1M, agitou-se até que a amostra esteja completamente embebida. Deixou-se a mistura repousar durante a noite.

Preparou-se um frasco de Buchner equipado com funil (utilizou-se um papel de filtro whatman nº 42). Sem perturbar a amostra sedimentada decantou-se o líquido claro sobrenadante para o funil sob sucção e deixou-se filtrar.

Lavou-se em seguida a amostra com pequenas porções de álcool e transferiu-se para o filtro. Lavou-se o filtro (contendo a amostra) com álcool (utilizar um esguicho) tendo o cuidado de não fazer passar a amostra para debaixo de filtro. A operação estará terminada logo que o ião amônio livre não se detectar no filtrado (a presença de ião amônio no filtrado é detectada com reagente de Nessler. O volume total do álcool necessário para lavar o filtro é de ± 400 ml).

Retirou-se o papel de filtro do funil de filtragem, enrolou-se o papel e introduziu-se no balão de destilação (capacidade do balão: 500 ml), juntou-se 2g de óxido de magnésio e 250 ml de água destilada. Realizou-se a destilação para um copo graduado de 250 ml, tendo préviamente colocado no copo 50 ml de ácido bórico a 4% e 4 a 5 gotas do bromocresol verde (indicador). O volume total após destilação será de 200 ml.

Retirou-se o copo com o destilado, transferiu-se o conteúdo para um frasco cónico (500 ml) e titulou-se com ácido clorídrico a 0,1 N até que o indicador mude de azul para verde.

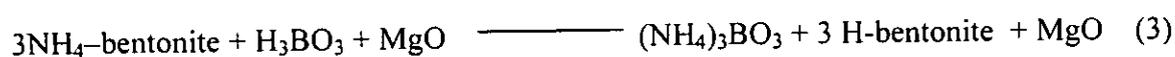
A partir do volume de ácido clorídrico 0,1 N usado a quando da titulação calculou-se a capacidade de troca em miliequivalentes por 100 g [2].

$$C.T.C = \frac{V_{ag} \times C_a \times 100}{m} \quad \text{em (meq/100 g) } \quad (2)$$

Onde: V_{ag} - Volume do ácido gasto, C_a - concentração do ácido, m - massa da amostra e C.T.C -

Capacidade de troca de catiões.

As reacções do processo são as seguintes:



Como o ácido bórico é um ácido fraco pelo que o borato de amônio formado é hidrolisado, deste modo considera-se a titulação de NH_4OH pelo HCl , segundo a equação.



Cor azul

Cor verde

Onde X representa os catiões de troca (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , etc).

Os resultados destas determinações são apresentadas na tabela 11.

Tabela 11. Capacidade de troca iões da bentonite do Boane.

Temperatura, °C		25	120	200	260	300	600	900
Capacidade de troca catiónica, meq/100g	1°exp	38,986	43,865	44,831	45,626	48,107	39,685	5,671
	2°exp	38,598	32,896	44,623	45,515	46,699	39,882	4,513
	3°exp	38,791	43,678	44,910	45,726	47,096	39,685	6,526
Valor médio		38,791 ± 0,356	40,146 ± 0,284	44,788 ± 0,272	45,622 ± 0,195	47,301 ± 1,388	39,751 ± 0209	5,570 ± 1,855

Da tabela tem-se o gráfico.

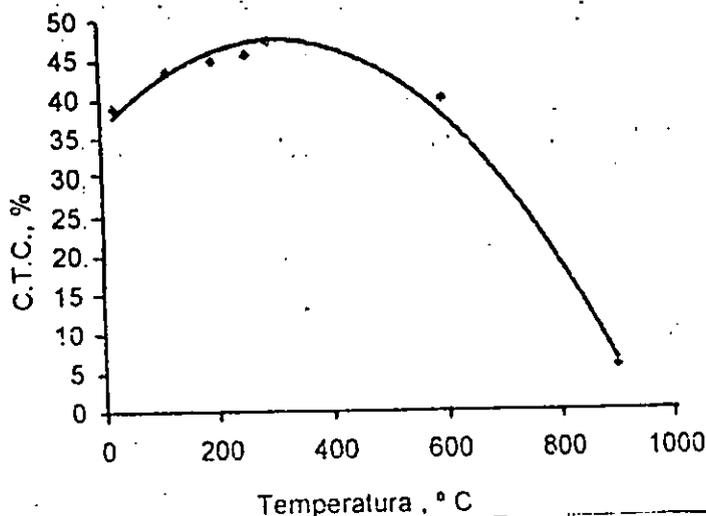


Fig 9. Capacidade de troca de iões em função da temperatura do tratamento térmico.

Pode-se visualizar que a propriedade da C.T.C aumenta com o aumento ligeiro da temperatura até aos 300 °C, tendo um máximo a 300 °C e, continuando a aumentar a temperatura, ela vai diminuindo-se isso leva-nos a dizer que enquanto ocorrer processos físicos esta propriedade vai aumentando atingindo o seu máximo, na mudança do processo isso é com a perda da água de constituição, endurecimento e a queima de material orgânico, formação de óxidos dando dureza e compactação do conjunto a C.T.C vai decrescendo consideravelmente.

2 - Activação da bentonite de Boane.

2.1. Generalidades

Muitas bentonites são activas naturalmente, outras só são após tratamento adequado. Os tipos variam muito, pôs enquanto algumas servem para vários tipos de óleo e adsorvem bem certos corantes, outras são específicas e possuem pequenas faixas de actuação embora com mais eficiência que as primeiras. Os seus componentes activos são geralmente argila-minerais--montmorilloníticos e a sua eficiência poderá ser aumentada por um tratamento em ácidos minerais (8 a 20 %) posto a temperatura controlada durante algumas horas, seguidamente lavada para libertar os ácidos e os sais solúveis, secandos para eliminar 20 % de conteúdo voláteis[12].

2.1.1-Equipamento, utensílios e reagentes.

Banho de água com controle termostático, capacidade de 100° C.

Balança (Denver instrument XS-210;cap.Max = 210g; precisão: 0,001g).

Balões volumétricos de 500 ml.

Frascos erlenmeyer

Vidros de relógios.

Centrifugador.

Tubos de centrifugação de 250 ml.

Funil.

Papel de filtro Whatman nº 42.

Esguicho de 500 ml.

Garras.

Suportes.

Estufa com circulação forçada de ar regulador automático.

Ácidos sulfúrico, clorídrico e nítrico.

Água destilada.

2.1.2 –Procedimentos

Numa balança pesaram-se 10 g da bentonite (bruta) e introduziu-se num balão volumétrico de 500 ml, adicionou-se 100 ml de ácido a 15 – 36 % e o balão é posto em banho de água com um controle termostato a 95°C durante 6 – 12 horas de tempo. Depois de centrifugação e filtração, o produto é lavado com água morna para um pH= 6 e seco a 105 °C.

Este processo é relativamente simples, mas o ajustamento dos parâmetros tais como: tempo de contacto, concentração do ácido , a relação volume do ácido e quantidade da amostra, é muito moroso e complicado, portanto cada bentonite deve ser ensaiada para a determinação das suas condições óptimas. Nesta etapa tem-se por finalidade a determinação das condições óptimas para a activação da bentonite para tal criou-se vários modelos de tratamento, só que eles não vão diferenciar-se no procedimento geral, só variam em termos do ácido a usar, concentração do ácido



tempo de tratamento e rotulou-se os ensaios as condições, ver anexo 4 e anexo 5 fluxo que ilustra o processo usado para a obtenção da bentonite activada..

Capítulo 3. Branqueamento dos óleos vegetais (girassol)

3.1. Fundamentos.

Este processo consiste em retirar do óleo produtos que podem ser prejudiciais na estabilidade, criar problemas e dificuldades na desodorização e hidrogênização. O processo permite corrigir eventuais falhas no processo de tratamento anterior como: preparação de oleaginosas, extracção do óleo, degomagem, neutralização, lavagem e facilita a desodorização.

São retirados com as bentoníticas no branqueamento fosfatiios, sabões, metais dissolvidos, pigmentos, clorofila, oxidantes, etc[7].

3.2 – Equipamento e utensílios.

Banho de água com um termostato com capacidade de 100° C

Funis

Balões volumétricos de 100 e 200 ml

Suportes

Papel de filtro Whatman 42.

3.3 - Procedimento.

Para a determinação de branqueamento, pesou-se 3 g do produto activado e misturou-se totalmente com 100 ml de óleo, segundo o critério da AOCS Official Methods [17], (préviamente neutralizado com NaOH) durante 20 minutos a 90 °C num banho e seguidamente filtrou-se num papel de filtro. O branqueamento determinou-se através do registro de absorvâncias a 430 nm de 2,5 ml de óleo tratado em 100 ml de tetracloreto de carbono num espectrofotómetro apresentado na página 40 e aplicando a equação abaixo [12].

$$BE = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \times 100\% \quad (3)$$

Onde:

BE – Rendimento de branqueamento.

A_1 – Absorvâncias de óleo neutro.

A_2 – Absorvâncias de óleo tratado.

3.3.1. Equipamento, reagentes e utensílios.

Espectrofotômetro (Milton Roy Spectronic 601)

Balões volumétricos : 50 ml

Tetracloroeto de carbono.

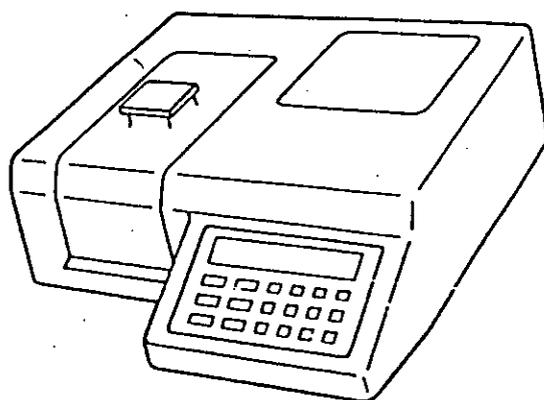


Fig.10. Milton Roy Spectronic 601

3.4. Funcionamento de um espectrofotômetro

A luz proveniente da fonte de radiação entra na secção de fotómetro (este sistema é destinado a produzir um feixe paralelo de luz, o qual passará através de uma célula de absorção) onde a luz é colimada em raios paralelos por um espelho esférico e é em seguida refletida para um área de amostra. Em seguida, os raios passam para o sistema dispersante ou secção de monocromador onde se selecciona determinada banda de energia radiante. Depois da secção de

monocromador, o feixe entra na secção do detector focalizado para o tubo fotomultiplicador que é extremamente sensível e de resposta extremamente rápida. A radiação que chega nos tubos fotomultiplicadores cria uma voltagem proporcional à energia que os detectores registram.

Pequenas células são usualmente colocadas nas regiões perto da área do detector. Tubos fotomultiplicadores na área do detector são protegidos da exposição da luz excessivamente brilhante por um obturador automático que fecha a área do detector quando a área da amostra estiver aberta os componentes ópticos de um espectrofotómetro são apresentados no anexo 6 [8,24,25].

Os resultados das absorvâncias dos modelos criados na activação e usados no processo de branqueamento são apresentados nas tabelas a seguir respectivamente.

Tabela 12. Branqueamento de óleo por bentonite tratada em HCl 15%.

N	Tempo de tratamento, horas			
	6,0	8,0	10,0	12,0
	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias
1	0,021	0,019	0,016	0,014
2	0,020	0,019	0,015	0,015
3	0,020	0,019	0,016	0,015
4	0,021	0,019	0,015	0,014
5	0,020	0,020	0,016	0,015
6	0,021	0,019	0,015	0,015
7	0,021	0,020	0,016	0,015
\bar{X}	0,021	0,019	0,016	0,015

Tabela 13. Branqueamento de óleo por bentonite tratada em HCl 20%.

Tempo de tratamento, horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias
1	0,015	0,012	0,011	0,010
2	0,014	0,012	0,011	0,011
3	0,013	0,012	0,011	0,010
4	0,014	0,012	0,012	0,011
5	0,013	0,012	0,012	0,010
6	0,014	0,011	0,011	0,011
7	0,014	0,011	0,011	0,010
\bar{X}	0,014	0,012	0,011	0,010

Tabela 14. Branqueamento de óleo por bentonite tratada em HCl 36%.

Tempo de tratamento, horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias
1	0,010	0,009	0,007	0,007
2	0,009	0,008	0,007	0,006
3	0,009	0,008	0,006	0,007
4	0,010	0,008	0,007	0,006
5	0,009	0,008	0,006	0,007
6	0,010	0,009	0,006	0,006
7	0,010	0,009	0,007	0,006
\bar{X}	0,010	0,008	0,007	0,006

Tabela 15. Branqueamento de óleo por bentonite tratada em H₂SO₄ 15%.

Tempo de tratamento, horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias
1	0,024	0,023	0,021	0,021
2	0,023	0,022	0,021	0,020
3	0,024	0,022	0,021	0,020
4	0,024	0,024	0,021	0,021
5	0,025	0,022	0,021	0,021
6	0,024	0,022	0,021	0,020
7	0,023	0,021	0,021	0,020
\bar{X}	0,024	0,022	0,021	0,020

Tabela 16. Branqueamento de óleo por bentonite tratada em H₂SO₄ 20%.

Tempo de tratamento, horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias
1	0,018	0,017	0,016	0,016
2	0,019	0,017	0,016	0,016
3	0,018	0,016	0,017	0,015
4	0,019	0,017	0,017	0,016
5	0,019	0,018	0,016	0,015
6	0,018	0,017	0,015	0,015
7	0,018	0,018	0,016	0,016
\bar{X}	0,018	0,017	0,016	0,015

Tabela 17. Branqueamento de óleo por bentonite tratada em H₂SO₄ 36%.

Tempo de tratamento, horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias
1	0,016	0,013	0,012	0,009
2	0,015	0,014	0,012	0,009
3	0,014	0,013	0,011	0,009
4	0,014	0,013	0,011	0,010
5	0,013	0,012	0,012	0,010
6	0,014	0,013	0,011	0,009
7	0,014	0,012	0,011	0,009
\bar{X}	0,014	0,013	0,011	0,009

Tabela 18. Branqueamento de óleo por bentonite tratada em HNO₃ 15%.

Tempo de tratamento, horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias
1	0,029	0,028	0,026	0,025
2	0,029	0,028	0,025	0,025
3	0,029	0,027	0,026	0,025
4	0,030	0,028	0,026	0,024
5	0,029	0,027	0,026	0,024
6	0,029	0,028	0,027	0,025
7	0,029	0,028	0,027	0,025
\bar{X}	0,029	0,028	0,026	0,025

Tabela 19. Branqueamento de óleo por bentonite tratada em HNO₃ 20%.

Tempo de tratamento, horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias
1	0,024	0,023	0,021	0,020
2	0,024	0,023	0,021	0,020
3	0,024	0,023	0,021	0,020
4	0,023	0,022	0,020	0,019
5	0,024	0,023	0,021	0,020
6	0,024	0,023	0,021	0,020
7	0,023	0,023	0,020	0,020
\bar{X}	0,024	0,023	0,021	0,020

Tabela 20. Branqueamento de óleo por bentonite tratada em HNO₃ 36%.

Tempo de tratamento, horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias	Absorvâncias
1	0,018	0,017	0,015	0,014
2	0,018	0,017	0,015	0,013
3	0,017	0,017	0,015	0,014
4	0,018	0,017	0,014	0,014
5	0,018	0,016	0,014	0,014
6	0,018	0,017	0,014	0,013
7	0,018	0,016	0,015	0,014
\bar{X}	0,018	0,017	0,015	0,014

A tabela a seguir ilustra os resultados da absorvâncias de óleo neutro não tratado e tratado na Ginwala com o seu respectivo rendimento do branqueamento .

Tabela 21. Branqueamento de óleo neutro não tratado e tratado na Ginwala.

N	1	2	3	4	5	6	7	\bar{X}
Absorvâncias do óleo neutro não tratado "C"	0,088	0,088	0,089	0,089	0,087	0,089	0,089	0,088
Absorvâncias do Óleo tratado na Ginwala "G"	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,008	0,007	0,007
Branqueamento (B.E)	90,909	90,909	92,135	92,135	90,909	91,011	92,135	91,449 ± 0,595

Depois da leitura das absorvâncias dos respectivos modelos, o rendimento do branqueamento foi calculada com base na formula (3).

Os resultados dos rendimentos do branqueamento dos ensaios com diferentes modelos da bentonite activadas são apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 22 -Rendimento de branqueamento de óleo por bentonite tratada em HCl 15%.

Tempo de tratamento, horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	B.E	B.E	B.E	B.E
1	76,136	78,409	81,818	84,091
2	77,273	78,409	82,955	82,955
3	77,273	78,409	81,818	82,955
4	76,136	78,409	82,955	84,091
5	77,273	77,273	81,818	82,955
6	76,136	78,409	82,955	82,955
7	76,136	77,273	81,818	82,955
\bar{X}	76,623 ± 0,562	78,084± 0,512	82,305± 0,562	83,279±0,512

Tabela 23 -Rendimento de branqueamento de óleo por bentonite tratada em HCl 20%.

Tempo de tratamento, horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	B.E	B.E	B.E	B.E
1	82,955	86,364	87,500	86,636
2	84,091	86,364	87,500	87,500
3	85,227	86,364	87,500	86,636
4	84,091	86,364	86,364	86,636
5	85,227	86,364	86,364	86,636
6	84,091	87,500	87,500	87,500
7	84,091	87,500	87,500	86,636
\bar{X}	84,253± 0,725	86,688±0,512	87,175±0,512	88,882±0,390

Tabela 24 -Rendimento de branqueamento de óleo por bentonite tratada em HCl 36%.

Tempo de tratamento, horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	B.E	B.E	B.E	B.E
1	88,636	89,773	92,045	92,045
2	89,773	90,909	92,045	93,182
3	89,773	90,909	93,182	92,045
4	88,636	90,909	92,045	93,182
5	89,773	90,909	93,182	92,045
6	88,636	89,773	93,182	93,182
7	88,636	89,773	92,045	93,182
\bar{X}	89,123±0,562	90,422±0,561	92,532±0,562	92,695±0,562

Tabela 25 -Rendimento de branqueamento de óleo por bentonite tratada em H₂SO₄ 15%.

Tempo de tratamento, horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	B.E	B.E	B.E	B.E
1	72,727	73,864	76,131	76,131
2	73,864	75,000	76,131	77,273
3	72,727	75,000	76,131	77,273
4	72,727	72,727	76,131	76,131
5	71,591	75,000	76,131	76,131
6	72,727	75,000	76,131	77,273
7	73,864	76,136	76,131	77,273
\bar{X}	72,889±0,725	74,675±0,999	76,131±0,000	76,784±0,565

Tabela 26 - Rendimento de branqueamento de óleo por bentonite tratada em H₂SO₄ 20%.

Tempo de tratamento , horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	B.E	B.E	B.E	B.E
1	79,545	80,682	81,818	81,818
2	78,409	80,682	81,818	81,818
3	79,545	81,818	80,682	82,9445
4	78,409	80,682	80,682	81,818
5	78,409	79,545	81,818	82,9445
6	79,545	80,682	82,9445	82,9445
7	79,545	79,545	81,818	81,818
\bar{X}	79,058±0,561	80,519±0,725	81,654±0,722	82,301±0,562

Tabela 27 - Rendimento de branqueamento de óleo por bentonite tratada em H₂SO₄ 36%.

Tempo de tratamento , horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	B.E	B.E	B.E	B.E
1	81,818	85,227	86,364	89,773
2	82,945	84,091	86,364	89,773
3	84,091	85,227	87,500	89,773
4	84,091	85,227	87,500	88,636
5	85,227	86,364	86,364	88,636
6	84,091	85,227	87,500	89,773
7	84,091	86,364	87,500	89,773
\bar{X}	83,765±1,001	85,389±0,725	87,013±0,561	89,448±0,513

Tabela 28 - Rendimento de branqueamento de óleo por bentonite tratada em HNO₃ 15%.

Tempo de tratamento , horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	B.E	B.E	B.E	B.E
1	67,045	68,182	70,455	71,591
2	67,045	68,182	71,591	71,591
3	67,045	69,318	70,455	71,591
4	65,909	68,182	70,455	72,727
5	67,045	69,318	70,455	72,727
6	67,045	68,182	69,318	71,591
7	67,045	68,182	69,318	71,591
\bar{X}	66,883±0,397	68,507±0,512	70,292±0,724	71,916±0,512

Tabela 29 - Rendimento de branqueamento de óleo por bentonite tratada em HNO₃ 20%.

Tempo de tratamento , horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	B.E	B.E	B.E	B.E
1	72,727	73,864	76,131	77,273
2	72,727	73,864	76,131	77,273
3	72,727	73,864	76,131	77,273
4	73,864	75,000	77,273	78,409
5	72,727	73,864	76,131	77,273
6	72,727	73,864	76,131	77,273
7	73,864	73,864	77,273	77,273
\bar{X}	73,052±0,513	74,026±0,397	76,457±0,515	77,435±0,397

Tabela 30 - Rendimento de branqueamento de óleo por bentonite tratada em HNO₃ 36%.

Tempo de tratamento, horas				
	6,0	8,0	10,0	12,0
N	B.E	B.E	B.E	B.E
1	79,545	80,682	82,945	84,091
2	79,545	80,682	82,945	85,227
3	80,682	80,682	82,945	84,091
4	79,545	80,682	84,091	84,091
5	79,545	81,818	84,091	84,091
6	79,545	80,682	84,091	85,227
7	79,545	81,818	82,945	84,091
\bar{X}	79,707±0,397	81,007±0,512	83,436±0,567	84,416±0,512

Das tabelas dos resultados dos rendimentos do branqueamento é possível visualizar que para os diferentes modelos criados para a activação da bentonite e usados no processo de branqueamento de óleos vegetais (girassol), dentro das condições estabelecidas neste trabalho o modelo do ácido clorídrico a 36%, 10 - 12 horas é que apresenta rendimento comparável aos óleos branqueados na fabrica de óleo Ginwala (utilizam branqueadores importados).

Os cálculos dos limites de confiança foi com base na fórmula:

$$\bar{X} \pm St/\sqrt{n} \quad (4)$$

Onde: S é o desvio padrão.

t é uma constante para n-1 graus de liberdade, e que se aproxima de 1 quando n tende para infinito.

n é número de ensaios.

\bar{X} é o valor médio.

III- AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS.

3.1. Discussão dos resultados.

- a) A composição química da bentonite natural de Boane apresenta valores que podem ser considerados óptimos, uma vez que a componente determinante (sílica), para que ela seja considerada como de boa qualidade para a produção de corpos branqueadores, está dentro dos valores dos limites admissíveis de 54 a 92 %; os outros componentes químicos estão dentro dos limites das outras bentonites que são usadas como matéria-prima para a produção de corpos adsortivos.
- b) A composição mineralógica da bentonite de Boane está dentro das composições mineralógicas das outras bentonites. Sendo assim podemos afirmar que, em termos desta composição a bentonite de Boane tem qualidades aceitáveis para a aplicação industrial. Ainda que apresente teores de cristabolite relativamente elevados, este pode ser diminuído por um processo de separação barato e aplicando posteriormente a cristabolite num outro ramo industrial.
- c) A bentonite de Boane apresenta um pH e humidade comparáveis as das outras bentonites. Isto faz com que a bentonite de Boane apresente características semelhantes das outras do mundo em geral, reforçando ainda a sua aplicação no ramo industrial. Em termos do seu comportamento, ao ser submetido a um tratamento térmico, este mineral comportou-se dentro dos parâmetros previstos, sabendo ainda que este comportamento é influenciado, em grande parte, por catiões interlaminares (neste caso concreto é o Ca^{2+}). A capacidade de troca de catiões da bentonite de Boane é relativamente baixa; ela vai de 15-60 meq/100 g de amostra, mostrando desta maneira que os valores obtidos estão dentro dos parâmetros previstos ainda assim esta propriedade pode ser melhorada por um tratamento adequado. Contudo, este facto não vem retirar, não retira as grandes possibilidades que a bentonite de Boane tem de ser usada como fonte de matéria-prima para a indústrias.

- d) A activação da bentonite de Boane e o respectivo branqueamento foi satisfatória, uma vez que com a utilização de um processo e com diferentes ácidos, foi possível obter diferentes bentonites activadas sempre com capacidade de adsorção melhorada. No tocante aos resultados da activação, a bentonite activada por ácido clorídrico a 36%, 12 horas é que respondeu com rendimento de branqueamento elevado ($92,695 \pm 0,562$).

IV- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Fez-se o estudo da possibilidade da aplicação das terras bentoníticas locais (Boane) para a produção de corpos adsortivos para a sua utilização no processo de branqueamento. Para isso, prepararam-se e testaram-se, laboratorialmente, várias formulações de corpos adsortivos e as suas características tecnológicas foram comparadas com as características de corpos adsortivos, usados na indústria de óleo Ginwala (corpos adsortivos importados).

4.1. Conclusões.

As principais conclusões que se podem tirar do presente trabalho de Licenciatura são:

I - A bentonite de Boane pode ser utilizada quer para a produção de corpos adsortivos para o branqueamento, por ser de qualidade aceitável, quer para outros fins industriais por apresentar condições potenciais para tal.

II - As características dos óleos branqueados com bentonite preparada no laboratório situaram-se dentro dos limites preconizados na norma do óleo de girassol em uso na Fábrica de Óleos Ginwala.

III - O presente trabalho constitui uma das contribuições para se encontrar um caminho que permitirá ao País, a redução ou suspensão de exportação da matéria-prima (bentonite bruta) exportando material já processada, trazendo deste modo maiores rendimentos e uma redução de

gastos em importações de corpos adsortivos para o branqueamento.

4.2. Recomendações.

Como forma de melhorar, aperfeiçoar e continuar com o trabalho efectuado recomenda-se:

1. Uma cooperação entre o Departamento de Química da U.E.M na área de química-física (catálise) e a indústria que no presente momento faz a exploração da bentonite de Boane, como também com as indústrias que fazem a importação, comercialização e utilização dos corpos adsortivos.

2. A realização de testagem numa instalação piloto de corpos adsortivos produzidos laboratorialmente.

3. Recomenda-se o estudo do processo do branqueamento de óleos em solução de um solvente (hidrocarboneto) segundo o anexo 3.1 e a aplicação de processo de extração de óleos por solventes segundo o anexo 3.2.

4. Pesquisas e estudos mais aprofundados da bentonite nas regiões já descobertas e noutras, regiões quer de bentonite como também de outros minerais não-metálicos a que não foi possível realizar devido a vários factores. De notar que estes minerais tem um grande interesse na indústria após receber uma beneficiação específica, de forma a garantir a entrada nas indústrias nacionais e estrangeiras, trazendo deste modo, mais divisas, do ponto de vista económico a que o nosso país tanto necessita.

V. Bibliografia

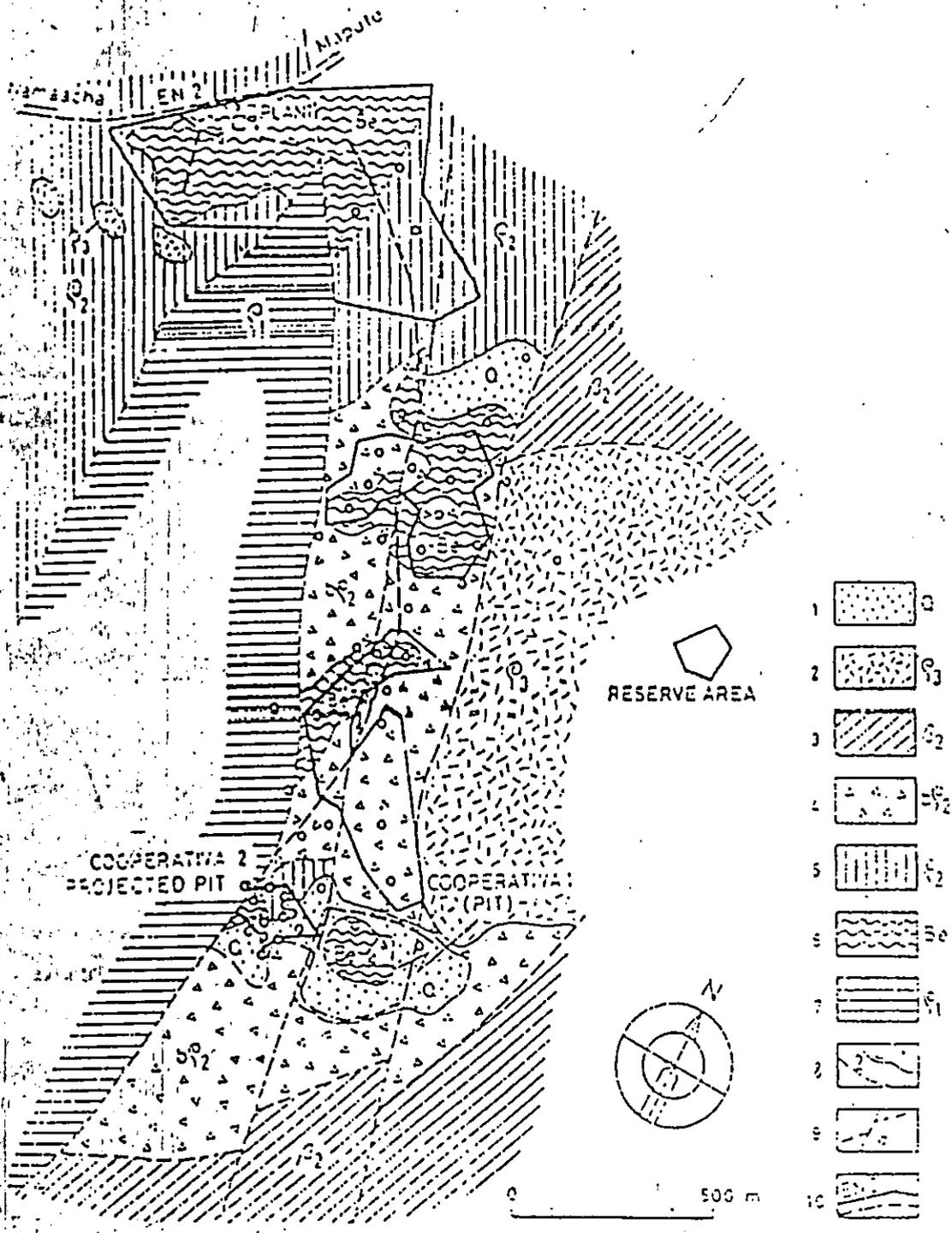
1. Austin, G. T. (1984); Shreve's chemical process industries, Fifth edition. McGraw-Hill Book company – Singapore International, edition, editor: Jean Zselezky and Rita Margolies. Pgs 509 - 522
2. Bello, J. A. P. (1997); Superfície Específica de uma Bentonita Mediante la Adsorción de Azul de Metileno. Revista Colombiana de Química Vol. 26, nº.1
3. Cilek, V. (1989); Industrial minerals of Mozambique, Ministry of Mineral Resources, NGIM (Relatório), Pgs. 146 - 155.
4. Davison, A. et al. Laboratory manual of physical chemistry Fourth edition, John Wiley & Sons nc. New York. Pgs. 24-184.
5. De Mello, F. A.F. e outros. (1983); Fertilidade de solo. Escola Superior de Agricultura. "Luz de Queiroz" USP . 3 edição . Piracicaba, . São Paulo. Págs. 38-47.
6. Dentel, S K. (1996); Use of Organo-clay adsorbent materials for groundwater treatment applications. Delaware. Newark, (Relatório), Submitted to Delaware State Water Research Institute Pgs. 1 - 37.
7. De Lira, F. B. P.(1973); Perfil analítico da bentonite, Ministério das minas e energia, departamento nacional da produção mineral. Rio de Janeiro . G.P.. Brasil. Pgs 1 - 26.
8. Ewing, G. W, (1972); Métodos Instrumentais de análise química, Vol1, Edgard Blucher, Ltd, São Paulo – Brasil, Pgs 46-187.
9. Griffith. J. (1992); Acid-activated bleaching clays. Ind. Miner276. 55-67.

10. Galen, F. (1954); A method for the determination of the cation exchange capacity of clay minerals and say .13,pgs. 141-156.
11. Herben, Peter H. (May 1999); The Industrial Minerals Handbook, 3rd editions, Morris, New York, Pgs.27-31.
12. Inglethorpe, S.D.J. et al. (1993); Industrial Minerals Laboratory Manual. Bentonite. Mineralogy and Petrology Group. B.G.S. Keyworth, Nottingham. INERC.Pgs. 1- 25.
13. Jackson, M.L. (1958);Soil chemical analysis,1^a ed-Prentice-Hall, INC. Englewood Cliffs, NJ, USA. Pgs. 38-49, 57- 68.
14. Morgan G. A. et al (1985); The function of bleaching earths in the processing of palm, palm kernel and coconut oils. J. Am. Oil Chem. Soc. 62, pgs 292-299.
15. Morgan D .J. (1978); Evolved gas analysis of minerals and natural mineral mixtures. J. Thermal Anal. 12, 245-263.
16. Mudd, S. W. (1937); Industrial Minerals and Rocks. First edition, Published by The American Institute of Mining and Metallurgical Engineers. New York. Pp 129-147.
17. Mehlenbacher, V.C. et al, (1989); Official methods and recommended of the American Oil Chemists Society, Vol-1,Fourth edition, Champaign, Illinois. USA. Pgs. 1-11.
18. Miller, J. C. e Miller, J. N. (1988); Statistic for analytical Chemistry, 2nd edition.. New York, Wiley – Interscience. Pgs 402.
19. Ohlweiler, O. A.. (1987); Química analítica quantitativa, 3^a ed- Rio de Janeiro . LTC. Livros técnicos e científico editora. Pgs 111- 118, 241-273.

20. Punukallu, S.N.(Frb.1992); Report on Exploration of Boane Bentonite Depósito. Project Moz/86/023.. (Relatório). Pgs 1-40.
21. Richardson L. L. .(1978); Use of beaching clays in processing edible oils. J. Am. Oil Chem. Soc55, 777-780.
22. Shaw, D. J. () Introdução a química dos colóides e de superfícies:1ª ed-editora Edgard Blucher Ltda. Editora de U. de São Paulo. Pgs. 74 - 89.
23. Thomas, H. C. (1954); Clays and clay minerals, Proceedings of the Third national conference clays and lay minerals.17,pgs. 211-222.
24. Vogel, Artur I.(1992); Análise Química Quantitativa, 5ª edição, L.T.C. editora Rio de Janeiro. Pgs. 32-85.
25. Willard, H, et al, (1965); Análise Instrumental , 4⁰ edição, edição da Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa- Portugal . Pgs. 37-85.
26. Zuberec, Jan; Sykora, Juraj. (Maputo/31/04/1981); A Situação Geológica-Tecnológica e o Cálculo das Reservas da Zona de Bentonite – Luzinada . D.N.G.; (Relatório).Pgs. 1-25.

Anéxos

Anexo 2.



- | | | | |
|---|-----------------------------------|----|--|
| 1 | Quaternary deposits | 5 | bentonite |
| 2 | dyolite, intrusive of third phase | 7 | dyolite and tuff of first phase |
| 3 | basalt, second phase | 8 | geological boundary-certain, uncertain |
| 4 | dyolite breccia, second phase | 9 | fault, borehole |
| 5 | dyolite, second phase | 10 | ridge |

Produção local da bentonite activada para o processo de branqueamento de óleos vegetais

Anexo 3

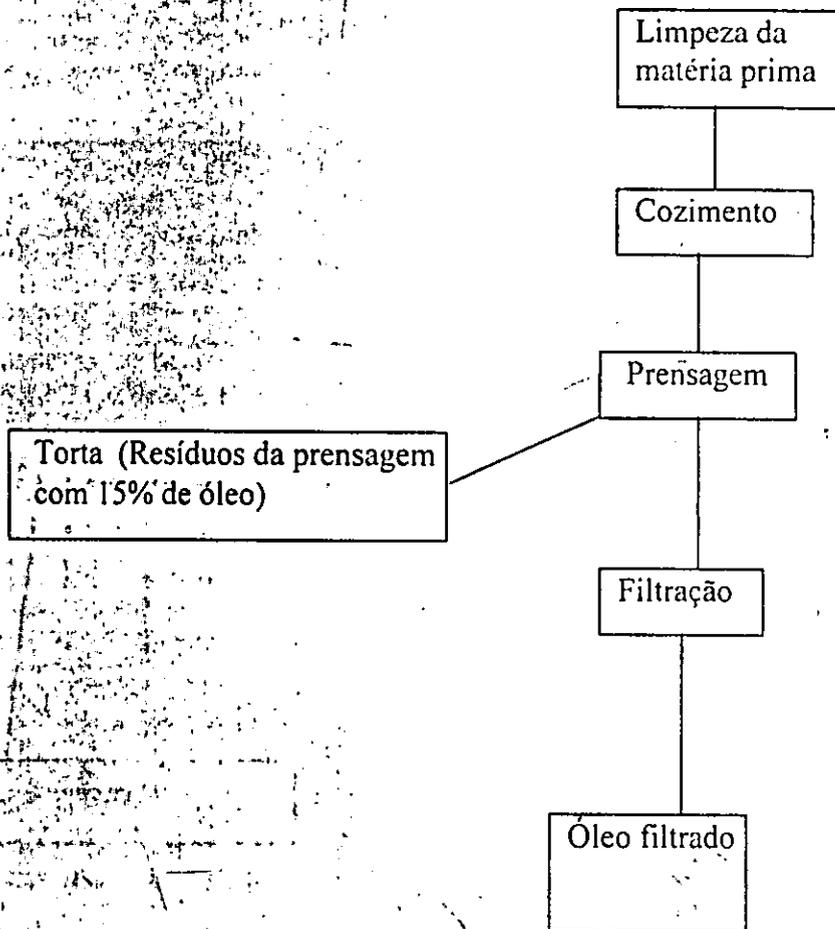


Diagrama 2. Esquematização do processo de prensagem ou mecânico

Continuação - Anexo 3. 1.

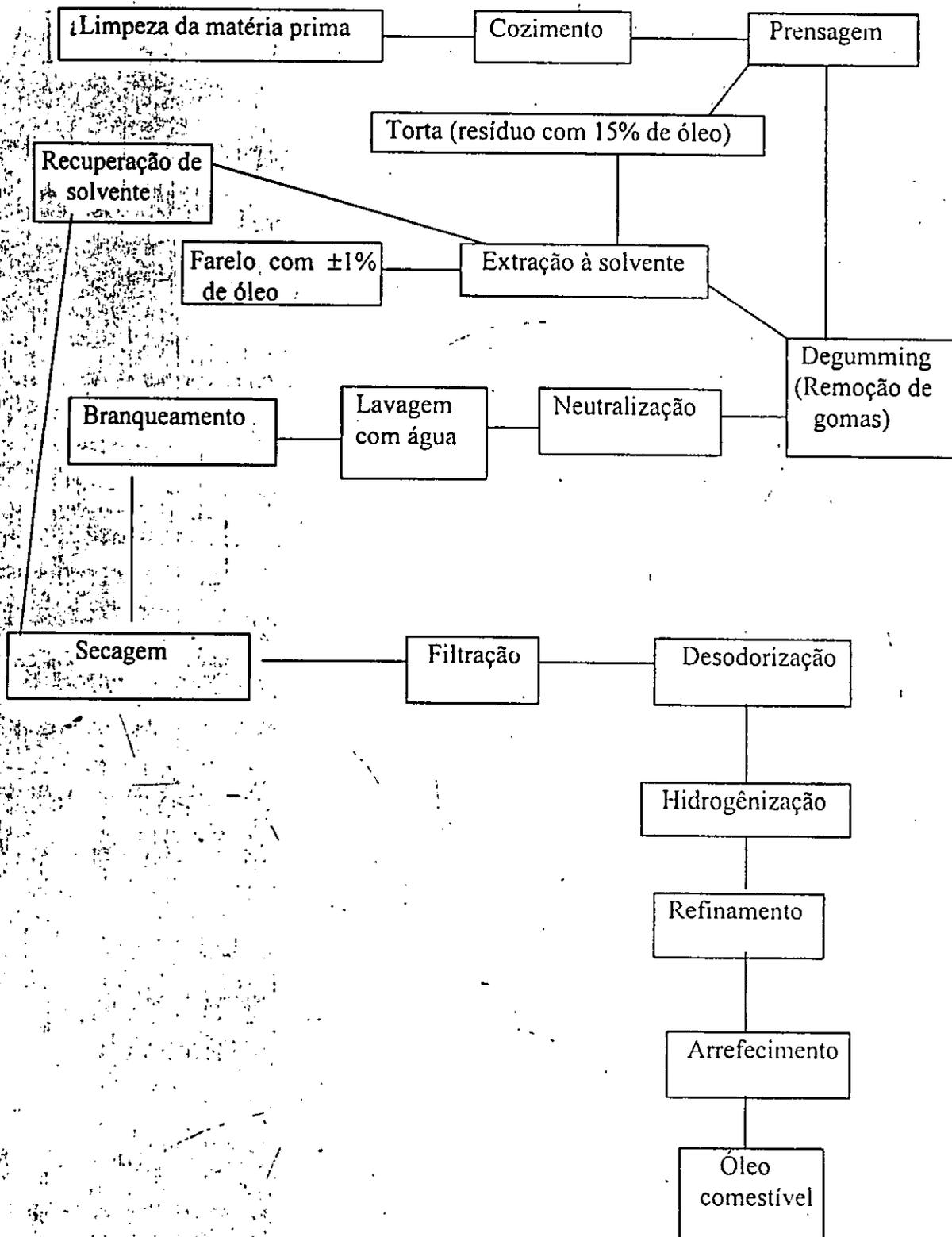


Diagrama 4. Esquemática do processo de extração de óleo a solvente e prensagem.

Continuação - Anexo 3. 2.

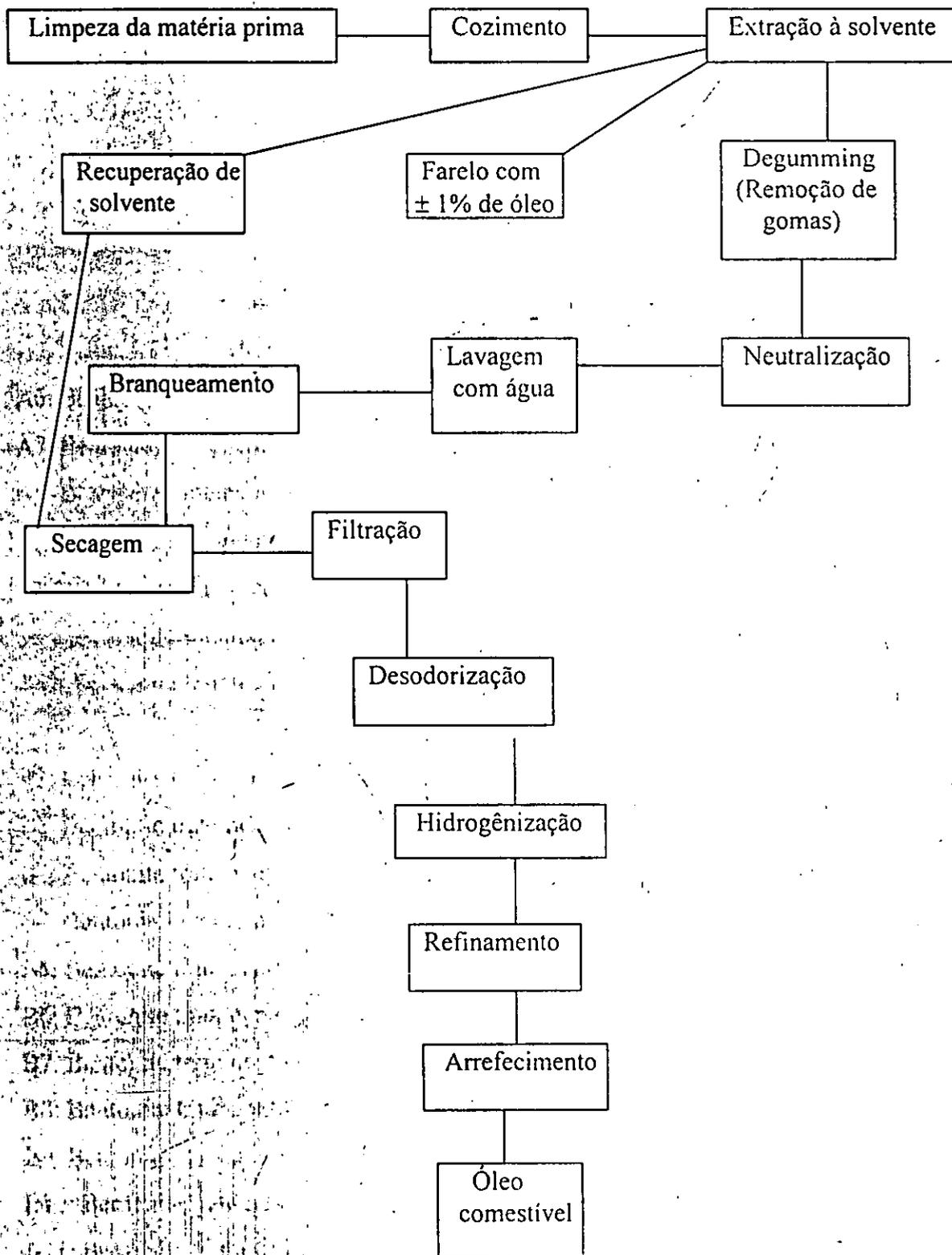


Diagrama 3. Esquematização do processo de extração de óleo a solvente

Anéxo 4.

Modelo de rotulação das amostra dos ensaios.

- A1: Bentonite tratamento com HCl, 15 % e tempo de 6 horas.
A2: Bentonite tratamento com HCl, 15 % e tempo de 8 horas.
A3: Bentonite tratamento com HCl, 15 % e tempo de 10 horas.
A4: Bentonite tratamento com HCl, 15 % e tempo de 12 horas.
A5: Bentonite tratamento com HCl, 20 % e tempo de 6 horas.
A6: Bentonite tratamento com HCl, 20 % e tempo de 8 horas.
A7: Bentonite tratamento com HCl, 20 % e tempo de 10 horas.
A8: Bentonite tratamento com HCl, 20 % e tempo de 12 horas.
A9: Bentonite tratamento com HCl, 36 % e tempo de 6 horas.
A10: Bentonite tratamento com HCl, 36 % e tempo de 8 horas.
A11: Bentonite tratamento com HCl, 36 % e tempo de 10 horas.
A12: Bentonite tratamento com HCl, 36 % e tempo de 12 horas.
- B1: Bentonite tratamento com H₂SO₄, 15 % e tempo de 6 horas.
B2: Bentonite tratamento com H₂SO₄, 15 % e tempo de 8 horas.
B3: Bentonite tratamento com H₂SO₄, 15 % e tempo de 10 horas.
B4: Bentonite tratamento com H₂SO₄, 15 % e tempo de 12 horas.
B5: Bentonite tratamento com H₂SO₄, 20 % e tempo de 6 horas.
B6: Bentonite tratamento com H₂SO₄, 20 % e tempo de 8 horas.
B7: Bentonite tratamento com H₂SO₄, 20 % e tempo de 10 horas.
B8: Bentonite tratamento com H₂SO₄, 20 % e tempo de 12 horas.
B9: Bentonite tratamento com H₂SO₄, 36 % e tempo de 6 horas.
B10: Bentonite tratamento com H₂SO₄, 36 % e tempo de 8 horas.
B11: Bentonite tratamento com H₂SO₄, 36 % e tempo de 10 horas.
B12: Bentonite tratamento com H₂SO₄, 36 % e tempo de 12 horas.

Continuação - Anéxo 4.1

- C1: Bentonite tratamento com HNO_3 , 15 % e tempo de 6 horas.
- C2: Bentonite tratamento com HNO_3 , 15 % e tempo de 8 horas.
- C3: Bentonite tratamento com HNO_3 , 15 % e tempo de 10 horas.
- C4: Bentonite tratamento com HNO_3 , 15 % e tempo de 12 horas.
- C5: Bentonite tratamento com HNO_3 , 20 % e tempo de 6 horas.
- C6: Bentonite tratamento com HNO_3 , 20 % e tempo de 8 horas.
- C7: Bentonite tratamento com HNO_3 , 20 % e tempo de 10 horas.
- C8: Bentonite tratamento com HNO_3 , 20 % e tempo de 12 horas.
- C9: Bentonite tratamento com HNO_3 , 36 % e tempo de 6 horas.
- C10: Bentonite tratamento com HNO_3 , 36 % e tempo de 8 horas.
- C11: Bentonite tratamento com HNO_3 , 36 % e tempo de 10 horas.
- C12: Bentonite tratamento com HNO_3 , 36 % e tempo de 12 horas.

Anexo 5.

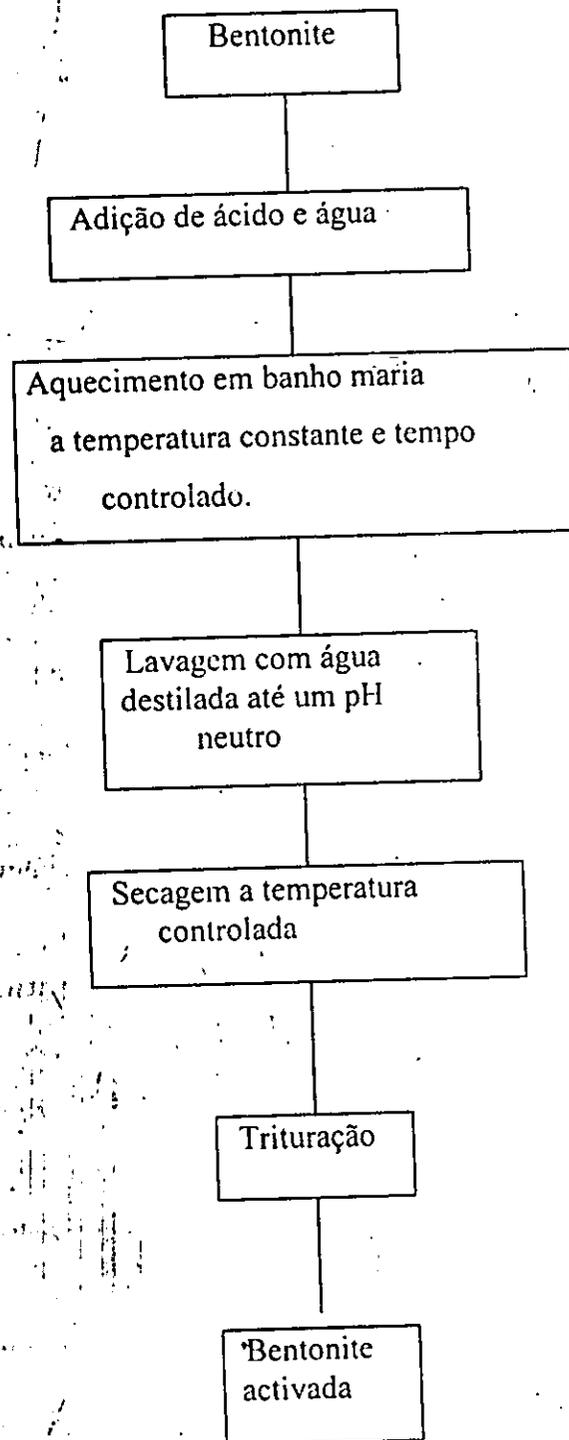


Diagrama 6. Fluxo do processo usado para a activação da bentonite

Anexo 6.

1. Instrumentação

Na concepção do aparelho, a finalidade principal a atingir é a obtenção de um largo espectro e de um dispositivo que permita isolar a banda de comprimentos de onda apropriada a determinado ensaio.

Constituição de um espectrofotómetro

Um espectrofotómetro moderno consiste em cinco secções ou áreas como é mostrado na figura 3 mais adiante.

- *Fonte de energia radiante*
- *Sistema dispersante ou monocromador*, para selecção de determinada banda de energia radiante.
- *Um sistema óptico ou fotómetro*, destinado a produzir um feixe paralelo de luz filtrada.
- *Secção de amostra.*
- *Detector de energia radiante não absorvida.*

Fontes de energia radiante

A função da fonte luminosa consiste em fornecer um feixe incidente suficientemente intenso para permitir determinações. Para ensaios no visível, a fonte de radiação é a lâmpada incandescente de tungsténio. Esta lâmpada é substituído por tubo de descarga de hidrogénio quando a absorção é determinada na região ultravioleta próximo [8,24].

Sistema dispersante

Limitando a banda de comprimento de onda que atravessa a amostra, de modo que corresponda à que é absorvida pela substância em análise aumenta-se consideravelmente a sensibilidade das medições em relação às variações de concentração da amostra. [8,24,25].

Suporte de amostra

A solução insere-se em qualquer parte do trajecto compreendido entre a fonte de radiação e o detector. Em geral, o suporte de amostra fica colocado imediatamente antes do detector e a seguir ao sistema dispersante. Quando se coloca antes desta última secção, toda a luz proveniente da fonte

Continuação - Anexo 6.1.

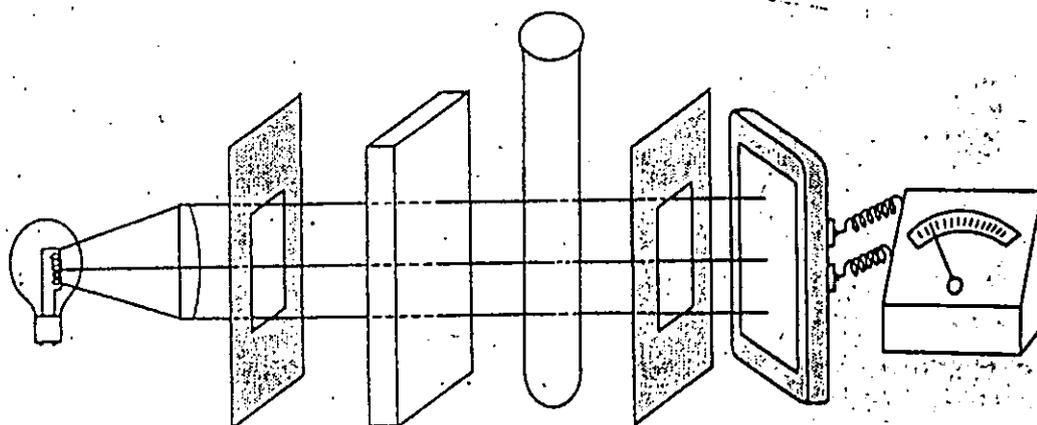
passa através da solução, não constituindo contudo, a luz difundida por esta última uma causa de erro importante, visto que, na sua maior parte, é rejeitada ao passar através do monocromador. No entanto, a fluorescência ou fotossensibilidade da amostra são factores a considerar, pelo que, quando as medidas são realizadas no visível ou ultravioleta, a amostra fica situada a seguir ao sistema dispersante [8,24].

Detectores

Qualquer dispositivo fotossensível pode ser utilizado como detector de energia radiante, desde que forneça uma resposta linear na zona do espectro utilizada, e possua suficiente sensibilidade de acordo com o fim em vista. No caso dos fotómetros em que se restringe a largura da banda radiante, utilizam-se fototubos e amplificadores para aumentar a intensidade do sinal de saída. O fotomultiplicador eléctrico fornece a intensidade máxima e permite a utilização de fendas extremamente estreitas [8,24].

Num espectrómetro, mais perfeito, o sistema dispersante é um prisma ou rede de difracção para isolamento da banda espectral desejada. A figura abaixo representa esquematicamente estes diversos elementos, cada um dos quais varia de acordo com o âmbito de aplicação do aparelho [8,24,25].

Continuação - Anexo 6.2



Fontes luminosas	Elementos ópticos	Amostra	Elementos dispersantes	Receptores
Lâmpada de Tungsténio	Lentes		Filtro de absorção	Tubos fotomultiplicadores
Arco de Xe ou Hg	Espelhos		Filtro de interferência	Célula de camada obstrutora
Lâmpada de descarga de H ₂ ou D ₂	Fendas e diafragmas		Prismas	Fototubos
Luz solar	Células de absorção		Redes	Vista humana

Figura 3 – Componentes ópticos dos fotômetros e espectrofotômetros