

NANOCOMPÓSITO DE PSEUDOBOEMITA E ÓXIDO DE GRAFENO COMO ADSORVENTE DE METAIS EM ÁGUA.

Nicole Araújo Vitale (IC) Renato Meneghetti Peres (Orientador)

Apoio: PIBIC MACKPESQUISA

RESUMO

Resíduos industriais, agrícolas e o esgoto doméstico sem tratamento são as principais fontes de poluição da água e regiões de mananciais e não se limita a uma contaminação macro, mas também materiais em escalas menores, como é o caso de metais que podem apresentar grandes possibilidades de afetar a vida humana. Diversos artigos relacionam os nanomateriais como substâncias promissoras para diversas novas áreas, entre elas, a remoção de substâncias em pequenas escalas, como é o caso das escalas micro e nano. Considerando as potenciais aplicações dos nanomateriais como material adsorvente de íons, o presente trabalho apresenta a análise do desempenho de três diferentes composições de pseudoboemita, obtida pelo processo sol-gel, com e sem adição de óxido de grafeno utilizadas para purificação de água, deixando livre de metais. Os materiais utilizados como filtro apresentaram-se efetivos na adsorção de íons metálicos, cumprindo seu papel de reter o Níquel, Ferro e Magnésio que antes faziam parte de uma solução aquosa. As amostras obtidas foram caracterizadas por técnicas de análise térmica, difração de raios-X. Foram realizados testes para avaliação da adsorção dos metais, nos quais além de se analisar a amostra para comprovar a ausência desses metais utilizados também foi realizada análise qualitativa de amostra do composto filtrante onde foram encontradas indicações dos metais adsorvidos.

Palavras-chave: pseudoboemita, purificação de água, óxido de grafeno, metais e nanocompósitos

ABSTRACT

Industrial and agricultural residues and untreated domestic sewage are the main sources of water sources and watershed regions and are not limited to macro contamination, but also materials on smaller scales, such as metals that can present great possibilities of affecting human life. Several articles list nanomaterials as promising substances for several new areas, including the removal of substances on small scales, as is the case with micro and nano scales. Request as possible applications of nanomaterials as ion-adsorbent material, the present work presents an analysis of the performance of three different pseudoboemite compositions, obtained by the sol-gel process, with and without the addition of graphene oxide used for water purification, free loss of metals. The materials used as a heat sink filter are effective in the adsorption of metal ions, fulfilling their role of retaining Nickel, Iron and Magnesium that were

previously part of an aqueous solution. The corrected ones were characterized by techniques of thermal analysis and ray diffraction. Tests were carried out to evaluate the adsorption of metals, in which, in addition to analyzing a sample to prove the other metals used, a qualitative analysis of the sample of the filtering compound was performed, where indications of the adsorbed metals were found.

Keywords: pseudoboemite, water purification, graphene oxide, metals and nanocomposite

1. INTRODUÇÃO

Richard Feymann foi o primeiro cientista a introduzir o modelo do que hoje chamamos de nanotecnologia, quando apresentou sua palestra (1960) falando sobre a futura possibilidade de manipular materiais em níveis atômicos e moleculares sem que houvesse menções anteriores sobre o tema. O que se mostrou correto alguns anos depois quando cientistas passaram a movimentar átomos com a ajuda do microscópio de efeito túnel (STM). (MARTINS; TRINDADE, 2012)

Desde então o desenvolvimento desta ciência, dentro da qual destaca-se o estudo de nanocompósitos recebe atenção e olhares curiosos de diversos cientistas pelo mundo, fazendo da nanociência uma área que apresenta cada vez mais possibilidades, com aplicações que visam, por exemplo, a melhoria na qualidade de vida dos seres vivos. A utilização de materiais em escala nano se mostra muito vantajosa, pois o material desenvolve características que não podiam ser manipuladas quando se encontrava na escala macro. (FERREIRA, 2013)

Os materiais de cerâmica fina - ligações químicas proporcionais entre elementos metálicos e não metálicos, com caráter predominantemente iônico e levemente covalente - como a pseudoboemita, são chamados também de cerâmicas avançadas, constituídas de partículas nanométricas que alcançam valores superiores a 99,9% de pureza e garantem a homogeneidade química. (NASCIMENTO, 2016)

Pode-se admitir que materiais em escala nano são capazes de adsorver ou filtrar até a menor das partículas na escala macro, onde se apresenta um grande leque de possibilidades e a perspectiva de avanços. Os métodos tradicionais utilizados para a purificação de água não se apresentam totalmente eficientes na remoção dos íons metálicos. Nos processos tradicionais, costumam-se utilizar a técnica da precipitação, porém a adição das substâncias que serão responsáveis por eliminar os metais em forma de óxidos, hidróxidos, carbonatos ou sulfatos apresenta inconvenientes, como a produção de lodo após a decantação, o que acaba limitando a sua aplicação (FRANCISCHETTI, 2004).

Em certos casos é inevitável que haja alteração no sistema ambiental, mas é da responsabilidade de cada um fazer sua parte para reparar os erros. De acordo com um estudo apresentado pela ONU através do GEO-6 (2019) há uma grande alteração na qualidade da água desde 1990, a poluição aumentou em quase todos os rios da África, Ásia e América Latina, levando-se em conta desde ações causadas diretamente pelos seres humanos e até mesmo o impacto dos desastres naturais. Além de citarem a piora da qualidade da água para a próxima década, o estudo cita ainda um possível risco para a saúde humana, meio ambiente e desenvolvimento sustentável.

Há a necessidade de buscar novas tecnologias que supram as necessidades criadas pela sociedade em questões de reparo dos danos causados pela atividade humana. Tendo isso em vista, o presente trabalho pretende desenvolver um estudo sobre a adsorção dos metais utilizando filtro produzido a partir de nanocompósitos de pseudoboemita e óxido de grafeno.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Certos metais que compõem o corpo humano, como o Cálcio, Zinco e Ferro, são necessários e benéficos à saúde, mas mesmo estes elementos podem apresentar um risco quando ingeridos em uma alta concentração, pois tornam-se tóxicos. A baixa solubilidade de alguns metais é um facilitador para que sejam adsorvidos em sedimentos e transferidos para organismos que habitam nele, assim como a alta solubilidade torna favorável a dissolução e transporte no meio aquático.

A fonte da poluição muitas vezes se encontra longe do corpo da água, porém o poluente acaba sendo transportado devido a sua dissolução da água, que será ingerida posteriormente. Os contaminantes podem vir de diversos lugares: rejeitos sólidos descartados à céu aberto, através de gases, que serão despejados durante a precipitação úmida, além das conhecidas e muito prejudiciais poluição industrial e agrícola. (FAVERO; LENZI, LUCHESE, 2011)

Segundo Caldas e Jardim (2009) a exposição às substâncias químicas de toxicidade elevada pode ser de dois tipos: aguda ou crônica. A exposição crônica é responsável por caracterizar a ingestão de metais presentes na água, a toxicidade consumida é relativamente pequena, mas acontece durante toda a vida. Para moradores de regiões próximas de áreas com efluentes galvânicos, por exemplo, a incidência de substâncias tóxicas absorvidas é consideravelmente maior.

Com a ascensão de processos industriais que utilizam metais pesados gerando resíduos com altas concentrações de metais pesados, uma das formas mais nocivas de poluição ambiental (RIBEIRO; RODRIGUES, 2010). O modo como esse efluente será tratado depende muito do subproduto formado, mas o desenvolvimento de possíveis métodos mais eficazes mostra-se necessário, pois em alguns casos mesmo após o tratamento se identifica resíduos com alto teor de metais e outras substâncias prejudiciais.

1.2 JUSTIFICATIVA

Castro (2013), em seu trabalho cita que o acesso à água potável vem se tornando cada vez mais difícil, isso porque o crescimento industrial e o constante descuido com o meio ambiente acabaram por contaminar e poluir muitos mananciais responsáveis pelo abastecimento de milhares de pessoas. Ainda que seja um recurso cada vez mais escasso, não perde a importância para a fisiologia de seres vivos e restauração de toda a biota. Uma água de qualidade, que não prejudique a saúde de qualquer maneira que seja, é essencial para atender as necessidades de todos e sem que cause problemas maiores, como a toxidez através de metais pesados.

De acordo com Steffen (2011) a presença excessiva de metais pesados pode interferir em diversas funções no ecossistema, como a inibição do crescimento de algumas espécies de plantas, o que pode gerar alteração na comunidade vegetal e nos microrganismos presentes no solo. Uma outra grande preocupação se dá com a saúde pública levando em conta os grandes riscos toxicológicos para os seres humanos, temos a oxidação do DNA, lesões pré-mutagênicas, erros de pareamento e de replicação que podem gerar câncer e morte celular de diversos organismos.

Há um padrão imposto pela Portaria nº 518/2004, do Ministério da Saúde, que estabelece o limite máximo permitido de compostos orgânicos e inorgânicos aceitáveis para manter o padrão de qualidade da água e é de responsabilidade ambiental geral que os contaminantes e poluentes sejam reduzidos até atingirem os limites.

Sendo assim, é importante que todos se engajem na redução de emissão dos contaminantes ou na melhoria dos processos de tratamento, desenvolvendo alternativas aplicáveis, como a proposta deste trabalho, na melhoria da qualidade da água.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um nanocompósito, de óxido de grafeno e pseudoboemita, avaliando sua capacidade de adsorver metais pesados presentes na água.

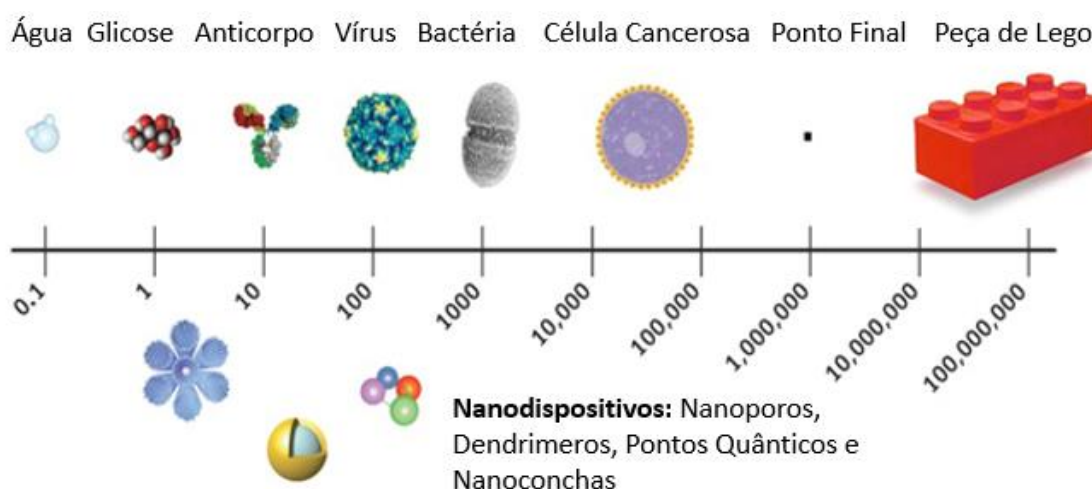
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- a) Sintetizar o nanocompósito de matriz cerâmica.
- b) Caracterizar o compósito obtido.
- c) Realizar testes para comprovar a eficiência do produto sintetizado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os nanomateriais estão ganhando destaque nos estudos científicos. Isso se dá por conta das novas propriedades observadas que não ocorrem na escala macroscópica, elas são adquiridas a partir dos efeitos de tamanho e de superfície, uma grande vantagem que está sendo estudada em diversos ramos da nanotecnologia (OLIVEIRA; ZARBIN, 2013). A Figura 1 apresenta uma comparação dos materiais em escala macro, micro e nano.

Figura 1. Parâmetros de classificação do nível de estruturas incluindo o domínio da nanotecnologia



Fonte: LCN - London Centre for Nanotechnology, 2020 – Adaptado pela autora

Segundo Wypych et al (2009) pode-se analisar uma melhoria significativa nas propriedades de um material ao se comparar a resistência de um nanocompósito em comparação com sua contraparte micro, a significativa diferença de escala entre os materiais será responsável por conceder ao nanomaterial características extremamente promissoras, por exemplo, a maior interação interfacial entre as partículas do nanocompósito.

Por consequência das novas características - melhora das propriedades de resistência mecânica, térmica e rigidez - dos nanomateriais eles se apresentam mais eficazes também como compósitos, os chamados nanocompósitos, abrindo assim uma gama de possibilidades para serem estudadas e aplicadas em diversas áreas da nanociência. (FERREIRA, 2013). Por tratar-se de uma área em expansão, com aplicações em diversos ramos da indústria, há enormes investimentos para pesquisas. Materiais muito estudados são nanocompósitos de matriz polimérica, com obtenção através de processo sol-gel, como no caso da pseudoboemita (ESTEVES; TIMMONS; TRINDADE, 2004).

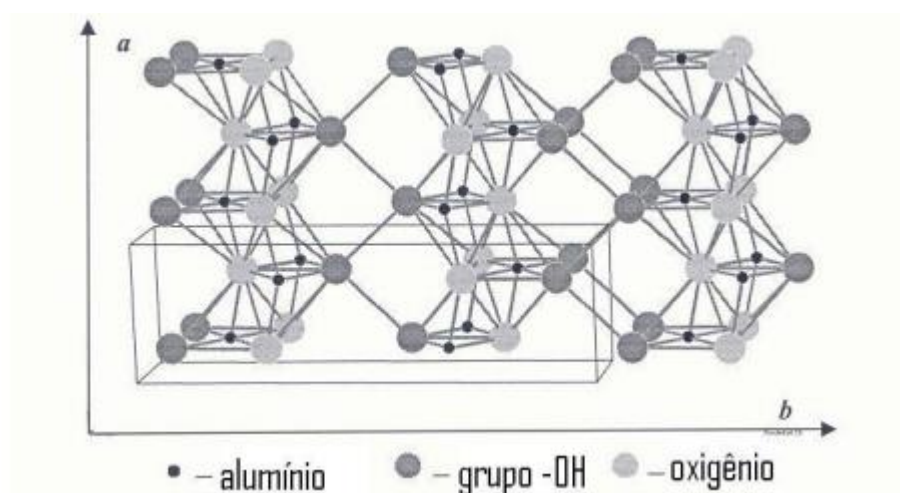
Há dois pontos a serem comentados referente ao processo descrito acima. Inicialmente o objetivo de escolher o processo sol-gel para a realização da síntese. Esse modelo de processo permite a obtenção de um produto com uma grande área superficial o que está diretamente relacionado com a capacidade de reação do material. Mas para que se alcance essa característica almejada se faz necessário controle nos parâmetros de síntese,

além do pH, que é extremamente importante, temperatura e principalmente o gotejamento que proporciona um aumento na área específica muito significativo.

A pseudoboemita é um oxi-hidróxido de alumínio hidratado, de fórmula química $\text{AlOOH} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (MUNHOZ JR et al, 2010). É conhecida por seu uso na produção de nanocompósitos (NASCIMENTO, 2016) e em sistema de transporte de fármacos conforme os estudos de MUNHOZ JR et al (2010), (2015) e (2019). Trata-se um excelente material ligante para partículas ou cristais catalisadores, sendo bastante utilizada também para adsorventes, devido a sua capacidade de formas e dimensões variadas, estipuladas a partir do método de síntese aplicado.

Kloprogge (2006) apresentou que a diferença entre pseudoboemita e a boemita é marcada pelo tamanho da célula unitária da pseudoboemita, que é ligeiramente maior que a da boemita, devido incorporação de água no arranjo cristalino. A estrutura cristalina da pseudoboemita é apresentada na Figura 2:

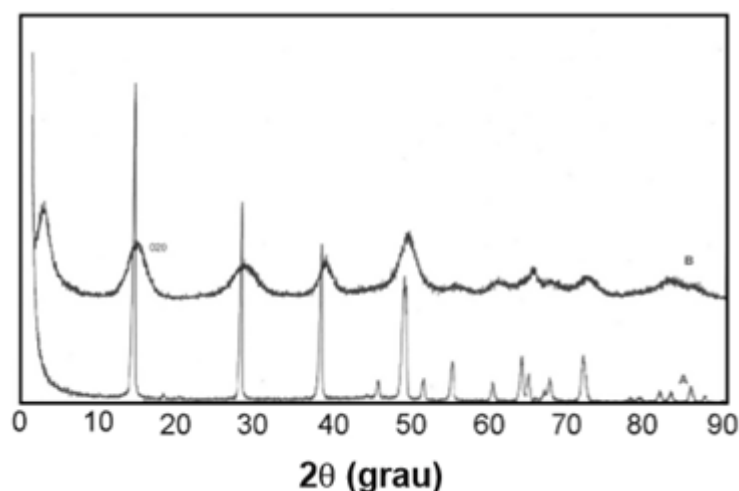
Figura 2- Estrutura Cristalina Pseudoboemita



Fonte: MOROZ et al, 2006

A Figura 3 apresenta um gráfico de difração de raios x comparativo entre a boemita e a pseudoboemita:

Figura 3 - Difração de Raios-X da Boemita (A) e Pseudoboemita (B)



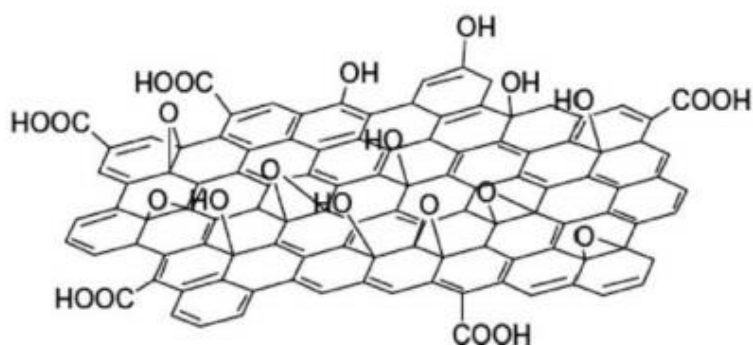
Fonte: SANTOS et al, 2009

De acordo com Quina (2004) os nanomateriais apresentam papéis importantes em relação ao meio ambiente e um deles é o tratamento ou remediação de poluição. A elevada área superficial das nanopartículas apresenta ótimas propriedades para adsorver metais, coletar as partículas para a remoção de poluentes poderia ser facilitada.

Nanocompósitos de materiais híbridos têm sido aplicados de modo crescente em processos de purificação, separação e fracionamento em diversos ramos da indústria, em diferentes atuações de mercado, são inúmeras razões que tornam esses processos atrativos em relação aos convencionais, como a maior qualidade do produto devido ao eficiente processo de separação (ARAUJO, et al, 2009).

A mistura de nanocargas em matrizes poliméricas é responsável por agregar melhorias nas características físico-químicas de um material, melhora-se a resistência mecânica, ao calor, área de contato e propriedades de barreira quando comparados aos compósitos convencionais puros (SANTANA, 2019). O exemplo de nanomaterial em evolução na aplicação de nanocompósitos é o Óxido de Grafeno (GO), produzido a partir da oxidação de Grafeno com o uso de fortes agentes oxidantes que causam a esfoliação do material gerando a produção de seu óxido, pode ser obtido outros métodos. (PAPAGEORGIOU, et al 2017). O GO resultante do processo é formado com diversos grupos funcionais (Figura 4) que serão responsáveis por facilitar a interação com outros materiais, característica aproveitada para a formação de compósitos.

Figura 4- Estrutura de Óxido de grafeno com grupos funcionais em evidência



FONTE: CAMARGOS et al, 2017

Além do óxido de grafeno se apresentar como um novo leque de possibilidades, tanto para a pesquisa quanto para a aplicação industrial, ele possui um baixo custo de obtenção tendo em vista que sua obtenção é a partir do grafite, material abundante (FURTADO; JUNIOR; SILVA, 2015). Apesar de tantas áreas estarem em alta no campo nanociência, essa espécie de material ainda não possui grandes contribuições que são utilizadas para amenizar a contaminação hídrica na área de toxicidade dos metais.

O uso de nanocompósito pode ser empregado com técnicas de filtração já conhecidas, um exemplo é a filtração lenta, uma tecnologia bastante difundida que melhora a qualidade dos efluentes, esse tratamento poderia ser empregado em diversos tipos de águas residuais que carregam metal em abundância na sua composição. (ALVES, 2020). Atualmente o tratamento hídrico é um ponto bastante discutido entre pesquisadores, mas sem muita ação efetiva em aplicação, o tratamento da água se tornou prioridade na Agenda 2030 com a proposta de reduzir a liberação de produtos químicos, materiais perigosos e metais pesados através do processo de purificação de água (WWAP 2017).

Em vista do benefício desse novo tipo de material há a necessidade de encontrar novas utilidades e aplicações em diversas áreas ainda inexploradas. Apesar de estar em frequentes estudos e pesquisa, a água que deveria ser entregue livre de qualquer impureza para a população algumas vezes ultrapassa os valores permitidos pelos órgãos responsáveis. O Quadro 1 apresenta a quantidade de metais permitidos segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Quadro 1: Quantidade de metais permitidos pelo Ministério da Saúde.

Parâmetro	Valor Máximo Permitido (mg/L)
Alumínio	0,2
Cádmio	0,005
Chumbo	0,1
Cobre	2
Crômio	0,05
Ferro	0,3
Manganês	0,1
Mercúrio	0,001
Níquel	0,07
Sódio	200
Zinco	5

Fonte: Ministério da Saúde (BRASIL, 2011)

Muitos dos metais acima são os chamados “metais pesados”, uma nomenclatura utilizada comumente na literatura científica, para se referir aos elementos que estão relacionados a poluição, toxicidade aguda e contaminação. Conceitualmente, eles podem ser caracterizados através de sua densidade, essa classe inclui elementos com densidade superior a 6 g.cm^{-3} , porém essa definição acaba englobando também alguns ametais. (BOECHAT, 2014)

Porém deve-se ter cuidado com o uso de nanotecnologia diretamente aplicada ao meio ambiente, o tamanho nano das partículas facilita a difusão e o transporte na atmosfera, dificultando sua remoção por técnicas usuais de filtração e o possível acúmulo delas em células vivas e ainda se sabe muito pouco sobre sua biodisponibilidade. (QUINA, 2004) Devido aos tipos de aplicações a área de nanotoxicologia ainda não sabe precisar se há impacto à saúde humana e meio ambiente, ainda se faz necessário maiores pesquisas na área (LAZZARETTI, et al 2018).

Ainda não há testes sobre a toxicidade do nanocompósito de pseudoboemita e óxido de grafeno, porém é possível encontrar informações pertinentes sobre a pseudoboemita, na literatura já existente. Dados de um estudo em vivo realizado pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) dividiu ratos da espécie *wistars* em dois grupos, ministrando diferentes doses de pseudoboemita para um deles e apenas água destilada em outro, (SOUZA, 2013) pode concluir que a ingestão do composto não causou problemas significativos nos roedores em questão.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Materiais

Os nanocompósitos foram sintetizados no Laboratório de Síntese de Materiais, localizados no Laboratório de Caracterização e Processamento de Materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Para a síntese da pseudoboemita, utilizou-se como precursores o Nitrato de Alumínio nona-hidratado, Hidróxido de Sódio, Álcool Polivinílico e água deionizada. Para a produção do nanocompósito, utilizou-se o Óxido de grafeno (obtido anteriormente através do método de Hummers modificado).

A capacidade de adsorção foi avaliada utilizando-se soluções padrão de Ferro, Magnésio e Níquel com concentração de 1ppm.

A Tabela 1 apresenta a composição e precursores das três amostras utilizadas como filtro para os metais.

Tabela 1- Composição das Amostras

Amostra	Teor de GO	Base	Sal
Pseudoboemita pura	-	NH ₄ OH	Al(NO ₃) ₃ .9H ₂ O
Pseudoboemita + GO (a)	0,5 %	NH ₄ OH	Al(NO ₃) ₃ .9H ₂ O
Pseudoboemita + GO (b)	1,0%	NH ₄ OH	Al(NO ₃) ₃ .9H ₂ O

Fonte: Autora (2021)

3.2 Equipamentos

Para a realização da síntese da pseudoboemita foram utilizados o agitador Unique modelo Ultrasonic Clear com frequência de 40 KHz e o Liofilizador LS3000 Terroni. A caracterização dos compostos obtidos foi realizada no Equipamento de Análise Térmica Netzsch STA 449F3 Jupiter e Difratorômetro de Raios X Rigaku Miniflex. Agitador Magnético com Aquecimento Q261 (Quimis); A análise dos produtos de filtração foi realizada no Espectrofotômetro de Absorção Atômica AA 932 (GBC). Todos os ensaios de caracterização foram realizados no Laboratório de Caracterização de Materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

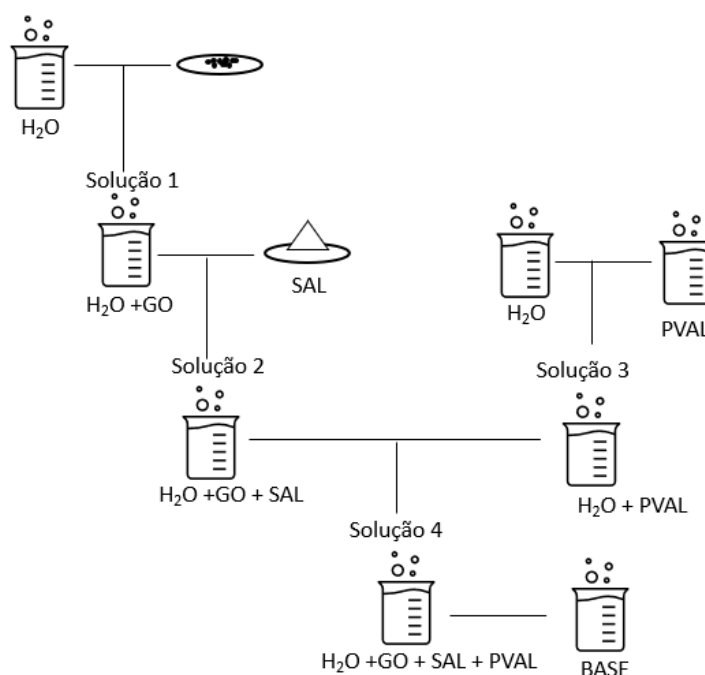
3.3 Preparação do Nanocompósito PB/GO

A síntese da pseudoboemita é realizada através de um processo denominado sol-gel, que consiste na formação de dois componentes: sol, uma suspensão coloidal de partículas sólidas em um líquido. O gel úmido, a subsequente formação de uma rede sólida ocupada com uma segunda fase de dimensões coloidais. (PULCINELLI et al, 1994)

Para realização da síntese do composto a solução obtida a partir do sal inorgânico e óxido de grafeno foram gotejados na fase alcalina e posteriormente lavada de modo abundante com água deionizada para se alcançar o pH neutro e evitar a formação de outros

polímeros indesejáveis que surgiriam em um meio ácido. Um detalhe importante é a necessidade de gotejar lentamente na solução básica para obter um compósito de menores partículas possíveis. A rota de síntese é apresentada no Fluxograma 1.

Fluxograma 1- Fluxo Esquemático Síntese Nanocompósito



Fonte: Autora, 2021

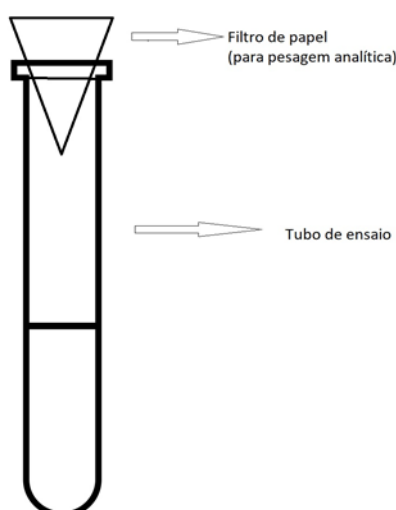
3.4 Filtragem dos metais de interesse

Foram escolhidos três metais (Níquel, Ferro e Magnésio) para filtração por outros três diferentes materiais: pseudoboemita pura e dois nanocompósitos de pseudoboemita e GO, um com 1% da composição de GO e outro com 0,5%. Com o objetivo de analisar o desempenho dos compósitos frente a três metais de tamanhos diferentes, apesar de um pouco similares, os metais citados anteriormente possuem os respectivos raios atômicos 163 pm, 126 pm e 173 pm.

O processo foi realizado conforme representação esquemática na Figura 5, a amostra do compósito foi inserida no interior do filtro, cobrindo toda a área interna para que não ocorresse a queda direta da solução até o fundo do tubo de ensaio sem que tivesse passado

pelo compósito, a solução do metal diluído foi lentamente gotejada até que a vidraria estivesse completamente preenchida.

Figura 5 – Representação Esquemática do Aparato Montado para Filtração



Fonte: Autora, 2021

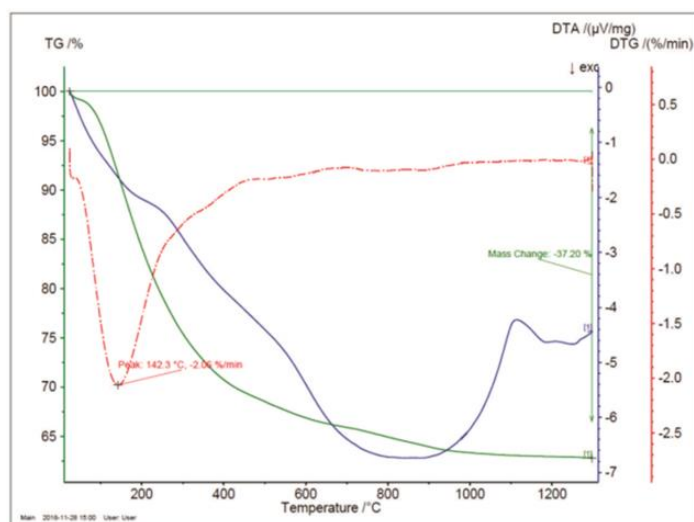
4. RESULTADO E DISCUSSÃO

O compósito obtido pelo método sol-gel foi caracterizado em diferentes métodos de análise antes de ser aplicado como adsorvente. Caracterizar um material é importante para prever o comportamento do composto de interesse.

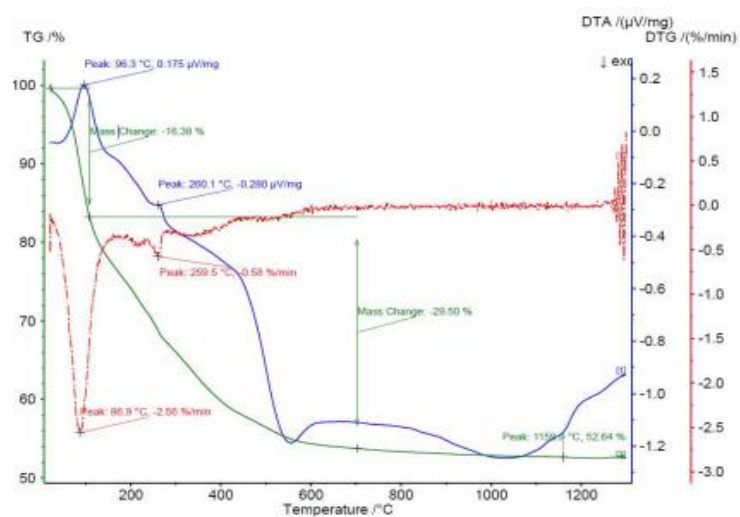
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL OBTIDO

A variação de massa será utilizada como parâmetro para medir suas propriedades físicas. Na Figura 6 são apresentados os resultados das análises térmicas referentes, as amostras de pseudoboemita pura (a), com adição de 0,5% de GO (b) e 1,0% de GO (c) em sua composição.

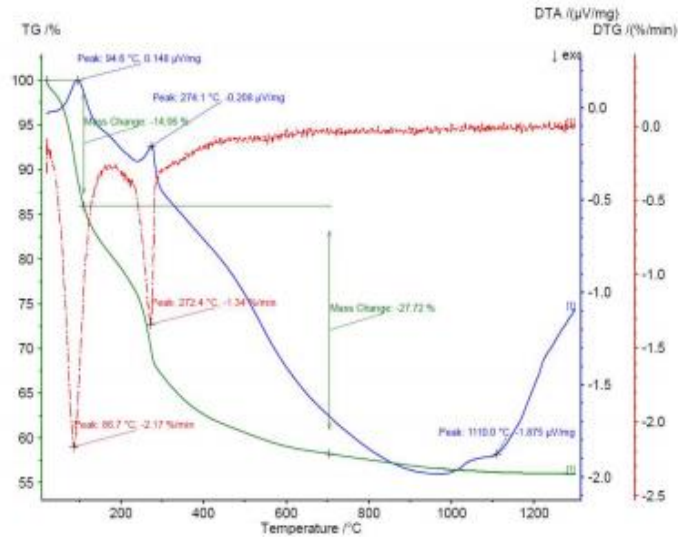
Figura 6 - Análises Termogravimétricas da PB (a), PB + 0,5% de GO (b) e PB + 1,0% de GO (c)



(a) PB



(b) PB + 0,5% GO



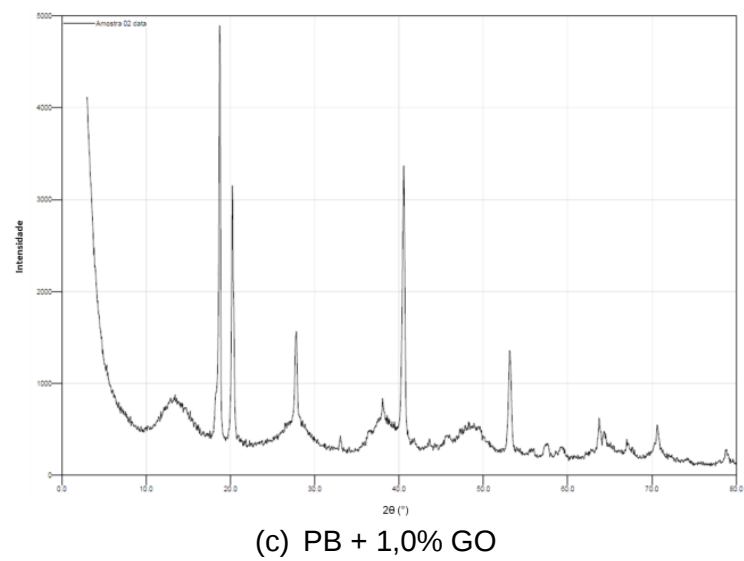
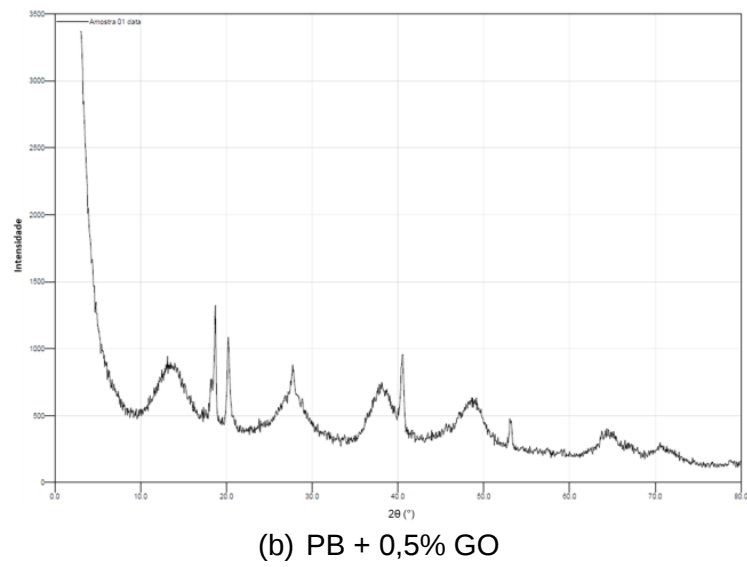
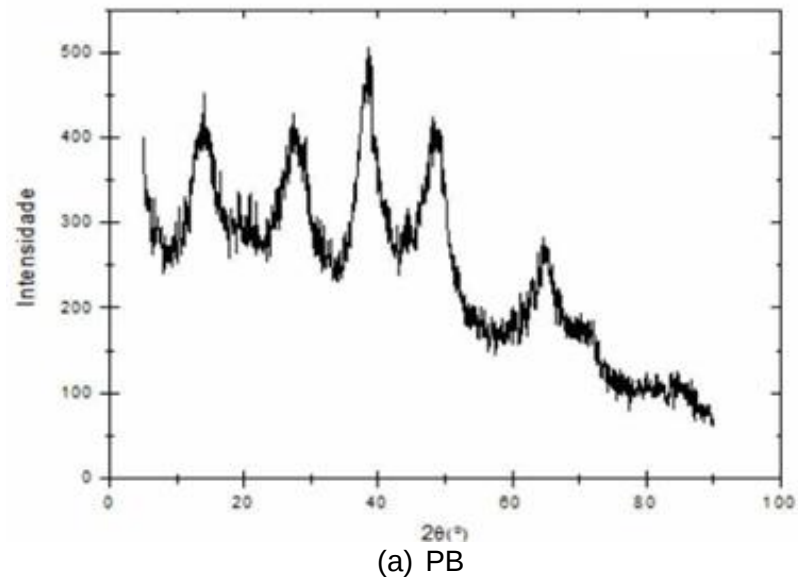
(c) PB + 1,0% GO

Fonte: Autora, 2021

Em todas as amostras são observadas a perda de água da pseudoboemita próximo aos 100°C, sendo que a amostra de pseudoboemita pura apresenta menor perda de massa que as amostras contendo óxido de grafeno. Na faixa entre 260 e 275°C observa-se nas amostras contendo óxido de grafeno outro pico endotérmico possivelmente indicando a presença de óxido de grafeno. Na faixa compreendida entre 250 e 500 °C observa-se perda de massa correspondente à transformação da pseudoboemita em γ -alumina. Próximo aos 1100 °C, a formação da α -alumina.

Na Figura 7, são apresentados os resultados de Difração de Raios X para as composições obtidas de pseudoboemita pura (a), com 0,5% de óxido de grafeno (b) e com 1,0% de óxido de grafeno (c)

Figura 7 - Difração de Raio X da PB (a), PB + 0,5% de GO (b) e PB + 1,0% de GO (c)



A análise dos resultados da difração de raios-x aponta para a presença das bandas características da pseudoboemita, concluindo-se, portanto, a formação deste material em todas as sínteses efetuadas. As amostras contendo óxido de grafeno pronunciaram a formação de um pico de maior intensidade próximo à $2\theta = 20^\circ$ e 40° , ainda mais intensos na amostra com maior teor de óxido de grafeno. Estes picos são característicos da bayerita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), sendo possível observar sua formação nas rotas de síntese com a presença do óxido de grafeno. Devido ao baixo teor adicionado na composição, não é possível observar os picos característicos do óxido de grafeno nas amostras.

4.2. Caracterização da Eficiência na Adsorção dos Metais

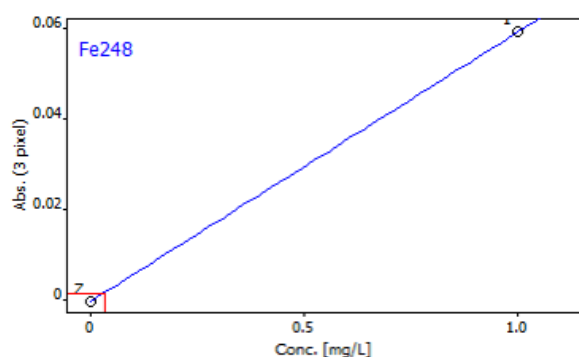
Foram realizadas duas análises para comprovar a funcionalidade do compósito aplicado como filtro. Inicialmente se analisou, através de espectrofotometria de absorção atômica, a concentração do líquido que passou pelo processo de filtração comprovando-se que a amostra havia retido os metais que anteriormente estavam presentes na solução. Os resultados são apresentados na Tabela 2 e no Gráfico 1 referente aos resultados da espectrofotometria realizada no produto filtrado.

Tabela 2: Concentração final dos metais

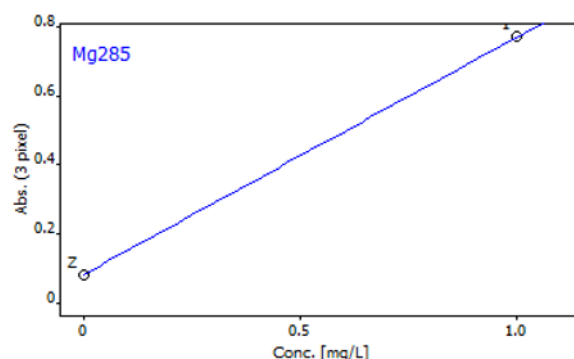
Compósito	Ferro		Magnésio		Níquel	
	Conc. Sol. (ppm)	Conc. Filtrado (ppm)	Conc. Sol. (ppm)	Conc. Filtrado (ppm)	Conc. Sol. (ppm)	Conc. Filtrado (ppm)
PB	1	0	1	0	1	0
PB + 0,5% GO	1	0	1	0	1	0
PB + 1,0% GO	1	0	1	0	1	0

Fonte: Autora, 2021

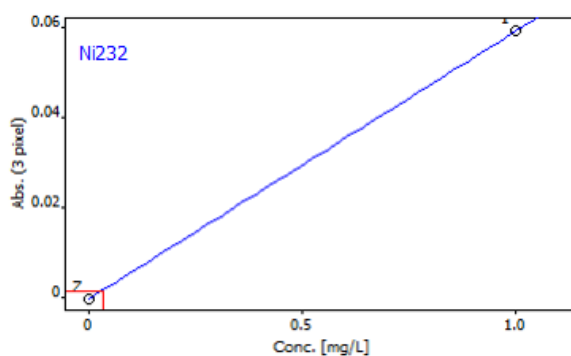
Gráfico 1 - Concentração dos Metais Após a Filtração do Ferro (a), Magnésio (b) e Níquel (c)



(a) Ferro



(b) Magnésio



(c) Níquel

Fonte: Autora, 2021

Considerando a concentração de 0,0 mg/L obtido na espectrofotometria, realizou-se uma análise qualitativa no filtro para a comprovação da retenção dos metais no filtro utilizado com as composições avaliadas. Os testes qualitativos acusaram a presença dos íons metálicos no filtro corroborando o resultado da espectrofotometria. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Presença de Metais nos Filtros

Compósito	Presença Filtro		
	Ferro	Magnésio	Níquel
PB	+	+	+
PB + 0,5% GO	+	+	+
PB + 1,0% GO	+	+	+

Fonte: Autora, 2021

5. CONCLUSÃO

A partir da realização dos ensaios, conclui-se que em todas as rotas de síntese realizada pelo processo sol-gel com os precursores inorgânicos resultou na pseudoboemita. Observou-se também que o aumento do teor de óxido de grafeno resultou na formação de uma maior quantidade de bayerita no processo de síntese.

A obtenção dos filtros, ainda que realizada de forma experimental, permitiu a realização eficiente do processo de filtragem, mostrando a viabilidade do uso deste material em processos de filtragem. Como a eficiência na filtragem foi total ou a concentração final é

inferior aos limites de detecção da técnica de espectrofotometria realizada, não foi possível observar a influência da adição de GO no processo de filtragem.

É necessário que estudos complementares sejam feitos para determinação dos limites de saturação dos filtros e aumento de escala de produção, no entanto, os resultados ora obtidos mostram-se promissores quanto ao uso do material em operações de adsorção de íons de metais pesados.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALVES, M. P.; **Pós-tratamento de esgoto doméstico em filtros lentos, com diferentes meios filtrantes.** 2020. Disponível em: <<http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/tede/3671/2/PDF%20Mar%c3%adlia%20Patr%c3%adcio%20Alves.pdf>> Acesso em 21 de fevereiro de 2021.

ARAUJO, E. M; BARBOSA, R. ITO, N. E; LEITE, A.M.D; LIRA, H.L. **Obtenção de membranas microporosas a partir de nanocompósitos de poliamida 6/argila nacional. Parte 1: influência da presença da argila na morfologia das membranas.** 2009 Disponível em <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282009000400005&script=sci_arttext&tlng=pt>

BRASIL – MINISTÉRIO DA SAÚDE Ministério da Saúde. 2011. Disponível em: http://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/saudelegis/gm/2011/anexo/anexo_prt2914_12_12_2011.pdf Acesso em 13 de outubro de 2020.

BOECHAT C. L. **Biorremediação de solos contaminados por metais pesados em áreas de beneficiamento de minério de ouro.** Porto Alegre, 2014. Disponível em <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/88143>> Acesso em 07 de novembro de 2020.

CALDAS, E.D.; JARDIM, A. N. O.; **Exposição humana a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos para saúde.** 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010040422009000700036&script=sci_arttext&tlng=pt> Acesso em 07 de setembro de 2020.

CAMARGOS, J.S. F; **Características e aplicações do grafeno e do óxido de grafeno e as principais rotas para a síntese.** 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/lucas/Desktop/2437-Manuscript%20paper_Texto%20do%20artigo%20(.pdf)-16284-1-10-20181210.pdf>

CASTRO, L. S. **Direito fundamental de acesso a água potável e a dignidade da pessoa humana.** 2013 Disponível em <http://www.ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=13202> Acesso em 20 de março

ESTEVES, A. C. C.; TIMMONS, A. B.; TRINDADE, T: **Nanocompósitos de matriz polimérica: Estratégias de síntese de materiais híbridos**. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v27n5/a20v27n5.pdf>> Acesso em 22 de março de 2019

FAVERO, L. B.; LENZI, E.; LUCHESE, E. B. **Introdução à química da água: Ciência, Vida e Sobrevivência**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

FRANCISCHETTI, J; **Remoção de metais pesados em efluentes líquidos através da filtração adsortiva**. 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/87729>> Acesso em 24 de janeiro de 2021

FERREIRA, C. I.: **Nanocompósitos de grafite dispersos em matrizes poliméricas e processo de obtenção destes**. 2013

FURTADO, C. A.; JUNIOR, H. R.P.; SILVA, E.P.; **Propriedades de filmes de grafeno depositados por spray-pirólise para aplicações como condutor transparente**. 2015. Disponível em: <https://ojs3.perspectivasonline.com.br/exatas_e_engenharia/article/download/714/560> Acesso em 02 de outubro de 2020.

KLOPROGGE, J T.; DUONG, L.V.; WOOD, B.J.; FROST, R.L. **XPS study of the major minerals in bauxite Gibbsite, bayerite and (pseudo-)boehmite**, Journal of colloid and interface Science, v. 296, p.572-576, 2006.

LAZZARETTI, L. L; HUPFFER, M. H; **Nanotecnologia: O olhar da ciência sobre a toxicidade e os potenciais riscos desses produtos**, Revista Conhecimento Online, a10, v. 3, 2018.

LCN – LONDON CENTRE OF NANOTECHNOLOGY; **LEGO2NANO Summer School**, Disponível em: <https://www.london-nano.com/news-and-events/lego2nano-summer-school> - Acesso em 25 de fevereiro de 2021

MARTINS, A; TRINDADE, T.; **Nanomaterials and the discovery of new worlds at the chemist's bench**. 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000700026&lng=en&nrm=iso> Acesso em 20 de março de 2019

MINISTÉRIO DA SAÚDE; **Portaria n ° 518- 2004** Disponível em:<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf> Acesso em 17 de março de 2019

MOROZ, E.M.; SHEFER, K.I.; ZYUZIN, D. A.; IVANOVA, A. S.; KULKO, E. V.; GOIDIN, V. V.; MOLCHANOV, V. V; **Local structure of pseudoboehmites**, React.Kinet.Catal.Lett, v. 87, n. 2, p. 367-375, 2006.

MUNHOZ JR, A. H.; MARTINS, J. S.; MIRANDA, L. ANDRADE, R. C.; RIBEIRO, R. R.; SILVA, L. G. A.; **Use of Pseudoboehmite Nanoparticles for Drug Delivery System of Glucantime**” 11th International Conference on Diffusion in Solid and Liquids, 2015a.

MUNHOZ JR, A.; NOVICKIS, R. W.; FALDINI, S. B.; MIRANDA, L. F.; RIBEIRO, R. R.; MAEDA, C. Y.; **Development of Pseudoboehmites for Nanosystems to Release Acyclovir**”. Advances in Science and Technology, vol 76, p. 184-189, 2010.

MUNHOZ JR, A. H.; ROMERO FILHO, M.; KLEIST, H. A.; MORENO, G. D.; OLIVEIRA, M. O.; PERES, R. M.; ROSSI, M. V.; MIRANDA, L. F.; RIBEIRO, R. R.; SARMENTO, B. F. C. C.; **Synthesis of Pseudoboehmite-Graphene Oxide for Drug Delivery System**. Materials Today: Proceedings, v. 14, p. 700-707, 2019.

NASCIMENTO, A. L.; **Obtenção de Pseudoboemita a partir de NaOH e AlCl₃.6H₂O para liberação em sistemas de fármacos**. Dissertação de Mestrado, São Paulo, 2016

OLIVEIRA, M. F.T.; ZARBIN, A. J. **Carbon nanostrutres (nanotubes and graphene): quo vadis?** 2013 Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Aldo_Zarbin/publication/262443231_Carbon_nanos_tructures_nanotubes_and_graphene_Quo_Vadis/links/53d161cd0cf220632f393239.pdf> Acesso em 20 de março de 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS; **Global Environment Outlook 6 (GEO-6)**. 2019 Disponível em: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/31874/GEO6_Process.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 21 de janeiro de 2021

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS; **Conferência de Estocolmo sobre o meio ambiente**. 1972

PAPAGEORGIOU, D. G; **Mechanical proprieties of graphene and graphene-based nanocomposites**.2017. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0079642517300968?token=43052F2616A4DB3671B190275105F51E7ECC6C47B5D549ACD3DDB1C9FD1E1E8C6763A66B171408B7717AE364080B4840>>

PULCINELLI, S. H.; SANTILLI, C. V.; JOLIVET, J. P; TRONE, E.; **Morphological characterization of aqueous tin oxyhydroxide gel**. 1994. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022309394900981>> Acesso em agosto de 2020

QUINA, F. H. **Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectiva e riscos**. 2014 Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422004000600031&script=sci_arttext?> Acesso em 26 de março

RIBEIRO, K. D.F; RODRIGUES, S: **Uso de zéolitas na redução do teor do cátion Níquel de efluentes galvânicos**. 2010. Disponível em: <<http://host-article-assets.s3.amazonaws.com/ci/587657447f8c9d6e028b4797/fulltext.pdf>> Acesso em 17 de janeiro de 2021

SANTANA, J. G.; **Processamento e caracterização de filmes flexíveis de nanocompósitos de EVOH/GO tratados com radiação ionizante.** 2019. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-29032019-145257/publico/2019SantanaProcessamento.pdf>> Acesso em 26 de janeiro de 2021

SANTOS, P. S.; COELHO, A. C. V.; SANTOS, H. S.; KIYOHARA, P. K.; **Preparação de Sóis Aquosos de Pseudoboemita com Fibrilas de Comprimentos Diferentes;** Cerâmica, v. 55, p. 135-144, 2009.

SOUZA, A. M. T.; **Avaliação da toxicidade da pseudoboemita para liberação controlada de fármacos.** 2013. Disponível em: <<http://tede.mackenzie.br/jspui/handle/tede/1331>> Acesso em 10 de junho de 2020.

STEFFEN, G. P. K.; **Contaminação do Solo e água pelo uso de agrotóxicos.** 2011. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/2016>> Acesso em novembro de 2020

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAME (WWAP)- UNESCO: **Wastewater: The untapped Resource.** 2017. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2017-wastewater-the-untapped-resource/>> Acesso em 25 de fevereiro de 2021

WYPYCH, F. et al: **Nanocomposites: synthesis, structure, properties a new application opportunities** Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151614392009000100002#back> Acesso em 20 de Janeiro de 2021

Contatos: nicole_vitale@hotmail.com e renato.peres@mackenzie.br