INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E TERRITÓRIO (ILATIT)

ENGENHARIA QUÍMICA

AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE DOLOMITAS SATURADAS COM SOLUÇÃO SINTÉTICA DE FOSFATO EM HIDROGÉIS PARA POSSÍVEL APLICAÇÃO COMO CONDICIONANTE DE SOLO

GHESSYCA APARECIDA DO BONFIM

Foz do Iguaçu
2022

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E TERRITÓRIO (ILATIT)

ENGENHARIA QUÍMICA

AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE DOLOMITAS SATURADAS COM SOLUÇÃO SINTÉTICA DE FOSFATO EM HIDROGÉIS PARA POSSÍVEL APLICAÇÃO COMO CONDICIONANTE DE SOLO

GHESSYCA APARECIDA DO BONFIM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Profª. Drª. Andréia Cristina Furtado
Coorientadora: Me. Lisa Eliana Samudio Legal

Foz do Iguaçu
2022

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

GHESSYCA APARECIDA DO BONFIM

AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE DOLOMITAS SATURADAS COM SOLUÇÃO SINTÉTICA DE FOSFATO EM HIDROGÉIS PARA POSSÍVEL APLICAÇÃO COMO CONDICIONANTE DE SOLO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

BANCA EXAMINADORA

_____
Orientadora: Profª. Drª. Andréia Cristina Furtado
UNILA

_____
Coorientadora: Profª. Me. Lisa Eliana Samudio Legal
FIA-UNE

_____
Profª. Drª Priscila Ferri Coldebella
UDC

Foz do Iguaçu, _____ de _____ de _____.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor(a):_____

_____

Curso: _____

	Tipo de Documento
(…..) graduação	(…..) artigo
(…..) especialização	(…..) trabalho de conclusão de curso
(…..) mestrado	(…..) monografia
(…..) doutorado	(…..) dissertação
	(…..) tese
	(…..) CD/DVD – obras audiovisuais
	(…..) _____

Título do trabalho acadêmico: _____

_____

_____

Nome do orientador(a): _____

Data da Defesa: _____/_____/_____

Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino-Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra, gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons* **Licença 3.0 Unported.**

Foz do Iguaçu, _____ de _____ de _____.

_____

Assinatura do Responsável

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Dedico aos meus pais, Nilton e Selma por serem meu alicerce e meus maiores exemplos de amor e caridade, a minha irmã Tathiany por me compreender e não desistir de mim. Ao meu irmão Marcelo por acreditar nos meus ideais. A minha afilhada Lívia Liz por ser a luz dos meus dias. A Dora Alice por me ajudar a evoluir. Também dedico a todos que de algum modo estiveram comigo nessa trajetória, acreditando no meu potencial.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo quero agradecer a Deus por sua imensa bondade, por estar viva e com saúde para concretizar este sonho. Sou muito grata a Virgem Maria por sempre me proteger, guiando meu caminho, dando força, sabedoria e discernimento. Agradeço profundamente aos meus pais, Selma e Nilton, pelos ensinamentos de compaixão, empatia, resiliência, honestidade e caridade, por jamais desistirem de mim e provarem todos os dias, seu amor incondicional. A minha melhor amiga e irmã, Tathiany por sua dedicação, generosidade e benevolência, estando sempre presente ao meu lado, me compreendendo e dando suporte nos meus maiores desafios. Ao meu irmão, Marcelo, por sua esperança e otimismo, pelo seu amor e respeito, por confiar na minha perspicácia e por se esforçar em prol do bem. A minha princesa Lívia Liz por me motivar, a ser cada vez melhor, por se inspirar em mim, alegrando e iluminando os meus dias. A minha Dorinha por ensinar o amor sem interesses.

Agradeço especialmente a minha orientadora e professora Drª Andréia Cristina Furtado, por acreditar em mim e abrir as portas, primeiro para pesquisa e iniciação cientifica e agora como orientadora de TCC, por ser um exemplo admirável de professora. Sou muito grata pelos ensinamentos acadêmicos e principalmente pela maneira profissional e humana que realiza seus trabalhos, agradeço de coração por me acompanhar nesta jornada, auxiliando a alcançar este objetivo. A minha coorientadora Lisa Samudio, por compartilhar seus conhecimentos com tanto carinho e dedicação, por estar disponível, auxiliando sem medir esforços e pela sua paciência e companheirismo. A Paula por me ajudar durante as análises, com sua energia positiva e ideias brilhantes, meu carinho especial.

Agradeço aos meus amigos, amigas e amigues que estão espalhados pelo mundo, cada um tem papel fundamental na minha vida e nesta conquista. Cada pessoa que passa pela minha vida, deixa um pouquinho de si e leva um pouquinho de mim, todos que passaram contribuíram para meu amadurecimento pessoal, que me fez chegar até aqui, por isso, agradeço a todos aqueles que de algum modo torcem por mim. Tenho muita sorte de encontrar pessoas incríveis no meu caminho e quero agradecer infinitamente a todos que de certa maneira me trouxeram alegrias e aprendizados. E aos momentos difíceis, que me tornaram na pessoa que sou hoje.

A UNILA por ser universidade referência e unificada, sem distinção de raça, gênero, etnia e classe social, gratidão a todos que constroem essa história.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas, ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana.”

Carl Jung

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

RESUMO

A maior parcela do uso de água potável do planeta é direciona para agricultura e pecuária, resultado do desenvolvimento populacional e econômico. Alternativas que visam contribuir para a redução do consumo e para o tratamento de água são importantes fontes de pesquisa. A dolomita é uma rocha sedimentar com grandes concentrações de carbonato de cálcio e magnésio ($CaCO_3/MgCO_3$), abundante na natureza no formato de rochas dolomíticas, possui baixo custo e pode atuar adsorvente, sendo alternativa no tratamento de águas residuárias. Entretanto, uma vez saturada, é imprescindível que esta seja descartada corretamente, evitando assim danos ao meio ambiente. Frente a isso, uma opção é reutilizar a dolomita saturada como fonte de nutrientes para solos e plantações. O objetivo dessa pesquisa foi caracterizar dois tipos de dolomita, in natura e purificada, e saturar com solução aquosa concentrada de fosfato de potássio e assim analisar a capacidade de adsorção da dolomita. Em seguida empregar essa dolomita saturada em polímeros absorventes. Os resultados apontaram que a porcentagem de adsorção da dolomita in natura, considerando soluções com concentrações de fosfato de 20, 30 e 40ppm foi de 35%, 25% e 24%, respectivamente, enquanto para a dolomita purificada, a capacidade de adsorção foi de 89,4%, 93,5% e 95,6% respectivamente. As análises no FTIR foram realizadas na faixa média de 4000 a 400cm^{-1}, e as principais bandas atribuídas foram ao carbonato e magnésio. No MEV-EDS os resultados demonstraram a presença de oxigênio (O); cálcio (Ca); carbono (C); magnésio (Mg) e silício (Si). Após a saturação, as dolomitas foram incorporadas ao poliacrilato de sódio, onde foi verificado que a dolomita in natura apresenta grau acentuado de resíduos na amostra, já para a dolomita purificada todas as amostras em poliacrilato foram dissolvidas.

Palavras-chave: Carbonato de Cálcio; Fosfato; hidrogel; polímeros; adsorventes; Saturação.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

RESUMEN

La mayor parte del consumo de agua potable del planeta se destina a la agricultura y la ganadería, como resultado del desarrollo demográfico y económico. Las alternativas que pretenden contribuir a la reducción del consumo y al tratamiento del agua son importantes fuentes de investigación. La dolomita es una roca sedimentaria con altas concentraciones de carbonato de calcio y magnesio (CaCO3/MgCO3), abundante en la naturaleza en forma de rocas dolomíticas, tiene bajo costo y puede actuar como adsorbente, siendo una alternativa en el tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, una vez saturado, es fundamental que se elimine correctamente, evitando así daños al medio ambiente. Ante esto, una opción es reutilizar la dolomita saturada como fuente de nutrientes para suelos y cultivos. El objetivo de esta investigación fue caracterizar dos tipos de dolomita, in natura y purificada, y saturarla con una solución acuosa concentrada de fosfato de potasio y así analizar la capacidad de adsorción de la dolomita. Luego, utilizar la dolomita saturada en polímeros absorbentes. Los resultados mostraron que los porcentajes de adsorción para la dolomita in natura, considerando soluciones con concentraciones de fosfato de 20, 30 y 40 ppm, fueron del 35%, 25% y 24%, respectivamente, Mientras que para la dolomita purificada los porcentajes de adsorción fueron del 89,4%, 93,5% y 95,6% respectivamente. Los análisis FTIR se realizaron en el rango promedio de 4000 a 400 cm-1, y las principales bandas asignadas fueron carbonato y magnesio. En el MEV-EDS los resultados demostraron la presencia de oxígeno (O); calcio (Ca); carbono (C); magnesio (Mg) y silicio (Si). Después de la saturación, las dolomitas se incorporaron al poliacrilato de sodio, donde se comprobó que la dolomita in natura presenta un marcado grado de residuos en la muestra, mientras que para la dolomita purificada se disolvieron todas las muestras en poliacrilato.

Palabras clave: Carbonato de calcio; Fosfato; hidrogel; polímeros; adsorbentes; Saturación.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

ABSTRACT

The largest share of the planet's drinking water use is directed to agriculture and livestock, a result of population and economic development. Alternatives that aim to contribute to the reduction of consumption and to the treatment of water are important sources of research. Dolomite is a sedimentary rock with high concentrations of calcium and magnesium carbonate ($CaCO_3/MgCO_3$), abundant in nature in the form of dolomitic rocks, has low cost and can act as an adsorbent, being an alternative in the treatment of wastewater. However, once saturated, it is essential that it is disposed of correctly, thus avoiding damage to the environment. Faced with this, one option is to reuse saturated dolomite as a source of nutrients for soils and crops. The objective of this research was to characterize two types of dolomite, in natura and purified, and to saturate it with a concentrated aqueous solution of potassium phosphate and thus analyze the adsorption capacity of dolomite. Then employ this saturated dolomite in absorbent polymers. The results showed that the adsorption capacity of in natura dolomite, considering solutions with phosphorus concentrations of 20, 30 and 40ppm, was 35%, 25% and 24%, respectively, while for purified dolomite, the adsorption capacity was 89.4%, 93.5% and 95.6% respectively. The FTIR analyzes were performed in the average range from 4000 to 400cm-1, and the main assigned bands were carbonate and magnesium. In the MEV-EDS the results demonstrated the presence of oxygen (O); calcium (Ca); carbon (C); magnesium (Mg) and silicon (Si). After saturation, the dolomites were incorporated into the sodium polyacrylate, where it was verified that the in natura dolomite presents a marked degree of residues in the sample, while for the purified dolomite all samples in polyacrylate were dissolved.

Key words: Calcium carbonate; Phosphor; hydrogel; polymers; adsorbents; Saturation.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - A estrutura cristalina da dolomita.....16
Figura 2 – Poliacrilato de Sódio 2718
Figura 3 – Curva de Calibração de Fosfato.....27
Figura 4 – FTIR de amostras de DN saturadas nas concentrações 20,30 e 40 ppm. 31
Figura 5 - FTIR de amostras de DP saturadas nas concentrações 20,30 e 40 ppm. 32
Figura 6 - EDS da amostra de dolomita in natura saturada com solução de 20 ppm de fosfato.....33
Figura 7 - EDS da amostra de dolomita in natura saturada com solução de 30 ppm de fosfato.....34
Figura 8 - EDS da amostra de dolomita in natura saturada com solução de 40 ppm de fosfato.....34
Figura 9 - EDS da amostra de dolomita purificada saturada com solução de 20 ppm de fosfato.34
Figura 10 - EDS da amostra de dolomita purificada saturada com solução de 30 ppm de fosfato.....35
Figura 11 - EDS da amostra de dolomita purificada saturada com solução de 40 ppm de fosfato.....35
Figura 12 - Imagens do MEV da dolomita in natura saturada com solução de 20ppm. 37
Figura 13 - Imagens do MEV da dolomita in natura saturada com solução de 30ppm. 37
Figura 14 - Imagens do MEV da dolomita in natura saturada com solução de 40ppm. 38
Figura 15 - Imagens do MEV da dolomita putificada saturada com solução de 20ppm. 39
Figura 16 - Imagens do MEV da dolomita purificada com solução de 30ppm 39
Figura 17 - Imagens do MEV da dolomita purificada com solução de 40ppm. 40
Figura 18 - (a) Hidrogel; (b) Hidrogel + Dolomita purificada; (c) Hidrogel + Dolomita in natura; (d) Hidrogel seco 42
Figura 19 - Dolomita in natura saturada 5% (a) [20ppm]; (b) [30ppm]; (c) [40ppm] 42
Figura 20 - Dolomita in natura saturada 10% (a) [20ppm]; (b) [30ppm]; (c) [40ppm] 43
Figura 21 - Dolomita in natura saturada 15% (a) [20ppm]; (b) [30ppm]; (c) [40ppm] 43
Figura 22 - Dolomita purificada saturada 5% (a) [20ppm]; (b) [30ppm]; (c) [40ppm].....44
Figura 23 - Dolomita purificada saturada 10% (a) [20ppm]; (b) [30ppm]; (c) [40ppm].....44
Figura 24 - Dolomita purificada saturada 15% (a) [20ppm]; (b) [30ppm]; (c) [40ppm].....44

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Soluções para curva de calibração 23
Tabela 2 - Dados obtidos por espectrofotômetro para padronização da curva de fosfato 27
Tabela 3 - Dados de absorbância (ABS) para as soluções de fosfato..... 28
Tabela 4 - Dados das amostras de fosfato após adsorção nas amostras de dolomita in natura e purificada. 28
Tabela 5 - Teor de fosfato adsorvido nas amostras de Dolomita in natura e purificada 29

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	Absorbância
$CaCO_3$	Carbonato de Cálcio
CTC	Capacidade de troca catiônica
DN	Dolomita in natura
DP	Dolomita purificada
EDS	Sistema de Energia Dispersiva
FTIR	Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier
MEV	Microscópio Eletrônico de Varredura
$MgCO_3$	Carbonato de Magnésio
PAS	Poli acrilato de Sódio
Pi	Fosfato inorgânico
Po	Fosfato orgânico

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

2. OBJETIVO 13

2.1 OBJETIVO GERAL 13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 13

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 14

3.1 DOLOMITA COMO ADSORVENTE 14
3.2 HIDROGEL 17
3.3 FÓSFORO 18
3.3.1 Remoção de fósforo de águas residuais 21

4. METODOLOGIA 22

4.1 PREPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES 22
4.1.1 Preparo do reagente molibdanovanadato 22
4.1.2 Soluções padrão de fosfato 22
4.2 CURVA DE CALIBRAÇÃO 23
4.3. SATURAÇÃO DA DOLOMITA 24
4.4 INCORPORAÇÃO DO HIDROGEL 25
4.5 CARACTERIZAÇÃO DA DOLOMITA 25
4.5.1 Espectroscopia no Infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) 25
4.5.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Sistema de Energia Dispersiva (EDS) 26

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 27

5.1 SATURAÇÃO DA DOLOMITA 27
5.2 CARACTERIZAÇÃO DA DOLOMITA SATURADA 31
5.2.1 Espectroscopia no Infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) 31
5.2.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Sistema de Energia Dispersiva (EDS) 33
5.3 INCORPORAÇÃO DO HIDROGEL 41

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 47

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 48

8. REFERÊNCIAS 49

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

1 INTRODUÇÃO

Hidrogeis são polímeros hidrorretentores, com capacidade de reter grandes volumes de água. Aplicados à agricultura fornecem água às plantas de forma controlada, e, em consequência reduz a periocidade necessária de irrigação, o que traz benefícios na diminuição de custos da produção, além de contribuir com a preservação de recursos hídricos, visto que melhora o direcionamento da utilização de águas destinadas à agropecuária, que é o setor que mais consome e também o que mais desperdiça água doce no Brasil, cerca de 70% da água do país, segundo dados do Fundo das Nações Unidas da Agricultura e Alimentação (FAO). Estes são fatores que contribuem diretamente para os problemas relacionado à escassez da água doce, uma realidade que, infelizmente vem afetando todas as regiões brasileiras (ANA 2019; PINTO et al., 2015).

Materiais poliméricos superabsorvente têm apresentado grande potencial para melhorar as propriedades físico-químicas do solo, pois reduzem consideravelmente o consumo de água e atuam como condicionadores de solo, modificando positivamente propriedades físicas e estruturais do solo, beneficiando o plantio (PINTO et al., 2015; BEZERRA et al., 2007). A dolomita adicionada na matriz polimérica de copolímeros, pode otimizar as propriedades de absorção, apresentando uma rápida e eficiente absorção de água, podendo também agregar nutrientes ao solo e potencializar os efeitos que contribuem com a qualidade do solo e com a qualidade do plantio e produto (ASLAM, 1990 apud BEZERRA et al., 2007).

Assim, visando avaliar os benefícios ao solo, a dolomita empregada como adsorvente de solução de fosfato foi adicionada ao poliacrilato de sódio, um hidrogel. Para estudar os benefícios ao solo em adicionar a dolomita empregada como adsorvente de elementos minerais em uma matriz polimérica, foram analisadas as características de géis sintetizados com dolomita in natura e dolomita purificada e comparadas com a dolomita saturada com a solução de fosfato.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a capacidade de adsorção da dolomita in natura e dolomita purificada saturadas na remoção de fosfato e incorporadas ao poliacrilato de sódio (PAS).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Avaliar a capacidade de adsorção da dolomita na remoção de fosfato;
- ✓ Incorporar a dolomita saturada em hidrogel;
- ✓ Caracterizar a mistura de dolomita saturada e hidrogel, quanto as análises de Espectroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier e Microscopia de Varredura eletrônica com detecção da composição química por EDS.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A escassez hídrica é um dos problemas mais relevantes na atualidade do nosso planeta, e atinge diversas esferas, tanto sociais, políticas e econômicas. Gradativamente a população vem sentindo os resultados do esgotamento dos recursos hídricos. Mesmo nestas circunstâncias, este problema está longe de ser resolvido. Se não houver mudanças significativas os hidrólogos preveem que a água doce irá ser alvo de disputas entre os segmentos que mais usufruem deste bem natural, atribuídas a alguns elementos que induzem o contínuo aumento essencial do uso de água, como a expansão urbana e populacional, desenvolvimento indústria e da agricultura (MONTE & ALBUQUERQUE 2010; PEDDE et al., 2013; GOMES 2011).

Alguns fatores como a poluição dos rios e mananciais, o crescimento de renda e populacional requer aumento de comida e energia, assim como o consumo exacerbado de água no desenvolvimento econômico, associados aos impactos das mudanças climáticas, acarretam redução de água, alinhado ao maior consumo e consequentemente a maior geração de esgoto. Medidas que visam reutilizar as águas residuárias (efluentes industriais, esgoto doméstico e comercial entre outros), são ótimas alternativas para controlar o desequilíbrio quantitativo entre o consumo e a disposição da água (PEDDE et al., 2013; DETONI et al., 2008; JACOBI et.al., 2016).

3.1 DOLOMITA COMO ADSORVENTE

O tratamento de águas residuais promove muitas vantagens nos âmbitos econômicos, sociais e ambientais, favorecendo a gestão dos recursos hídricos mais sustentáveis, aumentando a disponibilidade e reduzindo as descargas poluentes, também contribui para a redução da carência hídrica nas regiões que adotam esses métodos (GOMES 2011; LUCENA 2018). Existe uma vasta possibilidade para o tratamento de águas residuárias, entretanto, algumas etapas e processos geram novos resíduos, o que ocasiona novos impasses nas questões ambientais.

Um método para determinados tratamentos de efluentes é a adsorção, atuando na remoção de poluentes resistente a biodegradação (DE MENEZES OLIVO & ISHIKI, 2014; PEREIRA, 2018;). A adsorção é o acúmulo de elementos químicos sobre uma superfície sólida (adsorvente), que possui sítios que atraem as moléculas presentes na solução analisada. Esta fixação ocorre, pela força de atração entre o sólido e as

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

moléculas do fluido (adsorbato). A intensidade das forças de atração está relacionada com a espécie do sólido e com as características das moléculas adsorvidas. Em tratamento de efluentes, o adsorvente possibilita a separação dos contaminantes da água a ser tratada. A técnica de adsorção tem melhor performance comparadas as outras técnicas, visto que, após o procedimento de purificação, permite a reutilização da água (MOLINARI 2007; SCHNEIDER 2008; COSTA et al., 2016; SCHMIDT, 1997 apud PEREIRA 2018;).

Adsorventes alternativos são uma boa opção para reduzir custos no processo de adsorção, principalmente no tratamento de águas resíduas, pois são eficientes no processo de retirada de contaminantes em solução, também possuem fácil acesso e manuseio. Neste contexto, a dolomita é um mineral composto por carbonato de cálcio e magnésio ($CaCO_3/MgCO_3$), muito abundante na natureza no formato de rochas dolomíticas. Sua estrutura cristalina é formada por um cátion, que está iônicamente ligado a um radical iônico (CO_3^{-2}), fortemente conectadas por forças covalente e eletrostática. Outro fator positivo relacionando a dolomita como adsorvente, é que carbonatos apresentam solubilidade relativamente alta, se destacando na flotação, uma das etapas de tratamento de águas, uma vez que, influencia na composição química da água e na carga de interface água-mineral (ZORZAL et al., 2011).

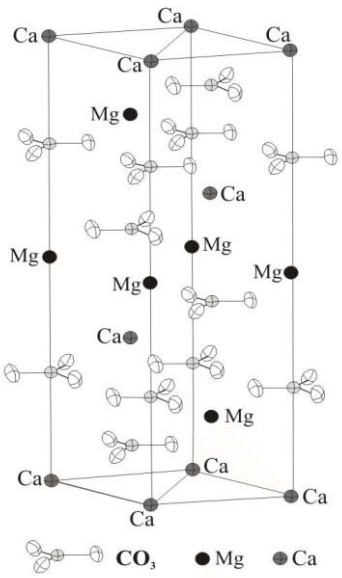
A dolomita tem grande potencial como método alternativo de precipitação e purificação com objetivo de diminuir a concentração de certas substâncias, porém após a saturação, o descarte incorreto pode ocasionar problemas ambientais, tornando necessário o desenvolvimento de métodos de tratamento ou descarte adequados afim de minimizar os impactos ambientais (SCHNEIDER 2008; ROMERO et al., 2010; ZORZAL et al., 2011; LEAL et al., 2012; COSTA et al., 2016; FERREIRA , 2017; SCHMIDT, 1997 apud PEREIRA 2018).

Os carbonatos possuem solubilidade relativamente alta, em relação a maioria das substâncias de óxidos e silicatos minerais. Levando em conta, que a solubilidade dos minerais interfere diretamente na flotação, processo físico de separação de misturas heterogêneas, deste modo, a solubilidade atua na composição química da água, e na carga de interface entre a água-mineral (ZORZAL et al., 2011).

A estrutura da dolomita apresenta camadas de cátions (Ca^{2+}, Mg^{2+}) intercaladas por ânions ($CO3^{2-}$), perpendiculares ao eixo C, onde a metade de cátions é constituídas por Ca e a outra por Mg (Putnis, 1995, apud KLEIN, 2007.).

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Figura 1 - A estrutura cristalina da dolomita.



Fonte: Klein, 2007

A dolomita estequiométrica tem como fórmula CaMg $(CO_3)_2$, sendo cristalizada no sistema romboédrico, alongada segundo o eixo cristalográfico “C” e apresentando Ca e Mg em proporções molares equivalentes. Sua característica principal são as camadas intercaladas de cátions (Ca^{+2}, Mg^{+2}) regularmente alternadas entre os ânions $(CO_3)^{-2}$. Este fato ocasiona uma estrutura estável, com ângulos levemente diferentes comparado aos da calcita e simetria distinta, isto ocorre devido ao tamanho menor do íon magnésio em relação ao do cálcio (KLEIN, 2007). A partir da análise de óxidos, a com posição da dolomita ideal possui 21,9% de MgO; 30,4% de CaO e 47,7% de CO2 por peso. Termodinamicamente, a dolomita ideal tem a menor energia livre possível para qualquer combinação em quantidades aproximadamente iguais de CaCO3 e MgCO3 que podem ser associados sob estas condições. A dolomita considerada ideal é na forma mais estável na qual CaCO3 e MgCO3 podendo ser combinar sob condições sedimentares. Como dolomita não-estequiométrica, também denominada de protodolomita ou pseudodolomita (Morrow, 1990a; Boggs, 1995 apud KLEIN, 2007), é reconhecida aquela que não apresenta estrutura e composição ideal, e em alguns casos, possui excesso de Ca na sua estrutura. Embora menos comum, a dolomita com excesso de Mg também é conhecida (Boggs, 1998 apud KLEIN, 2007).

Cargas minerais encontradas na dolomita ao serem adicionadas na matriz polimérica de materiais superabsorventes, têm apresentado resultados expressivos quanto a estabilidade na retenção de água, os polímeros hidroretentores tem a

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

capacidade de absorver e liberar gradativamente água e fertilizantes, nutrientes solúveis, em ciclos de absorção e liberação. O hidrogel proveniente de copolímeros a base de acrilamida-acrilato têm apresentado características de condicionadores de solo, os quais atuam no melhoramento das propriedades físico-químicas, físicas ou na atividade biológica do solo. De fato, o fornecimento adequado de nutrientes, auxilia de modo significativo no crescimento da produtividade e assim, da produção. A potencialização da aplicabilidade da água e nutrientes é primordial para abranger maior rendimento e reduzir os custos (DALPIAZ, 2006; BEZERRA et al., 2007; MAGALHÕES, 2009; SANTOS, 2015 BERNARDI et al., 2012 apud NAVROSKI et al., 2016).

3.2 HIDROGEL

É estimado que o consumo de água potável seja de 70% para agricultura, por isso são urgentes métodos de reduzir e otimizar o uso da água em plantios. Neste contexto, surge os hidrogéis, polímeros superabsorventes, como a poliacrilamida reticulada (poliacrilato de potássio e de sódio), desenvolvidos no final dos anos de 1960 nos Estados Unidos, como alternativa de manter a umidade dos solos. O poliacrilato de sódio é elemento aniônico da natureza polieletrólito, o qual pode ser utilizado como defloculante, no controle de filtrado (MENDONÇA et al., 2012; NARVÁREZ et al., 2013).

Materiais que ganharam espaço na agricultura por auxiliar no aumento da aeração do solo, minimização das perdas de nutrientes por lixiviação devido à alta capacidade de troca catiônica (CTC) e promover o desenvolvimento do sistema radicular e da planta, os hidrogéis, ou géis hidrorretentores, são redes tridimensionais de polímeros, que podem ser utilizados na agricultura como condicionantes de solo, com características de absorver e armazenar grandes volumes de água e íons indissolúveis, sem que ocorra dissolução do material (LIMA, 2007;; BERNARDI et al., 2012 apud NAVROSKI et al., 2016; CHANG et al., 2010 apud LADEIRA 2020).

Atualmente, os polímeros hidrorretentores são utilizados para diversos fins como espessante de géis de cabelo, em fraldas descartáveis, em alguns revestimentos de fios elétricos dentre tantas outras aplicações. Na agricultura tem se destacado como alternativa de armazenamento de água frente a escassez, devido a propriedades condicionadores de solo. Os polímeros sintéticos aumentam a

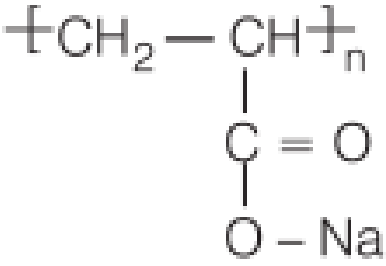
Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

capacidade de hidro retenção, contribuindo para diminuição da constante irrigação.

Desde a década de 60, os hidrogéis são empregados em diversas culturas, sendo uma opção em casos em que exista estresse hídrico ou em longos períodos de estiagem onde possa ocasionar danos ao desenvolvimento e crescimento das plantas, além de recuperar as propriedades físico-químicas dos solos, contribuindo para minimizar as perdas de nutrientes e reduzir os custos agrícolas (BOGARIM, 2014; MEDINA e SAMUDIO, 2021).

De acordo com Fonteno e Bilderback (1993) apud Narváes (2013), a eficiência do hidrogel está diretamente ligada as propriedades físicas do solo, quanto mais poroso mais facilmente o hidrogel tende a se expandir e liberar a água e nutrientes, e vale o contrário, quanto mais argiloso mais dificuldade o hidrogel tem de se expandir. Polímeros sintéticos possuem grande estabilidade térmica e resistência a ataques de bactérias em condições ambientais, sendo facilmente adaptados. Assim sendo, os polímeros polieletrólitos sintéticos atuando como agentes defloculantes, possibilita melhoramento do solo, auxiliando ao aproveitamento dos nutrientes, o desempenho benéfico do hidrogel depende do número de sítios ionizáveis, quanto maior a quantidade de sítios ionizados melhor o comportamento de expansão do hidrogel.

Figura 2. Estrutura do poliacrilato de sódio.



Fonte: Revista Química Nova na Escola

De acordo com, os polímeros possuem a região entre as moléculas dos polímeros possuem alta concentração de troca iônica

3.3 FÓSFORO

A eficiência do agrossistema associada com a aumento da população, precisa estar alinhada com produtividade e a otimização de recursos e insumos. Por outro lado, a produção agrícola está limitada à falta de alguns nutrientes, especialmente do

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

fósforo, em solos ácidos de regiões tropicais e subtropicais. A insuficiência de alguns nutrientes, principalmente o fósforo, no solo é devido à baixa disponibilidade em ambientes naturais, por possuírem a alta capacidade de adsorção ou pelo baixo teor de fósforo (P) nos produtos incorporados ao solo. No caso de solos tropicais, os quais possuem alto grau de intemperismo e assim baixa porcentagem de fósforo livre, como consequência restringe a produção agrícola. A carência desse elemento para as plantas, pode estar relacionado a elevada taxa de retenção dos íons que reagem com outras substâncias presentes no solo (CARMO, 2000; ALVAREZ, 2002; MENDES & DOS REIS, 2003; BASTOS et al., 2008; MACHADO e SOUZA, 2012;).

O fósforo alinhado com nitrogênio e potássio fazem parte da classificação dos macronutrientes mais importantes, sendo indispensáveis para o crescimento e desenvolvimento de culturas. O fósforo tem papel fundamental no metabolismo das plantas, pois atua na respiração e fotossíntese além de contribuir para a transmissão de energia da célula, onde está presente na formação de ATP (Trifosfato de adenosina), principal fonte de energia para divisão celular, transportes assimilados e carga genética. A insuficiência do fosforo na etapa inicial do ciclo vegetativo pode prejudicar o crescimento da planta, podendo acarretar clorose nas folhas e necrose Inter nervais, onde as folhas mais antigas são as mais atingidas. Mesmo corrigindo com níveis necessários de fósforo, após a etapa inicial, a planta dificilmente conseguirá se recuperar, por isso o fósforo deve ser inserido desde o estágio preliminar (SOUZA, 2008; FRITSCHE-NETO, 2010).

O uso de fertilizantes fosfatados é uma alternativa para contribuir com o aumento de fósforo no solo, mas quando adicionado por fontes solúveis, há possibilidade de ser absorvido na superfície de coloides ou então em ser ligado a composto de baixa solubilidade, como ferro e alumínio, ocasionado baixo nível eficiência dos fertilizantes fosfatados inseridos ao solo. Devido à forte energia de ligação do fósforo com os coloides, há elevada estabilidade em estado solido, em especial nos solos tropicais e subtropicais, por outro lado, nas plantas esse nutriente está pouco presente, uma vez que a dessorção do fósforo adsorvido em coloides do solo é baixa (MENDES & DOS REIS, 2003; SOUZA, 2008).

O fósforo (P) é geralmente encontrado no solo de duas maneiras fundamentais, orgânica e inorgânica sendo que o tipo de manejo pode interferir na quantidade de cada um. O fósforo inorgânico (Pi) é destacado por moléculas que são adsorvidas e se ligam aos coloides inorgânicos, já o fósforo orgânico (Po) é caracterizado por íons

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

fosfatos que são ligados aos compostos orgânicos, a instabilidade está associada à sensibilidade de decomposição do radical orgânico ao qual o fosfato está interligado. O fósforo inorgânico pode ser representado de duas formas principais, o fósforo advindo dos minerais primários, sendo este, pouco apresentado na constituição do solo, e o fósforo inorgânico adsorvido que está presente na grande maioria dos minerais existente no solo. Com a evolução do intemperismo o fósforo inorgânico é cada vez mais adsorvido por óxidos de ferro e alumínio, em contrapartida há aumento do fósforo orgânico. Portanto, a disposição do fósforo em solo é determinada principalmente pelas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, pela intemperização e pela plantação utilizada neste solo (SOUZA, 2008; GATIBONI et al., 2008).

O tipo de cultura praticada nos solos, tanto agrícola como pecuária, pode ocasionar perda de fósforo dissolvido na água, sobretudo em solos intemperizados, processo de desintegração de rochas e do solo, onde é adsorvido às substâncias coloidais da fração de argila e matéria orgânica. Para que o fósforo seja absorvido pelas plantas, é fundamental que o mineral esteja em contato com as raízes da planta, em seguida a planta absorve o fósforo de modo ativo por difusão, por isso a quantidade de água é essencial para que ocorra essa difusão (MORAES, 2008; MALAVOLTA, 2008).

Como o estilo de manejo interfere na qualidade do solo, quanto menor as alterações maiores a possibilidade de obter boa produtividade no plantio. Deste modo, se a cultura não ocasionar perturbações ao solo, se mantem preservando as condições ambientais, o resultado será satisfatório para produções futuras. Alterações na dinâmica da matéria orgânica, é muito importante para manter boas condições do solo, pois proporciona o fornecimento apropriado de nutrientes para as plantas, visto que a cobertura permanente do solo altera a atividade do fósforo no solo pois resulta na concentração de fósforo na camada superior, inclusive na configuração orgânica, ocasionando redução de adsorção, já que não ocorre a mobilização do solo, então pode apresentar maior quantidade de fósforo estacionado na camada superficial, onde tem-se também ligações de ânions orgânicos que disputam os sítios de adsorção (GRANT et al., 2001; RHEINHEIMER, 2000 apud SOUZA, 2008; GATIBONI et al., 2008).

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

3.3.1 Remoção de fósforo de águas residuais

O fósforo é essencial a plantas e animais, sendo amplamente empregado no meio agrícola, porém em águas residuais, têm potencial poluidor, causando eutrofização em corpos hídricos receptores e mortalidade de peixes. Neste caso, o fósforo possui complexa forma de recuperação, o que gera grande preocupação com o excesso de cargas presentes nos efluentes, por isso, métodos que visam recuperar moléculas de fosforo com finalidade de reaproveitamento são vantajosas tanto para a preservação do meio ambiente como para suprir a falta desse elemento em solos deficientes (KLEIN e AGNE, 2012; MARONEZE et al., 2014; BOEYKENS et al., 2017).

As técnicas de remoção de fósforo são divididas principalmente em: física, química e biológica. Os métodos físicos são mais caros, como a eletro diálise e osmose reversa, ou demonstraram ineficiente, removendo apenas 10% do fósforo total. O tratamento biológico pode remover até 97% de fósforo total, mas este procedimento contém variações devido a dificuldades operacionais. A adsorção é a melhor opção para remoção de fosfatos de águas residuais pois utilizam de materiais de baixo custo e acessíveis no tratamento de efluentes (KARACA et al., 2006; PINTO-COELHO et al., 2019).

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

4. METODOLOGIA

Os ensaios de laboratório foram realizados nas instalações da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, situada no Parque Tecnológico da Itaipu na cidade de Foz do Iguaçu – PR. A amostra de dolomita in natura foi cedida por uma loja em Ciudad del Este, no Paraguai e a dolomita purificada (Apis Nutri) foi comprada em uma loja de produtos naturais no Brasil. O objetivo foi estudar o comportamento da dolomita na adsorção e o efeito da incorporação do hidrogel.

4.1 PREPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES

4.1.1 Preparo do reagente molibdanovanadato

O reagente molibdanovanadato (H_3MoO_7V) foi preparado a partir das soluções de molibdato de amônio ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$) e metavanadato de amônio (NH_4VO_3).

Inicialmente, 25 g de molibdato de amônio foram dissolvidos em 300 mL de água destilada. Paralelamente, 1,25 g de metavanadato de amônio foi dissolvido em 300 mL de água destilada, sob aquecimento em uma chapa aquecedora até a dissolução completa do sal. Após, a solução foi deixada em repouso até temperatura ambiente, e adicionou-se 300 mL de HCl concentrado.

Em um balão volumétrico de 1000 mL adicionou-se as duas soluções, completando-se o volume com água destilada.

4.1.2 Soluções padrão de fosfato

O método espectrofotométrico adotado para este trabalho foi o método baseado na conversão do fósforo presente na amostra em ortofosfato (PO_4^{3-}). A reação deste com o molibdato em meio ácido produz um complexo misto molibdato/fosfato que, na presença do íon vanadato, forma o ácido molibdovanadofosfórico, de cor amarelada. A intensidade da cor amarela é proporcional à concentração de íons fosfato na amostra, sendo quantificada através da leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 420 nm (MAPA, 2014 apud GAMA, 2019).

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

As soluções padrão de fosfato com concentrações de 20 ppm, 30 ppm e 40 ppm foram preparadas a partir de uma solução de fosfato com concentração de 50 ppm. Nesta, 0,22 g de fosfato de potássio monobásico anidro (KH_2PO_4) foi dissolvido em água destilada e transferido para um balão de 1000 mL.

Posteriormente, em um balão volumétrico de 250 mL preparou-se os padrões de 20, 30 e 40 ppm de concentração, sendo utilizados 100 mL, 150 mL e 200 mL da solução padrão de fosfato de 50 ppm, respectivamente e completado o volume com água destilada.

Para leitura no espectrofotômetro, utilizou-se 35 mL de cada solução (20, 30 e 40 ppm) e 10 mL do reagente molibdanovanadato, completou-se com água destilada em balão volumétrico de 50 mL.

4.2 CURVA DE CALIBRAÇÃO

Para traçar a curva de calibração para a solução de fosfato, foram preparadas soluções com concentrações variadas: 1, 5, 10, 15, 20 e 25 ppm. Em um balão volumétrico de 100 mL adicionou-se a solução padrão de fosfato 50 ppm de acordo com cada concentração, conforme Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Soluções para curva de calibração

Concentração (ppm)	Volume solução padrão de fosfato 50 ppm (mL)
1	2
5	10
10	20
15	30
20	40
25	50

Fonte: o autor, 2021.

O volume foi completado com água destilada. Em seguida, em um balão de 50 mL dilui-se cada solução, sendo 35mL da solução padrão de fosfato para as concentrações da Tabela 1, 10 mL do reagente molibdanovanadato, completando o

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

balão volumétrico com água destilada. Para o branco, adicionou-se 10 mL do reagente molibdanovanadato e completou-se com água destilada (GOMES, 2021)

Após 10 minutos foi realizada a leitura da absorbância das soluções em espectrofotômetro UV-vis (Bel Photonics - SP 1105), no comprimento de onda de 420 nm.

4.3. SATURAÇÃO DA DOLOMITA

Para a saturação da dolomita, 3 g do mineral in natura, com granulometria entre 53 e 500 µm foram adicionados em 50 mL de uma solução de fosfato de potássio monobásico anidro (KH_2PO_4) com concentrações de 20 ppm, 30 ppm e 40 ppm. Todas as concentrações foram avaliadas em triplicata. A mistura foi agitada durante alguns minutos e as soluções deixadas em repouso por pelo menos 24 h. Depois desse período, as soluções foram filtradas.

Da solução resultante da filtração, foram coletados 17,5 mL que foram misturados com 5 mL do reagente molibdanovanadato em balão volumétrico de 25 mL, sendo o volume completado com água destilada. Após 10 minutos foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 420nm. Repetiu-se o mesmo procedimento para a dolomita purificada (SAMUDIO, 2018).

Para avaliar a capacidade de adsorção da dolomita, realizou-se os cálculos de eficiência de remoção, utilizando a Equação 1 a seguir:

$$\%\, remoção = \frac{C_i - C_a}{C_i} . 100 \qquad (1)$$

onde:

C_i concentração da amostra sem dolomita

C_a: concentração da amostra com dolomita

A dolomita saturada na forma de sólido, retida no papel filtro, foi seca ao sol por aproximadamente 5 horas, até obter pó seco da amostra, deixando-a reservada para a etapa de incorporação ao hidrogel.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

4.4 INCORPORAÇÃO DO HIDROGEL

O hidrogel utilizado para as análises foi o poliacrilato de sódio PA $(C_3H_3NaO_2)_n$, o qual é um sal sódico do ácido poliacrílico. Trata-se de um polímero que possui características superabsorventes, utilizado na agricultura.

Para a incorporação do hidrogel nas amostras de dolomita saturadas com fosfato, foram preparadas misturas nas proporções de 5%, 10% e 15% de dolomita saturada retida no papel filtro, as quais foram secas ao sol, para cada uma das concentrações de fosfato avaliadas (20, 30 e 40 ppm). Assim, 0,5 g de poliacrilato de sódio (PAS) foram misturados com 0,025 g, 0,05 g e 0,075 g de dolomita, respectivamente. Após, foram adicionados 50 mL de água destilada, a mistura foi agitada e deixada em repouso por alguns minutos para que ocorresse a absorção.

4.5 CARACTERIZAÇÃO DA DOLOMITA

As análises realizadas para caracterização da dolomita saturada foram a Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) desenvolvidas nos laboratórios da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), campus PTI.

4.5.1 Espectroscopia no Infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

Esse método permite identificar os grupos funcionais que estão presentes na estrutura de uma substância analisada. A análise de FTIR é bastante utilizada na identificação de compostos e determinação da composição química de uma amostra de interesse .

Os espectrômetros de FTIR (FTIR-Fourier Transformed Infrared Spectroscopy) utilizam o interferômetro de Michelson, este é um instrumento que visa medir comprimentos com muita precisão. A Espectrometria por Transformada de Fourier utiliza dois feixes de radiação eletromagnética disposto em adquirir um interferograma, sinal da variação da amplitude de luz absorvida ou transmitida em função da varredura do espelho móvel. Deste modo, a mudança do caminho óptico entre os dois feixes

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

resulta na formação de um sinal, basicamente este procedimento consiste em separar um feixe de luz em dois caminhos, ao serem refletidos são recombinados e assim formando um padrão de interferência (FORATO, 2010; GONÇALVES, 2012; FRAGNITO e COSTA, 2010).

O método de espectrômetros de FTIR (FRONTIER MIR+SP10 STD - Perkin Elmer) foi utilizado para caracterizar a dolomita in natura saturada e a dolomita pura saturada e assim compará-las.

4.5.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Sistema de Energia Dispersiva (EDS)

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é utilizada para reproduzir imagens de alta resolução e amplificação da superfície de uma determinada amostra. Este equipamento é um dos mais versáteis em análises especificas de micro e nanoestruturas de sólidos, onde utiliza os elétrons dispersos ou aqueles são desprendidos da superfície da amostra. Conforme as imagens são processadas o feixe de elétrons de alta energia (feixe primário), proporciona aparência tridimensional e com alta resolução da superfície, esses são pontos importantes no estudo de estrutura superficial (COSTA, 2016).

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 SATURAÇÃO DA DOLOMITA

Para a curva de calibração, primeiramente foi realizada a leituras das soluções de concentração 1, 5, 10, 15, 20 e 25mg/L de fosfato. Na Tabela 2 a seguir, estão dispostos os dados resultantes da leitura da absorbância das soluções padrão.

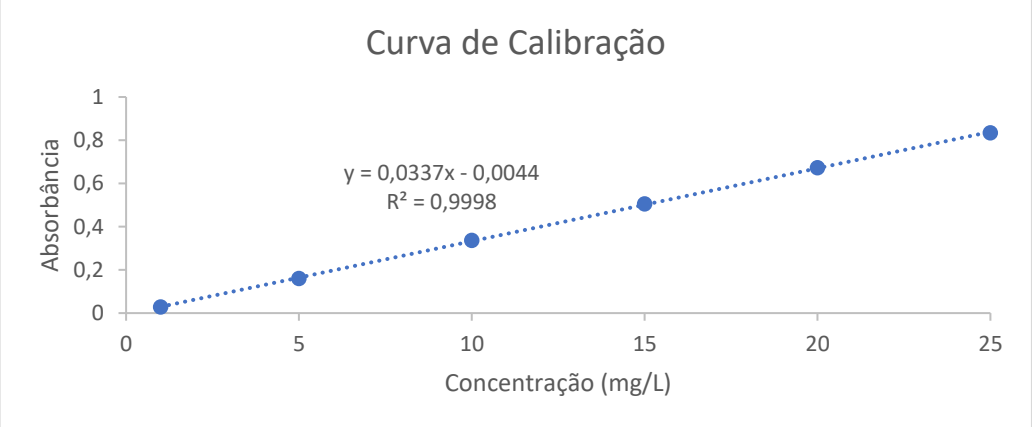
Tabela 2 - Dados obtidos por espectrofotômetro para padronização da curva de fosfato

Concentração (mg/L)	Absorbância
1	0,028
5	0,160
10	0,337
15	0,506
20	0,672
25	0,834

Fonte: o autor, 2021.

A Lei de Lambert-Beer estabelece a relação entre a absorbância de uma determinada solução e a concentração desta, quando submetida a passagem de uma radiação luminosa monocromática. A partir dos dados da Tabela 2 foi plotado o gráfico de padronização, que pode ser visto na Figura 3. Deste modo, a equação da reta obtida da curva, pode ser utilizada para cálculos posteriores.

Figura 3 – Curva de Calibração de Fosfato



Fonte: o autor, 2021.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

O método apresentou uma boa linearidade para o intervalo das concentrações de 1 a 25mg/L de fosfato, com R^2 de 0,9998, isso mostra que nessa faixa de concentração a absorção do ácido molibdovanadofosfórico segue a lei de Lambert Beer. Desse modo, pode-se utilizar a equação da reta para determinar a concentração de fosfato nas amostras.

Na Tabela 3 estão os dados da leitura da absorbância das soluções com concentração de fosfato de 20, 30 e 40 ppm. Os resultados de concentração determinados na espectroscopia foram utilizados para o cálculo do teor de fosfato adsorvido nas amostras de dolomita.

Tabela 3 - Dados de absorbância (ABS) para as soluções de fosfato.

Concentração padrão de fosfato	**Absorbância**	**Concentração fosfato (mg/L)**
20 ppm	0,713	21,03
30 ppm	1,052	31,09
40 ppm	1,364	40,34

Fonte: o autor, 2021.

Tabela 4 - Dados das amostras de fosfato após adsorção nas amostras de dolomita in natura e purificada.

Concentração padrão de fosfato	Dolomita in natura		Dolomita purificada	
	ABS	Concentração (mg/L)	ABS	Concentração (mg/L)
20ppm	0,463	13,61	0,077	2,15
	0,451	13,25	0,077	2,15
	0,444	13,04	0,075	2,09
30ppm	0,742	21,89	0,069	1,92
	0,761	22,45	0,07	1,95
	0,76	22,42	0,071	1,98
40ppm	1,03	30,43	0,066	1,83
	1,03	30,43	0,063	1,74
	1,04	30,73	0,063	1,74

Fonte: o autor, 2021.

Na Tabela 4, estão disponíveis os resultados da concentração de fosfato nas soluções filtradas, após o processo de adsorção nas amostras de dolomita in natura

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

e purificada. A partir desses resultados, foi possível determinar o teor de fosfato adsorvido pela dolomita (Equação 1), a partir das soluções de fosfato com concentrações de 20ppm; 30ppm e 40ppm.

Pode-se notar, pelos resultados da Tabela 4, que a adsorção do fosfato foi menor para a amostra de dolomita in natura, haja vista a menor concentração de fosfato nas soluções resultantes para a amostra purificada, independente da concentração inicial da solução. Com relação ao teor de fosfato adsorvido, os resultados estão apresentados na Tabela 5. Nesta é possível identificar comportamento oposto das amostras de dolomita. Para a amostra in natura, a adsorção foi mais eficiente para a solução com menor concentração de fosfato, com adsorção de 36,76% do fosfato contido na solução. Já para a dolomita purificada, 95,61% do fosfato contido na solução de 40 ppm foi adsorvido.

Tabela 5 - Teor de fosfato adsorvido nas amostras de Dolomita in natura e purificada

Concentração (ppm)	Dolomita in natura		Dolomita purificada	
	Média±desvio-padrão	Teor fosfato adsorvido (%)	Média±desvio-padrão	Teor fosfato adsorvido (%)
20	13,30±1,36	36,76	2,15±0,16	89,87
30	22,25±1,02	28,43	1,95±0,14	93,73
40	30,53±0,42	24,32	1,74±0,24	95,61

Fonte: o autor, 2022.

De acordo com Samudio Legal (2018), que realizou teste com amostras de dolomita e solução de fosfato nas concentrações 30, 45 e 60mg/L, o fosfato possui capacidade de adsorção em concentrações elevadas, obtendo 100% de remoção para as concentrações estudadas. Portanto, levando em consideração que a composição da dolomita varia de especificidade, então possivelmente, para as dolomitas analisadas neste trabalho, concentrações superiores a 40ppm podem apresentar melhores resultados.

A dolomita é um produto de custo relativamente baixo, apresentando características positivas quando atua como adsorvente de fosfato em solução aquosa. A dolomita é um mineral rico em cálcio (Ca), que possui forte interação com fosfatos e alguns compostos de Ca, o que torna seu uso conveniente na remoção de fosfatos,

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

visto que a adsorção é conduzida por propriedades físicas e químicas do elemento utilizado como adsorvente (ROQUES et al., 1991; RUIXIA et al., 2002; GAMA, 2019).

Comparado com a literatura, a taxa de remoção da dolomita in natura apresentou melhor comportamento na concentração de 20ppm com 36,76%, sugerindo que nas amostras 30 e 40ppm tenham menores concentrações Ca^{2+} dissolvido, onde provavelmente o pH inicial está acima do ideal. Com isso, impossibilita a precipitação de fosfato, subsequente diminui a capacidade de adsorção de fosfato. Conforme Yuan et al. (2015), o pH tem papel importante para obter resultados satisfatórios em processos de adsorção de fosfato por dolomita, onde a eficiência da taxa de remoção de fosfato depende do valor do pH. Os autores tiveram as seguintes porcentagens de remoção de fosfato 92,5; 92,7; 94,04; 97,08; 96,4 e 96,2 e 93,96 para os respectivos pH 3,52; 5,56; 7,39; 9,50; 10,39; 11,35 e 12,37. De acordo com os dados analisado, a taxa de remoção de fosfato tem aumento significável até o pH 9,5. Isso pode ser explicado, pois a remoção de fosfato é proporcional à dissolução dos íons Ca^{2+}do adsorvente.

Outra opção é a que íons OH^- estão competindo com fosfatos na superfície do adsorvente. Para a dolomita purificada, temos que taxa de remoção de fosfato atua de modo crescente, onde provavelmente o pH possui valores relativamente mais baixos, teoricamente podemos desconsiderar a precipitação de fosfato de cálcio, sendo realizada adsorção de fosfato à dolomita pois potencialmente há maiores concentrações Ca^{2+} dissolvido à medida que aumenta a concentração de fosfato, esse íons de Ca^{2+} dissolvidos, são advindo do adsorvente, se ligam com os íons de HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} e assim ficam livres, formando fosfato de cálcio.

Bhakat et al. (2006) apud Yuan et al. (2015) observaram que a adsorção de fosfato na dolomita envolve forças de valência através do compartilhamento ou troca de elétrons entre adsorvato e adsorvente. As análises realizadas por adsorção de fosfato na dolomita ocorrem por reação exotérmica, de modo geral, a taxa de remoção de fosfato é relativamente alta à temperatura ambiente, termodinamicamente a energia produzida pode recuperada, trazendo vantagens para diversos âmbitos de aplicação, onde a dolomita tem papel como adsorvente, atuando na remoção de fosfato no tratamento de águas.

Trabalhos realizados por Xu et al. (2014), demonstraram que a superfície da dolomita é inicialmente dominada pelo complexo de adsorção $MgHPO_4Ca^+$ onde o magnésio está presente em níveis superiores de fosfato e há aumento das ligações

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Ca-P e a formação de ($MgHPO_4$). É interessante notar que o teor de Mg na dolomita favorece o rápido crescimento em níveis de fosfato. Como já visto por outros autores, pH igual ou maiores que 8 demonstram maior capacidade de imobilização do fosfato. Para Xu et al., (2014), a dolomita, apresenta melhores agregação de fosfato do que a calcita em ambientes de solo calcário.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DA DOLOMITA SATURADA

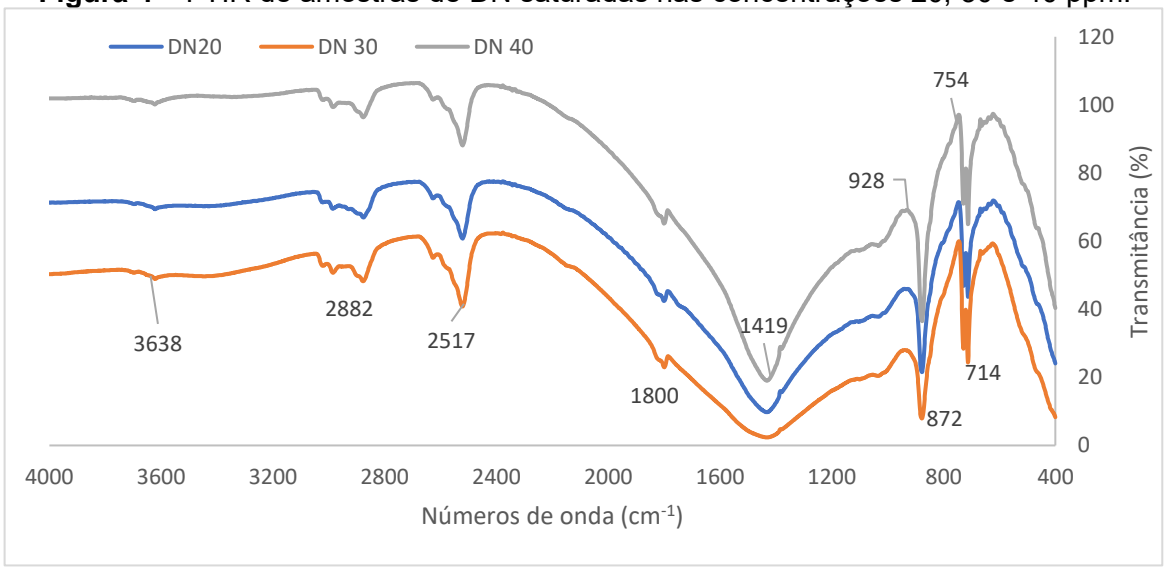
5.2.1 Espectroscopia no Infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

A Espectroscopia no Infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), está se destacando cada vez mais, por ser um método empregado para análises de microamostras ou áreas específicas de uma determinada amostra. Possibilita identificar e caracterizar, em amostras solidas ou liquidas, as formas cristalinas e grupos funcionais (EVORA et al., 2002).

A absorção em espectro infravermelho, tem por objetivo identificar a intensidade vibracional de grupos moleculares. No caso de minerais, é possível realizar essa leitura na faixa média do infravermelho entre 4.000 a 400cm^{-1}.

A identificação dos grupos funcionais das amostras de dolomita in natura (DN) e dolomita purificada (DP), ambas saturadas com as soluções de fosfato de 20, 30 e 40 ppm, analisados na região do infravermelho médio de 4.000 a 400cm^{-1}, são mostradas nas Figuras 4 e 5.

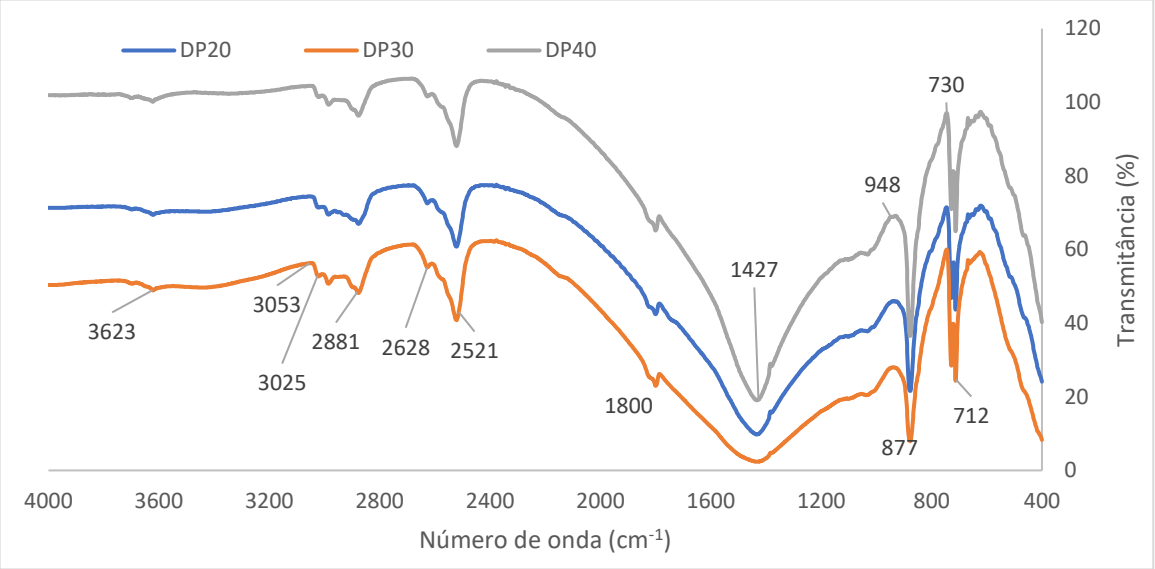
Figura 4 – FTIR de amostras de DN saturadas nas concentrações 20, 30 e 40 ppm.



Fonte: o autor, 2022.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Figura 5 - FTIR de amostras de DP saturadas nas concentrações 20,30 e 40 ppm.



Fonte: o autor, 2022.

Pode-se observar, independente da amostra de dolomita, um aumento na intensidade das bandas com o aumento da concentração do fosfato na solução. De acordo com Junfeng et al. (2009), as bandas de absorção do FTIR em 3020, 2626 e 730 cm^{-1} são atribuídas aos carbonatos presentes na dolomita. Para as amostras analisadas, a presença do carbonato foi confirmada pelas bandas em 3025, 2628 e 730cm^{-1}, para a dolomita purificada e pelas bandas em 2881, 1800 e 877 cm^{-1}, na dolomita in natura. Para Nguyen et al. (1991), as bandas 3020 e 2626 cm^{-1} são combinações de frequências. No caso da banda em 730 cm^{-1}, Farmer (1974) descreve a geometria molecular do grupo CO_3^{2-} na estrutura da dolomita.

De acordo com Gallucci et al. (2007) a dolomita também apresenta enxofre, que é considerado uma impureza. A amostra de dolomita in natura apresentou um pico referente ao enxofre, em 714 cm^{-1}, enquanto para a dolomita purificada, este pico foi observado em 712 cm^{-1}. Em 2517 cm^{-1} e 2521 cm^{-1}, para as amostras de dolomita in natura e purificada, respectivamente, foram identificadas bandas atribuídas à presença de pequenas quantidades de ferro e manganês.

Conforme Pavia et al. (2010), são observados padrões típicos da frequência de estiramento C-H em 3000 cm^{-1}, e entre 1450 e 1375 cm^{-1} tem-se o grupo de dobramento $-CH_3$, associado à banda em torno de 1419 cm^{-1} na amostra de DN e 1427cm^{-1} para DP.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

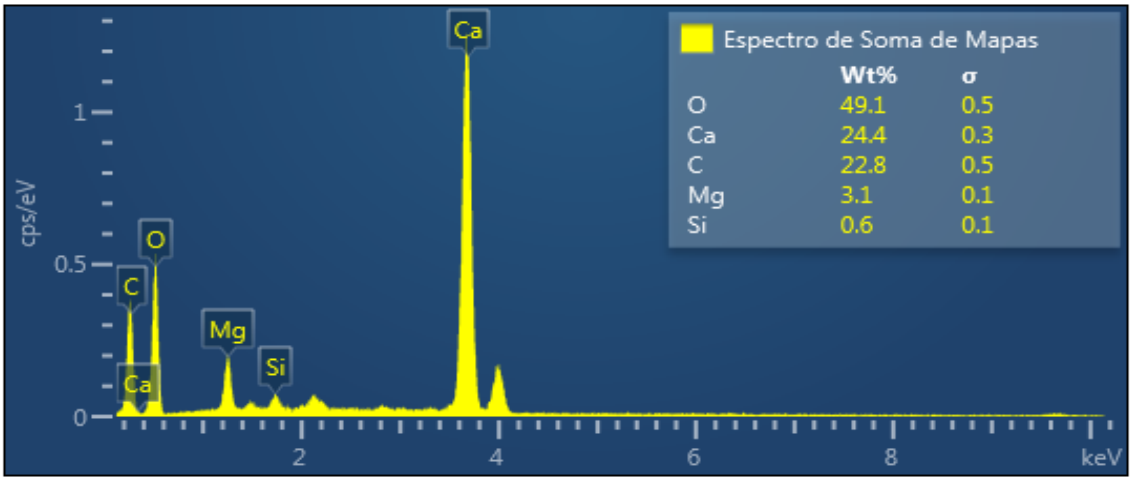
Embasando no estudo de Lavat e Graselli (2015), onde apresentam absorção entre as bandas 1000 e 750 cm^{-1} estão localizadas vibrações dos octaedros de MgO_6, deste modo, podemos observar picos em 928cm^{-1} para dolomita in natura saturada e 948 cm^{-1} para dolomita purificada saturada, confirmando a existência de magnésio nas amostras de dolomita analisadas.

Os autores Ñústez-Castaño et al. (2019), encontram grupo funcional hidroxila nas bandas entre 3643 e 3645 cm^{-1}, resultante das vibrações do grupo -OH do hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) e hidróxido de magnésio ($Mg(OH)_2$), resultado da reação entre os óxidos e a umidade do ambiente. De acordo com a análise do gráfico das Figuras 4 e 5, podemos identificar os grupos com hidroxilas nas bandas 3638 cm^{-1} para dolomita in natura saturada (DN) e 3623 cm^{-1} na dolomita purificada satura (DP).

5.2.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Sistema de Energia Dispersiva (EDS)

A identificação dos grupos funcionais das amostras de dolomita in natura, após processo de saturação com as soluções de fosfato de concentração 20, 30 e 40 ppm estão disponíveis nas Figuras 6, 7 e 8.

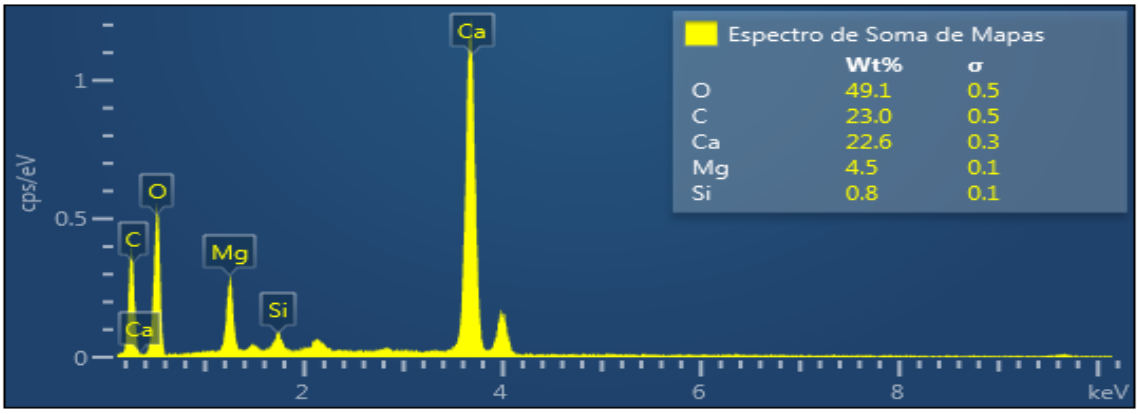
Figura 6 - EDS da amostra de dolomita in natura saturada com solução de 20 ppm de fosfato.



Fonte: Laboratórios Multiusuários PTI, 2022.

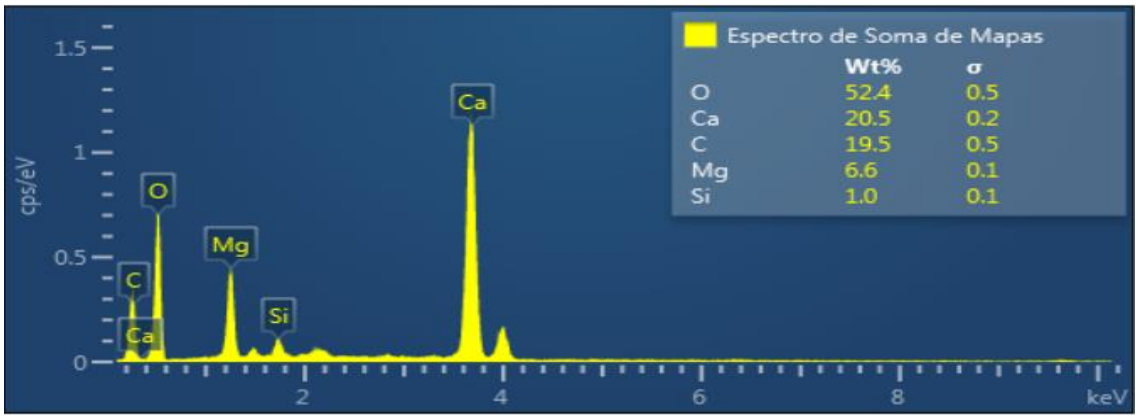
Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Figura 7 - EDS da amostra de dolomita in natura saturada com solução de 30 ppm de fosfato.



Fonte: Laboratórios Multiusuários PTI, 2022.

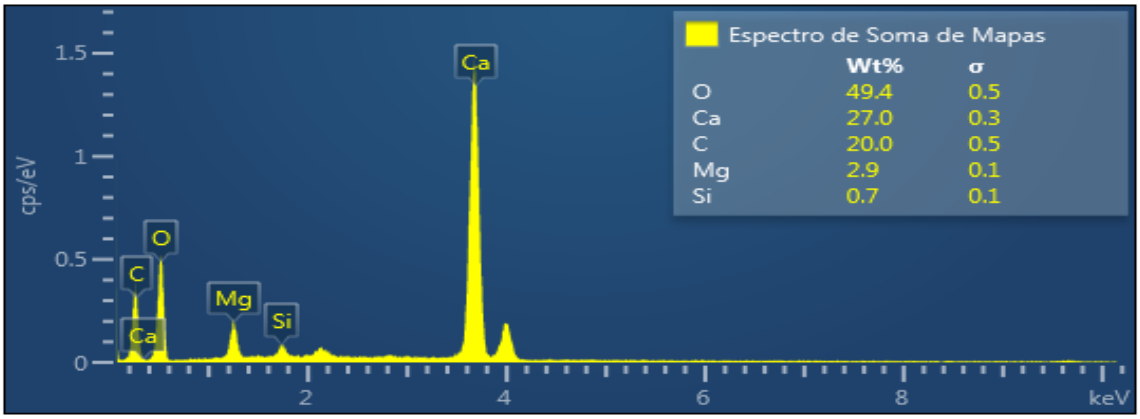
Figura 8 - EDS da amostra de dolomita in natura saturada com solução de 40 ppm de fosfato.



Fonte: Laboratórios Multiusuários PTI, 2022.

Nas Figuras 9, 10 e 11 são apresentados os gráficos de EDS das amostras de dolomita purificada, após processo de saturação com as soluções de fosfato de concentração 20, 30 e 40 ppm.

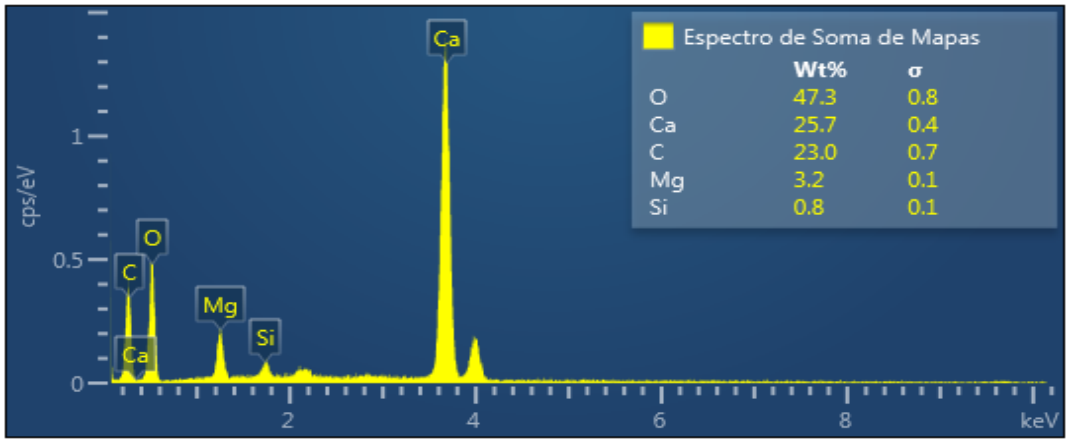
Figura 9 - EDS da amostra de dolomita purificada saturada com solução de 20 ppm de fosfato.



Fonte: Laboratórios Multiusuários PTI, 2022.

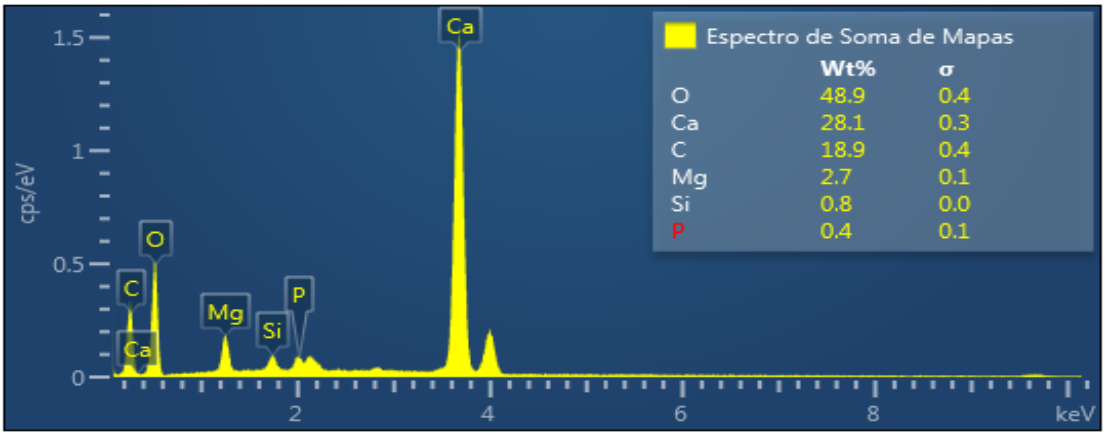
Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Figura 10 - EDS da amostra de dolomita purificada saturada com solução de 30 ppm de fosfato.



Fonte: Laboratórios Multiusuários PTI, 2022.

Figura 11 - EDS da amostra de dolomita purificada saturada com solução de 40 ppm de fosfato.



Fonte: Laboratórios Multiusuários PTI, 2022.

A partir das imagens de EDS, pode-se observar que tanto a dolomita in natura saturada quanto a dolomita purificada saturada apresentam em sua superfície compostos e dispersão de elementos dentre os quais se destacam: oxigênio (O); cálcio (Ca); carbono (C); magnésio (Mg) e silício (Si). A única amostra que permitiu a identificação do fosfato pelo método EDS foi a amostra de dolomita purificada saturada com a solução de 40 ppm de fosfato. Portanto, pode-se concluir que, acima de 40ppm de solução de fosfato, a dolomita purifica apresenta uma melhor adsorção. A presença de cálcio se manteve estável nas três concentrações apresentadas, para a amostra purificada.

Observando os resultados do EDS da dolomita in natura, a quantidade de cálcio diminui conforme aumenta a concentração de fosfato na solução analisada (20,30 e 40ppm), porém em nenhuma das amostras foi identificada a presença do fosfato. É

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

valido ressaltar que para a dolomita in natura quanto maior a concentração de fosfato adicionada ao adsorvente, menor a quantidade adsorvida, de acordo com os resultados obtidos.

Nugroho et al. (2014), realizou experimentos de adsorção em com concentrações de fosfato (10-100 mg/L), em pH e temperatura de 9 e 25°C, onde obtiveram que a adsorção do fosfato na dolomita, aumenta de acordo com a concentração de fosfato. A dolomita purificada, teve mesmo comportamento, assim sendo, podemos sugerir que o procedimento ocorreu dentro das condições favoráveis de adsorção. O aumento na concentração de fosfato, aumentou a força motriz do fosfato para superar a resistência à transferência de massa do fosfato entre as fases aquosa e sólida, que por sua vez faz com que mais fosfato seja adsorvido pela dolomita.

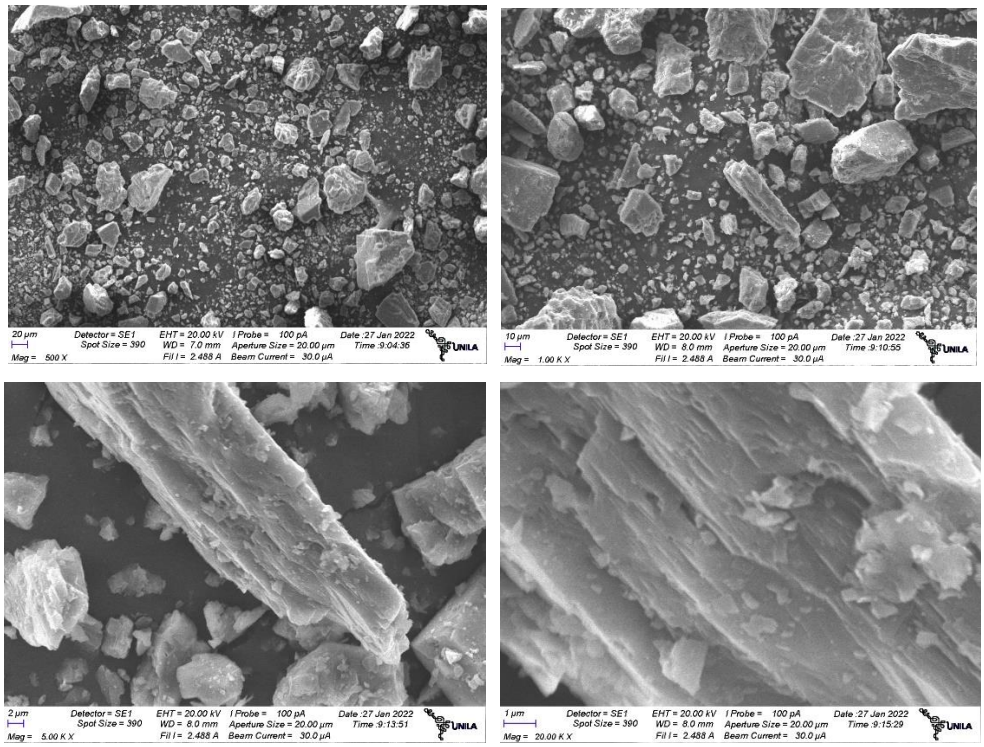
De acordo com Hanna, et al. (2008) a dolomita tem potencial de fixar fosfato devido à presença de Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+} e espécies químicas Fe^{2+} em sua composição química. Neste estudo, podemos observar pelos gráficos EDS que em todas as amostras há picos predominantes de cálcio, onde a porcentagem de cálcio presente no adsorvente é na amostra de 40ppm a mesma que apresenta pico de fosfato. Nos gráficos do EDS temos que os picos de energia nesta Figura, o cálcio, o carbono, oxigênio e magnésio constituem os elementos químicos relevantes, o silício pode ser considerado como impureza.

A porcentagem de cálcio nas análises, revela que na dolomita purifica a quantidade é levemente maior, isso comprova o que foi mencionado, que existem mais íons Ca^{2+} dissolvidos à medida que aumenta a concentração de fosfato. Sendo possível observar que a concentração maior de 40ppm apresenta pico de fosfato na análise de EDS. Portanto a concentração dos finos de dolomita esta diretamente relacionada com dissolução de íons cálcio em contrapartida aos íons de magnésio (DE MELLO & PIMENTEL, 2021).

As imagens da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) das amostras de dolomita in natura saturada podem ser observadas nas Figuras 12, 13 e 14 e para a dolomita purificada saturada nas Figuras 15, 16 e 17.

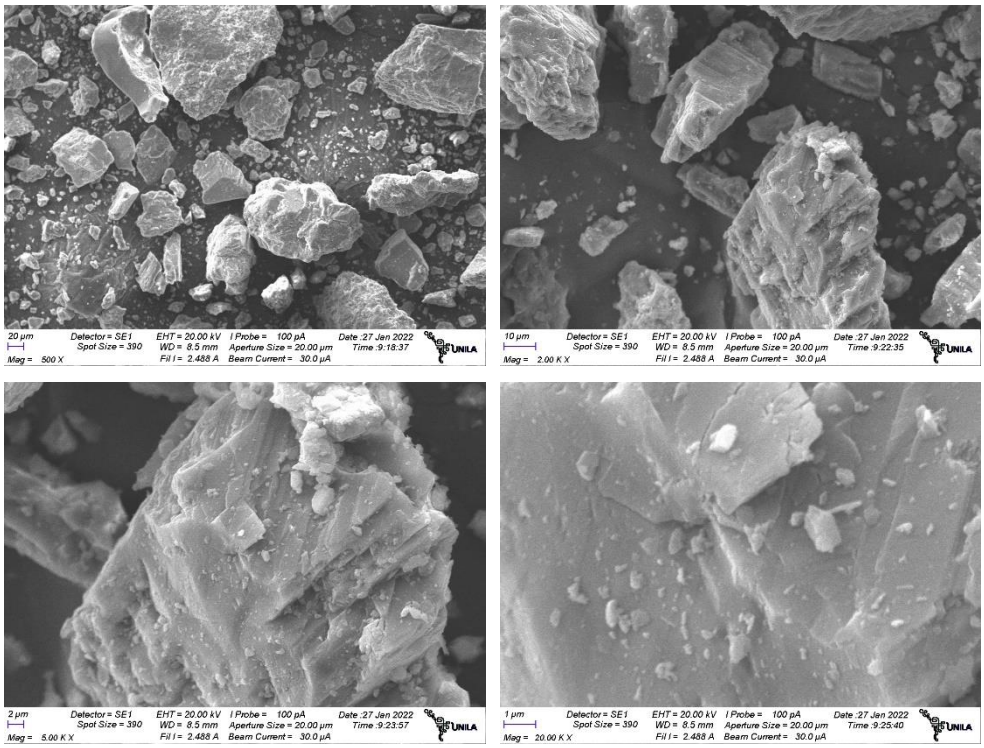
Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Figura 12 - Imagens do MEV da dolomita in natura saturada com solução de 20ppm.



Fonte: Laboratórios Multiusuários PTI, 2022.

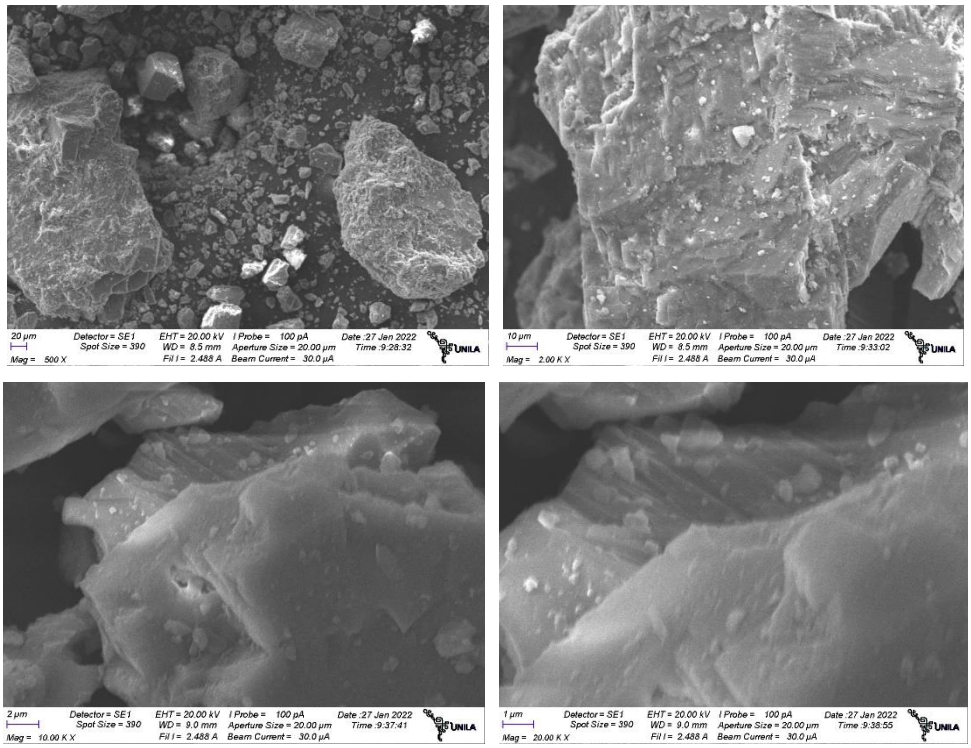
Figura 13 - Imagens do MEV da dolomita in natura saturada com solução de 30ppm.



Fonte: Laboratórios Multiusuários PTI, 2022.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Figura 14 - Imagens do MEV da dolomita in natura saturada com solução de 40ppm.



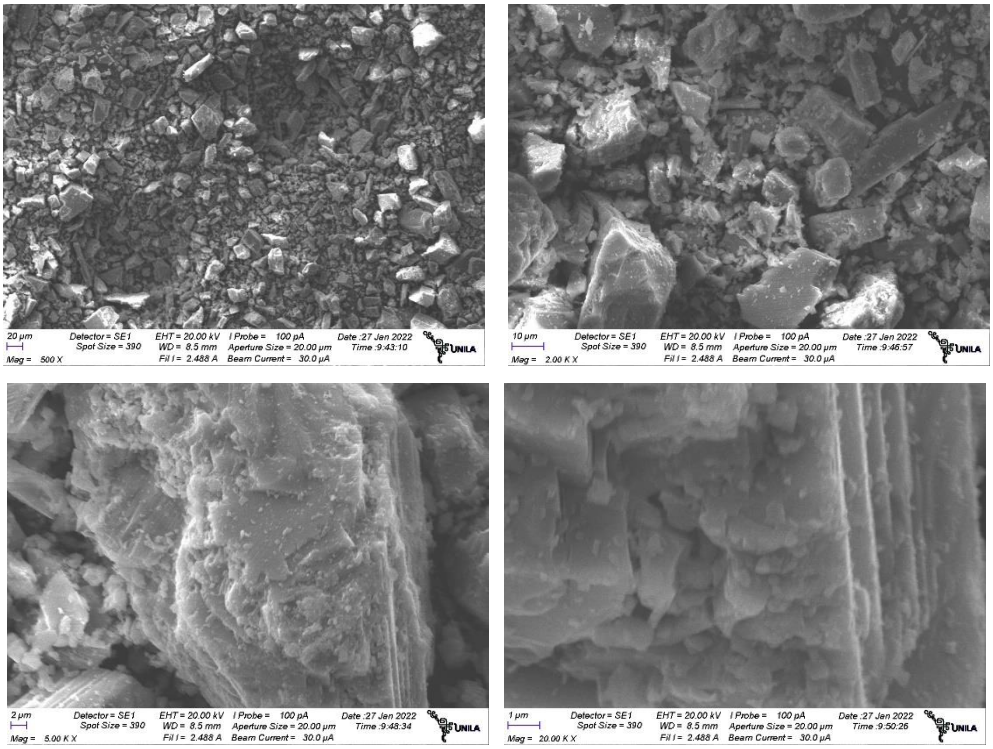
Fonte: Laboratórios Multiusuários PTI, 2022.

A dolomita in natura apresenta superfície áspera, partículas irregulares e tamanhos diferentes, algumas com formas pontiagudas (SAUFFI et al., 2020). Na Figura 12 onde temos a concentração de 20ppm, pode-se notar que existe aglomerados irregulares relativamente menores, sendo que ao aumentar a concentração para 30ppm (Figura 13), os aglomerados irregulares tornam-se relativamente maiores, e assim acontece com a concentração de 40ppm (Figura 14), onde os aglomerados ainda são irregulares, porém apresentam tamanho superior aos anteriores. Em todas as imagens é possível observar a presença de partículas finas na superfície, o que mostra a natureza frágil do material analisado (SALAMEH et al., 2015). A superfície do material é mais uniforme, na concentração de 40ppm, o que permite sugerir que houve menor precipitação de fosfatos de cálcio, com menor remoção de fosfatos da solução aquosa, comparado com a Figura 12 (20ppm).

As imagens da dolomita purificada apresentam fragmentações irregulares, e partículas finas demonstrando a fragilidade do material. Analisando as imagens 15, 16 e 17 pode-se notar, que a superfície da amostra de concentração de 40ppm possui maiores agregações em relação à de 30ppm e 20ppm, confirmando que houve maior adsorção de fosfato da solução aquosa padrão.

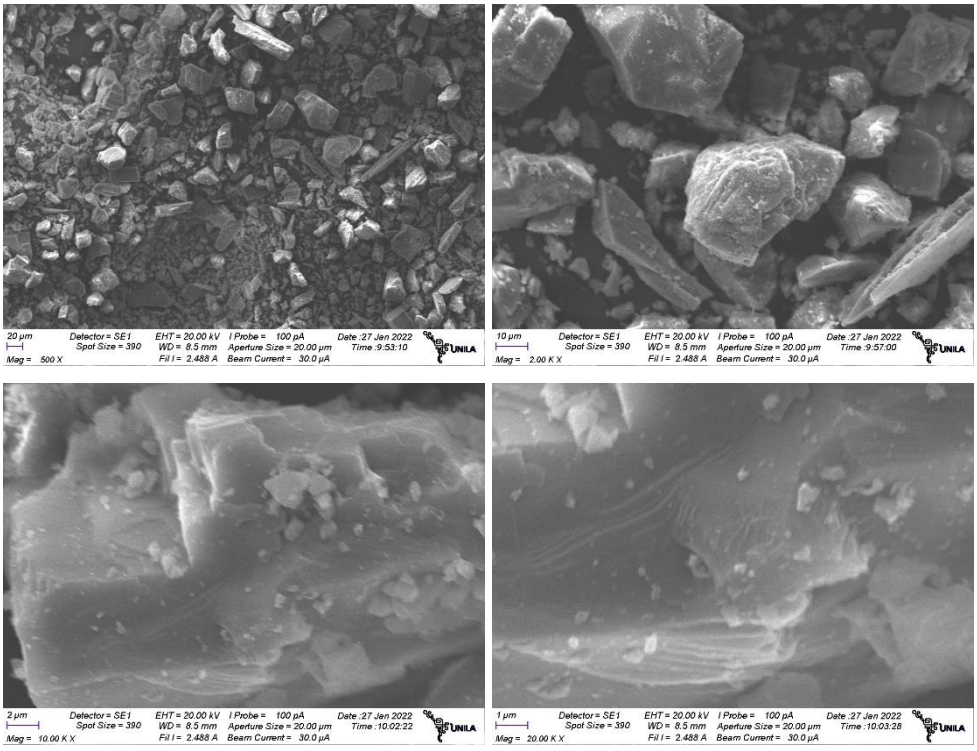
Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Figura 15 - Imagens do MEV da dolomita putrificada saturada com solução de 20ppm.



Fonte: Laboratórios Multiusuários PTI, 2022.

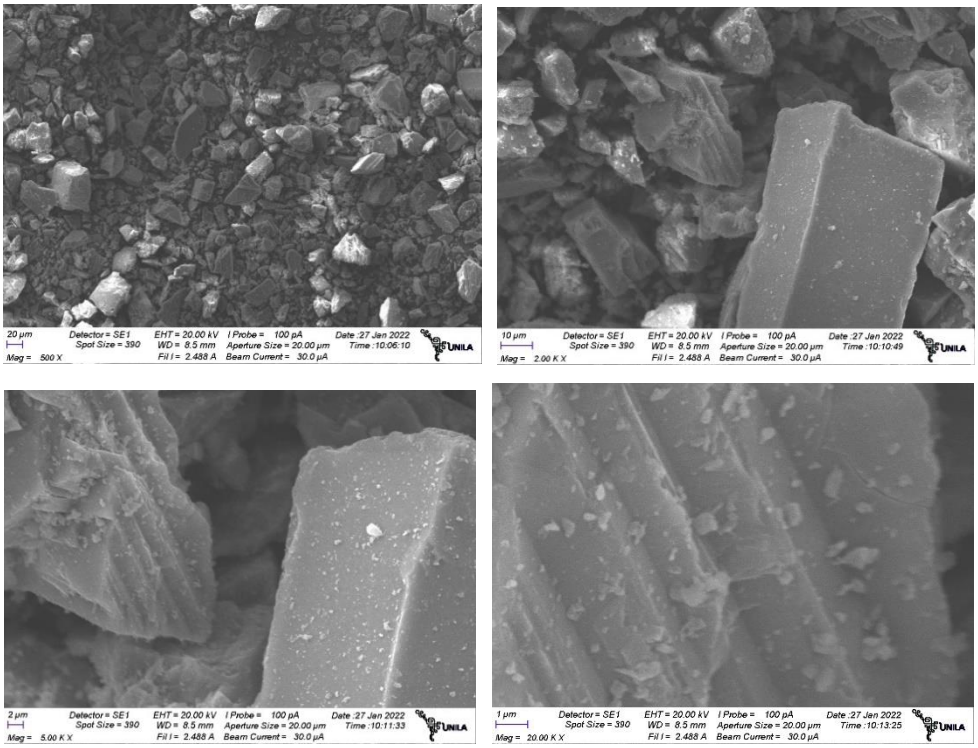
Figura 16 - Imagens do MEV da dolomita purificada com solução de 30ppm



Fonte: Laboratórios Multiusuários PTI, 2022.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Figura 17 - Imagens do MEV da dolomita purificada com solução de 40ppm.



Fonte: Laboratórios Multiusuários PTI, 2022.

Tanto a dolomita in natura como a dolomita saturada apresentam superfícies diferentes, a dolomita purifica apresenta mais uniformidade em relação ao tamanho das partículas. Isso pode explicar expressivamente a maior de taxa de remoção de fosfato na dolomita purificada frente a dolomita in natura (ÁVILA et al., 2010; SAUFFI et al., 2020).

De acordo com Karaca et al. (2004) a adsorção do fosfato ocorre principalmente por meio das interações físicas, onde o material, dolomita, possui estrutura heteroporosa. Nugroho et al. (2014), realizaram experimentos com a dolomita semi – calcinada, após a saturação com solução concentrada de 100 mg/L de fosfato. A superfície do adsorvente apresentou precipitados leves e incompletos de fosfato de cálcio, e de aspecto amorfo. Amostras de dolomita bruta apresentaram menor diâmetro em relação a saturada, devido a formação de precipitados na superfície da dolomita.

Como pode ser visto, nas Figuras 15, 16 e 17, as partículas de dolomita purifica tem menor diâmetro (escala de 20 µm) do que a dolomita in natura. Isto pode ser justificado pela formação de quantidades maiores de precipitados na superfície da dolomita

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Conforme Xiong et al. (2021), o aumento da capacidade de retenção do fosfato em dolomita, comparado a calcita, pode ser atribuída ao magnésio em sua estrutura, que fornece diferentes locais de reação no cristal. Cao e Harris (2008), obtiveram resultados semelhantes, onde o rendimento da precipitação de fosfato de cálcio é influenciado pela redução de Mg^{2+} na amostra, ocasiona cristalização ligeiramente diminuída.

Por possuir maiores concentrações de cálcio e magnésio em sua composição, e menores quantidade de impureza, a dolomita purificada sofre por mutações durante o processo de purificação que alteram sua superfície e as características texturais, com o desenvolvimento dos poros melhoram a superfícies de contato (YAN et al., 2007; ALGOUFI et al., 2017).

A dolomita purificada apresenta superfície lisa por possuir maior volume de poros e de área de superfície e, por consequência conseguem adsorver melhor os precipitados de fosfato de cálcio. Em contrapartida, a dolomita in natura possui superfície áspera com rachaduras leves além de apresentar impurezas que atrapalham na adsorção, resultando e menores quantidades de remoção de fosfato. Entretanto, as dolomitas estudadas apresentas boas características estruturais para serem utilizadas como adsorventes, em especial do fosfato como apresentado neste trabalho.

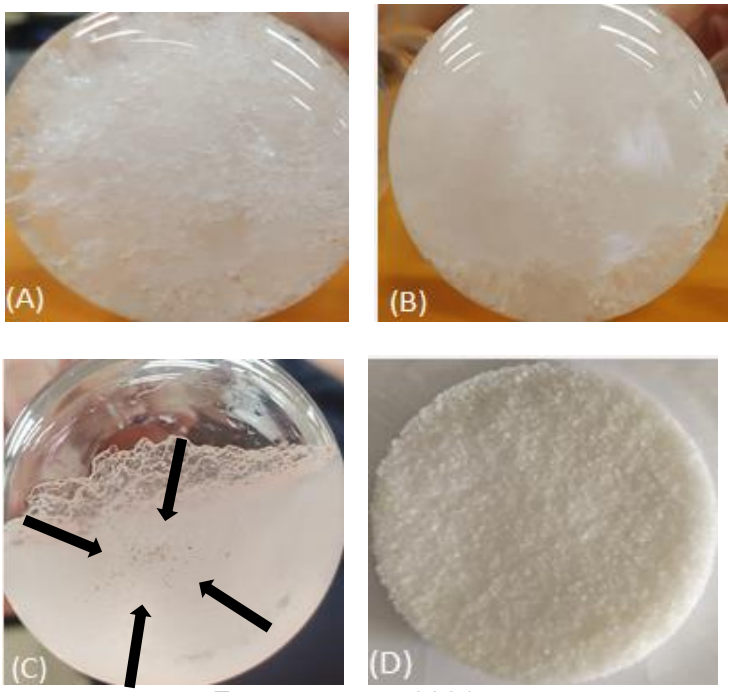
5.3 INCORPORAÇÃO DO HIDROGEL

O hidrogel utilizado neste estudo foi o poliacrilato de sódio (PAS), polímero superabsorvente de baixo custo e alta capacidade de absorver e reter volumes significativos de água, de 300 a 800 vezes a sua massa inicial. O PAS é composto por subdivisões de unidades do ácido acrílico, que se ligam formando longas cadeias. No estado de pó seco, os íons de sódio, carga positiva, são fortemente atraídos pelos íons carboxilato, carga negativa, compactando sua estrutura. Basicamente o sódio ionizável fica livre para percorrer a cadeia polimérica, aumentando sua mobilidade e deste modo, o polímero amplia seu volume e atinge aspecto de gel rígido (ZHU et al., 2015).

Na Figura 18 é possível ver uma comparação da homogeneização das amostras de dolomita com o hidrogel, bem como o efeito da dolomita no PAS.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Figura 18 - (a) Hidrogel; (b) Hidrogel + Dolomita purificada; (c) Hidrogel + Dolomita in natura; (d) Hidrogel seco

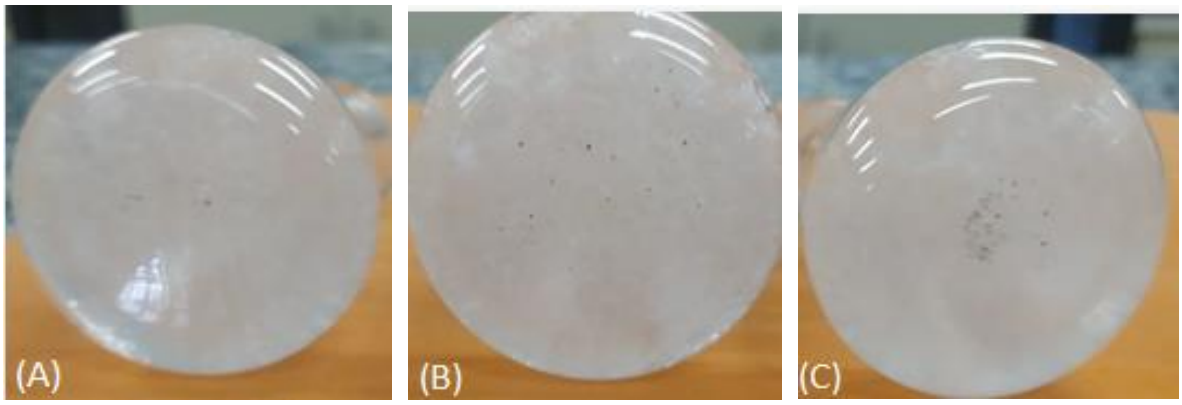


Fonte: o autor, 2021.

É notável que a dolomita purificada tem grau de homogeneização superior ao da dolomita in natura ao ser adicionados ao poliacrilato de sódio. Este efeito pode ser atribuído à presença de impurezas na dolomita in natura, que pode ser visualizada na Figura 19 – (c). No caso da dolomita purificada a concentração de hidróxido de sódio e magnésio é maior, devido ao processo de purificação a que é submetida.

As amostras de dolomita in natura saturadas com fosfato foram incorporadas ao hidrogel em diferentes proporções, 5%, 10% e 15%, resultando em 9 amostras, que estão apresentadas nas Figuras 19, 20 e 21, respectivamente.

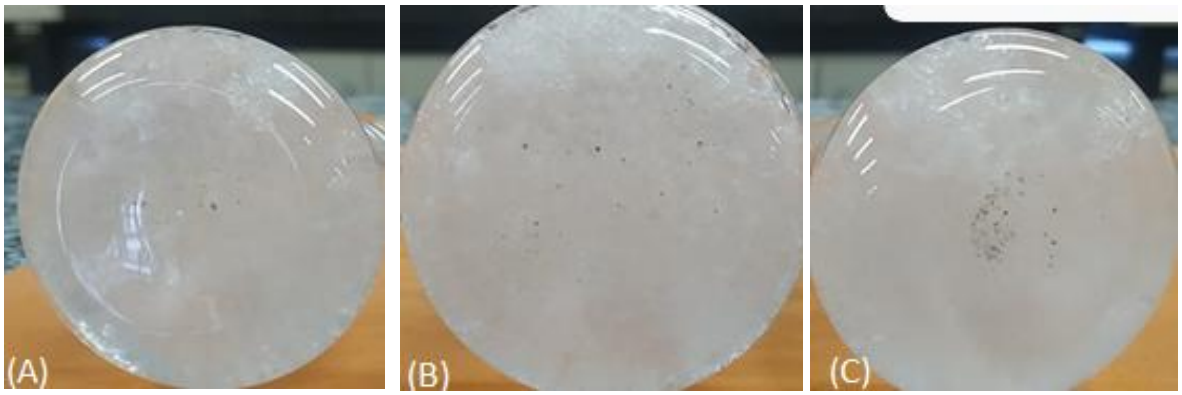
Figura 19 - Dolomita in natura saturada 5% (a) [20ppm]; (b) [30ppm]; (c) [40ppm]



Fonte: o autor, 2021.

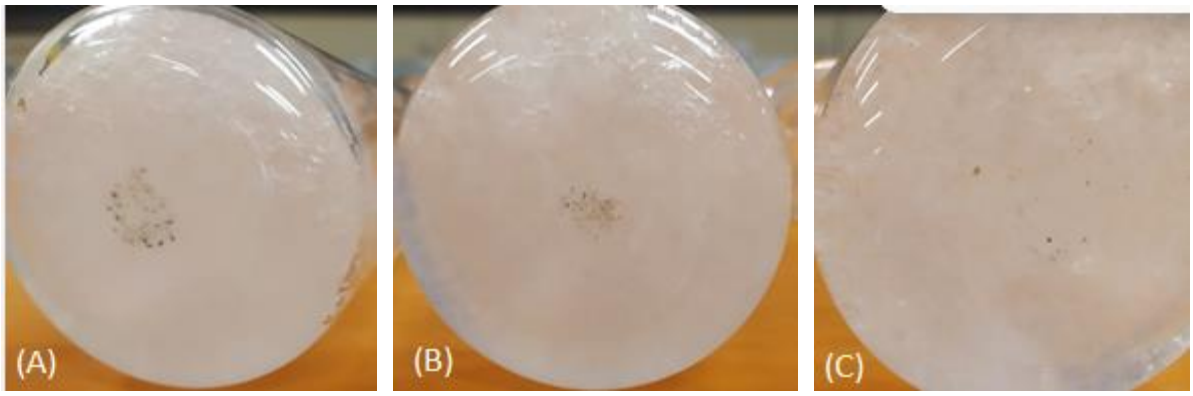
Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Figura 20 - Dolomita in natura saturada 10% (a) [20ppm]; (b) [30ppm]; (c) [40ppm]



Fonte: o autor, 2021.

Figura 21 - Dolomita in natura saturada 15% (a) [20ppm]; (b) [30ppm]; (c) [40ppm]



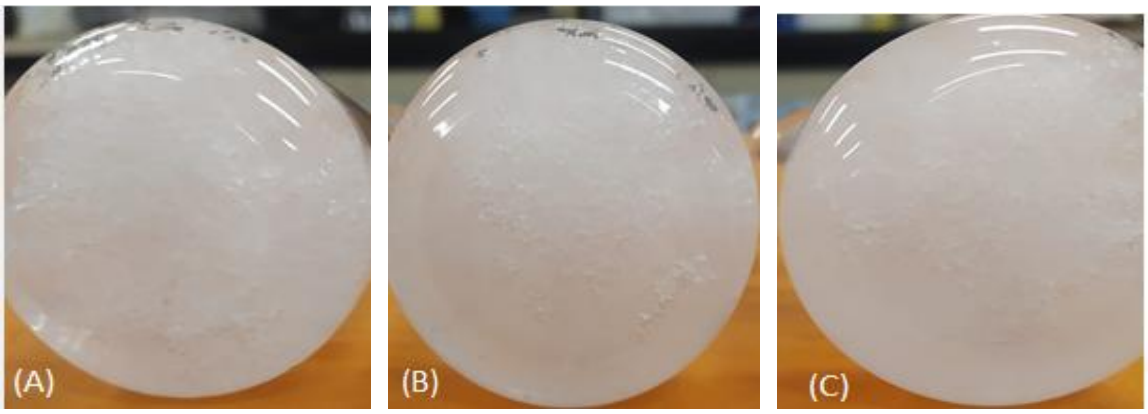
Fonte: o autor, 2021.

Analisando as imagens acima, pode-se verificar que a amostra de dolomita in natura, saturada com solução de fosfato de 20 ppm, foi a que apresentou os melhores resultados de absorção no hidrogel, principalmente para as misturas com 5% e 10% de dolomita incorporada ao PAS. Esse resultado indica que há uma quantidade máxima de dolomita que pode ser satisfatoriamente adicionada ao hidrogel com finalidade de obter melhor aproveitamento ao serem inseridas em solos de plantio.

Ao contrário, para as amostras de dolomita purificada saturadas com fosfato, independente da proporção de dolomita incorporada ao hidrogel, os resultados evidenciaram que a quantidade de dolomita não tem influência no processo de absorção nas concentrações estudadas neste trabalho, como pode ser confirmado pelas imagens nas Figuras 22, 23 e 24.

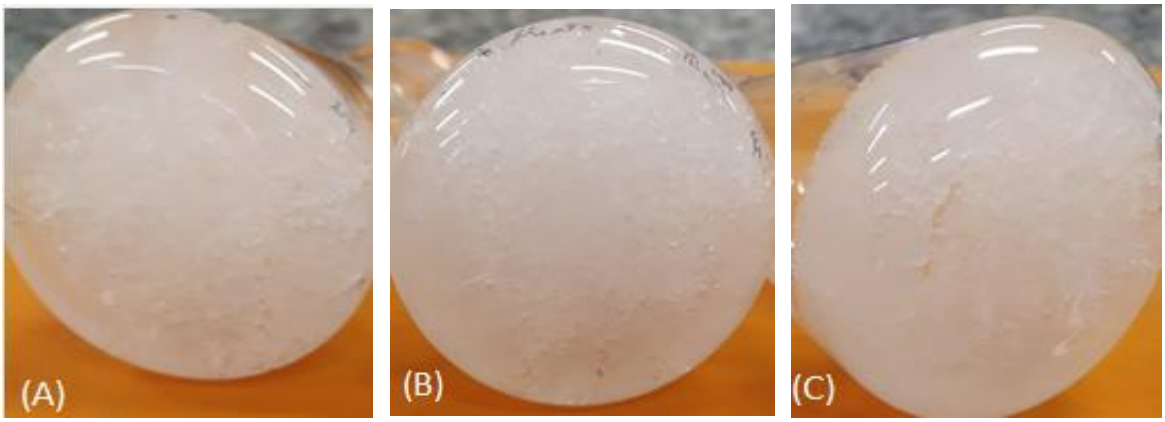
Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Figura 22 - Dolomita purificada saturada 5% (a) [20ppm]; (b) [30ppm]; (c) [40ppm].



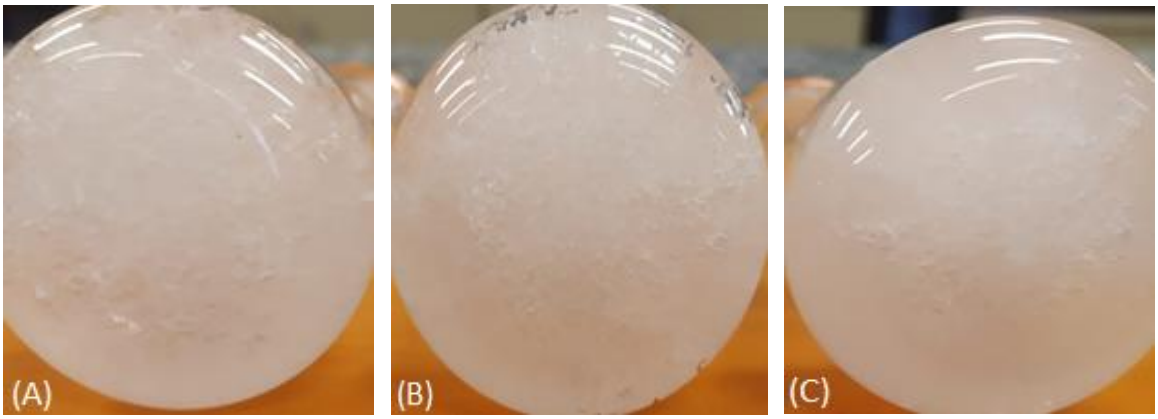
Fonte: o autor, 2021.

Figura 23 - Dolomita purificada saturada 10% (a) [20ppm]; (b) [30ppm]; (c) [40ppm]



Fonte: o autor, 2021.

Figura 24 - Dolomita purificada saturada 15% (a) [20ppm]; (b) [30ppm]; (c) [40ppm]



Fonte: o autor, 2021.

De acordo com Marconato e Franchetti (2002), a capacidade de absorção do polímero está diretamente relacionada com os sais dissolvidos na solução aquosa.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

Conforme observado pelos autores, quanto maior o teor de sais maior é a interferência para absorção do poliacrilato de sódio, o que reduz a capacidade de absorção do material. Esse efeito explica por que as amostras de dolomita in natura saturada, apresentaram resíduos no fundo o Erlenmeyer, o que sugere que há quantidades significativas de sais na amostra, os quais são insolúveis ao poliacrilato de sódio e a água (Figuras 19, 20 e 21).

Rosa et al (202), menciona que alguns polímeros superabsorventes têm capacidade de retenção de aproximadamente 1g de polímero seco para 1000g de água. A Figura 18 (a) (b) (c) e (d) mostram a diferença entre o PAS seco e PAS hidratado com água destilada, PAS com dolomita in natura e dolomita purifica e hidratado com água destilada. Estudos realizados por Sandonato (2011), concluem que a cada 1g de poliacrilato de sódio em 100mL de água destilada resulta no peso final de 97,85g de poliacrilato de sódio e 96,85g de massa de água adsorvida.

Bezerra et al. (2007) realizaram testes com hidrogéis superabsorventes copolímero acrilamida-acrilato com dolomita e foi comparado com gel de poliacrilamida sintetizado e hidrogel comercial. Destes estudos, concluíram que o hidrogel incorporado com dolomita possui maior capacidade de absorção, comparado com o hidrogel sintetizado possui em torno de 45% e com e quase o dobro do hidrogel comercial. Os autores indicam que a dolomita desempenha no polímero, de suporte entre as camadas, ampliando a quantidade de carga do produto, e assim tende a aumentar a absorção de água. Pressuposto, que a dolomita age intensificando a resistência mecânica e grau de reticulação da estrutura do polímero, o que justifica sua maior capacidade de absorção de água do hidrogel com dolomita, comparado com os demais hidrogéis analisados.

Pode-se concluir que o poliacrilato de sódio (PAS), atua como a poliacrilamida, como estudado por Bezerra et al. (2007), no qual a dolomita melhora a capacidade de absorção do hidrogel, pois se interliga na estrutura do polímero por ligação covalente, formando reticulação.

De acordo o estudo de Mello e Pimentel (2021), alguns fatores que reduzem a solubilidade da dolomita, são as impurezas, sais de difícil dissolução e pelo aumento dos grupos CO_3^{2-} que alteram o pH. A dolomita, é bastante solúvel em pH 10, sendo que a solubilidade aumenta, expressivamente à medida que o valor de pH diminui. A estrutura cristalina dos carbonatos é estruturada de um cátion, iônicamente ligado a

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

um radical iônico (CO_3^{2-}), dispondo de espécies iônicas, onde estão fortemente unidas entre si por ligações de forças covalentes e eletrostáticas. Portanto, pode-se concluir que as amostras de dolomita in natura, podem apresentar resíduos de sais insolúveis, pela presença excessiva de CO_3^{2-} que ocasiona pH elevados. Sabendo que a dolomita em pH 8,0 começa apresentar dificuldades de absorção (ZORZAL et al., 2011; Xu et al., 2014).

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, realizou a saturação de dois tipos de dolomita, in natura e purificada, com uma solução padrão de fosfato de potássio. Os resultados obtidos para a dolomita in natura saturada é que a sua capacidade de adsorção em 20ppm é de 36,76%, 30ppm é de 28,43% e para 40ppm é de 24,32%. A capacidade de adsorção da dolomita purificada saturada é de 89,87%, para a concentração de 30ppm 93,73% e para 40ppm temos 95,61%.

As dolomitas saturadas foram incorporadas ao poliacrilato de sódio (hidrogel), onde observou sua atuação qualitativamente as amostras de 30 e 40ppm de dolomita in natura saturada apresentaram resíduos insolúveis visualmente, sendo proporcional a quantidade adicionada a amostra, quanto maior, mais resíduos gerados. A dolomita purificada visualmente foi totalmente dissolvida em poliacrilato de sódio e água. Estes resultados se dão, pois, quanto maior o teor de sais presentes na amostra, maior é a interferência para absorção do hidrogel, desta maneira, as impurezas do material analisado diminuem capacidade de absorção do material.

Os resultados comprovaram que a dolomita é uma boa opção de adsorvente, podendo ser aplicada em águas residuais, e após sua saturação pode ser reaproveitada em polímeros hidro retentores e aplicados em solos deficientes de nutrientes, contribuindo para redução de irrigações e melhoramento nutritivo para o solo, além de atuar como condicionantes, essa é uma alternativa econômica e sustentável.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Para trabalhos futuros, é preciso testar com mais tipos de soluções, e em seguida em águas residuais.
- Processo o copolímero, optando por um que seja mais sustentável e aplicar em plantações, para analisar o comportamento do solo e da planta.
- Analisar o tempo/velocidade de absorção do hidrogel
- Fazer o hidrogel
- Analisar o pH das amostras e temperatura pois causam interferências
- Calcinar a dolomita
- Aplicar em solo e cultivo de plantas comparar: hidrogel; hidrogel + dolomita + dolomita submeter os solos a estresse hídrico.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

8. REFERÊNCIAS

ANA. Quase metade da água usada na agricultura é desperdiçada. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**, ano 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias- antigas/quase-metade-da-a-gua-usada-na-agricultura-a-c> Acesso em: 27 de outubro de 2020.

ÁVILA, Ivonete; CRNKOVIC, Paula M.; MILIOLI, Fernando E. Metodologia para o estudo da porosidade de dolomita em ensaio de sulfatação interrompida. **Química Nova**, v. 33, n. 8, p. 1732-1738, 2010.

ALGOUFI, YT; KABIR, G.; HAMEED, BH Síntese de carbonato de glicerol a partir do subproduto do biodiesel glicerol sobre dolomita calcinada. **Jornal do Instituto de Engenheiros Químicos de Taiwan** , v. 70, p. 179-187, 2017.

ALVAREZ V, Felipe Carlos et al. Utilização de fósforo do solo e do fertilizante por tomateiro. **Scientia agricola**, v. 59, n. 1, p. 167-172, 2002.

BASTOS, Adelmo L. et al. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 136-142, 2008.

BEZERRA, Maslândia N.; NETO, Manoel PA; FEITOSA, Judith PA. Hidrogéis compósitos de copolímero acrilamida-acrilato e dolomita para aplicação na agricultura. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS**. 2007. p. 1-9

BOEYKENS, S.P.; PIOL, M.N.; SAMUDIO LEGAL, L.; SARALEGUI, A.B.; VÁZQUEZ, C. Eutrophication decrease: phosphate adsorption processes in presence of nitrates. J. Environ. Manag. v. 203, n. May, p. 888-895, 2017.

BOGARIM, EP de A. **Uso de Hidrogel do Desenvolvimento de Espécies Nativas, Visando Aplicação em Áreas Degradadas. 2014. 62 f**. 2014. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental)-Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

CAO, Xinde; HARRIS, Willie. Efeito interativo de carbonato e magnésio na precipitação de fosfato de cálcio. **Ciência e tecnologia ambiental** , v. 42, n. 2, pág. 436-442, 2008.

CARMO, Clovis Ferreira do. **Aporte de nutrientes, nitrogênio e fósforo, e sua relação com os impactos antropogênicos em um lago urbano, São Paulo, SP, Brasil**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

COSTA, Fernanda Rodrigues Torres da. Microscopia Eletrônica de Varredura: potencialidades e aplicações. 2016.

COSTA, Marília Teodosio et al. Estudo da cinética da adsorção no tratamento de água de produção de petróleo utilizando bagacilho como agente adsorvente. **Revista de Ciências Exatas**, v. 33, n. 1, p. 53-61, 2015.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

DALPIAZ, Giovani. Estudo do efeito de cargas minerais em compósitos poliméricos particulados em matriz de polipropileno. 2006.

DE CASTRO, Luis Antônio Suita. Processamento de amostras para microscopia eletrônica de varredura. **Embrapa Clima Temperado-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2002.

DE MELLO MONTE, Marisa Bezerra; PIMENTEL, Danielle Andrade. Influência dos Finos de Dolomita e da Dissolução de Minerais de Cálcio no Desempenho da Flotação de Apatita. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 38090-38105, 2021.

DE MENEZES OLIVO, Andréia; ISHIKI, Hamilton Mitsugu. Brasil frente à escassez de água. In: **Colloquium Humanarum. ISSN: 1809-8207**. 2014. p. 41-48.

DETONI, Terezinha Lucia; DONDONI, Paulo Cezar. A escassez da água: um olhar global sobre a sustentabilidade e a consciência acadêmica. **Revista Ciências Administrativas ou Journal of Administrative Sciences**, v. 14, n. 2, 2008.

EVORA, Maria C. et al. Comparação de técnicas FTIR de transmissão, reflexão e fotoacústica na análise de poliamida-6, reciclada e irradiada. **Polímeros**, v. 12, p. 60-68, 2002.

FAO. Fao strategy for parterships with the private sector. 2013. Disponível em: < http://www.fao.org/partnerships/private-sector/en/> Acessado em 18 de novembro de 2020.

Farmer, VC, 1974. Espectros infravermelhos de minerais. In: Farmer, VC (Ed.), Mineralogia Monografia da Sociedade No. 4. Sociedade Mineralogia, Londres, p. 399.

FERREIRA, Felipe Luiz Queiroz. Produção e caracterização de nanocompósitos híbridos de nanotubos de carbono e dolomita em poliéster para aplicação em dispositivos de sinalização viária. 2017.

FORATO, Lucimara Aparecida et al. A Espectroscopia na região do Infravermelho e algumas aplicações. **Embrapa Instrumentação-Documentos (INFOTECA-E)**, 2010.

FRAGNITO, Hugo L.; COSTA, Antonio C. DISPERSÃO DA LUZ POR UM PRISMA. **A A**, v. 1, n. 1, p. 1.

FRITSCHE-NETO, Roberto et al. Herança de caracteres associados à eficiência de utilização do fósforo em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 465-471, 2010.

GALLUCCI, K., PAOLINI F., FELICE, L.D., COURSON, C., FOSCOLO, P.U. AND KIENNEMANN, A. SEM analysis application to study CO2 capture by means of dolomite. Diffus. Fundam, 7(5), p. 1-11, 2007.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

GAMA, Pedro Nogueira. Determinação da configuração do leito contendo dolomita para remoção de fosfato em uma coluna de adsorção em leito fixo. 2019.

GATIBONI, Luciano Colpo et al. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1085-1091, 2008.

GRANT, Cal A. et al. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas, Piracicaba**, n. 95, 2001.

GOMES, Romário Pimenta. Mapeamento de fósforo por técnicas de espectroscopia VIS-NIR e suscetibilidade magnética dos solos do Planalto Ocidental Paulista. 2021.

GOMES, Sérgio Filipe Rodrigues. **Análise da viabilidade económica da reutilização de águas residuais tratadas: o caso da ETAR do Ave**. 2011. Tese de Doutorado.

GONÇALVES, Thaís Matiello. Caracterização de filmes finos obtidos por deposição de vapor químico assistido a plasma (PECVD) e deposição e implantação iônica por imersão em plasma (PIIID). 2012.

Hanna, A.A., Sherief, M.A. & Abo Elenin, R.M.M., Phosphate Removal from Wastewater by Calcite and Dolomite Ores, Phosphorus Res. Bull., 22, pp. 7-12, 2008.

JACOBI, Pedro Roberto; EMPINOTTI, Vanessa Lucena; SCHMIDT, Luisa. Escassez hídrica e direitos humanos. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 0-0, 2016.

JI, Junfeng et ai. Identificação rápida de dolomita usando um espectrofotômetro infravermelho com transformada de Fourier (FTIR): Um método rápido para identificar eventos de Heinrich no IODP Site U1308. **Geologia Marinha** , v. 258, n. 1-4, pág. 60-68, 2009.

KARACA, Semra et al. Modelagem cinética da adsorção em fase líquida de fosfato em dolomita. **Journal of Colloid and Interface Science** , v. 277, n. 2, pág. 257-263, 2004.

KLEIN, Carla; MIZUSAKI, Ana Maria Pimentel. Cimentação Carbonática em Reservatórios Siliciclásticos-O Papel da Dolomita. 2007.

KLEIN, Claudia; AGNE, Sandra Aparecida Antonini. Fósforo: de nutriente à poluente. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1713-1721, 2012.

LADEIRA, Natália Maria Borges et al. Preparação e caracterização de hidrogéis à base de quitosana com potenciais aplicações na agricultura. 2020.

LAVAT, A.E.; GRASELLI, M.C. Synthesis and characterization of ceramic materials based on the system MgO-CaO-TiO_2 from Dolomite. Procedia Materials Science,

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

8(0), p. 162-171, 2015. DOI:10.1016/j.mspro.2015.04.060

LEAL, Paulo Vitor Brandão et al. Estudo da adsorção do corante azul de metileno emresíduos de babaçu. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 166-171, 2012.

LIMA, Antônio Bastos Torres. **Aplicações de cargas minerais em polímeros**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LUCENA, Clara Yasmim De Souza et al. O reuso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 1-17, 2018.

MACHADO, Vanessa Júnia; SOUZA, Carlos Henrique Eiterer de. Disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico de liberação lenta. **Biosci. j.(Online)**, p. 1-7, 2012.

MAGALHÃES, Antonio Savio Gomes. Síntese e caracterização de hidrogeis superabsorventes à base de acrilamida e acrilato de sódio. 2009.

MARCONATO, José Carlos; FRANCHETTI, Sandra Mara M. Polímeros superabsorventes e as fraldas descartáveis: um material alternativo para o ensino de polímeros. **Química Nova na escola**, n. 15, p. 42-44, 2002.

MARONEZE, Mariana Manzoni et al. A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, p. 445-458, 2014.

MENDES, I. de C.; DOS REIS JUNIOR, F. B. Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica. **Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)**, 2003.,

MALAVOLTA, Eurípedes. **O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais**. SP: Ipni, 2008.

MEDINA, Anelis Y.; SAMUDIO, Alexis. COMPORTAMENTO DE POLÍMEROS HIDROABSORBENTES EN SUELOS ARCILLOSOS DE ORDEN ULTISOL Y VERTISOL, EN LA PRODUÇÃO DE MATERIA SECA Y SISTEMA RADICULAR DEL CULTIVO DE FRIJOL (Vigna unguiculata) EN INVERNADERO. **Revista Investigaciones Agropecuárias** , v. 4, n. 1, pág. 30-50, 2021.

MENDONÇA, Henrique Vieira de et al. Remoção de nitrogênio e fósforo de águas residuárias de laticínios por sistemas alagados construídos operando em bateladas. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, p. 75-87, 2012.

MOLINARI, Écio José et al. Reutilização dos resíduos de rochas naturais para o desenvolvimento de compósitos polímericos com matriz termofixa na manufatura de pedras industriais. 2007.

MONTE, Helena Marecos do; ALBUQUERQUE, António. Reutilização de águas

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

residuais. 2010.

MORAES, Milton Ferreira. RELAÇÃO ENTRE NUTRIÇÃO DE PLANTAS, QUALIDADE DE PRODUTOS AGRÍCOLAS E SAÚDE HUMANA1, 2. 2008.

NARVAEZ, L.; CÁCERES, R.; MARFÁ, O. Effect of different fertilization strategies on nitrogen balance in an outdoor potted crop of Osteospermum ecklonis (DC.) Norl. 'Purple Red' under Mediterranean climate conditions. Spanish Journal of Agricultural Research, v. 11, p. 833-841, 2013.

NAVROSKI, Marcio Carlos et al. Redução da adubação e melhoria das características do substrato com o uso do hidrogel na produção de mudas de Eucalyptus dunnii Maiden. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1155-1165, 2016.

NGUYEN, T.T., JANIK, L.J., RAUPACH, M., Diffuse reflectance infrared Fourier transform (DRIFT) spectroscopy in soil studies. Australian Journal of Soil Research, 29, p. 49- 67, 1991.

NUGROHO, Fadjari Lúcia; MULYATNA, Lili; WIRANATA SITUMEANG, Anggi Doli. Remoção de Fosfato de Solução Aquosa Sintética por Adsorção com Dolomita de Padalarang. **Revista de Engenharia e Ciências Tecnológicas** , v. 46, n. 4, 2014.

ÑÚSTEZ-CASTAÑO, S.A.; VILLAMIZAR-CASTRO, D.O.; VARGAS-SOLANO, E.M. Evaluation of dolomite as catalyst in the transesterification reaction using palm oil (RBD). Revista DYNA, 86(209), p. 180-187, April - June, 2019.

PAVIA, Donald L. et al. Introdução à espectroscopia: Tradução da 4ª edição norte-americana. **São Paulo: Cengage Learning** , 2010.

PEDDE, Simona; KROEZE, Carolien; RODRIGUES, Lineu N. Escassez hídrica na América do Sul: situação atual e perspectivas futuras. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2013.

PEREIRA, Izadora Consalter et al. **Lodo secundário de esgoto sanitário como adsorvente alternativo para remoção de corante vermelho reativo 120 em solução aquosa**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PINTO-COELHO, Cristina Valle et al. Hydrothermal dolomitization and porosity development: An example from Precambrian dolomitic rocks of Água Clara Formation, Ribeira Belt, southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 94, p. 102193, 2019.

PINTO, L. E.; SANTANA, Marcio Rogério; GODINHO, A. M. Utilização do hidrogel na produção de mudas de pimenta Jalapeño. In: **Colloquium Agrariae**. 2015. p. 66-72.

ROMERO, Alfonso A.; FLORES, Silvana L.; ARÉVALO, Walter. Tratamiento de

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

efluentes de la industria minera con dolomita. **Industrial data**, v. 13, n. 1, p. 85-90, 2010.

ROSA, Luma Thais da. **Obtenção de hidrogel a partir do polímero natural quitosana para uso na remoção de metais em águas**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso.

ROQUES, H.; NUGROHO-JEUDY, L.; LEBUGLE, A. Remoção de fósforo de águas residuais por dolomita semi-queimada. **Water Research** , v. 25, n. 8, pág. 959-965, 1991.

RUIXIA, Liu; JINLONG, Guo; HONGXIAO, Tang. Adsorção de íons de flúor, fosfato e arseniato em um novo tipo de fibra de troca iônica. **Journal of colloid and interface science** , v. 248, n. 2, pág. 268-274, 2002.

SALAMEH, Y.; ALBADARIN, A.B.; ALLEN, S.; WALKER, G.; AHMAD, M.N. Arsenic(III,V) adsorption onto charred dolomite: Charring optimization and batch studies. Chemical Engineering Journal 259, p. 663-671, 2015.

SANDONATO, Beatriz Brabetz. Método de avaliação e biodegradação do poliacrilato de sódio. 2011.

SANTOS, I. F. et al. RECICLAGEM DE RESÍDUO DE MÁRMORE E GRANITO EM MATRIZES POLIMÉRICAS. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 14108-14115, 2015.

SAMUDIO LEGAL, Lisa Eliana. Caracterização da dolomita para uso em processos de adsorção de fosfato em águas. 2018.

SAUFFI, Ahmad Syauqi et al. Uma Revisão da Análise Morfológica da Dolomita como Material Aditivo em Geopolímero. In: **Série de Conferências IOP: Ciência e Engenharia de Materiais** . Publicação IOP, 2020. p. 012024.

SCHNEIDER, Eduardo Luiz et al. Adsorção de compostos fenólicos sobre carvão ativado. 2008.

SOUZA, Edicarlos Damacena de. Evolução da matéria orgânica, do fósforo e da agregação do solo em sistema de integração agricultura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. 2008.

XU, Nan et ai. Retenção de fósforo em calcita e dolomita: especiação e modelagem. **RSC avança** , v. 4, n. 66, pág. 35205-35214, 2014.

XIONG, Ying et al. Dolomitização do subsal Ordoviciano Formação Majiagou na bacia central de Ordos, China: origens fluidas e evolução dos dolomitos. **Petroleum Science** , v. 18, n. 2, pág. 362-379, 2021.

YAN, Jinying et ai. Sorção de fósforo aquoso em cinzas de carvão betuminoso e lenhoso. **Jornal de materiais perigosos** , v. 148, n. 1-2, pág. 395-401, 2007.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58

YUAN, Xiaoli et al. Kinetic and thermodynamic studies on the phosphate adsorption removal by dolomite mineral. **Journal of Chemistry**, v. 2015, 2015.

Zorzal, C. B., Abreu, F. P. V. F., Pereira, C. A., & Peres, A. E. C. AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA DOLOMITA NA PRESENÇA DE DEPRESSORES.

ZHU, Qian; BARNEY, Christopher W.; ERK, Kendra A. Effect of ionic crosslinking on the swelling and mechanical response of model superabsorbent polymer hydrogels for internally cured concrete. **Materials and Structures**, v. 48, n. 7, p. 2261-2276, 2015.

Versão Final Homologada
15/09/2022 07:58