

**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA DOS MATERIAIS**

THIAGO DE SOUZA NUNES

**REMOÇÃO DE MANCHAS DE ÓLEO EM MEIO AQUOSO UTILIZANDO
AGREGADO DE VERMICULITA E COMPÓSITO DE PARAFINA COM
FERRITA**

**Rio de janeiro
2014**

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

THIAGO DE SOUZA NUNES

**REMOÇÃO DE MANCHAS DE ÓLEO EM MEIO AQUOSO
UTILIZANDO AGREGADO DE VERMICULITA E COMPÓSITO
POLIMÉRICO - MAGNÉTICO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Ciência dos Materiais do Instituto Militar de Engenharia como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Ciência dos Materiais.

Orientador: Prof. André Ben-Hur S. Figueiredo – D.C.
Prof. Ronaldo Sergio de Biasi – Ph.D.

Rio de Janeiro
2014

C2014

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha

Rio de Janeiro – RJ CEP: 22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

620.5 Nunes, Thiago de Souza.

N972r Remoção de manchas de óleo em meio Aquoso utilizando agregado de vermiculita com compósito de parafina com ferrita/Thiago de Souza Nunes; orientado por André Ben-Hur da Silva Figueiredo e Ronaldo Sérgio de Biasi – Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2014.

79p.:il.

Dissertação (mestrado) – Instituto Militar de Engenharia - Rio de Janeiro 2014.

1. Curso de Ciências dos materiais – teses e dissertações. 2. Nanotecnologia. I. Silva, André Ben-Hur. II Biasi, Ronaldo Sergio de. III. Título. IV. Instituto Militar de Engenharia.

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

THIAGO DE SOUZA NUNES

**REMOÇÃO DE MANCHAS DE ÓLEO EM MEIO AQUOSO
UTILIZANDO AGREGADO DE VERMICULITA E COMPÓSITO
POLIMÉRICO - MAGNÉTICO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Ciência dos Materiais do Instituto Militar de Engenharia como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências dos Materiais.

Orientadores: Prof. André Ben-Hur da Silva Figueiredo – D.C.

Co-orientador: Prof. Ronaldo Sérgio de Biasi – Ph.D.

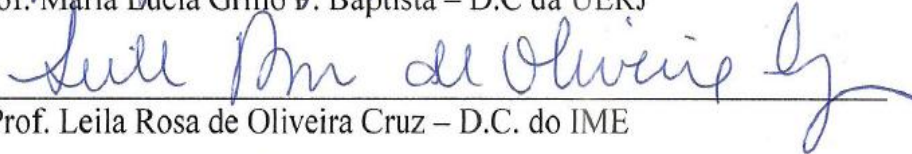
Aprovada em 26 de agosto de 2014 pela seguinte Banca Examinadora:



Prof. André Ben-Hur da Silva Figueiredo – D.C. do IME – Presidente



Prof. Maria Lúcia Grillo D. Baptista – D.C da UERJ



Prof. Leila Rosa de Oliveira Cruz – D.C. do IME



Prof. Ronaldo Sérgio de Biasi – Ph.D. do IME

Rio de Janeiro
2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao supremo e eterno Deus por me dar paciência, inteligência e por as pessoas certas na minha vida.

Agradeço aos meus pais Altamiro e Ilcéia pela confiança e perseverança a mim dedicados nas horas das dificuldades e sempre me amparando e incentivando.

Agradeço à Professora Isabel de Oliveira Nascimento, do corpo docente da UNISUAM, a quem considero parte de minha família, por ter acreditado em mim, desde a graduação, quando me aceitou como seu monitor em geologia do petróleo e geofísica.

Agradeço à Professora Ingridy Santos Lopes, coordenadora do curso de engenharia de petróleo da UNISUAM, por ter acreditado em minha capacidade.

Agradeço ao meu Professor Orientador André Ben-Hur da Silva Figueiredo, com quem muito aprendi, pela paciência, amizade, conselhos. Tudo isso ajudou a confecção deste trabalho.

Agradeço ao Professor Orientador Ronaldo Sérgio de Biasi, por acreditar no trabalho, corrigir e aconselhar, de forma bela e prospera para o resultado deste.

Agradeço ao Doutorando do Instituto Militar de Engenharia, Gabriel Burlandy Mota de Melo, pois sua colaboração foi decisiva para o desenvolvimento deste trabalho obrigado pelo apoio, incentivo.

Agradeço à Doutoranda do Instituto Militar de Engenharia, Danielle Gomes Carvalho, por ajudar na análise dos resultados da difração de raios X usando o programa TOPAS.

Agradeço ao mui amigo e companheiro pelas horas de estudos com noite perdidas de sono Filipe de Cunha.

Agradeço aos professores que compõem o corpo docente do curso de pós- graduação em Ciência dos Materiais do Instituto Militar de Engenharia pois contribuíram ativamente tanto para a minha formação acadêmica quanto meu pensamento científico.

Agradeço ao Coronel Souza Lima pelo estágio na graduação.

Agradeço com todas as minhas forças a uma mulher em especial que foi decisiva para minha entrada no IME com muitos incentivos. Obrigado pela paciência, aturando meu humor por causa das noites em claro para as provas e desenvolvimento deste trabalho. Erika Nunes, minha esposa, te amo e não abro mão disso, jamais.

Agradeço também com o mesmo teor de satisfação ao CNPq por me apoiar de forma financeira.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	08
LISTA DE TABELAS.....	09
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Motivação para a pesquisa.....	15
1.2 Escolha do tema	16
1.3 Objetivo da pesquisa.....	16
1.4 Organização do trabalho.....	17
2 SÍNTESE POR COMBUSTÃO, MAGNETISMO E ESTRUTURA.....	18
2.1 Síntese por combustão.....	18
2.2 Magnetismo.....	19
2.2.1 Diamagnetismo.....	21
2.2.2 Paramagnetismo.....	21
2.2.3 Ferromagnetismo.....	21
2.2.4 Antiferromagnetismo.....	22
2.2.5 Ferrimagnetismo.....	22
2.3 Ferritas.....	23
3 AGREGADO.....	25
3.1 Introdução.....	25
3.2 Vermiculita.....	25
3.3 Vermiculita concentrada.....	26
3.4 Vermiculita expandida.....	27
3.5 Vermiculita expandida hidrofobizada.....	28
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
4.1 Preparação de ferrita pelo método de combustão.....	29

4.2	Tratamento da vermiculita com petrolato.....	30
4.3	Adsorção de óleo pela vermiculita.....	30
4.4	Preparação do compósito e arraste do agregado com mancha de óleo.....	32
4.5	Difração de raios x.....	35
4.6	Velocidade de arraste do agregado.....	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1	Introdução.....	37
5.2	Difratogramas de raios X.....	37
5.3	Capacidade de adsorção do Oilsorb.....	40
5.4	Adsorção da vermiculita expandida pura.....	42
5.5	Adsorção da vermiculita expandida hidrofobizada.....	43
5.6	Velocidade de arraste.....	45
5.6.1	Arraste de ferrita de cobalto com vermiculita.....	45
5.6.2	Arraste de ferrita de níquel com vermiculita.....	48
5.6.3	Arraste de ferrita de níquel-zinco com vermiculita.....	51
6	CONCLUSÕES.....	53
7	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	55
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
9	APÊNDICES.....	59
9.1	APÊNDICE 1:Tabelas com os testes de adsorção.....	60
9.1.1	APÊNDICE 2:Adsorção do Oilsorb.....	60
9.1.2	APÊNDICE 3:Adsorção de vermiculita expandida pura.....	63
9.1.3	APÊNDICE 4: Adsorção de vermiculita expandida hidrofobizada.....	66
9.2	APÊNDICE 5:Tabela com as velocidades de arraste do	69

9.2.1	APÊNDICE 6: Velocidade de arraste de 13,0%p de ferrita com vermiculita expandida pura.....	69
9.2.2	APÊNDICE 7: Velocidade de arraste de 28,5%p de ferrita com vermiculita expandida pura.....	72
9.2.3	APÊNDICE 8: Velocidade de arraste de 13,0%p de ferrita com vermiculita expandida hidrofobizada.....	74
9.2.4	APÊNDICE 9: Velocidade de arraste de 28,5%p de ferrita com vermiculita expandida hidrofobizada.....	77
9.3	APÊNDICE 10: Especificação do produto Oilsorb.....	79

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIG. 2.1 Momento magnético associado com elétron em órbita (a); movimento do elétron em torno de seu próprio eixo (b).....	20
FIG. 2.2 Estrutura espinélio da ferrita de cobalto.....	24
FIG. 3.1 Vermiculita concentrada, com aspecto lamelar.....	26
FIG. 3.2 Vermiculita expandida, com aspecto de verme.....	27
FIG. 4.1 Fluxograma com os testes da vermiculita.....	31
FIG. 4.2 Fluxograma das etapas de produção do compósito de cobalto, níquel e níquel-zinco com 13%p a 60 °C.....	32
FIG. 4.3 Fluxograma das etapas de produção do compósito de cobalto, níquel e níquel-zinco com 13%p a 90 °C.....	33
FIG. 4.4 Fluxograma das etapas de produção do compósito de cobalto, níquel e níquel-zinco com 28,5%p a 60 °C.....	33
FIG. 4.5 Fluxograma das etapas de produção do compósito de cobalto, níquel e níquel-zinco com 28,5%p a 90 °C.....	34
FIG 5.1 Difratoograma de raios X da ferrita de cobalto.....	38
FIG 5.2 Difratoograma de raios X da ferrita de níquel.....	38
FIG 5.3 Difratoograma de raios X da ferrita de níquel-zinco.....	39
FIG. 5.4 Agregado de 13%p de ferrita de cobalto com vermiculita pura.....	46
FIG. 5.5 Agregado de 28,5%p de ferrita de cobalto com vermiculita pura.....	47
FIG. 5.6 Agregado de 13%p de ferrita de cobalto com vermiculita hidrofobizada.....	47
FIG. 5.7 Agregado de 28,5%p de ferrita de cobalto com vermiculita hidrofobizada.....	48
FIG. 5.8 Agregado de 13%p de ferrita de níquel com vermiculita pura	49
FIG. 5.9 Agregado de 28,5%p de ferrita de níquel com vermiculita pura.....	49
FIG. 5.10 Agregado de 13%p de ferrita de níquel com vermiculita hidrofobizada.....	50
FIG. 5.11 Agregado de 28,5%p de ferrita de níquel com vermiculita hidrofobizada.....	50
FIG. 5.12 Agregado de 13%p de ferrita de níquel-zinco com vermiculita pura.....	51

FIG. 5.13 Agregado de 13%p de ferrita de níquel-zinco com vermiculita
hidrofobizada.....52

LISTA DE TABELAS

TAB 5.1 Parâmetros obtidos a partir dos difratogramas de raios X.....	40
TAB 5.2 Teste de adsorção de água, óleo e água/óleo pelo Oilsorb.....	41
TAB 5.3 Teste de adsorção de água, óleo e água/óleo pela vermiculita expandida pura.....	43
TAB 5.4 Teste de adsorção de água, óleo e água/óleo pela vermiculita hidrofobizada.....	44
TAB 5.5 Velocidade de arraste do agregado com ferrita de cobalto.....	46
TAB 5.6 Velocidade de arraste do agregado com ferrita de níquel.....	48
TAB 5.7 Velocidade de arraste do agregado com ferrita de níquel-zinco.....	51
TAB 9.1 Teste de adsorção de água pelo oilsorb.....	60
TAB 9.2 Teste de adsorção de óleo pelo oilsorb.....	61
TAB 9.3 Teste de adsorção de água/óleo pelo oilsorb.....	62
TAB 9.4 Teste de adsorção de água pela vermiculita expandida pura.....	63
TAB 9.5 Teste de adsorção de óleo pela vermiculita expandida pura.....	64
TAB 9.6 Teste de adsorção de água/óleo pela vermiculita expandida pura.....	65
TAB 9.7 Teste de adsorção de água com vermiculita expandida hidrofobizada.....	66
TAB 9.8 Teste de adsorção de óleo pela vermiculita expandida hidrofobizada.....	67
TAB 9.9 Teste de adsorção de água/óleo pela vermiculita expandida hidrofobizada.....	68
TAB 9.10 Velocidade de arraste de 13,0%p de ferrita de cobalto com vermiculita expandida pura.....	69
TAB 9.11 Velocidade de arraste de 13,0%p de ferrita de níquel com vermiculita expandida pura.....	70
TAB 9.12 Velocidade de arraste de 13,0%p de ferrita de níquel-zinco com vermiculita expandida pura.....	71
TAB 9.13 Velocidade de arraste de 28,5p de ferrita de cobalto com vermiculita expandida pura.....	72
TAB 9.14 Velocidade de arraste de 28,5p de ferrita de níquel com vermiculita expandida pura.....	73

TAB 9.15 Velocidade de arraste de 13,0%p de ferrita de cobalto com vermiculita expandida hidrofobizada.....	74
TAB 9.16 Velocidade de arraste de 13,0%p de ferrita de níquel com vermiculita expandida hidrofobizada.....	75
TAB 9.17 Velocidade de arraste de 13,0%p de ferrita de níquel-zinco com vermiculita expandida hidrofobizada.....	76
TAB 9.18 Velocidade de arraste de 28,5p de ferrita de cobalto com vermiculita expandida hidrofobizada.....	77
TAB 9.19 Velocidade de arraste de 28,5p de ferrita de níquel com vermiculita expandida hidrofobizada.....	78

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABREVIATURAS

IME - Instituto Militar de Engenharia

UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro

CBPF - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

ICSD - Inorganic Cristal Structure Data base

SHS - Self-propagating high-temperature synthesis

SÍMBOLOS

H - Campo magnético

B - Densidade de fluxo magnético

μ_0 - Permissividade magnética do espaço vazio

M_0 - Magnetização do espaço vazio

(B)_s - Densidade de fluxo devido às correntes superficiais

(H)_i - Intensidade de campo magnético

X - Suscetibilidade magnética

M - Metal divalente

RESUMO

Este trabalho teve por finalidade aumentar a adsorção de óleo pelos compósitos parafínico-ferrítico de cobalto (CoFe_2O_4), níquel(NiFe_2O_4) e níquel-zinco ($\text{Ni}_{0,7}\text{Zn}_{0,3}\text{Fe}_2\text{O}_4$). Para isso um agregado foi formado composto de vermiculita e compósito. Os três tipos de vermiculitas testadas foram: Oilsorb (vermiculita industrialmente tratada), vermiculita expandida pura e vermiculita expandida hidrofobizada com vaselina(petrolato).

Para a formação do compósito foram preparadas nanopartículas de ferrita usando o método de combustão, misturadas com parafina nas proporções em peso de 13%, e 28,5% de ferrita, a mistura foi aplicada a uma mancha de óleo. Após a aplicação do compósito a vermiculita foi aspergida e em seguida determinado a velocidade de arraste do agregado sob a ação de um campo magnético.

As vermiculitas Oilsorb e pura foram aplicadas diretamente, enquanto a hidrofobizada teve um tratamento térmico inicial com petrolato.

ABSTRACT

This paper aims to increase the adsorption of oil by cobalt paraffinic-ferritic composites (CoFe_2O_4), nickel (NiFe_2O_4) and nickel-zinc ($\text{Ni}_{0.7}\text{Zn}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$). For that an aggregate was formed composed of vermiculite and composite. The three types of vermiculite were tested: Oilsorb (industrially treated vermiculite), pure expanded vermiculite and expanded vermiculite hydrophobized with petroleum jelly (petrolatum).

For the formation of the composite ferrite nanoparticles were prepared using the combustion method, mixed with wax in the weight proportions of 13% and 28.5% of ferrite, the mixture was applied to an oil slick. After application of the composite was sprayed vermiculite and then determined to aggregate drag speed under the action of a magnetic field.

The Oilsorb and pure vermiculite were applied directly, while the hydrophobized had an initial heat treatment with petrolatum.

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA

Muitos derramamentos de óleo em oceanos, mares, lagoas e no solo vêm contribuindo para a degradação do meio ambiente. Para amenizar esse problema têm sido usados métodos de contenção e remoção de óleo, como remoções mecânicas, espumas absorventes, jato de água de alta ou baixa pressão, limpeza natural e até corte de vegetações contaminadas.

Com o intuito de contribuir com um método de remoção de óleo, CARVALHO e FIGUEIREDO (2009) desenvolveram um método empregando nanopartículas de ferrita de cobalto CoFe_2O_4 para remover pequenas manchas de óleo sobre o espelho da água. Para isso as nanopartículas eram dispersas diretamente sobre a mancha de óleo, a seguir, um campo magnético externo era aplicado, daí a mancha com as nanopartículas se carreavam no sentido e direção do campo magnético aplicado. Tendo em vista sua fácil execução e vantagem econômica, os autores propuseram que o modelo poderia ser utilizado a grandes dimensões e em larga escala, como na remoção de óleo no mar provocada por derramamento de óleo.

MELO (2014) propôs a utilização de um compósito magnético que seria aplicado em estado líquido, sobre uma pequena mancha de óleo na superfície da água. Neste compósito se utiliza a parafina como matriz e nanopartículas magnéticas de ferrita de cobalto (CoFe_2O_4) como material estruturador. O objetivo da parafina é de evitar a oxidação, precipitação e aglomeração, enquanto a ferrita dá a característica magnética ao compósito, permitindo o controle sobre a mancha de óleo. Juntas, irão conter e remover pequenas manchas na superfície da água.

A parafina utilizada por MELO (2014) permitiu uma solução rápida, fácil e barata para evitar a oxidação, precipitação e aglomeração das ferritas de cobalto propostas por CARVALHO e FIGUEIREDO (2009) para a remoção de pequenas manchas de óleo no espelho da água. Entretanto, o compósito desenvolvido por Melo apresenta baixa adsorção de óleo. Tendo isso em vista, foi adicionada uma fase

preliminar onde se despeja vermiculita na mancha para maximizar a adsorção de óleo e em seguida, se derrama o compósito proposto por MELO (2014), com a finalidade de reter a vermiculita impregnada com óleo, que após solidificação, será atraído por um campo magnético aplicado.

A vermiculita $\{(Mg, Fe)_3 [(Si, Al)_4 O_{10}] (OH)_2 4H_2O\}$ é um mineral da família dos filossilicatos, constituída de silicatos hidratados de magnésio, alumínio e ferro, podendo ser encontrada como concentrada ou expandida. Na forma concentrada, apresenta superfícies lamelares de silicatos; já na forma expandida, após sofrer um processo de cominuição mecânica e tratamento térmico entre 600 e 1000°C, se expande em consequência da introdução de água entre as lamelas de silicato (FERRAZ, 1971).

Entretanto, segundo MARTINS (1992), muitas foram as frustrações em se utilizar a vermiculita expandida de forma pura, sem uma hidrofobização, no tratamento de águas contaminadas com petróleo e derivados. Fica claro que a vermiculita pura possui baixa capacidade de adsorção de compostos orgânicos, havendo a necessidade da sua hidrofobização. A partir disso, uma vermiculita hidrofobizada com vaselina será utilizada junto ao compósito para a remoção de óleo disperso sobre a superfície da água.

1.2 ESCOLHA DO TEMA

Percebendo as muitas perdas que a indústria e humanidade vêm sofrendo com os muitos derramamentos de óleo, torna-se necessário fazer sua remoção de forma limpa, rápida e segura, para que então possam ser restituídos os investimentos empregados, recuperando assim a fauna e flora marinha.

1.3 OBJETIVO DA PESQUISA

O objetivo desta pesquisa é aumentar a adsorção de óleo do compósito parafínico-ferrítico em até quatro vezes, utilizando um mineral chamado vermiculita, seja puro ou

hidrofobizado com vaselina.

Será executado um estudo de viabilidade do agregado aplicando-o em manchas de óleo para determinar sua capacidade de adsorção por meio de pesagem. Também, será feita uma comparação de adsorção entre três tipos de vermiculita, oilsorb, pura e hidrofobizada com petrolato.

Por fim, serão determinadas as velocidades de arraste de uma mancha de óleo utilizando o compósito de parafina com, respectivamente, 13%p e 28,5%p de ferrita de cobalto, agregado a vermiculita pura e hidrofobizada.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No capítulo a seguir serão discutidos o magnetismo e síntese de combustão das nanopartículas. No terceiro capítulo tem-se a explanação sobre o agregado, vermiculita crua, expandida e a vaselina, no quarto serão discutidos os materiais e métodos para a adsorção e arraste das manchas de óleo. No quinto capítulo são apresentados e discutidos os resultados. O sexto capítulo traz conclusões e o sétimo sugestões para pesquisas futuras.

2 SÍNTESE POR COMBUSTÃO, MAGNETISMO E ESTRUTURA

2.1 SÍNTESE POR COMBUSTÃO

As nanopartículas podem ser preparadas através de métodos físicos e químicos. O aspecto mais importante na preparação de uma amostra é a obtenção de um tamanho razoavelmente uniforme e conhecido das nanopartículas. O crescente interesse em produzir aparelhos na escala nanométrica fez com que o controle do tamanho dessas partículas receba cada vez mais atenção (HOU Y., 2005).

A técnica de processamento chamada de SHS (“self-propagating high-temperature synthesis”) ou síntese por combustão foi usada para a síntese de nanopartículas de ferrita de cobalto (YAN et al., 1999). Esta técnica consiste na ignição de uma mistura estequiométrica de nitratos de ferro e cobalto com glicina, produzindo uma reação química exotérmica auto-sustentada.

Existem dois modos básicos de reação de combustão: a reação de propagação e a reação homogênea. A reação de propagação ocorre quando a mistura reagente sofre uma ignição local seguida por uma onda de combustão que se propaga através da amostra (R.S. DE BIASI et al., 2007). A reação homogênea acontece quando a amostra é aquecida rapidamente até que a combustão ocorra simultaneamente em toda a sua extensão.

Esta reação é também chamada de “explosão térmica”. Durante o processo, a temperatura de combustão alcança valores muito altos, acima dos 1500 °C.

Algumas vantagens foram registradas na produção de ferritas pela síntese por combustão. Uma delas é a vaporização dos contaminantes voláteis devido às altas temperaturas de combustão, produzindo materiais de extrema pureza. Devido à não utilização de fornos e ao fato de o tempo de processamento ser da ordem de segundos, em vez de horas ou dias, são feitas economias de energia e de tempo.

Esta técnica consiste na ignição de uma mistura estequiométrica de nitratos em pó (agentes oxidantes) e agentes redutores (combustível) em água deionizada, produzindo uma reação química exotérmica auto-sustentada. Os agentes redutores

podem ser de vários tipos, porém os mais comuns são uréia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) e glicina ($\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$)

A reação de combustão acontece quando a mistura é aquecida em uma placa quente próximos dos 100°C , onde a combustão ocorra simultaneamente em toda a sua extensão. Esta reação é também chamada de “explosão térmica”. (YAN et. al., 1999, KIKUKAWA, et.al., 2004)

A síntese de nanopartículas pode ser feita por dois métodos, físico ou químico. A obtenção de um tamanho razoavelmente uniforme de nanopartícula tem destaque pois podem aumentar ou diminuir a área superficial das ferritas, isso pode ser conseguido através de uma razão de glicina/nitrato controlada estequiometricamente. (ZHANG et al., 2006).

2.2 MAGNETISMO

Segundo KITTELSON (1998) as nanopartículas de ferrita de cobalto, níquel e níquel-zinco são superparamagnéticas, podendo manter um comportamento paramagnético acima da temperatura de Curie, temperatura a qual o material deveria não apresentar um comportar magnético.

As muitas formas de magnetismo estão ligadas diretamente ao campo magnético e suscetibilidade magnética, por isso para entender as formas de magnetismos precisa-se entender, estes conceitos.

O campo magnético (\mathbf{H}) relaciona a densidade de fluxo magnético(\mathbf{B}), com a permissividade magnética do espaço vazio(μ_0) menos a magnetização do espaço vazio (M_0), como descreve a equação 2.1.

$$\mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu_0} - M_0 \quad (2.1)$$

A suscetibilidade magnética permite perceber a intensidade de atuação do campo magnético sobre um material, ou seja, é a resposta magnética a um campo externo. Através da suscetibilidade magnética pode-se perceber transição de fases ou a ordenação magnética. A suscetibilidade magnética relaciona densidade de fluxo devido às correntes superficiais (\mathbf{B})_s (equação 2.2) e a intensidade de campo magnético (\mathbf{H})_i

(equação 2.3).

$$(\mathbf{B})\mathbf{s} = \left(\frac{Ni}{l}\right)_s \quad (2.2)$$

$$(\mathbf{H})\mathbf{i} = \frac{Ni}{l} \quad (2.3)$$

Logo suscetibilidade magnética;

$$X = \frac{(\mathbf{B})\mathbf{s}}{(\mathbf{H})\mathbf{i}} \quad (2.4)$$

A suscetibilidade magnética pode ser negativa ou positiva, quando negativa diz-se que o material é diamagnético. Sendo positiva, a temperatura ambiente, têm-se duas possibilidades. Se $x = 10^{-2}$, o material terá uma forma paramagnética, caso seja $x \geq 10^2$ uma forma ferromagnética. O antiferromagnético tem momento dipolar antiparalelos, porém quando na presença de um campo externo sua suscetibilidade magnética torna-se positiva.

Para que exista magnetismo em um determinado material, é necessário que exista movimento de partículas elétricas carregadas, uma espécie de diferencial de potencial. No caso do magnetismo os polos que estão em desequilíbrio eletrônico são os polos norte e o sul, criando um diferencial eletrônico, originando um dipolo magnético.

Esse dipolo pode ser originado por dois motivos (FIG.2.1), movimento orbital ao redor do núcleo (a) e do movimento do elétron em torno de seu próprio eixo (b). Lembrando que o momento magnético de spin pode ter dois sentidos na direção ao longo do seu eixo.

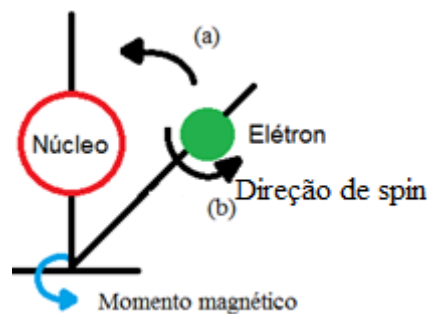


FIG. 2.1 Momento magnético associado a um elétron em órbita (a); movimento do elétron em torno de seu próprio eixo (b).

Alguns conceitos necessitam de serem desenvolvidos, como diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo, antiferromagnetismo e ferrimagnetismo.

2.2.1 DIAMAGNETISMO

É um tipo de magnetismo de fraca intensidade, mantendo-se apenas exposto a um campo magnético. É originado por uma mudança no momento orbital do elétron onde a intensidade magnética é ínfima e contrária ao campo externo aplicado. Um material só pode ser considerado magnético quando a sua magnetização é permanente, isso não ocorre com o diamagnético e o seguinte, paramagnético (BALANIS, 1989).

2.2.2 PARAMAGNETISMO

Ocorre em materiais em que os momentos magnéticos orbitais e de spin eletrônico não se cancelam totalmente, logo haverá a formação de um dipolo permanente. Sem a presença de um campo magnético externo o material não desenvolverá um caráter magnético, pois os momentos magnéticos estarão dispostos de forma aleatória. O alinhamento dos dois momentos magnéticos caracteriza o material como paramagnético (BALANIS, 1989).

2.2.3 FERROMAGNETISMO

Os materiais que tem momento magnético intenso e permanente são considerados magnéticos, independente da existência de um campo magnético externo. Isso é devido aos momentos magnéticos atômicos originados pela estrutura do próprio material em não se cancelarem. Porém quando aquecido, há a possibilidade de se desmagnetizar, caso ultrapasse a temperatura de Curie, quando resfriado a recupera.

Algumas das características intrínsecas dos materiais ferromagnéticos são: alinhamentos dos momentos magnéticos de spin dos átomos na rede serem tão forte, que a contribuição do momento orbital magnético se torna desprezível; maior

intensidade dentre outras formas de magnetismo; e ser facilmente percebida (BALANIS, 1989).

2.2.4 ANTIFERROMAGNETISMO

O antiferromagnetismo acontece quando há um acoplamento de todos os momentos magnéticos, um alinhamento antiparalelo, todos dispostos na mesma direção, porém em sentidos opostos. Esses momentos magnéticos podem se cancelar, caso tenham valores absolutos iguais ou reduzir se os valores forem distintos. Caso os valores absolutos sejam iguais o momento magnético resultante é nulo (BALANIS, 1989).

2.2.5 FERRIMAGNETISMO

Os ferrimagnéticos são bem semelhantes aos ferromagnéticos o que os diferencia é a origem dos momentos magnéticos. Nos ferrimagnéticos seus dipolos estão alinhados de forma paralela e antiparalela em relação ao campo aplicado. Os dipolos alinhados em paralelos são mais fortes que os dipolos antiparalelos, sendo assim responde de forma positiva aos campos externos aplicados (BALANIS, 1989, CRANGLE, 1991).

2.3 FERRITAS

Ferritas são óxidos metálicos MFe_2O_4 (M = metal divalente) de excelentes propriedades ópticas, elétricas, catalíticas e magnéticas. Estão classificadas como nanopartículas, com dimensões de até 100 nm, consideradas óxidos metálicos.

Costumeiramente os materiais mais utilizados dentro desta faixa são os cerâmicos, evidenciando, os óxidos de titânio, alumínio, e zinco (FONSECA et al, 2002).

Amplamente estudadas devido às propriedades como dureza, alta coercitividade e moderada magnetização de saturação, a ferrita irá fazer parte do compósito com parafina que dará sua contribuição para o agregado. Também está dentro de um grupo de minerais que cristalizam no sistema cúbico, com sítios octaédricos e tetraédricos, chamado espinélio.

Segundo CULLITY e GRAHAM, 2009, CARVALHO e FIGUEIREDO, 2013 a estrutura é CFC cúbica de faces centradas com simetria tetraédrica ou octaédrica. Contém 56 íons em sua célula unitária, o oxigênio situa-se nos vértices e os íons metálicos (M^{2+} e Fe^{3+}) nos interstícios.

A estrutura da ferrita AB_2O_4 está composta por cátions nos sítios tetraédricos e octaédricos, e os anions formam a estrutura cúbica. O espinélio é tido como normal quando A que são íons metálicos M^{2+} ocupam os sítios tetraédricos e B são íons metálicos Fe^{2+} ocupando sítios octaédricos como visto na EQ(2.5), ambos podem ser cátions divalentes, trivalentes e tetravalentes, o anion compõe a estrutura cúbica.

Como pode ser observado (FIG. 2.2) na estrutura da ferrita de cobalto, por exemplo, os sítios marrons são os tetraédricos e os rosas os octaédricos, ambos compõem cátions, os anions estão nas faces centradas. Caso A íons metálicos M^{2+} estejam nos sítios octaédricos e B íons metálicos Fe^{2+} no tetraédrico a estrutura se chamará espinélio invertido, como descrito na EQ(2.6).

Existe uma terceira classificação para o espinélio visto na EQ(2.7) chamado de espinélio inverso ou intermediário onde a quantidade de íons A que ocupam o sítio octaédrico determina o grau de inversão do espinélio em análise(SUZUKI, Y., 2001).

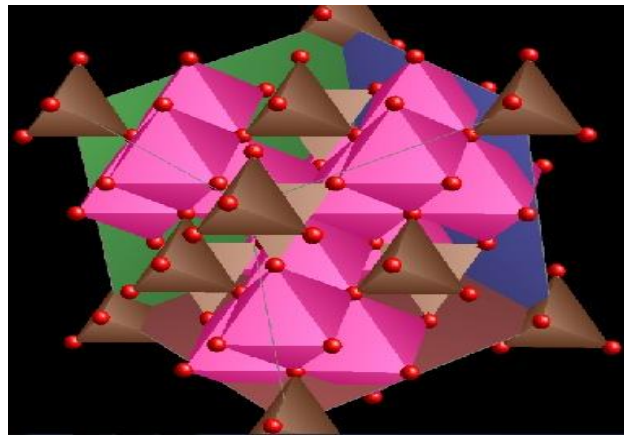
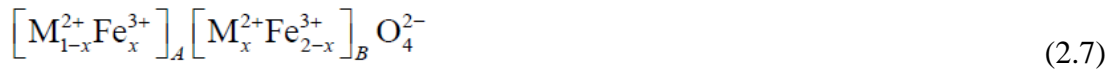


FIG. 2.2 Estrutura espinélio da ferrita de cobalto.

No presente trabalho foram utilizadas três ferritas para se fazer o arraste do agregado, cobalto, níquel e níquel-zinco. A ferrita de cobalto é do tipo espinélio inverso pois os íons Co^{2+} se encontram no sítio octaédrico e os íons Fe^{3+} no sítio tetraédrico (XIAO et. al., 2010). Segundo KAVAS et. al., 2009, SIVAKUMAR et. al., 2011, a ferrita de níquel tem um comportamento muito semelhante ao da ferrita de cobalto, onde os íons de Ni^{2+} estão no octaédrico e os íons de Fe^{3+} nos tetraédricos. A ferrita de níquel quando dopada, ou seja, adicionada com íons de Zn^{2+} , sofre uma melhora em suas propriedades magnética e elétrica pois os íons de Zn^{2+} ao ser introduzido desloca os íons de Fe^{2+} do seu sítio tetraédrico para o octaédrico, logo o Fe^{2+} passa a elevar o potencial magnético da ferrita tornando-a a ferrita de níquel-zinco (O'HANDLEY, 2000, VERMA et. al., 2011, NANDAPURE et. al., 2012).

3 AGREGADO

3.1 INTRODUÇÃO

Um agregado é a união harmoniosa de materiais ou objetos com o intuito de concorrer a um fim comum. Com esse intuito, a vermiculita hidrofobizada com vaselina foi utilizada junto ao compósito de parafina/ferrita para a remoção de óleo disperso sobre a superfície da água.

3.2 VERMICULITA

A vermiculita $\{(Mg, Fe)_3 [(Si, Al)_4 O_{10}] (OH)_2 4H_2O\}$ é um mineral ou argilomineral, da família dos filossilicatos (micas). É constituída de silicatos hidratados de magnésio, alumínio e ferro, podendo ser encontrada como concentrada ou expandida. A vermiculita é uma palavra que denota do latim *vermiculus*; esse nome foi dado devido ao fato de que quando ela se expande por aquecimento, os grãos finais se aparentam com vermes.

Muitas são as vantagens de usar a vermiculita para potencializar o compósito parafina-ferrita. Além de ser um material inorgânico, o Brasil já produz em grande quantidade 26.500 t/ano existindo reservas férteis. Os estados do Piauí, Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Paraná, Paraíba e Bahia têm destaque nesta produção. Sendo que do total, 76% são usados no país como isolante térmico e acústico e 12% como expandida. Sua densidade é inferior a da água, o que faz a vermiculita ser explorada em outras áreas como a de adsorção de manchas de óleo na superfície da água.

Segundo CAVALCANTE(2001), a vermiculita expandida é atualmente utilizada na indústria de concreto ultraleve, argamassa de reboco, argamassa termoisolante e na agricultura. Na forma concentrada, apresenta superfícies lamelares de silicatos; na forma expandida, após sofrer um processo de cominuição mecânica e tratamento

térmico entre 600 e 1000°C, se expande em consequência da introdução de água entre as lamelas de silicato (FERRAZ, 1971).

3.3 VERMICULITA CONCENTRADA

Na forma concentrada a vermiculita pode ser encontrada como: rocha ígnea, folhas nos diques de pegmatito, lavas felsíticas, pórfiros, gnaisses e xistos, muito semelhantes a moscovita. Também pode ser encontrada nas rochas ferro-magnesianas, porém em pouca quantidade (BASSET, 1963; DANA ET. AL., 1970; FERRAZ, 1971; KRIEGEL, 1940; MORAES, 1944). Normalmente é encontrada em regiões onduladas e montanhosas. É extraída ao ar livre de forma manual ou mecanizada. De todo o minério da jazida apenas 10% a 15% é vermiculita (MARTINS, 1992b).

A vermiculita concentrada tem densidade de 2,5 a 2,7 g/cm³ com uma coloração esverdeada e sua aparência é escamosa de aspecto lamelar, como mostra a FIG. 3.1 (LIN, 1998).



FIG. 3.1 Vermiculita concentrada, com aspecto lamelar.

3.4 VERMICULITA EXPANDIDA

Após a vermiculita concentrada ser aquecida em torno de 650 a 1000°C, desenvolve sua propriedade de expansão fazendo com que haja deformação axial do minério bruto, se transformando em vermiculita expandida. Essa deformação faz com que a vermiculita cresça de 15 a 25 vezes mais do que seu tamanho anterior (FERRAZ, 1971). Mas MORAES (1944), ROSEMBURG, (1969) e MARTINS, (2000) dizem que a temperatura acima de 150°C já há um aumento de tamanho. A vermiculita expandida tem uma estrutura feita por superfícies lamelares de silicatos intercaladas com camadas de água.

Tem uma coloração dourada FIG 3.2, densidade entre 0,06 a 0,2 g/cm³. É um material que constitui boas condições como adsorvedor (carregador), pois sua propriedade de superfície, grande área superficial específica, porosidade e carga superficial o potencializam.



FIG. 3.2 Vermiculita expandida, com aspecto de verme.

FULKERSON (1972) descreve alguns usos para a vermiculita expandida como: isolante térmico; barbotina para isolamento térmico de canalizações de vapor; adsorvente para purificação de águas residuais ricas em sais dissolvidos; fins agrícolas e por fim na remoção de camadas poluentes do petróleo na superfície de águas oceânicas.

Mas segundo MARTINS (1992), muitas foram as frustrações em se utilizar a vermiculita expandida de forma pura no tratamento de águas contaminadas com petróleo e derivados, deixando claro que a vermiculita pura possui baixa capacidade de adsorção de compostos orgânicos, havendo a necessidade da sua hidrofobização.

3.5 VERMICULITA EXPANDIDA HIDROFOBIZADA

Estudo de hidrofobização da vermiculita vem sendo desenvolvido por MARTINS (1992) que patenteou alguns agentes hidrofobizantes como etil silicato, organohalogeniossilanos, siloxanos e alguns polímeros, demonstrando suas necessidades e funcionalidades.

Diante dessa necessidade, foi aplicada na superfície do mineral uma camada de material orgânico, chamado coletor. O material coletor utilizado foi o petrolato (vaselina) junto à vermiculita para gerar afinidade com o óleo e repelir a água. De acordo com MARTINS, (2000) após a hidrofobização, a vermiculita poderá adsorver até quatro vezes o seu peso em óleo. Sua reutilização se dá através do uso do hexano como solvente.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

As ferritas utilizadas foram caracterizadas pelo método de raios X e preparadas pelo método de combustão proposto por YAN et. al. (1999). As vermiculitas utilizadas foram Oilsorb, pura e hidrofobizada, sendo que esta última necessitou de um tratamento térmico com petrolato. Para o teste de adsorção de água, óleo e óleo/água as vermiculitas ficaram expostas por um período a fim de que se tenha um grau de adsorção de cada líquido por meio de pesagem. O compósito desenvolvido por MELO 2014 foi utilizado nas proporções de 13%p, 28,5%p e experimentado nas temperaturas de 60 e 90⁰C para cada tipo de vermiculita, nos experimentos de arraste.

4.1 PREPARAÇÃO DE FERRITA PELO MÉTODO DE COMBUSTÃO

Foram fabricadas 10g de ferrita de cobalto (CoFe₂O₄), níquel (NiFe₂O₄) e níquel-zinco (Ni_{0,7}Zn_{0,3}Fe₂O₄) na razão molar Glicina-Nitrato (G/N) de 1,5, utilizando como combustível o agente redutor, glicina(C₂H₅NO₂).

Como proposto por YAN et. al. (1999), os nitratos foram pesados em uma balança da marca MARTE SLIM modelo M2K e diluídos em água deionizada, 5 béqueres de 100 mL com cada nitrato diluído em 30 mL de água, foram misturados de forma estequiométrica. A água teve função de diluir a mistura de forma homogênea. A 100°C água foi evaporada em uma placa quente da marca IKA - WERKE modelo RCTe após a secagem instantânea se deu a ignição, gerando uma queima em toda a extensão da amostra.

Os nitratos utilizados foram da marca Aldrich: Fe(NO₃)₃.9H₂O com 98% de pureza, Co(NO₃)₂.6H₂O com 98% de pureza, Ni(NO₃)₂.6H₂O com 97% de pureza, Zn(NO₃)₂.6H₂O com 98% de pureza, C₂H₅NO₂ com 98,5% de pureza.

4.2 TRATAMENTO DA VERMICULITA COM PETROLATO

Devido à superfície específica e porosidade, muitas foram as tentativas de utilizar a vermiculita expandida para o tratamento de águas contaminadas e adsorção de compostos orgânicos como petróleo e derivados, porém percebeu-se que sua capacidade de adsorção é falha, daí surgiu a necessidade de hidrofobizá-la (MARTINS, 1992). Devido à baixa capacidade de adsorção de compostos orgânicos, o agente hidrofobizador utilizado foi a vaselina.

A vaselina utilizada foi fornecida pelo laboratório Farmos. Sua aparência é pastosa de cor branca, inodora com temperatura de fusão de 62°C, atóxica, densidade de 0,84 g/ml, estável e insolúvel em água, o que permite uma aplicação segura e livre de contaminação.

A amostra de vermiculita foi submetida ao petrolato da seguinte forma: Em um Becker de 100 mL sobre uma placa quente a 60°C, colocou-se 2g de vaselina sólida branca pura, por aproximadamente 3 minutos. Após a liquefação do petrolato, 1 g de vermiculita foi adicionado e misturado com uma espátula por 1 minuto, para a completa adsorção da vaselina, em seguida esperou-se esfriar a temperatura ambiente.

4.3 ADSORÇÃO DE ÓLEO PELA VERMICULITA

Para o teste de adsorção três tipos de vermiculitas foram ensaiados para que se tivesse um limiar comparativo entre vermiculitas. Foram utilizadas a vermiculita Oilsorb, pura e hidrofobizada com petrolato. Os fluidos testados foram: água, óleo e água/óleo, como visto no Fluxograma abaixo (FIG. 4.1) .

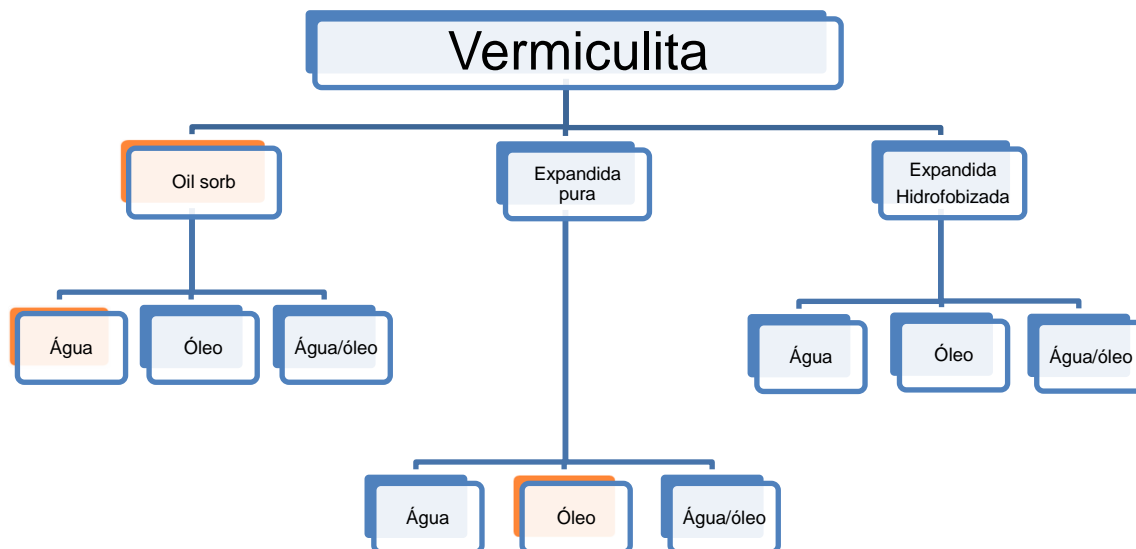


FIG 4.1 Fluxograma com os testes da vermiculita.

As vermiculitas foram pesadas antes do teste para que após se pudesse saber o quanto cada vermiculita adsorveu dos diferentes fluidos ensaiados. O tempo de exposição a cada um dos fluidos foi de 15 minutos para cada tipo de vermiculita.

A adsorção de água foi feita em 3 béqueres de 100 ml contendo 20 ml de água para 1g de vermiculita Oilsorb, pura. Para a expandida hidrofobizada foi de 3 g, devido 1g ser de vermiculita e 2 g de petrolato.

A adsorção de óleo foi feita em 3 béqueres de 100 ml contendo 20 ml de óleo para 1g de vermiculita Oilsorb, pura. Para a expandida hidrofobizada foi de 3 g, devido 1g ser de vermiculita e 2 g de petrolato.

A adsorção de óleo/água pelas vermiculitas foram verificadas derramando cada tipo de vermiculita a uma mistura de 40 mL com 3 béqueres de 100 ml sendo 20 ml de água e 20 ml de óleo. A emulsão de água/óleo foi feita a 50 °C, numa rotação de 1000 rpm em 20 min.

A vermiculita que teve melhor desempenho na adsorção de óleo foi a ensaiada nos testes de arraste.

4.4 PREPARAÇÃO DO COMPÓSITO E ARRASTE DO AGREGADO COM MANCHA DE ÓLEO

O compósito é constituído de ferrita onde a matriz é a parafina. Foram fabricados três tipos de ferritas nas proporções de 13%p a 60° FIG (4.2), 13%p a 90°C FIG (4.3), 28,5%pa 60°C FIG (4.4), 28,5%p a 90°C FIG (4.5), com cobalto, níquel e níquel-zinco. De cada composição foram feitas amostras em duas temperaturas, experimentadas com os três tipos de vermiculitas. O Ponto de fusão da parafina é de 55,8°C por isso foram escolhidas temperaturas próximas a 60°C e 90°C. Com essas temperaturas também se verificou a existência de alguma interferência no compósito devido ao decaimento da viscosidade com o acréscimo da temperatura.

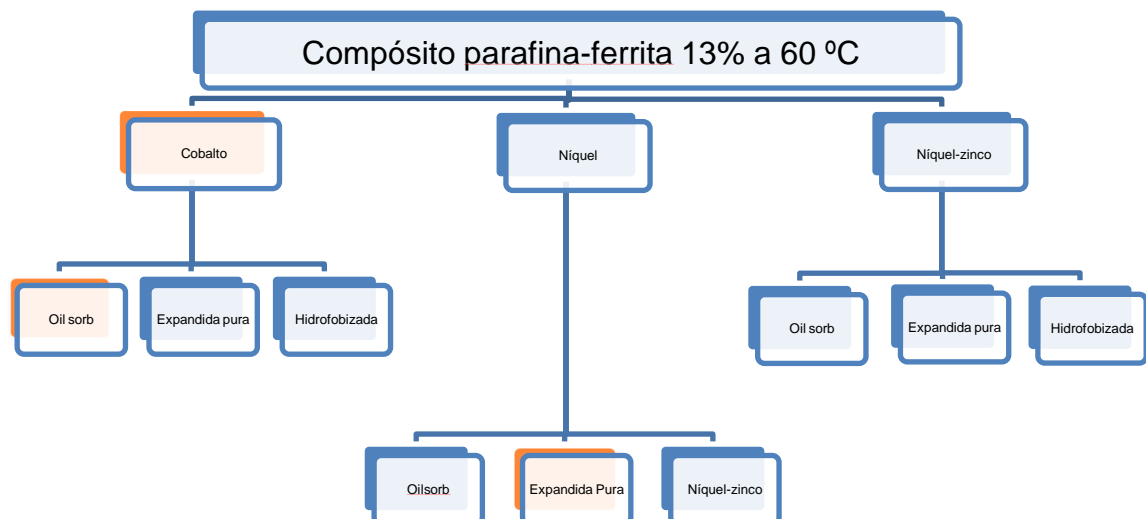


Figura 4.2 Fluxograma das etapas de produção do compósito de cobalto, níquel e níquel-zinco com 13%p a 60 °C.

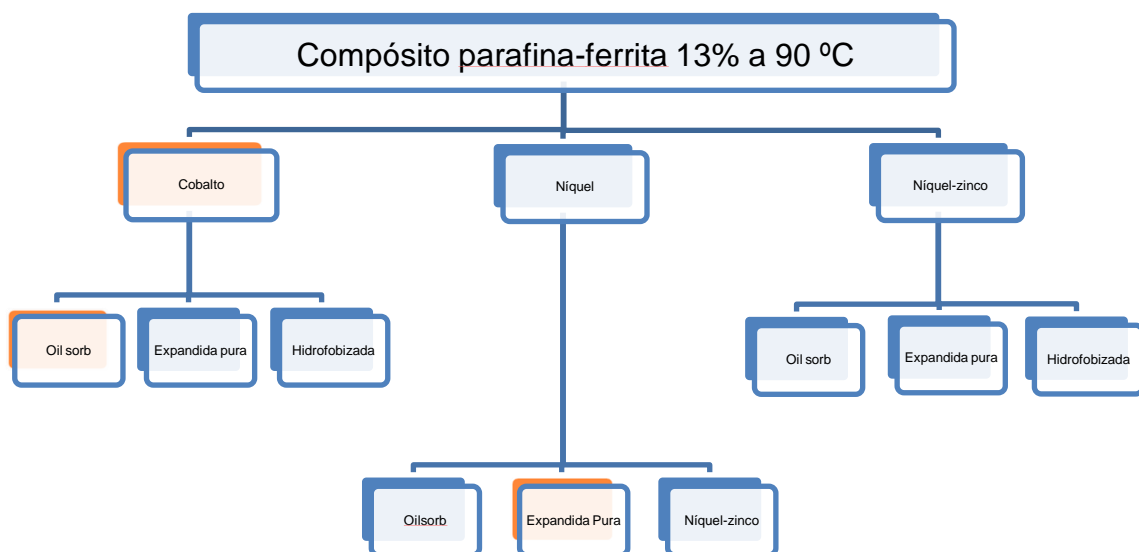


Figura 4.3 Fluxograma das etapas de produção do compósito de cobalto, níquel e níquel-zinco com 13%p a 90 °C.

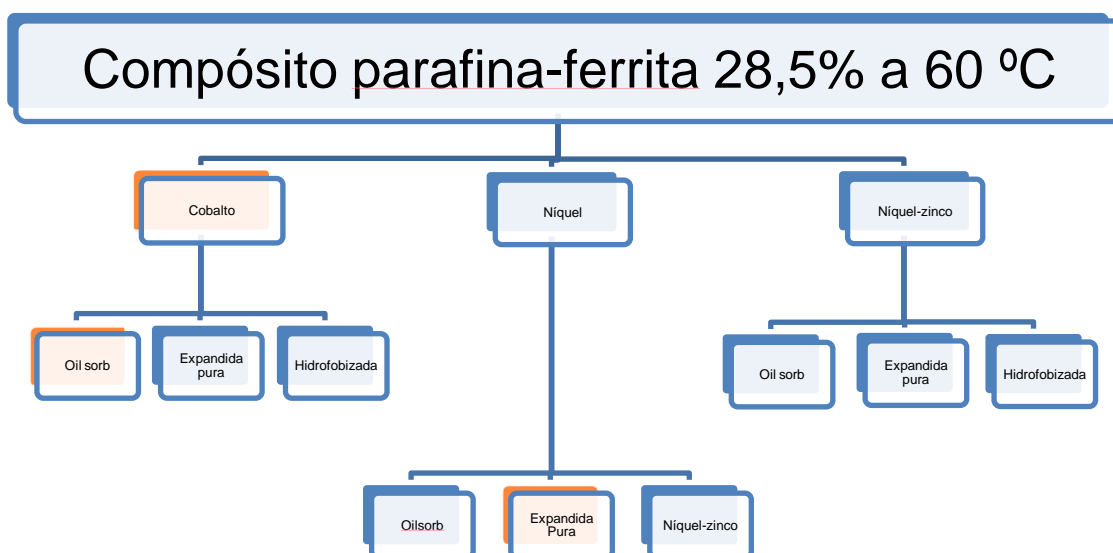


Figura 4.4 Fluxograma das etapas de produção do compósito de cobalto, níquel e níquel-zinco com 28,5%p a 60 °C.

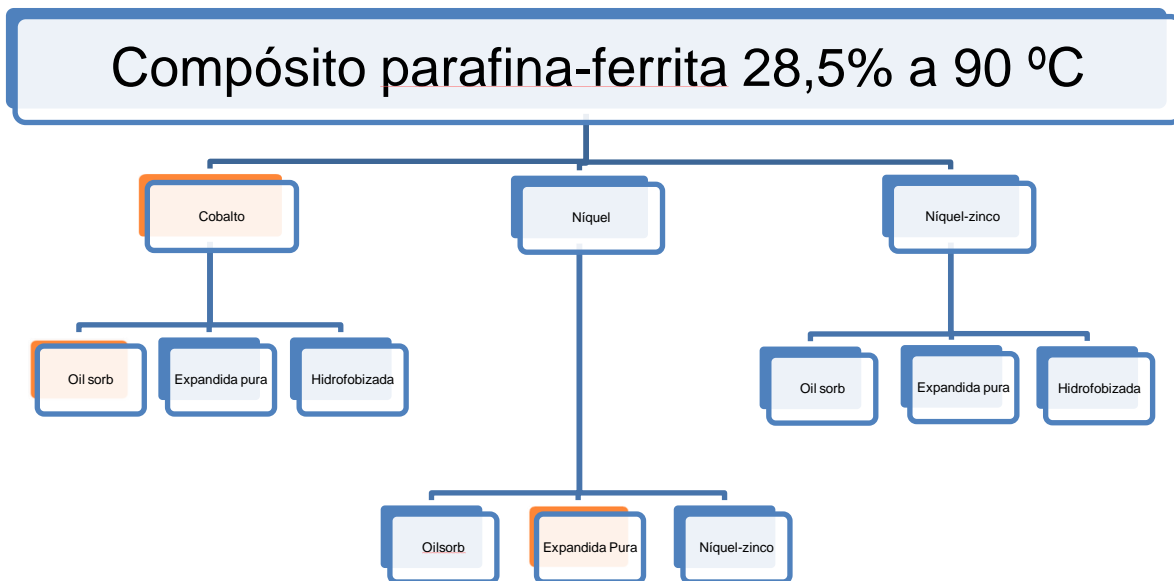


Figura 4.5 Fluxograma das etapas de produção do compósito de cobalto, níquel e níquel-zinco com 28,5%p a 90 °C.

Após a formação do compósito, este foi aplicado à mancha de óleo com vermiculita. A parafina se encontra no estado líquido, mas se solidifica ao entrar em contato com a água.

O arraste do agregado foi feito através da aplicação de um campo magnético como proposto por MELO (2014) utilizando um ímã que dista 10 cm da mancha.

Uma mancha de óleo SAE 20w 40, Havoline Texaco de 2 g foi adicionada sobre a água em um tanque de ondas da marca PASCO SCIENTIFIC modelo WA - 9773, em seguida 1 g de vermiculita foi aspergida sobre a mancha que após 15 min de adsorção recebeu o compósito de MELO, 2014, ainda no estado líquido que ao entrar em contato com a água se solidificou em um bloco. Por fim o bloco foi distanciado em 10 cm da fonte magnética (ímã) e cronometrado o tempo de partida desde o marco zero. O processo de distanciamento se repetiu por 20 vezes para cada temperatura, tipo de vermiculita e ferrita.

4.5 DIFRAÇÃO DE RAIOS X

A difração de raios X foi utilizada com o intuito de se observar o tamanho dos cristalitos, pois quanto menor os cristalitos maior será a área superficial que a ferrita cobrirá. Através dos raios X podem ser extraídas informações dos materiais cristalinos como tamanho de cristalito, orientação, parâmetro de rede e densidade. Para isso o método de Debye-Scherrer foi utilizado em conjunto com a difração de raios X, que se baseia na largura dos picos observados nos difratogramas, para estimar o tamanho médio dos cristalitos na estrutura cristalina.

Segundo CULLITY e STOCK (2001), o método se justifica de forma mais simples pela equação 5.1, sendo que λ é o comprimento de onda do feixe incidente, B é a largura a meia altura do pico mais intenso, t é o diâmetro médio dos cristalitos e θ_B é o ângulo central do pico.

$$B = \frac{0,9 \cdot \lambda}{t \cdot \cos \theta_B} \quad (4.1)$$

Os difratogramas foram obtidos em um difratômetro X Pert Pro Panalitical do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) utilizando uma fonte de cobre (Cu) e ajustados pelo método de Rietveld usando o software TOPAS Academic, versão 4.1. As fichas usadas foram extraídas do banco de dados Inorganic Cristal Structure Data base (ICSD).

4.6 VELOCIDADE DE ARRASTE DO AGREGADO

Sobre a mancha de óleo é depositada a vermiculita hidrofobizada, para que adsorva o óleo. Após despejo da vermiculita, o compósito parafina - ferrita de MELO (2014) é despejado para que contenha a vermiculita embebida de óleo em um bloco sólido. Tendo em vista a solidificação do agregado por efeito da parafina se consegue um maior controle da mancha sendo facilmente removida.

Sobre a superfície da água em um tanque de ondas foram adicionados 2g de óleo. Após formar uma mancha foram adicionadas 1g de vermiculita expandida pura, que ficaram sobre a mancha por 15 minutos. Em seguida o compósito foi aplicado para a formação de um bloco apreendendo toda a vermiculita embebida de óleo. Por fim o bloco foi posto a 13cm de um imã e determinado o intervalo de tempo que o bloco levou para percorrer 10 cm de distância.

A partir da razão entre a distancia percorrida pelo tempo, foi determinada a velocidade média de arraste. Este procedimento foi repetido 20 vezes.

O mesmo procedimento foi usado para determinar a velocidade de arraste utilizando 3 g de vermiculita hidrofobizada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo foram caracterizadas por difração de raios X as ferritas de cobalto, níquel e níquel-zinco para a razão G/N de 1,5. Em seguida foram apresentadas a capacidade de adsorção de três vermiculitas, Oilsorb, expandida pura e hidrofobizada, para cada um dos fluidos tais como água, óleo e água/óleo. Também estão apresentados os testes de arraste de uma mancha de óleo na água, utilizando como agregado as vermiculitas expandida pura e hidrofobizada, enfatizando a que melhor resultado apresentou na adsorção de óleo.

5.2 DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X

Os difratogramas de raios X foram analisados com ajuda do software TOPAS, utilizando o método Rietveld. Nas figuras (5.1), (5.2) e (5.3), a linha escura representa os difratogramas experimentais das amostras sintetizadas de ferrita de cobalto, níquel e níquel-zinco, sendo que particularmente na figura 5.2, o difratograma da ferrita de níquel aparece em azul. A linha vermelha representa os difratogramas determinados pelo método de Rietveld. A linha cinza representa a diferença do processo entre o difratograma experimental e o gerado pelo método de Rietveld. Os pequenos traços verticais localizados a baixo da linha cinza representam os picos coincidentes do difratograma gerado pelo método de Rietveld e pelo difratograma experimental.

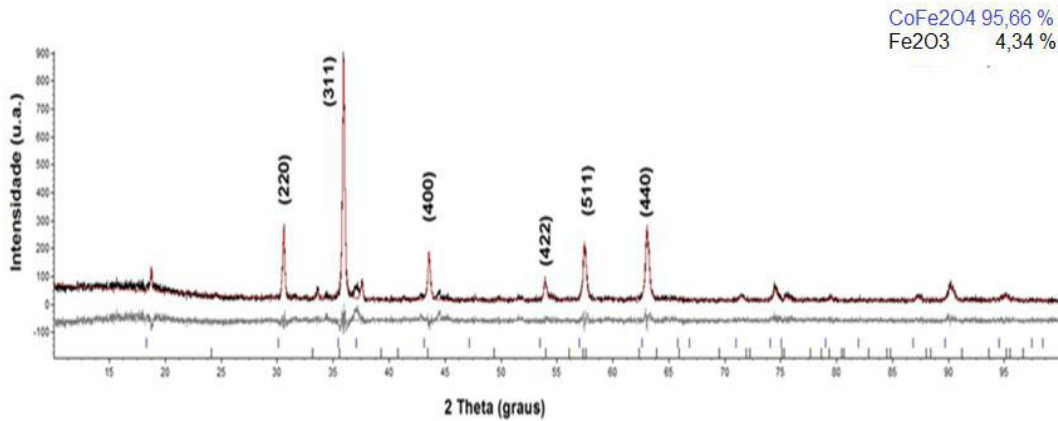


FIG 5.1 Difratoograma de raios X da ferrita de cobalto.

A FIG(5.1) mostra o difratograma da ferrita de cobalto, onde se formou 95,66% de ferrita, 4,34% de maghemita (Fe₂O₃). O tamanho médio de cristalito da fase ferrita foi de 62 nm, parâmetro de rede $a = 8,39 \text{ \AA}$ e massa específica de 5,20 g/cm³. Para a fase maghemita o tamanho médio de cristalito foi de 86 nm, parâmetros de rede $a = 5,04 \text{ \AA}$, $c = 13,75 \text{ \AA}$ e massa específica de 5,25 g/cm³.

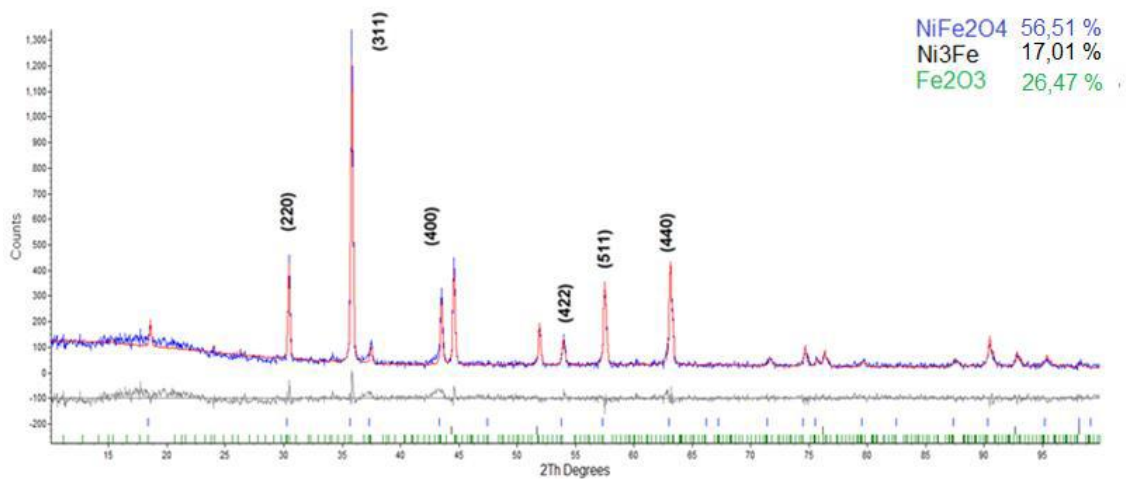


FIG 5.2 Difratoograma de raios X da ferrita de níquel.

Para a ferrita de níquel (FIG 5.2), houve formação de 56,51 % de ferrita, 26,47 % de maghemita e 17,01 % de tainita. A fase ferrita tamanho médio de cristalito de 111,70 nm, parâmetro de rede $a = 8,34 \text{ \AA}$ e massa específica de 5,36 g/cm³. A fase maghemita apresentou um tamanho médio de cristalito de 124 nm, parâmetros de rede a

= 8,36 Å, c = 25,08 Å e massa específica de 4,77 g/cm³. A fase tainita (Ni₃Fe) apresentou um tamanho médio de cristalito de 103 nm, um parâmetro de rede a = 3,53 Å e massa específica de 8,63 g/cm³.

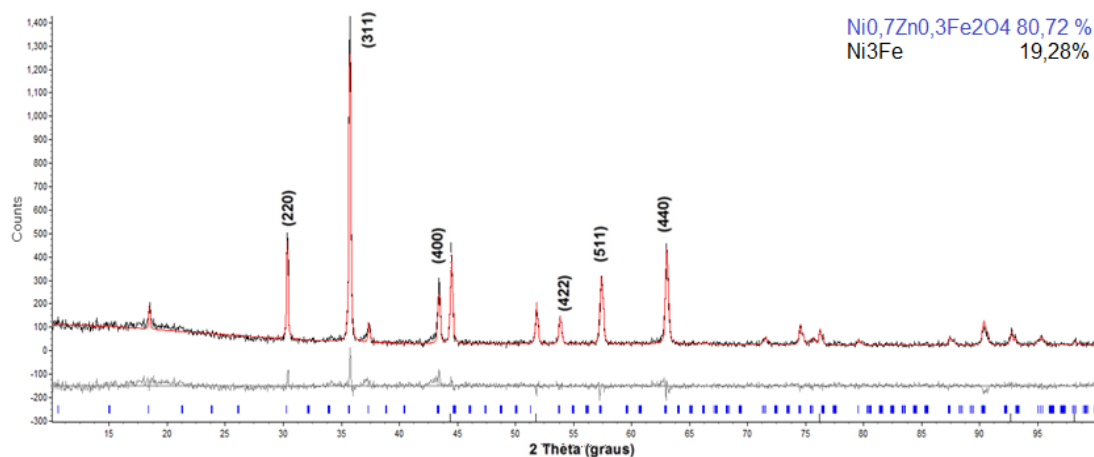


FIG 5.3 Difratoograma de raios X da ferrita de níquel-zinco.

No caso da ferrita mista de níquel-zinco com razão G/N=1,5 (FIG. 5.3), houve a formação de 80,72% da fase ferrita e 19,28% da fase tainita. A fase ferrita apresentou um tamanho médio de cristalito de 134 nm, parâmetros de rede a = 8.33433 Å, b = 8.34580 Å e c = 8.35996 Å e massa específica de 5,41 g/cm³. A fase tainita apresentou um tamanho médio de cristalito de 106 nm, parâmetro de rede a = 3,53 Å e massa específica de 8,64 g/cm³.

Para a identificação das fases ferritas foram usadas as fichas indicadas na literatura. Para a de cobalto fez-se uso da ficha ICSD – 39131; ferrita de níquel ficha ICSD – 40040, ferrita mista de níquel-zinco ficha ICSD – 182240; já para a verificação das fases maghemita e tainita, fez-se uso das fichas ICSD – 87121 e ICSD – 103556, respectivamente. A elevação da linha de base até aproximadamente 15 graus se deve ao sinal produzido pelo porta-amostra. Pode-se observar que, no caso da ferrita de níquel e da ferrita mista de níquel-zinco (G/N=1,5), o tamanho de cristalito foi maior que de 100 nm e, portanto, as amostras não podem ser consideradas nanométricas. A tabela 5.1 abaixo sintetiza os parâmetros obtidos a partir dos difratogramas.

TAB 5.1 Parâmetros obtidos a partir dos difratogramas de raios X.

Figura	G/N	Fase Formada	Estrutura	Parâmetro de rede (Å)	Massa específica (d) (g/cm ³)	Tamanho médio de cristalito (D)(nm)	GOF
FIG 5.1	1,5	95,66% CoFe ₂ O ₄	Cúbica	a = 8,39	5,20	62	1,367
		4,34% Fe ₂ O ₃	Trigonal	a = 5,04 c = 13,75	5,25	86	
FIG 5.2	1,5	56,51 % NiFe ₂ O ₄	Cúbica	a = 8,34	5,36	112	1,144
		26,47 % Fe ₂ O ₃	Trigonal	a = 8,36 c = 25,08	4,77	124	
		17,01 % Ni ₃ Fe	Cúbica	a = 3,53	8,63	103	
FIG 5.3	1,5	80,72% Ni _{0,7} Zn _{0,3} Fe ₂ O ₄	Ortorrômbica	a = 8,33 b = 8,35 c = 8,36	5,41	134	1,223
		19,28% Ni ₃ Fe	Cúbica	a = 3,53	8,64	106	1,140

5.3 CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DO OILSORB

Os testes de adsorção com água, óleo e água/óleo foram executados para o Oilsorb. Para o teste de adsorção com água foi adicionado 1g de Oilsorb em um béquer de 100mL contendo 20 mL de água. Após 15 minutos de exposição foi retirada, pesada e descontada a massa inicial de 1g. Este processo se repetiu vinte vezes para que se pudesse minimizar os erros. A tabela(5.2) apresenta as massas iniciais, finais e a média.

O mesmo procedimento foi realizado para o teste de adsorção de óleo pelo Oilsorb.

Para o teste de água/óleo com o Oilsorb foi adicionado a um béquer de 100 mL, 20g de água e 20g de óleo juntamente com um agitador magnético para que se formasse uma emulsão água/óleo. Para a formação destes 40g de emulsão, uma placa quente a 50°C com rotação de 1000 rpm foi utilizada por um período de 20 minutos. A temperatura de 50°C foi utilizada para acelerar a formação da emulsão. Em seguida 1g

de Oilsorb foi adicionado no béquer, com o tempo de exposição de 15 minutos. Por fim foi pesada a massa de Oilsorb com óleo adsorvido e descontada a massa inicial.

A tabela(5.2) apresenta as massas iniciais, finais, a média da adsorção e a porcentagem do Oilsorb respectivamente na água, no óleo e a mistura água óleo.

O calculo da % da capacidade de adsorção (C.A) relaciona a subtração das massas iniciais e finais pela massa inicial, por fim multiplica-se tudo por 100 %, como descrito pela equação 5.1.

$$C.A(\%) = \left(\frac{M_f - M_i}{M_i} \right) \times 100 \quad (5.1)$$

TAB 5.2 Teste de adsorção de água, óleo e água/óleo pelo Oilsorb.

adsorvedor	Massa inicial do Oilsorb (g)	Massa final do Oilsorb (g)	Média da massa adsorvida do Oilsorb (g)	% capacidade de adsorção
água	1	6,94	5,94±0,07	594
óleo	1	7,6	6,6±0,1	660
água/óleo	1	6,2	5,2±0,2	520

Os resultados do teste do Oilsorb na água, mostraram que mesmo adsorveu aproximadamente 6 vezes o seu peso em água, contrario as especificações do fabricante que afirma que o material é hidrofóbico (APENDICE B).

Também, segundo o fabricante do Oilsorb, o material pode adsorver até 6 vezes o seu peso em óleo, sendo verificado com o teste com óleo, adsorvendo 6,6g de óleo (APENDICE B).

Para o teste de água/óleo o material adsorveu aproximadamente 5 vezes o seu próprio peso, em torno de 5,2g, porem como o material não é hidrofóbico, resta a dúvida de quanto realmente adsorve em óleo já que também adsorve água com facilidade. Para determinar a quantidade de óleo adsorvido ,após o teste de adsorção de água/óleo o material foi colocado na placa quente a temperatura de 100 °C por 15 min para evaporar

a água e verificar a quantidade de óleo adsorvida. O resultado foi, para o Oilsorb adsorvido em água/óleo com a massa inicial de 3,09g, após secagem passou a ter 1,93g de Oilsorb mais óleo, sendo uma percentagem de 63% de óleo em relação a água.

5.4 ADSORÇÃO DA VERMICULITA EXPANDIDA PURA

Os testes de adsorção como água, óleo e água/óleo foram executados para a vermiculita expandida pura. Para o teste de adsorção com água foi adicionado 1g de vermiculita expandida pura em um béquer de 100mL contendo 20 mL de água. Após 15 minutos de exposição foi retirado, pesado e descontado a massa inicial de 1g. Este processo se repetiu vinte vezes para que se pudesse minimizar os erros.

O mesmo procedimento foi realizado para o teste de adsorção da vermiculita no óleo.

Para o teste de água/óleo colocou-se em um béquer de 100mL, 20g de água e 20g de óleo juntamente com um agitador magnético para que se formasse uma emulsão água/óleo. Para a formação desta emulsão, uma placa quente a 50°C com rotação de 1000 rpm foi utilizada por um período de 20 minutos. A temperatura de 50°C foi utilizada com uma forma de acelerar a formação da emulsão. Em seguida 1g de vermiculita expandida pura foi adicionado no béquer, o tempo de exposição foi 15 minutos.

A tabela(5.3) apresenta as massas iniciais, finais e a média da adsorção da vermiculita expandida pura respectivamente na água, no óleo e a mistura água óleo.

TAB 5.3 Teste de adsorção de água, óleo e água/óleo pela vermiculita expandida pura.

adsorvedor	Massa inicial da vermiculita pura (g)	Massa final da vermiculita pura (g)	Média da massa adsorvida da vermiculita pura (g)	% Capacidade de adsorção
água	1	5,6	4,6±0,1	460
óleo	1	5,57	4,57±0,02	457
água/óleo	1	6,84	5,84±0,2	584

Os testes de adsorção para a água e o óleo foram bem semelhantes para a vermiculita expandida pura, na água adsorveu 4,6g e no óleo 4,57g. Em água/óleo a vermiculita adsorveu quase 6 vezes seu peso com 5,84g. Infelizmente mais uma vez absorveu-se muita água impossibilitando uma adsorção eficiente de óleo.

Para determinar a quantidade de óleo adsorvido ,após o teste de adsorção de água/óleo o material foi colocado na placa quente a temperatura de 100 °C por 15 min para evaporar a água e verificar a quantidade de óleo adsorvida. O resultado foi, para o Oilsorb adsorvido em água/óleo com a massa inicial de 2,10g, após secagem passou a ter 1,25g de Oilsorb mais óleo, sendo uma percentagem de 60% de óleo em relação a água.

5.5 ADSORÇÃO DA VERMICULITA EXPANDIDA HIDROFOBIZADA

Os teste de adsorção com água, óleo e água/óleo foram executados para a vermiculita expandida hidrofobizada com petrolato. A hidrofobização foi feito da seguinte forma:

Em um béquer de 100mL foi adicionado 2g de vaselina sólida branca pura que após sua completa liquefação, a temperatura de 60°C em uma placa quente, foi adicionado 1g de vermiculita expandida pura. Após a completa mistura o material ficou em descanso por 15 minutos. Para o teste de adsorção com água foi adicionado 3g de

vermiculita mais petrolato em um béquer de 100mL contendo 20 mL de água, o tempo de exposição foi de 15 minutos.

A amostra foi retirada, pesada e descontada a massa inicial de 3g. Este processo se repetiu vinte vezes para que se pudesse minimizar os erros. A tabela(5.4) apresenta as massas iniciais, finais e a média. Após a hidrofobização a vermiculita passou a absorver 0,66g ao invés do resultado anterior a hidrofobização que era 4,60g, passou a absorver 4 vezes menos água.

Para o teste de adsorção com óleo foi adicionado 3g de vermiculita expandida hidrofobizada em um béquer de 100mL contendo 20 mL de óleo. Após 15 minutos de exposição foi retirado, pesado e descontado a massa inicial de 3g. Este processo se repetiu vinte vezes para que se pudesse minimizar os erros. A tabela(5.4) apresenta as massas iniciais, finais e a média. No óleo a adsorção foi de 2,18g.

Para o teste de água/óleo colocou-se em um béquer de 100mL 20g de água e 20g de óleo juntamente com um agitador magnético para que se formasse uma emulsão água/óleo. Para a formação destes 40g de emulsão, uma placa quente a 50°C com rotação de 1000 rpm foi utilizada por um período de 20 minutos. A temperatura de 50°C foi utilizada com uma forma de acelerar a formação da emulsão.

No teste de adsorção com água/óleo foi adicionado 3g de vermiculita expandida hidrofobizada em um béquer de 100mL contendo 40g de emulsão água/óleo. Após 15 minutos de exposição foi retirado, pesado e descontado a massa inicial de 3g.

TAB 5.4 Teste de adsorção de água, óleo e água/óleo pela vermiculita hidrofobizada.

adsorvedor	Massa inicial da vermiculita hidrofobizada (g)	Massa final da vermiculita hidrofobizada (g)	Média da massa adsorvida da vermiculita hidrofobizada (g)	% Capacidade de adsorção
água	3	3,67	0,67±0,03	22
óleo	3	5,2	2,2±0,1	73
água/óleo	3	7,0	4,0±0,1	133

Na água/óleo a capacidade de adsorção desta vermiculita foi de 4 vezes seu peso, 4g, isto ratifica o que MARTIN, 2000 afirmou, que após a hidrofobização da vermiculita ela poderia adsorver até 4 vezes seu peso. Este processo se repetiu vinte vezes para que se pudesse minimizar os erros. A TAB 5.10 demonstra as massas

iniciais, finais a média adsorvida e a porcentagem de adsorção. A porcentagem de adsorção leva em consideração a massa inicial que contém 1g de vermiculita e 2g de vaselina, ou seja, o grande problema da hidrofobização é a prévia ocupação nos poros da vermiculita com vaselina, podendo levar à saturação.

Pode-se concluir que após a hidrofobização a vermiculita passou a adsorver 4 vezes menos água com confiabilidade, conforme afirmava MARTINS, 2000. Logo a adsorção de óleo em água/óleo fez com que a vermiculita hidrofobizada adsorvesse 4 vezes seu peso em óleo com eficiência.

5.6 VELOCIDADE DE ARRASTE

O teste de arraste foi feito, variando a porcentagem de ferrita com razão glicina/nitrato 1,5 e temperatura de 60°C. Cada tipo de ferrita leva a uma velocidade média do bloco, pois diferentes ferritas respondem de forma distinta ao mesmo campo magnético. A temperatura de 60°C auxilia na homogeneidade de mistura das nanopartículas com a diminuição da viscosidade da parafina que compõem o compósito.

5.6.1 ARRASTE DE FERRITA DE COBALTO COM VERMICULITA

A tabela 5.5 apresenta as velocidades médias dos agregados formados por respectivamente 13%p e 28,5%p de ferrita de cobalto, com agregado de vermiculita pura e hidrofobizada.

TAB 5.5 Velocidade de arraste do agregado com ferrita de cobalto.

Agregados	Velocidade(10^{-2})(cm.s)
Parafina com 13%p de CoFe_2O_4 e vermiculita expandida pura mais óleo	27,1 \pm 0,3
Parafina com 28,5%p de CoFe_2O_4 e vermiculita expandida pura mais óleo	157 \pm 2
Parafina com 13%p de CoFe_2O_4 e vermiculita hidrofobizada mais óleo	39,1 \pm 0,5
Parafina com 28,5%p de CoFe_2O_4 e vermiculita hidrofobizada mais óleo	42 \pm 7

Foram utilizado 2g de compósito, onde 13%p de ferrita de cobalto correspondem a 0,26g e os 1,74g restantes são de parafina, figura 5.4.

De acordo com a tabela 5.5, o compósito de parafina com 28,5% de ferrita de cobalto (CoFe_2O_4) com vermiculita expansiva pura mais óleo obteve a maior velocidade de 157 \pm 2 (10^{-2})m.s⁻¹. Porém foi observado que partes do agregado se soltam com facilidade e precipitam. O agregado está na figura 5.5, sendo utilizado 2g de compósito, onde 28,5%p de ferrita de cobalto corresponde a 0,57g e os 1,43g restantes são de parafina.



Figura 5.4 Agregado de 13%p de ferrita de cobalto com vermiculita pura.



Figura 5.5 Agregado de 28,5%p de ferrita de cobalto com vermiculita pura.



Figura 5.6 Agregado de 13%p de ferrita de cobalto com vermiculita hidrofobizada.

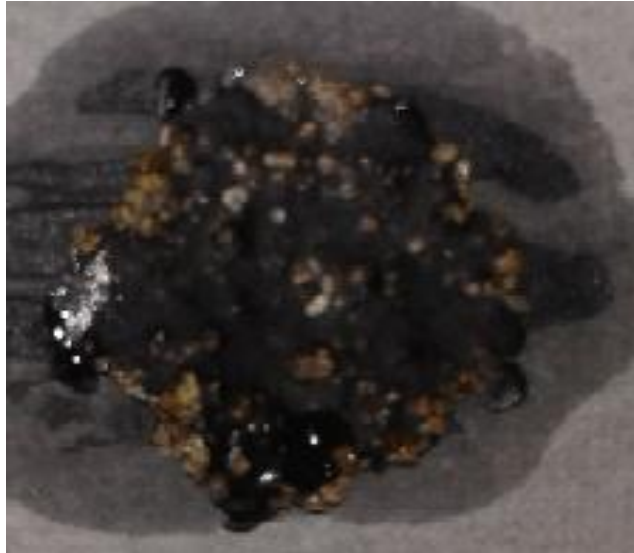


Figura 5.7 Agregado de 28,5%p de ferrita de cobalto com vermiculita hidrofobizada.

5.6.2 ARRASTE DE FERRITA DE NÍQUEL COM VERMICULITA

A tabela 5.6 apresenta as velocidades médias dos agregados formados por respectivamente 13%p e 28,5%p de ferrita de cobalto, com agregado de vermiculita pura e hidrofobizada.

TAB 5.6 Velocidade de arraste do agregado com ferrita de níquel.

Agregados	Velocidade(10^{-2})(cm.s)
Parafina com 13%p de $NiFe_2O_4$ e vermiculita expandida pura mais óleo	95±4
Parafina com 28,5%p de $NiFe_2O_4$ e vermiculita expandida pura mais óleo	211±4
Parafina com 13%p de $NiFe_2O_4$ e vermiculita hidrofobizada mais óleo	100±3
Parafina com 28,5%p de $NiFe_2O_4$ e vermiculita hidrofobizada mais óleo	152±4

Foram utilizados 2g de compósito, onde 13%p de ferrita de níquel correspondem a 0,26g e os 1,74g restantes são de parafina, (figura 5.6).

De acordo com a tabela 5.6, o compósito de parafina com 28,5% de ferrita de níquel ($NiFe_2O_4$) com vermiculita expandida pura e óleo obteve a maior velocidade de todos os testes 211±4 (10^{-2})m.s⁻¹. Porém foi observado que partes do agregado se soltam com facilidade e precipitam, mais que na ferrita de cobalto (figura 5.5). O agregados está

na figura 4.11, sendo utilizado 2g de compósito, onde 28,5%p de ferrita de níquel correspondem a 0,57g e os 1,43g restantes são de parafina.



Figura 5.8 Agregado de 13%p de ferrita de níquel com vermiculita pura

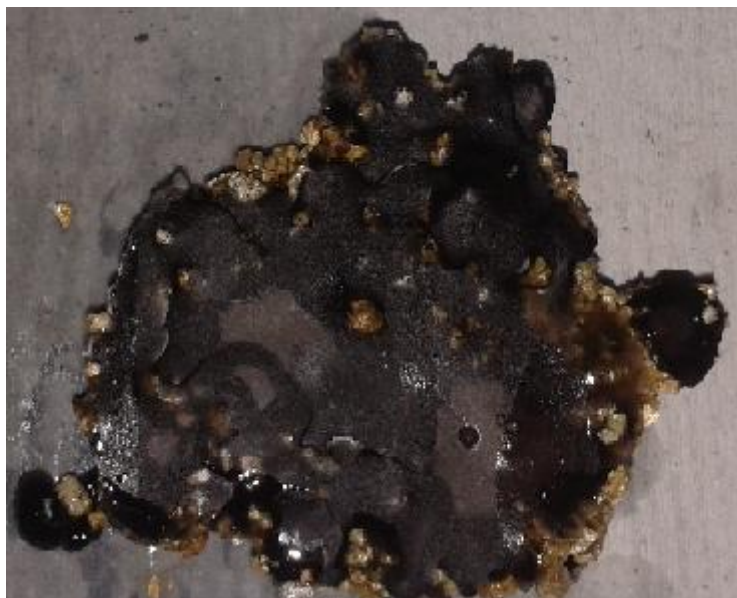


Figura 5.9 Agregado de 28,5%p de ferrita de níquel com vermiculita pura.

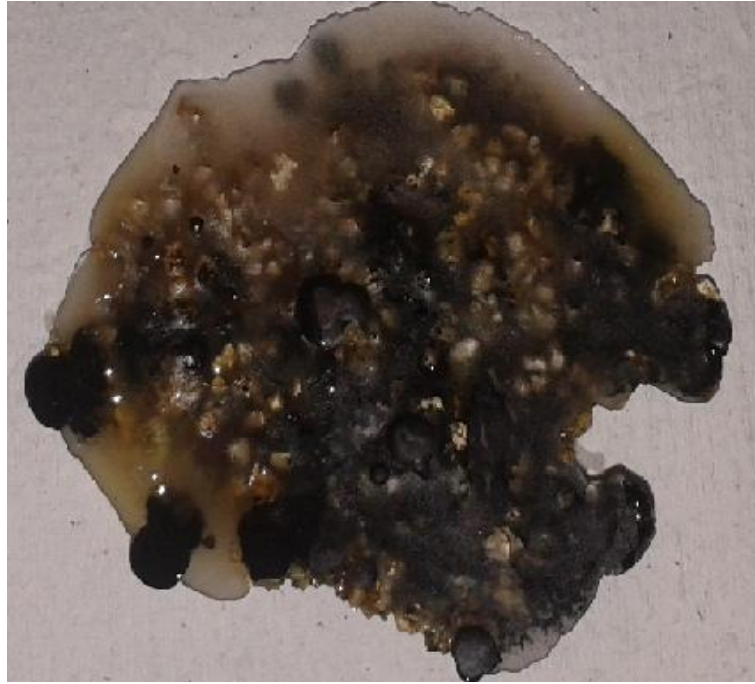


Figura 5.10 Agregado de 13%p de ferrita de níquel com vermiculita hidrofobizada.



Figura 5.11 Agregado de 28,5%p de ferrita de níquel com vermiculita hidrofobizada.

5.6.3 ARRASTE DE FERRITA DE NÍQUEL-ZINCO COM VERMICULITA

A tabela 5.7 apresenta as velocidades médias dos agregados formados por respectivamente 13%p e 28,5%p de ferrita mista níquel-zinco, com agregado de vermiculita pura e hidrofobizada.

TAB 5.7 Velocidade de arraste do agregado com ferrita de níquel-zinco.

Agregados	Velocidade(10^{-2})(cm.s)
Parafina com 13%p de $Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ e vermiculita expandida pura mais óleo	42,0±0,6
Parafina com 13%p de $Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ e vermiculita hidrofobizada mais óleo	61±1

De acordo com a tabela 5.7, o compósito de parafina com 13% de ferrita de mista níquel/zinco ($Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$) com vermiculita expansiva hidrofobizada mais óleo obteve a maior velocidade de $61\pm 1 (10^{-2})m.s^{-1}$. Porém foi observado que o agregado é o mais homogêneo de todas as amostras, e não se solta fragmentos com facilidade e quando solta, não precipita. O agregado está na figura 5.12, sendo utilizado 2g de compósito, onde 13%p de ferrita mista níquel/zinco ($Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$) correspondem a 0,26g e os 1,74g restantes são de parafina.



Figura 5.12 Agregado de 13%p de ferrita de níquel-zinco com vermiculita pura

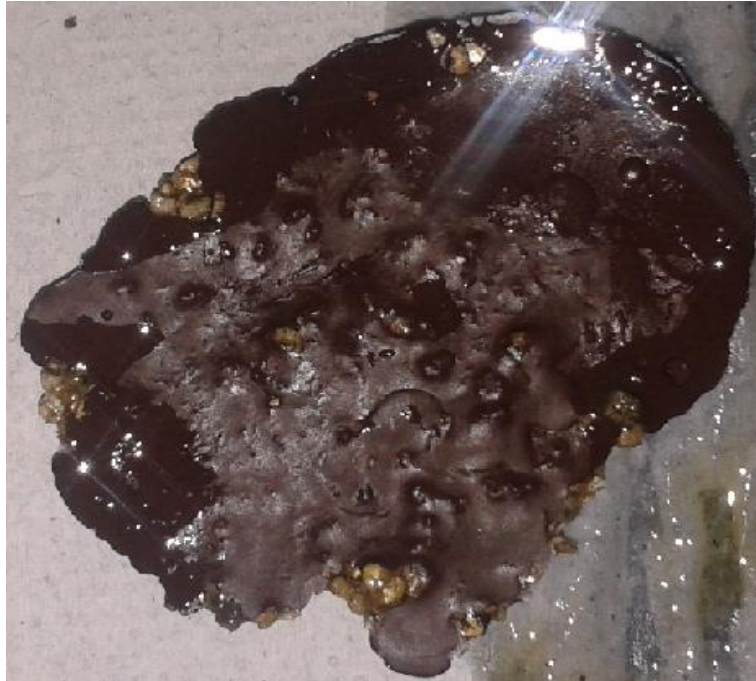


Figura 5.13 Agregado de 13%p de ferrita de níquel-zinco com vermiculita hidrofobizada.

O compósito de 28,5%p de ferrita com a parafina foi impossibilitado de ser fabricado devido o volume de ferrita nestas proporções 1,43g de parafina, 0,57g de ferrita ser muito elevado, fragilizando o agregado.

6 CONCLUSÕES

O método utilizado para a fabricação das ferritas foi o método de combustão sendo caracterizadas por difração de raios X. Utilizando a difração de raios X, foi verificada a fase ferrita nas amostras de cobalto, níquel e níquel-zinco. Verificou-se também o tamanho médio de cristalito em todas as amostras, sendo que o CoFe_2O_4 foi de 62nm, NiFe_2O_4 112nm e $\text{Ni}_{0,7}\text{Zn}_{0,3}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 134nm. Embora o tamanho de cristalito da ferrita de níquel seja maior que a de cobalto e superior a 100 nm, teve uma resposta melhor no teste de arraste junto a vermiculita hidrofobizada quando confrontada ao campo magnético aplicado. Sua resposta em direção e sentido foi excelente fazendo com que o agregado formado por 28,5%p de ferrita de níquel a 60 °C tivesse uma velocidade de $(211 \pm 4)10^{-2} \text{cm.s}^{-1}$.

Não foi verificado que o produto Oilsorb seja totalmente hidrofóbico, a despeito da declaração feita pelo fabricante. Os testes de adsorção feitos com 3,92g do produto adsorveu aproximadamente seis vezes o seu peso em água (5,94 g). Também, segundo o fabricante do Oilsorb, o material pode adsorver até seis vezes o seu peso em óleo. Esta afirmação foi verificada com o produto adsorvendo 6,55 g de óleo. (APENDICE B)

Para o teste de água/óleo o material adsorveu aproximadamente 6 vezes o seu próprio peso, em torno de 6,4g. Para determinar a quantidade de óleo adsorvido, após o teste de adsorção de água/óleo o material foi colocado na placa quente a temperatura de 100 °C por 15 min para evaporar a água e verificar a quantidade de óleo adsorvida. O resultado foi, para o Oilsorb adsorvido em água/óleo com a massa inicial de 3,09g, após secagem passou a ter 1,93g de Oilsorb mais óleo, sendo uma percentagem de 63% de óleo em relação a água.

Os testes de absorção para a água e o óleo foram bem semelhantes para a vermiculita expandida pura, na água adsorveu 4,6g e no óleo 4,57g. Em água/óleo a vermiculita adsorveu quase que 7 vezes seu peso com 6,8g. Infelizmente mais uma vez absorveu-se muita água impossibilitando uma absorção eficiente de óleo.

Após a hidrofobização a vermiculita passou a absorver-se 4 vezes menos água com confiabilidade, conforme afirmava MARTINS, 2000. Logo a adsorção de óleo em água/óleo fez com que a vermiculita hidrofobizada adsorvesse 4 vezes seu peso em óleo com eficiência, com 133% de adsorção. A porcentagem de adsorção leva em consideração a massa inicial que contem 1g de vermiculita e 2g de vaselina, ou seja, o

grande problema da hidrofobização é a previa ocupação nos poros da vermiculita com vaselina, podendo levar a saturação.

No teste da velocidade de arraste o compósito de parafina com 28,5% de ferrita de níquel (NiFe_2O_4) com vermiculita expansiva pura e óleo obteve a maior velocidade de todos os testes $211 \pm 4 (10^{-2})\text{m.s}^{-1}$. Porém foi observado que partes do bloco se soltam com facilidade e precipitam, mais que no compósito de parafina com 28,5% de ferrita de cobalto (CoFe_2O_4) com vermiculita expansiva pura e óleo, onde a velocidade foi a segunda maior.

O teste de arraste no compósito de parafina com 13% de ferrita de mista níquel/zinco ($\text{Ni}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$) com vermiculita expansiva hidrofobizada e óleo obteve a velocidade de $61 \pm 1 (10^{-2})\text{m.s}^{-1}$. Porém foi observado que o bloco é o mais homogêneo de todas as amostras, e não solta fragmentos com facilidade, e quando solta, não precipita.

7 SUGESTOES PARA PESQUISAS FUTURAS

Para a continuação da pesquisa produzida neste trabalho, pode ser feito um estudo micro estrutural para que se analise a influência dos vazios da vermiculita na adsorção de óleo.

Em conjunto com a análise micro estrutural fazer um estudo junto ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) para que se perceba se determinados tamanhos de poros ou vazios podem absorver óleo em maior quantidade que a vermiculita deste estudo, mesmo que se adsorva água, pois o importante é a absorção ser superior a 400%p.

Outra sugestão seria fazer uma seleção de grãos pois diminuindo os grãos isso pode aumentar a área superficial e obter uma melhora na adsorção de óleo.

Caso o tamanho de poros melhore a absorção de óleo, produzir a própria vermiculita expandida alterando o tratamento térmico da produção de bruta para expandida para que se obtenha o tamanho de poros desejado.

A utilização de ferritas diferentes das usadas neste estudo e alterar a fonte magnética pode melhorar a velocidade do teste de arraste.

Uma última sugestão é utilizar um tanque maior, manchas maiores ou seja aumentar a escala trabalhada.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALANIS, Constantine A.. **Advanced Engineering Emetromagnetics**. Phoenix: John Wiley & Sons, 1989.
- BASSET, W. A., **The Geology of vermiculite Occurrences, Clays and Clay Minerals**, vol. 10, pág. 61-69, 1963.
- CARDOSO L. H. G., **Nanopartículas Magnéticas de Ferritas Mistas de Cobalto e Zinco** Tese de Doutorado, IME, 2011.
- CARVALHO, J.A.B.; FIGUEIREDO, A.B.S.; Síntese e Aplicação de Nanopartículas de CoFe_2O_4 na Remoção de Óleo da Água, X Encontro de Iniciação Científica do IME, **2009**, T01.
- CARVALHO, D. G. ;FIGUEIREDO, A. B. S.. Síntese e caracterização de nanopartículas de NiFe_2O_4 utilizando o método de Sol-gel/combustão e combustão homogênea. **Matéria (UFRJ)**, v. 11503, p. 1323-1328, 2013.
- CAVALCANTI, E.E.N., “Vermiculita”, Sumário Mineral, DNPM, pgs. 117-118, 2001.
- CLEAN, Hydro. **Oil Sorb Granular**. Disponível em: <<http://www.hydroclean.com.br/menu-oil-sorb-granular/>>. Acesso em: 23 julho. 2014.
- CRANGLE, John. **Solid State Magnetism**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
- CULLITY B. D. e GRAHAM C. D. **Introduction to Magnetic Materials**, 2nd edition. Wiley, New Jersey, 550 p., 2009.
- CULLITY B. D., STOCK S. R., **Elements of X-Ray Diffraction**, Prentice Hall, New Jersey, 2001.
- DANA, J. D., Hurlbut Jr., C. S., Manual de Mineralogia, vol. 2, Rio de Janeiro – RJ, Editora de Universidade de São Paulo, pág. 518, 1970.
- FERRAZ, C. P., Vermiculita, Um importante Mineral Industrial, DNPM, Seção Econômica, Rio de Janeiro, 1971.
- FERRAZ, C.P., “Vermiculita – Um Importante Mineral Industrial”, in: I Simpósio de Mineração, no 32, EDUSP, São Paulo, 1971.
- FONSECA, F. C.; GOYA, G. F.; JARDIM, R. F.; MACCILLO, R.; CARREÑO N. L.; LONGO, E.; LEITE, E. R., Superparamagnetism and magnetic properties of Ni nanoparticles embedded in SiO_2 , Phys. Rev. B., v.66, 104406, 2002.
- FULKERSON, F. B., Vermiculite, U. S. Bureau of mines minerals yearbook, vol. 1, pág. 1295, Washington, 1972.

- HOU, Y, H. Kondoh, T. Ohta. Self-assembly of Co nanoplatelets into spheres: synthesis and characterization. *Chemistry of Materials*, **2005**, 17, 3994-3996.
- KAVAS, H., KASAPOGLU, N., BAYKAL, Y., KÖSEOĞLU, Y. Characterization Of NiFe₂O₄ Nanoparticles Synthesized By Various Methods, **Chemical Papers**, v. 63, n. 4, p. 450–455, 2009.
- KAVAS, H. et al. Characterization Of NiFe₂O₄ Nanoparticles Synthesized By Various Methods, **Chemical Papers**, v. 63, n. 4, p. 450–455, 2009.
- KIKUKAWA, N. et al. Synthesis and magnetic properties of nanostructured spinel ferrites using a glycine– nitrate process. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**. v.284, n.1, 2004.
- KITTELSON, D.B., “ENGINE AND NANOPARTICLES: A REVIEW,” J. Aerosol Sci., Vol. 29, No. 5/6, pp. 575-588, 1998
- KRIEGEL, W. W., Summary of Occurrence, Properties and uses of vermiculite at Libby, Montana, American Ceramic Society Bull., vol. 19, pág. 94-97, 1940.
- LIN, I., “Perlite and Vermiculite”, Industrial Minerals, no 368, pags.55-59, 1998.
- MARTINS, J., Utilização de minerais não metálicos na proteção do meio ambiente, 1º Seminário sobre Meio Ambiente, Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP), Uberlândia – MG, 1992b.
- MARTINS, J.; Vermiculita é transformada em mineral hidrofóbico, por Mara Figueira, Ciência Hoje, Jornal do Brasil, Rio de Janeiro - RJ, 09/08/00, 2000.
- MARTINS, J.M., **Processo Aperfeiçoado de Hidrofobização de Vermiculita Expandida**, Instituto Nacional da Propriedade Industrial, PI 9004025-A, 25/02/92, 1992.
- MELO, Gabriel Burlandy Mota de. **REMOÇÃO DE MANCHAS DE ÓLEO EM MEIO AQUOSO UTILIZANDO NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DISPERSAS EM MATRIZ DE PARAFINA**. 2014. 90 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Ciência dos Materiais, Departamento de Se/4, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2014. Cap. 4.
- MORAES, L. J., Vermiculita no Brasil, Bol. 45, FFCLUSP (Geologia), pág. 29-33, São Paulo - SP, 1944.
- NANDAPURE A. I., KONDAWAR S. B, SAWADH P. S., NANDAPURE B. I. Effect of Zinc Substitution On Magnetic And Electrical Properties Of Nanocrystalline Nickel Ferrite Synthesized By Refluxing Method. **Physica B**, v. 407, 2012, p. 104 – 1107.
- NANDAPURE A. I. et al. Effect of Zinc Substitution On Magnetic And Electrical Properties of Nanocrystalline Nickel Ferrite Synthesized By Refluxing Method. **Physica B**, Wardha v. 407, p. 104 – 1107, 2012.

- O'HANDLEY R. C., **Modern Magnetic Materials Principles and Applications**, John Wiley & Sons, 740 p., 2000.
- ROSEMBURG, J. P., Vermiculitas Brasileiras e usos industriais, *Cerâmica*, vol. 15 (59), pág. 195, 1969.
- DE BIASI. R.S, et al, Synthesis of cobalt ferrite nanoparticles using combustion waves, *ScienceDirect*, 2007.
- SIVAKUMAR P., RAMESH R., RAMANAND A., PONNUSAMY S., MUTHAMIZHCHELVAN C., Synthesis And Characterization Of Nickel Ferrite Magnetic Nanoparticles, **Materials Research Bulletin**, nº 46, p. 2208 –2211, 2011.
- SUZUKI, Y. EPITAXIAL SPINEL FERRITE THIN FILMS. *Annual Review of Materials Research*, v. 31, n. 1, p. 265-289, 2001.
- TEXACO. **Havoline Super SAE 20W-40**. Disponível em: <<https://cglapps.chevron.com/msdspds/MSDSDetailPage.aspx?docDataId=353189&docFormat=PDF>>. Acesso em: 23 julho. 2014.
- VERMA S., JOY P. O., KURIANC S., Structural Magnetic And Mossbauer Spectral Studies of Nanocrystalline Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe₂O₄ Ferrite Powders, **Journal of Alloys and Compounds**, nº 509, 2011, p. 8999– 9004.
- XIAO, S. H., LUOB K. e ZHANGA L., The structural and magnetic properties of cobalt ferrite nanoparticles formed in situ in silica matrix. **Mater.Chem. Phys.** v.123, p. 385–389, 2010.
- YAN C.-H., XU Z.-G., CHENG F.-X., WANG Z.-M., SUN L.-D., LIAO C.-S., JIA J.-T., Nanophased CoFe₂O₄ Prepared by Combustion Method. **Solid State Commun.**, v. 111, p. 287, 1999.
- ZHANG S., DONG D., SUI Y., LIU Z., WANG H., QIAN Z., SU W., Preparation of core shell particles consisting of cobalt ferrite and silica by sol-gel process. **J. Alloys Compd.**, v. 415, p. 257, 2006.

9 APÊNDICES

9.1 APÊNDICE 1: TABELAS COM OS TESTES DE ADSORÇÃO

9.1.1 APÊNDICE 2: ADSORÇÃO DO OILSORB

TAB 9.1 Teste de adsorção de água pelo oilsorb

Adsorção de água pelo Oilsorb, com massa inicial de 1 g		
Número de repetições	Massa final (g)	Total de água adsorvida (g)
1	7,44	6,44
2	7,02	6,02
3	6,32	5,32
4	6,32	5,32
5	7,28	6,28
6	7,11	6,11
7	6,55	5,55
8	5,70	4,70
9	5,98	4,98
10	6,16	5,16
11	6,51	5,51
12	5,33	4,33
13	7,07	6,07
14	7,23	6,23
15	8,17	7,17
16	7,15	6,15
17	7,26	6,26
18	6,58	5,58
19	7,71	6,71
20	9,84	8,84
	Total	118,73
	Média	5,94

TAB 9.2 Teste de adsorção de óleo pelo oilsorb

Adsorção de óleo pelo Oilsorb, com massa inicial de 1 g		
Número de repetições	Massa final (g)	Total de óleo adsorvido (g)
1	7,6	6,6
2	8,76	7,76
3	7,71	6,71
4	6,91	5,91
5	7,69	6,69
6	8,32	7,32
7	7,67	6,67
8	7,44	6,44
9	8,86	7,86
10	8,19	7,19
11	7,59	6,59
12	4,28	3,28
13	6,88	5,88
14	7,9	6,9
15	7,45	6,45
16	7,45	6,45
17	7,54	6,54
18	6,81	5,81
19	8,84	7,84
20	7,13	6,13
	Total	131,02
	Média	6,55

TAB 9.3 Teste de adsorção de água/óleo pelo oilsorb

Adsorção de água/óleo pelo Oilsorb, com massa inicial de 3,92 g		
Número de repetições	Massa final (g)	Total de água/óleo adsorvido (g)
1	6,37	5,37
2	6,45	5,45
3	4,39	3,39
4	5,78	4,78
5	6	6,5125
6	7,36	6,36
7	6,34	5,34
8	5,67	4,67
9	6,35	5,35
10	7,1	6,1
11	7,4	6,4
12	6,96	5,96
13	5,45	4,45
14	4,53	3,53
15	5,87	4,87
16	6,23	5,23
17	5,31	4,31
18	6,76	5,76
19	4,98	3,98
20	7,55	6,55
	Total	104,3625
	Média	5,218125

9.1.2 APÊNDICE 3: ADSORÇÃO DE VERMICULITA EXPANDIDA PURA

TAB 9.4 Teste de adsorção de água pela vermiculita expandida pura.

Adsorção água pela vermiculita expandida pura, com massa inicial de 1 g		
Número de repetições	Massa final (g)	Total de óleo adsorvido (g)
1	4,36	3,36
2	6,16	5,16
3	4,76	3,76
4	5,44	4,44
5	5,40	4,40
6	5,13	4,13
7	5,49	4,49
8	5,47	4,47
9	5,14	4,14
10	5,64	4,64
11	7,00	6,00
12	4,88	3,88
13	5,94	4,94
14	5,94	4,94
15	5,13	4,13
16	6,32	5,32
17	5,80	4,80
18	6,22	5,22
19	5,52	4,52
20	6,27	5,27
	Total	92,01
	Média	4,60

TAB 9.5 Teste de adsorção de óleo pela vermiculita expandida pura.

Adsorção óleo pela vermiculita expandida pura, com massa inicial de 1 g		
Número de repetições	Massa final (g)	Total de óleo adsorvido (g)
1	4,64	3,64
2	5,57	4,57
3	4,71	3,71
4	5,56	4,56
5	5,35	4,35
6	5,78	4,78
7	5,75	4,75
8	5,79	4,79
9	5,80	4,80
10	4,50	3,50
11	6,26	5,26
12	5,76	4,76
13	5,88	4,88
14	5,77	4,77
15	5,06	4,06
16	5,41	4,41
17	6,23	5,23
18	5,88	4,88
19	6,46	5,46
20	5,32	4,32
	Total	91,48
	Média	4,57

TAB 9.6 Teste de adsorção de água/óleo pela vermiculita expandida pura

Adsorção água/óleo pela vermiculita expandida pura, com massa inicial de 1 g		
Número de repetições	Massa final (g)	Total de óleo adsorvido (g)
1	7,04	6,04
2	8,25	7,25
3	8,70	7,70
4	5,86	6,74
5	7,88	6,88
6	9,20	8,20
7	9,02	8,02
8	7,26	6,26
9	6,94	5,94
10	8,47	7,47
11	7,23	6,23
12	7,39	6,39
13	8,24	7,24
14	7,03	6,03
15	8,83	7,83
16	8,98	7,98
17	7,28	6,28
18	7,82	6,82
19	6,83	5,83
20	6,58	5,58
	Total	136,71
	Média	6,84

9.1.3 APÊNDICE 4: ADSORÇÃO DE VERMICULITA EXPANDIDA
HIDROFOBIZADA

TAB 9.7: Teste de adsorção de água com vermiculita expandida hidrofobizada.

Adsorção de água pela vermiculita expandida hidrofobizada, com massa inicial de 3 g		
Número de repetições	Massa final (g)	Total de óleo adsorvido (g)
1	3,56	0,56
2	3,65	0,65
3	3,72	0,72
4	3,81	0,81
5	3,96	0,96
6	3,40	0,40
7	3,77	0,77
8	3,53	0,53
9	3,48	0,48
10	3,49	0,49
11	3,82	0,82
12	3,54	0,54
13	3,56	0,56
14	3,62	0,62
15	3,63	0,63
16	3,69	0,69
17	3,86	0,86
18	3,56	0,56
19	3,75	0,75
20	3,93	0,93
	Total	13,33
	Média	0,67

TAB 9.8 Teste de adsorção de óleo com vermiculita expandida hidrofobizada

Adsorção de óleo pela vermiculita expandida hidrofobizada, com massa inicial de 3 g		
Número de repetições	Massa final (g)	Total de óleo adsorvido (g)
1	5,22	2,22
2	5,38	2,38
3	6,10	3,10
4	5,69	2,69
5	5,67	2,67
6	5,40	2,40
7	4,88	1,88
8	5,25	2,25
9	4,88	1,88
10	4,14	1,14
11	5,96	2,96
12	5,54	2,54
13	5,42	2,42
14	4,86	1,86
15	5,53	2,53
16	4,68	1,68
17	4,41	1,41
18	5,07	2,07
19	4,18	1,18
20	5,41	2,41
	Total	43,67
	Média	2,18

TAB 9.9 Teste de adsorção de água/óleo com vermiculita expandida hidrofobizada

Adsorção de água/óleo pela vermiculita expandida hidrofobizada, com massa inicial de 3 g		
Número de repetições	Massa final (g)	Total de óleo adsorvido (g)
1	7,35	4,35
2	6,92	3,92
3	5,85	4,03
4	6,56	3,56
5	6,44	3,44
6	6,44	3,44
7	6,86	3,86
8	8,07	5,07
9	6,95	3,95
10	7,22	4,22
11	6,14	3,14
12	7,87	4,87
13	7,15	4,15
14	7,07	4,07
15	7,05	4,05
16	8,15	4,03
17	6,95	3,95
18	6,75	3,75
19	7,16	4,16
20	7,67	4,67
	Total	80,68
	Média	4,03

9.2 APÊNDICE 5: TABELAS COM AS VELOCIDADES DE ARRASTE DO AGREGADO

9.2.1 APÊNDICE 6: VELOCIDADE DE ARRASTE DE 13,0%P DE FERRITA COM VERMICULITA EXPANDIDA PURA

TAB 9.10 Velocidade de arraste de 13,0%p de ferrita de cobalto com vermiculita expandida pura.

Teste de arraste de vermiculita expandida pura em compósito de parafina com 13%p de ferrita de cobalto, em água/óleo, por 10 cm de distancia.		
Quantidade	Tempo (s)	Velocidade média (cm/s)
1	39,12	0,255623722
2	36,56	0,273522976
3	37,4	0,267379679
4	33,68	0,296912114
5	34,26	0,291885581
6	33,58	0,297796307
7	39,56	0,252780586
8	36,41	0,274649821
9	37,51	0,266595575
10	38,11	0,262398321
11	35,09	0,284981476
12	36,01	0,277700639
13	38,6	0,259067358
14	37,9	0,263852243
15	36,36	0,275027503
16	35,34	0,282965478
17	37,48	0,266808965
18	37,6	0,265957447
19	38,99	0,256476019
20	39,01	0,256344527
	Total	5,428726337
	Média	0,271436317

TAB 9.11 Velocidade de arraste de 13,0%p de ferrita de níquel com vermiculita expandida pura.

Teste de arraste de vermiculita expandida pura em compósito de parafina com 13%p de ferrita de níquel, em água/óleo, por 10 cm de distancia.		
Quantidade	Tempo (s)	Velocidade média (cm/s)
1	9,34	1,070663812
2	8,41	1,189060642
3	9,22	1,084598698
4	8,92	1,121076233
5	7,76	1,288659794
6	10,78	0,927643785
7	11,57	0,864304235
8	8,2	1,219512195
9	11,89	0,841042893
10	9,59	1,042752868
11	10,47	0,955109838
12	13,47	0,742390497
13	10,87	0,919963201
14	10,94	0,914076782
15	13,27	0,753579503
16	9,21	1,08577633
17	13,38	0,747384155
18	11,13	0,898472597
19	14,72	0,679347826
20	14,33	0,697836706
	Total	19,04325259
	Média	0,95216263

TAB 9.12 Velocidade de arraste de 13,0%p de ferrita de níquel-zinco com vermiculita expandida pura.

Teste de arraste de vermiculita expandida pura em compósito de parafina com 13%p de ferrita de níquel-zinco, em água/óleo, por 10 cm de distancia.		
Quantidade	Tempo (s)	Velocidade média (cm/s)
1	26,24	0,381097561
2	19,27	0,428542558
3	22,95	0,435729847
4	21,77	0,459347726
5	18,28	0,443066885
6	23,48	0,425894378
7	25,87	0,386548125
8	18,99	0,433211624
9	19,46	0,428542558
10	23	0,434782609
11	24,56	0,407166124
12	25,89	0,386249517
13	26,09	0,383288616
14	21,56	0,463821892
15	22,34	0,447627574
16	25,53	0,391696044
17	18,65	0,443066885
18	23,28	0,429553265
19	24,93	0,401123145
20	25,99	0,384763371
	Total	8,395120304
	Média	0,419756015

9.2.2 APÊNDICE 7: VELOCIDADE DE ARRASTE DE 28,5%P FERRITA COM VERMICULITA EXPANDIDA PURA

TAB 9.13 Velocidade de arraste de 28,5p de ferrita de cobalto com vermiculita expandida pura.

Teste de arraste de vermiculita expandida pura em compósito de parafina com 28,5%p de ferrita de cobalto, em água/óleo, por 10 cm de distancia.		
Número de repetições	Tempo (s)	Velocidade média (10^{-2})(cm.s ⁻¹)
1	6,94	144
2	6,52	153
3	6,70	149
4	6,34	158
5	6,00	167
6	5,33	159
7	6,15	163
8	5,96	168
9	7,02	143
10	6,67	150
11	5,76	174
12	6,32	158
13	6,47	155
14	6,05	165
15	5,79	173
16	6,36	157
17	6,98	143
18	6,67	150
19	6,09	164
20	6,58	152
	Total	3144
	Média	157

TAB 9.14 Velocidade de arraste de 28,5p de ferrita de níquel com vermiculita expandida pura.

Teste de arraste de vermiculita expandida pura em compósito de parafina com 28,5%p de ferrita de níquel, em água/óleo, por 10 cm de distancia.		
Número de repetições	Tempo (s)	Velocidade média (10 ⁻²)(cm.s ⁻¹)
1	5,25	191
2	4,95	202
3	5,49	182
4	4,96	202
5	4,01	213
6	4,92	203
7	4,43	226
8	4,30	233
9	3,35	217
10	4,49	223
11	4,14	242
12	4,58	218
13	5,57	180
14	4,36	229
15	5,01	200
16	4,74	211
17	4,69	213
18	4,55	220
19	5,13	195
20	4,49	223
	Total	4220
	Média	211

9.2.3 APÊNDICE 8: VELOCIDADE DE ARRASTE DE 13,0%P DE FERRITA COM VERMICULITA EXPANDIDA HIDROFOBIZADA

TAB 9.15 Velocidade de arraste de 13,0%p de ferrita de cobalto com vermiculita expandida hidrofobizada.

Teste de arraste de vermiculita expandida hidrofobizada em compósito de parafina com 13%p de ferrita de cobalto, em água/óleo, por 10 cm de distancia.		
Número de repetições	Tempo (s)	Velocidade média (10^{-2})(cm.s ⁻¹)
1	27,03	37,0
2	23,84	42,0
3	24,55	40,7
4	23,83	42,0
5	25,64	39,0
6	27,38	36,5
7	27,80	36,0
8	26,30	38,0
9	23,90	41,8
10	26,43	37,8
11	26,94	37,1
12	25,83	38,7
13	27,10	36,9
14	23,43	42,7
15	24,55	40,7
16	26,33	38,0
17	25,71	38,9
18	23,60	42,4
19	27,40	36,5
20	25,87	38,7
	Total	781,4
	Média	39,1

TAB 9.16 Velocidade de arraste de 13,0%p de ferrita de níquel com vermiculita expandida hidrofobizada.

Teste de arraste de vermiculita expandida hidrofobizada em compósito de parafina com 13%p de ferrita de níquel, em água/óleo, por 10 cm de distancia.		
Número de repetições	Tempo (s)	Velocidade média (10^{-2})(cm.s ⁻¹)
1	7,37	102
2	11,56	87
3	8,57	117
4	8,99	111
5	9,88	101
6	11,79	85
7	7,74	129
8	10,00	100
9	10,02	100
10	8,65	116
11	11,54	87
12	8,57	117
13	12,23	82
14	12,34	81
15	11,20	89
16	10,92	92
17	7,91	126
18	9,20	109
19	11,45	87
20	10,85	92
	Total	2009
	Média	100

TAB 9.17 Velocidade de arraste de 13,0%p de ferrita de níquel-zinco com vermiculita expandida hidrofobizada.

Teste de arraste de vermiculita expandida hidrofobizada em compósito de parafina com 13%p de ferrita de níquel-zinco, em água/óleo, por 10 cm de distancia.		
Número de repetições	Tempo (s)	Velocidade média (10^{-2})(cm.s ⁻¹)
1	22,79	60
2	18,41	54
3	15,79	63
4	16,44	61
5	15,87	63
6	16,13	62
7	17,57	57
8	16,22	62
9	15,47	65
10	16,1	62
11	17,65	57
12	22,56	60
13	18,52	54
14	14,99	67
15	14,85	67
16	18,34	55
17	14,89	67
18	18,08	55
19	14,89	67
20	15,43	65
	Total	1222
	Média	61

9.2.4 APÊNDICE 9: VELOCIDADE DE ARRASTE DE 28,5%P FERRITA COM VERMICULITA EXPANDIDA HIDROFOBIZADA

TAB 9.18 Velocidade de arraste de 28,5p de ferrita de cobalto com vermiculita expandida hidrofobizada.

Teste de arraste de vermiculita expandida hidrofobizada em compósito de parafina com 28,5%p de ferrita de cobalto, em água/óleo, por 10 cm de distancia.		
Número de repetições	Tempo (s)	Velocidade média (10^{-2})(cm.s ⁻¹)
1	21,79	46
2	23,27	43
3	26,97	37
4	20,83	48
5	18,15	43
6	21,84	46
7	23,37	43
8	25,81	39
9	22,37	45
10	23,53	43
11	18,76	43
12	26,41	38
13	25,98	39
14	22,49	45
15	21,71	46
16	26,71	37
17	21,98	46
18	26,71	37
19	23,38	43
20	25,63	39
	Total	844
	Média	42

TAB 9.19 Velocidade de arraste de 28,5p de ferrita de níquel com vermiculita expandida hidrofobizada.

Teste de arraste de vermiculita expandida hidrofobizada em compósito de parafina com 28,5%p de ferrita de níquel, em água/óleo, por 10 cm de distancia.		
Número de repetições	Tempo (s)	Velocidade média (10^{-1})(cm.s ⁻¹)
1	6,94	144
2	5,43	184
3	4,49	158
4	6,61	151
5	6,52	153
6	4,83	155
7	6,87	146
8	6,82	147
9	7,37	136
10	7,99	125
11	6,42	156
12	6,97	143
13	6,35	158
14	7,44	134
15	5,84	171
16	7,5	133
17	5,45	184
18	7,46	134
19	5,78	173
20	6,14	163
	Total	3048
	Média	152

9.3 APÊNDICE 10: ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO OILSORB



OIL SORB PÓ – OSS2

PRINCIPAIS APLICAÇÕES

O Oil Sorb Pó – OSS2 é um absorvente industrial ecológico utilizado em vazamentos de óleo e compostos orgânicos, sobre a água ou sobre piso.

Impede que o óleo se espalhe, facilitando a limpeza rotineira de áreas industriais, comerciais e domésticas.

No planejamento de utilização do Oil Sorb Pó – OSS2, deve-se considerar suas aplicações rotineiras e preventivas, após o mapeamento das ocorrências e dos riscos potenciais.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Absorve até 6 vezes o seu peso
- Baixa densidade
- Hidrofóbico (não molha)
- Mineral, inerte, não-tóxico.

PROPRIEDADES FÍSICAS

Massa específica aparente.....90 a 120 g/dm³
Granulometria.....1 a 2,5 mm
Ponto de Fusão..... 1300°C

PROPRIEDADES QUÍMICAS

O Oil Sorb Pó – OSS2 mantém sua eficiência em condições alcalinas, ácidas e salinas.
Composição química aproximada $(Al,Si)(Mg,Fe,Al)3O10(OH)2Mgx(H2O)n$

EMBALAGEM PADRÃO

Oil Sorb Pó – OSS2: Saco plástico com aprox. 25 litros.

VELOCIDADE DE ABSORÇÃO



Hydro Clean Indústria e Comércio Ltda
R. Douglas, 48 – Bairro Jardim Canadá - Nova Lima / MG - CEP: 34000 000 - **Telefax:** +55 31 3264 5900 / +55 31 3581 3542.
www.hydroclean.com.br - hydroclean@hydroclean.com.br