



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Ana Catarina Cordeiro Agante

**REMEDIÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS
POR METAIS PESADOS POR APLICAÇÃO DE
BIOCHARS**

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia
Química, orientada pela Professora Doutora Maria da Graça
Bontempo Vaz Rasteiro e pelo Professor Doutor António Alberto
Santos Correia e apresentada no Departamento de Engenharia
Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade
de Coimbra

Outubro de 2021

1 2 9 0



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

**REMEDIÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR
METAIS PESADOS POR APLICAÇÃO DE
BIOCHARS**

Ana Catarina Cordeiro Agante

**Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Química,
orientada pela Professora Doutora Maria da Graça Bontempo Vaz Rasteiro e
pelo Professor Doutor António Alberto Santos Correia e apresentada no
Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia
da Universidade de Coimbra**

Outubro de 2021

*A cada dia, um desafio,
Em alguns desafios, alguns erros
A cada erro, a oportunidade de aprender e não de errar novamente.*

Quezia Carvalho

Agradecimentos

Todo o meu percurso académico foi feito com o apoio incondicional de certas pessoas que admiro e respeito, e, desta forma, destaco e agradeço às pessoas, que principalmente, fizeram parte deste grande desafio.

Aos meus orientadores professores Maria Graça Rasteiro e António Alberto Correia, por toda o apoio, disponibilidade, conhecimento e aconselhamentos partilhados.

Ao serQ- Centro de Inovação e Competências da Floresta, por ter disponibilizado a matéria-prima, aparas de eucalipto e pinheiro, para a realização do trabalho.

Ao Sr. José António, técnico do Laboratório de Geotecnia, por toda a ajuda disponibilizada ao longo do trabalho.

À Engenheira Maria João do Centro de Investigação em Engenharia dos Processos Químicos e dos Produtos da Floresta, por todas as análises realizadas.

Às amigas que Coimbra me deu a conhecer, Maria, Inês, Lúcia e Carolina, que estiveram sempre presentes e me deram força para não desanimar e desistir.

Às minha colegas de Laboratório Lúcia e Solange, não só pela disponibilidade e apoio no trabalho experimental, como pelas nossas conversas.

Aos meus amigos de Vila Nova de Anços, que foram os meus amigos desde o início desta minha caminhada académica, e que nunca me abandonaram.

Por fim, e o mais importante, um agradecimento muito especial à minha família, principalmente aos meus pais, que nunca me deixaram baixar os braços, foram sempre o meu grande apoio em todas as adversidades, por nunca permitirem que me faltasse nada, e por estarem sempre presentes, em todas as etapas da minha vida.

A todos vocês, o meu muito obrigado.

RESUMO

Com o aumento da população e conseqüente aumento das atividades antropogénicas, a poluição por metais pesados no solo, água e ar, com concentrações acima das permitidas por lei é um problema mundial crescente, tornando-se numa ameaça para a saúde humana e ecossistemas.

Várias técnicas e materiais têm sido desenvolvidos com o objetivo de mitigar o efeito associado à contaminação por metais pesados, no solo. Os biochars são um dos materiais com capacidade de redução da biodisponibilidade dos metais pesados, dadas as suas características de adsorção, diminuindo assim a mobilidade dos metais pesados para a cadeia alimentar e lixiviação para os lençóis de água.

O objetivo do presente estudo é investigar a aplicação de biochars na remediação de solos contaminados com metais pesados. Os solos objeto de estudo são o saibro e o solo mole do Baixo Mondego, contaminados artificialmente pelos metais pesados crómio, níquel e zinco.

Primeiramente produziram-se oito tipos de biochars, provenientes de duas matérias-primas eucalipto e pinheiro, que sofreram pirólise a 350°C e 450°C. Posteriormente, foram moídos e separados em duas frações de tamanhos diferentes (< e > a 210 µm). Estes biochars foram aplicados ao saibro contaminado com metais pesados e foi analisada a sua influência na adsorção destes, verificando que o biochar de pinheiro apresenta melhor capacidade de retenção, no primeiro dia, tendência que se inverte a partir do segundo dia de ensaio, tendo os biochars de eucalipto exibido resultados ligeiramente melhores.

Uma vez que os biochars de fração inferior a 210 µm e temperatura de pirólise 450°C apresentaram maior eficiência na adsorção dos metais, foi variada a sua concentração de 3% para 1 % (w/w), verificando-se que, ao aumento da concentração permite obter resultados mais favoráveis, destacando-se o biochar de pinheiro no 1º dia e adsorções superiores a 99% no 2º dia.

Foi igualmente investigada a influência da carga hidráulica, para o saibro contaminado com níquel, com baixa e elevada concentração. Os resultados permitem concluir não haver influência da carga hidráulica aplicada na adsorção de metais, apresentando valores idênticos de retenção.

Por último, estudou-se o solo mole do Baixo Mondego contaminado por metais pesados, com concentrações mais baixas. Os resultados indicam que o solo apresentava elevada capacidade de adsorção dos metais pesados, dadas as suas propriedades, nomeadamente presença de minerais de argila e matéria orgânica, concluindo-se pela não necessidade de adição de biochars a este solo, para as concentrações consideradas.

Palavras-chave: Remediação de Solos, Metais Pesados, Biochar, Adsorção, Surfactante.

ABSTRACT

With the increase in population and the consequent increase in anthropogenic activities, heavy metal pollution in soil, water and air, with concentrations above those permitted by law, is a growing global problem, becoming a threat to human health and ecosystems.

Several techniques and materials have been developed to mitigate the effect associated with heavy metals contamination. Biochars are one of the materials with the capacity to reduce the bioavailability of heavy metals due to their adsorption characteristics, thus decreasing the mobility of heavy metals into the food chain and leaching into water flows.

The aim of this study is to investigate the application of biochars in the remediation of soils contaminated with heavy metals. The studied soils are clay and soft soil from Baixo Mondego, artificially contaminated by heavy metals chromium, nickel and zinc.

Firstly, eight types of biochars were produced, from two raw materials: eucalyptus and pine, which underwent pyrolysis at 350°C and 450°C. Later these materials were grinded and separated into two fractions of different sizes (< and > at 210 µm). These biochars were applied to gravel contaminated with heavy metals and their influence on contaminants adsorption was analyzed, verifying that pine biochar has better retention capacity on the first day, a trend that reverses after the second day of testing. The biochars of eucalyptus showed slightly better results.

Since biochars with a fraction less than 210 µm and pyrolysis temperature of 450 °C showed greater efficiency in the adsorption of metals, their concentration was varied from 3% to 1% (w/w), verifying that increasing the concentration allows obtaining more favorable results, especially the pine biochar on the 1st day and adsorptions greater than 99% on the 2nd day.

It was also investigated the influence of the hydraulic load on the clay contaminated with nickel with low and high concentration. The results allow us to conclude that there is no influence of the hydraulic load applied, on the adsorption of metals, presenting identical retention values.

Finally, the soft soil of Baixo Mondego contaminated by heavy metals lower concentrations was tested in this case. The results indicate that the soil had a high capacity for adsorption of heavy metals, given its properties, namely the presence of clay minerals and organic matter, concluding that there is no need to add biochars to this soil, at least for the concentrations considered.

Keywords: Soil Remediation, Heavy Metals, Biochar, Adsorption, Surfactant.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XI
ACRÓNIMOS	XIII
SIMBOLOGIA QUÍMICA	XIII
SIMBOLOGIA	XIV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Estrutura da Dissertação	3
2. ESTADO DA ARTE	5
2.1 Contaminação de solos por metais pesados	5
2.1.1 Legislação	6
2.2 Técnicas de remediação de solos contaminados com metais pesados	8
2.2.1 Técnicas in situ.....	9
2.2.2 Técnicas ex situ.....	11
2.3 Aplicação de Biochar na remediação de solos contaminados por metais pesados	13
2.3.1 Obtenção de Biochar	14
2.3.2 Biochar de Eucalipto e de Pinheiro	16
2.3.3 Casos de estudo com biochars de Eucalipto e Pinheiro na remediação de solos ..	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 Materiais	21
3.1.1 Solo Mole do Baixo Mondego	21
3.1.2 Saibro	29
3.1.3 Metais Pesados	30
3.1.4 Biochars	31
3.1.5 Surfactantes	37
3.2 Metodologia Experimental	38
3.2.1 Ensaio de Adsorção no Saibro.....	39
3.2.2 Ensaio de Adsorção no solo mole do Baixo Mondego	42
3.2.3 Técnicas de caracterização dos biochars e do lixiviado	43
3.3 Plano de Ensaio	45
3.3.1 Ensaio de caracterização dos biochars.....	45
3.3.2 Ensaio de adsorção no saibro (referência) com variação da carga hidráulica e concentração do metal pesado	47
3.3.3 Ensaio de adsorção no saibro com aplicação de biochars	47
3.3.4 Ensaio de adsorção de metais no solo mole do Baixo Mondego.....	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 Adsorção dos metais no Saibro	49
4.2 Adsorção dos metais no solo mole do Baixo Mondego	61
5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	63
5.1 Conclusões	63
5.2 Trabalhos Futuros	64
REFERÊNCIAS	65
ANEXOS	71

Índice de Figuras

Figura 1 Esquema representativo das técnicas de remediação de solos contaminados por metais pesados.....	8
Figura 2 Representação da anatomia da madeira de Pinheiro, a), e de Eucalipto, b).....	17
Figura 3 Curvas da granulometria para o solo mole do Baixo Mondego.	22
Figura 4 Separação granulométrica por peneiração.....	22
Figura 5 Imagem microscópica das partículas sólidas do solo mole do Baixo Mondego dispersas em solução aquosa.....	23
Figura 6 Triângulo de Feret.	25
Figura 7 Composição mineralógica do solo mole do Baixo Mondego.	28
Figura 8 Composição mineralógica da fração argilosa	28
Figura 9 Matéria-Prima antes (esquerda) e após a pirólise (direita).	32
Figura 10 Moinho de Martelos.....	32
Figura 11 Imagem do biochar de a) Pinheiro 350>; b) de Pinheiro 350; c) de Pinheiro 450>; d) de Pinheiro 450<; e) de Eucalipto 350>; f) de Eucalipto 350 <; g) de Eucalipto 450 <; h) de Eucalipto 450>.	33
Figura 12 Biochar Pinheiro 350 >.	35
Figura 13 Biochar Pinheiro 450 >.	35
Figura 14 Biochar Eucalipto 350 >.....	36
Figura 15 Biochar Eucalipto 450 >.....	36
Figura 16 Biochar Pinheiro 350 <.	36
Figura 17 Biochar Pinheiro 450<.	36
Figura 18 Biochar Eucalipto 350 <.....	37
Figura 19 Biochar Eucalipto 450 <.....	37
Figura 20 Imagem real das soluções dos metais de Crómio, Níquel e Zinco, respetivamente, da esquerda para a direita.	40
Figura 21 Imagem real a) , e esquema representativo de uma célula de percolação b).....	41
Figura 22 Adsorção do níquel para diferentes cargas hidráulicas e concentrações do mesmo metal no saibro contaminado.	49
Figura 23 Influência da temperatura de pirólise e o tamanho de partículas dos biochars de pinheiro, para os metais pesados, níquel, zinco e crómio, respetivamente.	51
Figura 24 Influência da temperatura de pirólise e o tamanho de partículas dos biochars de eucalipto, para os metais pesados, níquel, zinco e crómio, respetivamente.....	53
Figura 25 Influência da matéria-prima e temperatura de pirólise para o tamanho de partículas < 210 µm, para os metais pesados níquel, zinco e crómio, respetivamente.	55
Figura 26 Influência da matéria-prima e temperatura de pirólise para o tamanho de partículas > 210 µm, para os metais pesados níquel, zinco e crómio, respetivamente.	58
Figura 27 Influência da quantidade de biochar de pinheiro e eucalipto 450, e de fração de tamanho de partículas < 210 µm, para a adsorção dos metais pesados níquel, zinco e crómio, respetivamente.	60
Figura 28 Valores de referência no solo mole do Baixo Mondego.....	61

Índice de Tabelas

Tabela 1 Valores limite de concentração de metais pesados nos solos, de acordo com a legislação Holandesa, Norma de Ontário e Decreto-lei 276/2009.	7
Tabela 2 Tabela Comparativa da Pirólise Lenta e Pirólise Rápida.....	15
Tabela 3 Propriedades físicas do solo mole do Baixo Mondego e classificação do mesmo.	25
Tabela 4 Propriedades químicas do solo mole do Baixo Mondego.....	26
Tabela 5 Percentagem global dos minerais de argila.	29
Tabela 6 Propriedades físicas e de identificação do saibro.	29
Tabela 7 Valores máximos de metais pesados registados em Portugal por Inácio <i>et al.</i> (2008).	30
Tabela 8 Propriedades dos metais pesados e sais dos metais.....	31
Tabela 9 Propriedades dos biochars de Pinheiro e Eucalipto.	34
Tabela 10 Propriedades dos surfatantes SDBS e Pluronic F-127.....	38
Tabela 11 Massa de sal usada para a contaminação do solo.....	39
Tabela 12 Massas de Sal pesadas para a contaminação do solo.....	43
Tabela 13 Valores dos limites de deteção do Atomic Absorption Spectrometer 3300 da Perkin Elmer.	45
Tabela 14 Quadro resumos dos ensaios para a caracterização dos biochars.	46
Tabela 15 Ensaios no saibro contaminado com níquel- estudo da carga hidráulica e da concentração do metal pesado.	47
Tabela 16 Plano de ensaios de adsorção, no saibro contaminado e aditivado com biochar.....	48
Tabela 17 Plano de ensaios de adsorção, no solo mole do Baixo Mondego contaminado.	48

Acrónimos

AAS	Espectrometria de absorção atômica (<i>Atomic Absorption spectrometry</i>)
APA	Associação Portuguesa do Ambiente
COT	Carbono Orgânico Total
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
LDS	Espectrometria de difração laser (<i>Laser Diffraction Spectroscopy</i>)
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
mca	metros de coluna de água
NP	Norma Portuguesa
Pluronic F-127	<i>Polyethylene glycol-Polypropylene glycol-Polyethylene glycol</i>
PM	Peso Molecular
SDBS	<i>Sodium Dodecylbenzene Sulfonate</i>

Simbologia Química

Al_2O_3	Óxido de Alumínio
As	Arsénio
CaO	Óxido de cálcio
Cd	Cádmio
Co	Cobalto
Cr	Crómio
$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Nitrato de Crómio III nona-hidratado
Cu	Cobre
$\text{Cu} \cdot \text{SO}_4$	Sulfeto de Cobre
Fe	Ferro
Fe_2O_3	Óxido de Ferro III
Hg	Mercúrio
K_2O	Óxido de Potássio
MgO	Óxido de Magnésio
Mn	Manganês

MnO	Óxido de Manganês
Mo	Molibdênio
Na ₂ O	Óxido de Sódio
Ni	Níquel
Ni(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	Nitrato de Níquel II hexa-hidratado
P ₂ O ₅	Pentóxido de Difósforo
Pb	Chumbo
Se	Selênio
SiO ₂	Dióxido de Silício
TiO ₂	Dióxido de Titânio
Zn	Zinco
Zn(SO ₄) ₄ .4H ₂ O	Sulfato de Zinco II hepta-hidratado
Zn.SO ₄	Sulfato de Zinco
ZnS	Sulfato de Zinco

Simbologia

w _L	Limite de liquidez
w _p	Limite de plasticidade
IP	Índice de Plasticidade
w _{ótimo}	Humidade Ótima
γ _{d máx}	Peso Volúmico Seco Máximo
BP 350 <	Biochar de Pinheiro pirolisado a 350°C de fração < 210μm
BP 350 >	Biochar de Pinheiro pirolisado a 350°C de fração > 210μm
BP 450 <	Biochar de Pinheiro pirolisado a 450°C de fração < 210μm
BP 450 >	Biochar de Pinheiro pirolisado a 450°C de fração > 210μm
BE 350 <	Biochar de Eucalipto pirolisado a 350°C de fração < 210μm
BE 350 >	Biochar de Eucalipto pirolisado a 350°C de fração > 210μm
BE 450 <	Biochar de Eucalipto pirolisado a 450°C de fração < 210μm
BE 450 >	Biochar de Eucalipto pirolisado a 450°C de fração > 210μm
D[3,2]	Diâmetro médio ponderado em área
D[4,3]	Diâmetro médio ponderado em volume

1. Introdução

O aumento das atividades antropogénicas, como a industrialização e atividades agrícolas, principalmente, associadas ao crescimento populacional, têm sido os principais fatores que contribuem para a poluição de metais pesados, que afetam o solo, a água e o ar (Tavares, 2013; Costa *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2018).

Globalmente, mais de 20 milhões de hectares de solo estão contaminados por metais pesados, como o As, Cd, Cr, Hg, Pb, Co, Cu, Ni, Zn e Se, com concentrações mais elevadas que as permitidas por lei (Liu *et al.*, 2018). Na Europa, estão registados mais de 340 mil locais contaminados, dos quais apenas 15% foram sujeitos a ações de remediação, e mais de 2 milhões dos outros locais são considerados como potencialmente contaminados (Costa *et al.*, 2015).

O solo é um dos recursos naturais mais importantes e preciosos para o ser humano, sendo essencialmente para a sustentabilidade agrícola e assegurando o desenvolvimento das sociedades. No entanto, o solo como elemento de ecossistemas, tem sido o principal repositório de contaminantes por metais pesados, e ao contrário dos compostos orgânicos, os metais pesados não sofrem degradação química ou biológica, permanecendo no solo por muitos anos (Bolan *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2018; Shah *et al.*, 2020).

A contaminação do solo por metais pesados é um problema mundial e crescente, tornando-se numa ameaça para a saúde humana e produção segura de alimentos, uma vez que podem ser absorvidos por vegetais e animais, causando intoxicações em todos os níveis da cadeia alimentar (Liu, *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2018; Shah *et al.*, 2020).

Considerando as graves consequências deste tipo de contaminação, ao longo dos anos foram desenvolvidas várias técnicas de remediação de solos contaminados, *in situ* e *ex situ*, para controlar, limpar ou restaurar os solos (Liu *et al.*, 2018; Arabi *et al.*, 2021).

A biodisponibilidade dos metais pesados desempenha um papel vital na remediação dos solos, e os aditivos imobilizadores, como materiais absorventes, diminuem a biodisponibilidade dos metais, reduzindo a transferência destes para a cadeia alimentar, através da adsorção por plantas e lixiviação para os lençóis de água (Bolan *et al.*, 2014).

O termo biochar foi introduzido oficialmente em 2006, e desde então, vários estudos foram relatados acerca do uso deste material carbonáceo adsorvente, que tem apresentado capacidade na adsorção de metais pesados quer no solo, quer na água (Tong *et al.*, 2011; Bolan *et al.*, 2014; Arabi *et al.*, 2021).

Na última década, os biochars têm sido alvo de muita atenção, não só pela sua capacidade de adsorção, mas também por ser um adsorvente de baixo custo, com alta eficiência, e por ser um produto da pirólise de várias matérias primas, como biomassa de resíduos agrícolas, biomassa florestal, lama de esgoto ou dejetos de animais (Tong *et al.*, 2011; Arabi *et al.*, 2021). A adição de biochar apresenta outras características favoráveis ao solo, como a fertilidade, e em termos de ambiente, pode contribuir para a redução das emissões dos gases com efeito de estufa (Arabi *et al.*, 2021).

1.1 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação é testar a capacidade de adsorção de oito tipos de biochars, adicionados a dois solos (no saibro e no solo mole do Baixo Mondego), contaminados com metais pesados. Os ensaios laboratoriais de percolação foram idealizados por forma a reproduzir, tanto quanto possível, uma situação real.

Os solos estudados são o solo mole do Baixo Mondego, que por ser abundante em minerais de argila e matéria orgânica, exhibe elevado potencial de adsorção dos metais pesados, e o saibro que, à priori, exhibe reduzida capacidade de adsorção dos mesmos metais.

Os biochars estudados provêm das matérias-primas do pinheiro e do eucalipto, que após pirolisadas a duas temperaturas diferentes (350 °C e 450 °C), e divididos em duas frações de tamanho (< e > a 210 µm), foram caracterizados quanto ao tamanho e avaliada a qualidade da sua dispersão em suspensão aquosa de surfatantes SDBS e Pluronic F-127.

No saibro, foi investigada a influência da carga hidráulica, no processo de adsorção/lixiviação do níquel, com diferentes concentrações de contaminação do solo.

Após a escolha da melhor carga hidráulica, utilizou-se o biochar que apresentou melhor eficiência na imobilização dos metais, em diferentes concentrações, para avaliar o desempenho na retenção dos metais pesados crómio, níquel e zinco em solos contaminados artificialmente e percolados com água, a pressão constante.

Posteriormente, também foi avaliada a capacidade de retenção dos metais no solo mole do Baixo Mondego contaminado artificialmente, com baixa concentração, dos mesmos metais pesados anteriormente mencionados.

1.2 Estrutura da Dissertação

A dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos, incluindo-se no final, as referências e um conjunto de anexos, na qual inclui uma seção dedicada à segurança dos produtos utilizados no trabalho.

No primeiro capítulo, faz-se uma breve introdução do trabalho, e apresentam-se os objetivos pretendidos.

No capítulo 2, é feito o estado da arte, enquadrando-se os temas da remediação de solos contaminados, por metais pesados, com o uso de biochars, e são referidos os fundamentos teóricos, e as principais conclusões de estudos realizados por outros autores.

No capítulo 3, são descritos os materiais utilizados neste trabalho, as suas características e as metodologias usadas na sua caracterização e aplicadas nos ensaios realizados, incluindo os procedimentos seguidos, e o respetivo plano de ensaios.

No capítulo 4, são apresentados os resultados obtidos nos ensaios com o solo mole do Baixo Mondego e com o saibro, procedendo-se à análise e discussão crítica dos mesmos.

No capítulo 5, são expostas as conclusões finais do trabalho, e apresentadas propostas de trabalhos que possam vir a ser elaborados futuramente, de forma a complementar os resultados obtidos e poder explorar e desenvolver o tema investigado.

2. Estado da Arte

2.1 Contaminação de solos por metais pesados

O ecossistema do solo é vital para a sobrevivência e desenvolvimento humano na terra, e por isso, a poluição por metais pesados tem sido uma grande preocupação da ciência, nas últimas décadas, uma vez que esta poluição representa 1/5 da poluição total do solo, mundialmente (Xu *et al.*, 2021).

Quando falamos de metais pesados, referimo-nos a metais com densidades superiores a 5 g.cm^{-3} , cinco vezes superior à da água, como é o caso do cádmio, crómio, níquel, cobre, chumbo, zinco, e mercúrio. Embora possam existir naturalmente no solo, a contaminação por metais pesados representa uma grande ameaça para as cadeias alimentares e para a saúde humana, e podem ter diversas origens como a agricultura, urbanização, industrialização, embora a mais frequente seja a mineração (Khan *et al.*, 2015; Zeng *et al.*, 2021).

Nem sempre os metais pesados são elementos negativos, pois alguns são essenciais para as funções metabólicas dos seres vivos, mas é necessário que estejam presentes em quantidades adequadas, pois a sua concentração superior pode provocar problemas nefastos na saúde humana, como efeitos carcinogénicos, danos no sistema imunitário, digestivo e renal (Costa, 2015).

Em Portugal, os principais locais contaminados, no litoral, situam-se junto à foz nos estuários de grandes rios e próximo das maiores infra-estruturas portuárias, relacionadas com a atividade petroquímica e depósitos de combustível, produção de eletricidade e polos das indústrias naval, química e siderúrgica. No interior do país, a fonte de contaminação provém da extração mineira, devido a uma centena de minas abandonadas, com potencial contaminação (Costa *et al.*, 2015).

Inácio *et al.* (2008) elaboraram o primeiro Atlas Geoquímico de Portugal, a partir da recolha de amostras de solo, por todo o país, em zonas adjacentes a locais de atividade industrial, que foram posteriormente sujeitas a uma análise química, envolvendo a presença de 32 elementos químicos e registando altas concentrações de Zn, Cu, Pb, Ni, Cd, Hg e As, que são prejudiciais à saúde humana. Na ausência de melhor informação, os valores máximos referidos no Atlas Geoquímico de Portugal, tomam-se como valores máximos de referência.

Candeias *et al.* (2014) realizaram uma pesquisa geoquímica para investigar o impacto da contaminação por metais pesados na zona de S. Francisco de Assis, provocada por minas que se encontram ativas. Com este estudo, verificou-se que as populações mais próximas desta zona foram afetadas com os metais pesados, devido a agentes de dispersão, como o vento e a chuva.

Para o caso de estudo, os metais pesados destacados são o crómio, níquel e zinco, e são todos metais de transição com número atómico de 24, 28 e 30, respetivamente, e são o elemento 21º, 23º e 24º, mais abundantes na litosfera, respetivamente (Amaral, 2012; Costa, 2015).

A principal fonte de crómio, natural, são as rochas ultrabásicas, mas por origem antropogénica, pode estar associado às emissões industriais do fabrico de aço inoxidável (Costa, 2015).

O níquel pode ser encontrado na natureza nas rochas magmáticas, surgindo no solo devido às argilas e em concentrações mais elevadas em solos aluvionares, aparecendo em concentrações menores em solos alcalinos, devido à solubilidade deste metal diminuir com o aumento do pH. Antropogenicamente, a contaminação deste metal pode surgir da aplicação de lamas e fertilizantes fosfatados em solos agrícolas. Apresenta aplicações na indústria moderna, como os processos de galvanização, produção de ligas, baterias de Ni-Cd e pode ser usado como catalisador para várias reações, embora a sua maior aplicação seja na produção de aço inoxidável (Costa, 2015).

O zinco está naturalmente presente em todos os solos, podendo ser encontrado como sulfeto de zinco (ZnS), e a sua principal fonte provém do aço 29 galvanizado, da aplicação de lamas de ETAR nos solos, da deposição de resíduos nos solos e das emissões da produção das ligas metálicas. Os solos que contêm elevadas concentrações deste metal, são solos com alto teor em argilas, relativamente aos solos arenosos, devido à maior capacidade de adsorver e reter este elemento (Costa, 2015).

2.1.1 Legislação

A avaliação das concentrações de elementos poluentes, como os metais pesados nos solos, é uma atividade importante, não só por permitir analisar os efeitos nefastos nos ecossistemas, mas também por permitir aplicar medidas de prevenção e/ ou mitigação da contaminação dos solos, a qual quando por metais pesados dificilmente é reversível (Costa, 2015).

Até à data, Portugal não desenvolveu legislação específica para a proteção dos solos, o que faz com que não exista ainda uma estratégia nacional de abordagem da contaminação dos solos. No entanto, existem abordagens na legislação portuguesa, com implicações e obrigações que direta ou indiretamente, contribuem para a proteção dos solos, como é o caso do Decreto-lei nº 276/2009 de 2 de Outubro, que preceitua acerca da gestão de lamas de depuração, definindo limites de emissão de determinados metais pesados nos solos e nas

lamas, e implementa procedimentos na deposição em solos agrícolas, garantindo a sua atividade regular, salvaguardando o ambiente e a saúde pública (Costa *et al.*, 2015, Decreto-Lei 276/2009).

No que se refere aos solos contaminados, a legislação portuguesa é reconhecida como deficitária, sendo necessário recorrer a legislação internacional. Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), é recomendada a utilização da Norma de Ontário, estabelecida pelo Ministério do Ambiente de Ontário, ou outras normas, que devam conter uma exigência igual ou superior à de Ontário, como critério de referência, para definir a qualidade dos solos, em Portugal (Ribeiro, 2013). Este documento legal, designado por “*Rationale for development of soil and groundwater standards for use at contaminated sites in Ontario*” foi emitido a 15 de Abril de 2011, pelo Ministério do Ambiente de Ontário, e define as concentrações máximas de metais para solos, águas subterrâneas e sedimentos (*Ontario Ministry of the Environmental*, 2001).

A Holanda foi o primeiro país europeu a criar legislação com o objetivo de reabilitar terrenos contaminados, e uma vez que há determinados países que não têm legislação específica no âmbito de solos, como é o caso de Portugal, estes países são influenciados pela legislação holandesa (Ribeiro, 2013). De acordo com esta legislação, são estabelecidos valores máximos de concentração de metais, designados valores de intervenção, que quando ultrapassados, exigem a remediação do solo (Holanda, 2013).

A Tabela 1, apresenta os valores de referência para os metais pesados objeto de estudo neste trabalho, de acordo com a legislação Holandesa, legislação de Ontário e o Decreto-Lei 276/2009.

Tabela 1 Valores limite de concentração de metais pesados nos solos, de acordo com a legislação Holandesa (Holanda, 2013), Norma de Ontário (APA, 2019) e Decreto-lei 276/2009.

Metal pesado	Legislação Holandesa: Valor de Intervenção (mg/kg)	Norma de Ontário: Valor de referência (mg/kg)	Decreto-Lei 276/2009		
			Valor de referência (mg/kg)		
			pH≤5,5	5,5<pH≤7	pH>7
Cr	180	160	50	200	300
Ni	100	270	30	75	110
Zn	720	340	150	300	450

2.2 Técnicas de remediação de solos contaminados com metais pesados

A contaminação por metais pesados afeta o equilíbrio dos ecossistemas, devido à sua baixa degradabilidade, complexidade química e toxicidade, levando à degradação das propriedades do solo, afetando a produtividade agrícola e a saúde humana, através da cadeia alimentar, por exposição direta ou indireta. Assim, é fulcral realizar a remediação dos solos contaminados de forma a preservar a saúde ambiental, existindo uma série de técnicas de remediação de contaminação de solos, por metais pesados, desenvolvidas para reduzir os efeitos perigosos e restaurar as funções do ecossistema dos solos (Shah *et al.*, 2020; AmbiScience Engenharia, s.d.).

As técnicas de remediação de solos contaminados por metais pesados envolvem processos físicos, químicos, biológicos e térmicos, podendo ser classificadas de acordo com o local de remediação, *in situ* ou *ex situ*, como é possível visualizar melhor no esquema da Figura 1 (Liu *et al.*, 2018; AmbiScience Engenharia, s.d.). A seleção do método mais indicado depende das características dos solos, da concentração, dos tipos de poluentes a serem removidos e do uso final do meio contaminado (Mulligan *et al.*, 2001).

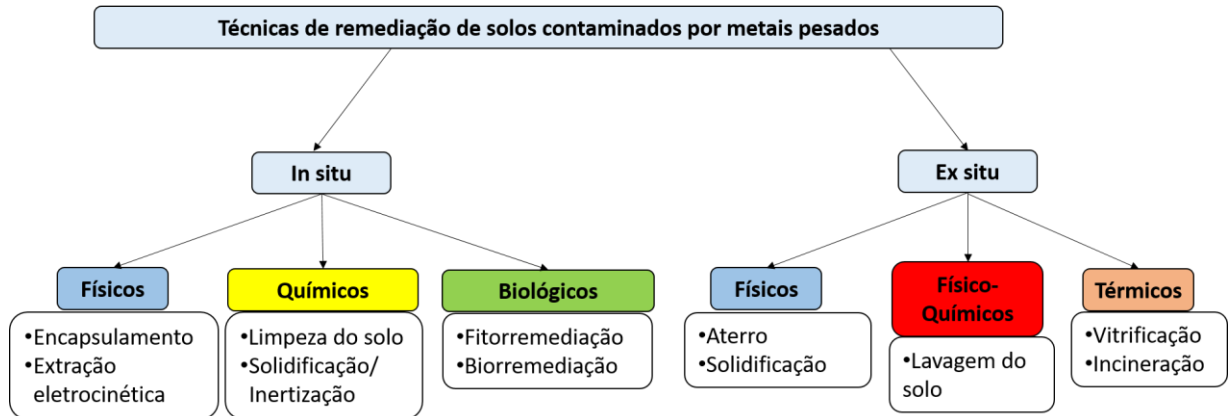


Figura 1 Esquema representativo das técnicas de remediação de solos contaminados por metais pesados.

Comparando as técnicas *ex situ*, a remediação *in situ* é mais económica, elimina a necessidade de escavação e transporte, e são mais fáceis de implementar. No entanto, há dificuldade no controlo da eficiência do processo, devido à diversidade de parâmetros do solo (Liu *et al.*, 2018, Caliman *et al.*, 2011, Costa *et al.*, 2015). As técnicas de remediação *ex situ*, permitem a remoção integral do solo contaminado, podem ser controladas, são mais rápidas no tratamento, e poderão atingir melhores resultados num espaço de tempo mais curto, mas

em contrapartida, os custos de transporte são elevados, é necessário tomar medidas de precaução no transporte dos materiais contaminados, existe o risco de dispersão da contaminação durante a remoção e transporte do solo, e requer a caracterização, classificação e separação dos materiais com diferentes tipos de contaminação, de forma a responder às especificações dos centros de tratamento (Liu *et al.*,2018, Caliman *et al.*,2011; Costa *et al.*,2015).

As técnicas de remediação físico-químicas além da influência que têm sobre as propriedades do solo, fertilidade e biodiversidade, são mais dispendiosas, comparativamente, com as técnicas biológicas, as quais são consideradas económicas, ecológicas e sustentáveis na remediação de solos contaminados (Shah *et al.*,2020).

2.2.1 Técnicas in situ

A remediação in situ refere-se a técnicas aplicadas no local contaminado, sem ser necessário escavação e transporte do solo contaminado para instalações de tratamento, ao contrário do que acontece na remediação ex situ (Liu *et al.*, 2018).

As técnicas in situ de remediação de solos contaminados, por metais pesados, incluem o encapsulamento e extração eletrocinética, por processos físicos, a limpeza do solo e solidificação/inertização, por processos químicos, a fitorremediação e a biorremediação, por processos biológicos (Liu *et al.*, 2018).

O encapsulamento consiste na construção, in situ, de uma parede barreira com o objetivo de isolar os locais contaminados, evitando a dispersão dos contaminantes para o exterior do local isolado e a bioexposição aos contaminantes. As barreiras são impermeáveis, e por isso, evitam a lixiviação dos contaminantes para as águas subterrâneas, são resistentes e de alta durabilidade, porém, esta técnica é limitada a locais pequenos, mas com elevada contaminação (Liu *et al.*, 2018).

A extração eletrocinética remove metais pesados dos solos contaminados, recorrendo a adsorção elétrica, sendo colocados elétrodos no solo, alimentados com corrente contínua de baixa densidade, e os cations dissolvidos no solo contaminado, migram para o cátodo, e os aniões migram para o ânodo, devido à força de atração do campo elétrico estabelecido. Os contaminantes metálicos que se encontram nos elétrodos são removidos por galvanoplastia, co-precipitação ou complexação com resina de troca iónica (Liu *et al.*, 2018). Esta técnica é a mais eficaz para remediar solos com teor de humidade entre 15 e 25%, com baixa permeabilidade, baixa condutividade elétrica e textura fina, no entanto, é necessário que o solo seja artificialmente acidificado. O tempo de tratamento pode levar alguns dias a vários anos, e o custo associado varia drasticamente com a contaminação e condições do solo.

Atualmente, é uma técnica em fase de desenvolvimento, sendo escassas as aplicações em escala real (Liu *et al.*, 2018).

A limpeza do solo consiste na passagem de um fluido de extração, que é injetado no solo, de forma a extrair os metais pesados com eficácia. Este fluido é recuperado, reutilizado, tratado e, eventualmente, descartado. É uma técnica aplicável a solos homogêneos, de textura grossa e alta permeabilidade. Trata-se de uma técnica simples de aplicar, no entanto envolve elevados custos, dada a necessidade de instalação de poços de recolha de solução ou drenos subterrâneos. A eficiência da extração dos metais é baixa para solos com elevada capacidade de troca catiónica, alta capacidade de tamponamento, alto teor de matéria orgânica e argila (Liu *et al.*, 2018).

A solidificação/inertização é uma técnica também denominada como imobilização química, e tem por objetivo reter ou imobilizar poluentes no solo contaminado, recorrendo à introdução de agentes químicos para solidificar o solo, mediante reações químicas ou modificação do pH, que levam à imobilização dos compostos (Liu *et al.*, 2018; Tavares, 2013). É uma técnica que isola poluentes, mas não os remove, sendo simples e barato, utiliza equipamentos convencionais e facilmente disponíveis. Contudo, é um processo que necessita de um longo período de controlo, uma vez que pode haver libertação de contaminantes (Tavares, 2013).

A solidificação é uma técnica de remediação do solo, que pode ser aplicada *in situ* e *ex situ* (esta última analisada na próxima secção). Na solidificação *in situ*, é adicionado um ligante (cimento, argila ou asfalto) ao solo contaminado, que após a mistura com solo contaminado, leva à formação de um bloco sólido, impermeável à água, e por isso, os poluentes retidos não são lixiviáveis. No entanto, a longo prazo, a integridade deste bloco pode sofrer alterações físicas, como quebra, e os contaminantes retidos podem tornar-se móveis. Apesar do tempo operacional da solidificação ser curto, aproximadamente 1 mês, esta técnica não remove os contaminantes e requer uma grande quantidade de ligante, o que poderá implicar custos elevados de transporte do ligante. Assim, a solidificação do solo só se deve aplicar quando todos os restantes métodos forem impraticáveis (Liu *et al.*, 2018).

Na inertização, os reagentes de precipitação/ produtos químicos estabilizadores, são incorporados no solo contaminado, imobilizando os contaminantes presentes neste, reduzindo assim a biodisponibilidade e o potencial de lixiviação dos metais pesados. Com esta técnica ocorrem processos físico-químicos como a precipitação, precipitação de superfície, co-precipitação, complexação e adsorção de superfície, em resultado da adição dos reagentes. Apesar de ser uma técnica eficaz e acessível para imobilizar temporariamente os metais pesados, em solos menos contaminados, como não há remoção dos metais, é necessário haver um controlo e avaliação regular. Como não é garantida a mistura

homogénea dos produtos químicos estabilizadores nos solos contaminados, pode comprometer a eficácia da técnica quando aplicada, em grande escala (Liu *et al.*, 2018).

A biorremediação é um método de descontaminação de solos que usa microrganismos, como fungos e bactérias, capazes de degradar substâncias simples e menos tóxicas em compostos não tóxicos (Liu *et al.*, 2018; Tavares, 2013; Zhang *et al.*, 2020). É uma estratégia muito eficiente na descontaminação de solos contaminados, por metais pesados, em grandes áreas de baixa contaminação, pela sua viabilidade económica, fácil disponibilidade e pode ser inofensiva para o ecossistema, embora seja um processo muito lento (Xu *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2020; Tavares, 2013).

Dependendo do tipo de organismos envolvidos neste processo, a biorremediação pode ser dividida em remediação microbiana, fitorremediação e remediação combinada (Zhang *et al.*, 2020). Na remediação microbiana, alguns poluentes orgânicos são degradados em produtos finais ou intermediários metabólicos, que são usados como substratos para o crescimento dos microrganismos (Zhang *et al.*, 2020).

A fitorremediação é uma técnica que recorre ao uso de plantas, para a descontaminação de solos e meios aquáticos contaminados, com metais pesados e poluentes orgânicos, contribuindo para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas destas áreas, sendo mais aplicável em solos com reduzida a média contaminação (Tavares, 2013; Shah *et al.*, 2020). A principal vantagem está relacionada com um baixo custo, não interfere na fertilidade e biodiversidade dos solos, mas em contrapartida, é uma técnica lenta que pode levar meses ou anos, dependendo da taxa de crescimento das plantas, da quantidade de biomassa acima do solo e da profundidade das raízes (Tavares, 2013; Shah *et al.*, 2020).

Na fitorremediação, as plantas podem ter atividade direta ou indireta na remediação da contaminação dos solos. Quando os compostos são absorvidos e acumulados/metabolizados nos tecidos vegetais, a remediação é direta. A remediação torna-se indireta quando os contaminantes das águas são extraídos pelas plantas, reduzindo a fonte de contaminação, ou quando a presença de plantas no meio, favorece o aumento da atividade microbiana, degradando o contaminante. (Tavares, 2013) Para auxiliar o processo de fitorremediação, são adicionados corretivos dos solos, fornecendo substratos adequados para a revegetação como matéria orgânica, cal, biochar, zeólitos e fosfatos (Xu *et al.*, 2021).

2.2.2 Técnicas ex situ

Na remediação ex situ, o solo contaminado é retirado do local, tratado numa instalação de tratamento, sendo posteriormente depositado em locais específicos, com necessidade de permissão. São consideradas como técnicas ex-situ a deposição em aterro e a solidificação,

como processos físicos, a lavagem do solo, como processo físico/ químico, a vitrificação e a incineração, como processos térmicos (Liu *et al.*, 2018).

A deposição em aterro, é a técnica de remediação mais simples, onde o solo contaminado é transportado do seu local original, para a deposição no aterro. Este local deve ser projetado e construído de acordo com leis e regulamentação governamental (Liu *et al.*, 2018). É uma técnica bem estabelecida, para limpeza de depósitos de resíduos perigosos, sendo económico, no entanto, apresenta elevado risco ecológico, com capacidade de prejudicar organismos vivos, levando a efeitos carcinogénicos, toxicidade aguda e genotoxicidade entre os seres humanos (Liu *et al.*, 2018; Oziegbe *et al.*, 2021).

A solidificação *ex situ* é caracterizada pela remoção do solo contaminado do local, seguido do transporte para uma instalação de tratamento, onde ocorre a peneiração para exclusão de materiais grosseiros e, posteriormente, com a mistura de um ligante, que se dispersa no solo, resulta numa estrutura sólida impermeável que retém os contaminantes. É uma técnica eficaz, porém dispendiosa, aumenta significativamente o volume de resíduos comparativamente ao volume original do solo a tratar, e o material resultante, requer uma deposição adicional (Liu *et al.*, 2018).

Para a lavagem do solo *ex situ*, o solo é primeiramente escavado, triturado e peneirado para remoção de materiais grosseiros, os quais por estarem menos contaminados regressam ao local original. Procede-se à lavagem com água as partículas de argila, recuperadas por sedimentação, e devolvidas ao local de origem. A solução de lavagem do solo peneirado e a água de enxague são reutilizadas, recicladas e/ou transportadas para uma instalação de tratamento de águas residuais, para posterior rejeição. A lavagem do solo tem-se mostrado uma tecnologia eficaz, para remover metais pesados dos solos, sendo de curta duração e económica. A eficácia desta técnica depende do tipo de metal pesado, do pH do solo, textura do solo e teor de matéria orgânica. Tem contudo a desvantagem de exigir grandes quantidades de água. A solução usada para a lavagem deve interagir o mínimo possível com os constituintes do solo, devendo ser atóxica e biodegradável (Liu *et al.*, 2018; Xu *et al.*, 2021; Shah *et al.*, 2020).

Na vitrificação o solo contaminado é submetido a uma temperatura superior a 1500 °C, derretendo até ficar em lava, e após o arrefecimento, torna-se num material idêntico ao vidro. Assim, os metais ficam aprisionados na matriz vítrea, enquanto outros contaminantes orgânicos são destruídos. A estrutura resultante é forte, quimicamente inerte, com elevada durabilidade e resistente à lixiviação. Esta técnica não é aplicável a solos com elevado teor de matéria orgânica (superior a 7%) e com elevado teor de humidade (superior a 10%), nem solos altamente contaminados por compostos orgânicos voláteis ou inflamáveis. Os solos que

estão sujeitos a esta técnica, não podem ser usados para fins agrícolas, embora seja uma técnica eficiente e disponível comercialmente (Liu *et al.*, 2018; Shah *et al.*, 2020).

A incineração é um método realizado sob alta temperatura, entre 900 e 1250 °C e com tempo de residência controlado. É uma técnica utilizada para tratamento de solos que necessitam de destruição completa e segura dos contaminantes (Tavares, 2013; Shah *et al.*, 2020).

2.3 Aplicação de Biochar na remediação de solos contaminados por metais pesados

Os solos e os meios hídricos são cada vez mais afetados por contaminantes orgânicos e inorgânicos, devido às atividades antrópicas, principalmente. De forma a colmatar os riscos associados a estas contaminações e remediar estes locais, as tecnologias de remediação de solos e águas têm sofrido avanços de forma a reduzir a biodisponibilidade dos contaminantes, diminuindo a sua acumulação e toxicidade em plantas e animais (Ahmad *et al.*, 2016).

Na última década, a imobilização/inertização *in situ*, de metais pesados em solos contaminados, tornou-se conhecida pela eficácia na remediação, envolvendo, por exemplo, o uso de plantas como método de fitorremediação de baixo custo, cujo sucesso depende dos níveis fitotóxicos presentes no solo (Ahmad *et al.*, 2014, Moore *et al.*, 2018).

Para remediação dos solos contaminados por metais pesados, podem ser usados corretivos de solo, os quais podem promover a inertização, imobilização e fitorremediação, na qual se destacam os biochars, por serem um material de baixo custo e ecológico (Ahmad *et al.*, 2016; Moore *et al.*, 2018; Zheng *et al.*, 2021).

Os biochars são um produto sólido, rico em carbono, poroso, obtido através do tratamento termoquímico de biomassa, num ambiente limitado em oxigénio, sem ocorrência de combustão. É caracterizado pela alta alcalinidade, grande área de superfície, estrutura extremamente porosa, contém grupos funcionais abundantes, que são responsáveis pelos locais de adsorção dos contaminantes, e elevada capacidade de troca catiónica (Chen *et al.*, 2011; Ahmad *et al.*, 2016; Moore *et al.*, 2018; Gabhane *et al.*, 2020; Hu *et al.*, 2021; Papageorgiou *et al.*, 2021; Shao *et al.*, 2021; Zheng *et al.*, 2021). Este produto carbonáceo possui, portanto, excelentes propriedades, como a elevada estabilidade térmica e química, sendo geralmente carregado negativamente, devido à presença dos grupos funcionais (carboxílico, hidroxilo, lactona e lactol), o que combinado com a sua grande área específica, contribui para a eficácia da adsorção de iões metálicos catiónicos, e para uma cinética de adsorção rápida (Kalderis *et al.*, 2020; Gabhane *et al.*, 2020; Dai *et al.*, 2021).

Estudos recentes defendem o uso de biochars, no tratamento dos solos, devido ao seu forte potencial de adsorção dos contaminantes, por reduzir a biodisponibilidade dos metais no solo, melhorando as propriedades físico-químicas deste, como a capacidade de retenção de água e atividade microbiana, o aumento da capacidade de troca iônica, da fertilidade do solo, e conseqüentemente da disponibilidade dos nutrientes. Os biochars têm capacidade de adsorção do carbono orgânico dissolvido no solo, contribuindo para a redução dos impactos ambientais, como a redução dos gases com efeito de estufa (GEE) para a atmosfera, como CH₄ e CO₂, uma vez que o carbono presente no biochar, não é propício à degradação térmica ou química. (Breesley *et al.*, 2010; Ahmad *et al.*, 2014; Ahmad *et al.*, 2016; Jiang *et al.*, 2016; Heaney *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2019; Gabhane *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020; Hu *et al.*, 2021; Papageorgiou *et al.*, 2021).

Os biochars são considerados uma opção com interesse a nível ambiental, principalmente na correção de solos, sustentabilidade agrícola e proteção ambiental, para a remediação dos solos contaminados, por metais pesados, através da inertização/ imobilização dos metais pesados no solo, persistindo por um longo período de tempo (Ahmad *et al.*, 2014; Heaney *et al.*, 2018; Moore *et al.*, 2018; Ghodake *et al.*, 2021; Hu *et al.*, 2021; Papageorgiou *et al.*, 2021; Zheng *et al.*, 2021).

Para a remediação de solos contaminados por metais pesados, a eficácia dos biochars dependem das suas próprias características, que por sua vez, são dependentes da matéria-prima e das condições do processo de produção, como a temperatura e o tempo de retenção (Jiang *et al.*, 2016; Suliman *et al.*, 2016; Papageorgiou *et al.*, 2021; Zheng *et al.*, 2021).

2.3.1 Obtenção de Biochar

Para a produção de biochars, está disponível uma ampla gama de matérias-primas, incluindo materiais de madeira como resíduos florestais, dejetos de animais, lodo e resíduos industriais (Ahmad *et al.*, 2014; Suliman *et al.*, 2016; Gabhane *et al.*, 2020). Podem ser produzidos recorrendo aos processos de gaseificação ou pirólise, sendo este último mais comumente utilizado (Ahmad *et al.*, 2014; Gabhane *et al.*, 2020). A gaseificação é uma técnica termoquímica de conversão eficaz da biomassa em combustível e energia, como o hidrogénio, produzindo biochar como subproduto. Na gaseificação utilizam-se temperaturas superiores a 700°C, com necessidade de vapor e oxigénio controlado, com tempo de retenção na ordem dos segundos, e com rendimento de biochar entre 14 e 25%, sendo o produto principal o biogás (Ahmad *et al.*, 2014; Gabhane *et al.*, 2020; Ghodake *et al.*, 2021).

A pirólise é um processo de degradação térmica da biomassa, sob condições anaeróbias, que permite a obtenção de biochar e outros produtos gasosos e aquosos (Gabhane *et al.*,

2020). É um processo que, dependendo de vários parâmetros como a temperatura, taxa de aquecimento e tempo de residência, pode ser classificado em pirólise lenta ou pirólise rápida. Em qualquer dos casos, previne a poluição secundária resultante e garante o estabelecimento da bioeconomia circular (Ahmad *et al.*, 2014; Gabhane *et al.*, 2020; Ghodake *et al.*, 2021).

A Tabela 2, descreve as condições do processo de operação de biochars, de acordo com o tipo de pirólise, assim como as vantagens e desvantagens de cada uma.

Tabela 2 Tabela Comparativa da Pirólise Lenta e Pirólise Rápida.

Pirólise	Condições	Vantagens	Desvantagens
Lenta	300°C <T<600°C taxa de aquecimento de 5–10°C/ min tempo, horas ou dias	Taxa de aquecimento lenta mais eficaz do que a taxa de aquecimento rápida para produção de biochar. Maior produção de biochar (35 a 45% do produto total) Menor geração de bio-óleos e gás de síntese	
Rápida	T>500°C Taxa de aquecimento > 300°C/ min tempo, segundos	Tempo de retenção curto Alta recuperação do produto	Principais produtos são o bio-óleo e gás síntese Rendimento de biochar baixo (15% a 30% em massa)

De acordo com a Tabela 2, na pirólise lenta, a matéria-prima é aquecida numa gama de temperatura entre 300 e 600 °C, com uma taxa de aquecimento compreendida entre 5 e 10°C.min⁻¹, demorando horas ou dias até completar o processo. Este tipo de pirólise produz biochars como produto principal, correspondendo a 35-45% dos produtos totais gerados neste processo, bio-óleos (25-35%) e gás de síntese (20-30%) (Ahmad *et al.*, 2014; Gabhane *et al.*, 2020).

Na pirólise rápida, a temperatura de operação que pirolisa a matéria-prima, é superior a 500°C, com uma taxa de aquecimento superior a 300°C.min⁻¹, demorando apenas alguns segundos até o processo estar concluído. Os biochars produzidos correspondem a apenas 20% dos produtos totais, o bio-óleo a 60% e o gás de síntese a 20% (Ahmad *et al.*, 2014; Gabhane *et al.*, 2020).

Comparando a pirólise lenta com a pirólise rápida, e de acordo com a Tabela 2, é possível verificar que uma taxa de aquecimento mais lenta favorece a produção de biochar, uma vez que a maioria dos componentes orgânicos na biomassa, como a lenhina, têm degradabilidade térmica limitada a temperaturas mais baixas, e uma grande percentagem de carbono na biomassa é preservada como biochar, resultando num maior rendimento de biochar e menor geração de bio-óleos e gás de síntese (Suliman *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2020).

Os biochars produzidos, com temperatura de pirólise mais baixa, são mais eficazes na remoção de contaminantes orgânicos/inorgânicos, pelos grupos funcionais que contêm oxigénio e hidrogénio, que por sua vez, ficam retidos na pirólise lenta, enquanto os biochars produzidos por pirólise rápida são mais eficazes na remoção de contaminantes orgânicos, devido à elevada superfície específica e microporosidade (Ahmad *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2020).

Com o aumento da temperatura de pirólise, as propriedades físicas e químicas do biochar sofrem alterações, como é o caso da superfície específica que aumenta com o aumento da temperatura e do tempo de residência, levando ao aumento do volume dos poros. A hidrofobicidade, que está diretamente relacionada com os grupos funcionais da superfície, diminui com o aumento da temperatura, aumentando a afinidade do biochar com a água. Contudo, com o aumento da temperatura a porosidade aumenta, levando ao aumento da adsorção de água. No entanto, a pirólise realizada a temperatura mais baixa, pode melhorar a biodisponibilidade dos nutrientes no solo, aumentando a fertilidade deste (Ahmad *et al.*, 2014; Yu *et al.*, 2019; Zheng *et al.*, 2021).

2.3.2 Biochar de Eucalipto e de Pinheiro

As florestas de eucalipto e pinheiro fornecem a maior parte da madeira colhida em Portugal, sendo que o eucalipto representa mais de 25% do total da floresta nacional, embora tenha sido uma espécie demasiado devastada pelos incêndios em 2019. Não obstante, a superfície florestal nacional de eucalipto abrange 36,1% do território português, enquanto o pinheiro representa 22% da floresta nacional (Alegria *et al.*, 2019; Silveira, 2020; Sousa, 2020).

Geralmente, mais de 75% da madeira do eucalipto e pinheiro têm como destino final a indústria da pasta e do papel, embora também possam ser utilizadas como resíduos da biomassa na indústria da produção de bioenergia (Alegria *et al.*, 2019).

O pinheiro pertence à classe das madeiras resinosas, *softwood*, e contém fibras longas, sendo constituído quimicamente por celulose (41 a 46%), hemiceluloses (25 a 32%), lenhina (26 a 31%), extratáveis (5 a 25%) e cinzas (0,2 a 0,4%), enquanto o eucalipto pertence à classe das madeiras folhosas, *hardwood*, contém fibras curtas, sendo constituído por

quantidade idêntica à do pinheiro em celulose, hemiceluloses e cinzas, extratáveis (5 a 25%), e com um teor de lenhina inferior (20 a 26%). Quanto ao tipo de células do xilema da madeira, nas madeiras folhosas, existem fibras (50 a 75%), vasos (5 a 25%) e parênquima (4 a 25%), e nas madeiras resinosas, existem fibras (88 a 95%), parênquima (5 a 10%) e não contém vasos (Carvalho, 2019).

A eficácia do biochar, na remediação de solos contaminados, não depende apenas da matéria-prima inicial, e portanto, da estrutura da célula da madeira, que permanece intacta após a pirólise, e que influencia a estrutura do poro, e conseqüentemente, o volume disponível para a retenção de água, mas também depende do tipo de células do xilema da madeira (Werdin *et al.*, 2020).

O biochar proveniente de madeiras *hardwoods*, como é o caso do biochar de eucalipto, contém macroporos maiores entre 1 a 40 μm e maior capacidade de retenção de água compreendida entre 69 a 72%, tal efeito que pode ser justificado pelo facto das *hardwoods* conterem menor teor de lenhina, o que leva a uma estrutura porosa do biochar mais desenvolvida, quando comparada com o biochar das *softwoods*, como o pinheiro, que contém macroporos menores, com tamanho entre 1 a 10 μm , e uma capacidade de retenção de água menor, de 29% (Werdin *et al.*, 2020; Qin *et al.*, 2020).

A Figura 2, representa a anatomia das madeiras de pinheiro e eucalipto, permitindo compreender melhor as dimensões das fibras de cada uma, que influencia a densidade da madeira e, conseqüentemente, a retenção de água.

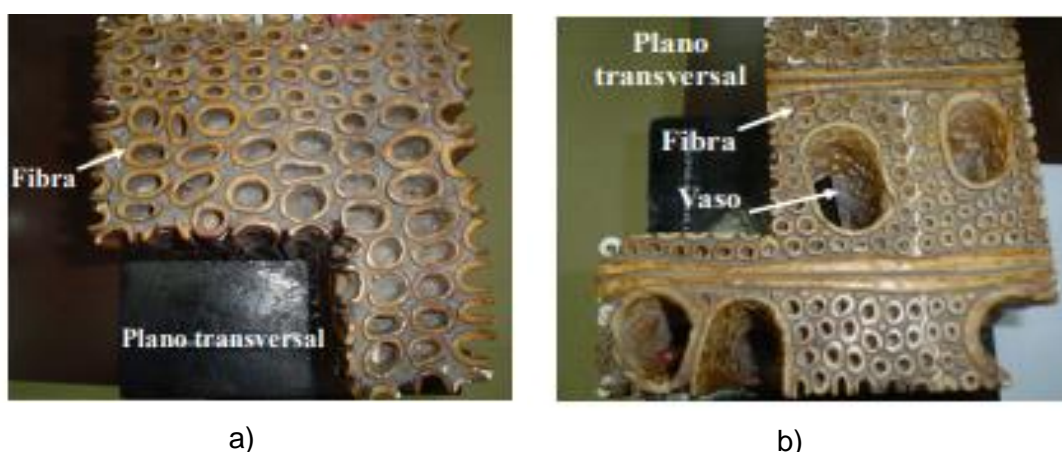


Figura 2 Representação da anatomia da madeira de Pinheiro, a), e de Eucalipto, b). (Carvalho, 2019)

2.3.3 Casos de estudo com biochars de Eucalipto e Pinheiro na remediação de solos

Existem muitos estudos que recorrem ao uso de biochars de diversas matérias-primas, para remediar solos ou águas, contaminados por metais pesados. Da bibliografia consultada, as matérias-primas usadas, para obtenção de biochar foram lodo de esgoto, palha de arroz, palha de soja, casca de amendoim, madeira de carvalho, casca de carvalho, palha de milho, espiga de milho, casca de arroz, palha de cana-de-açúcar, dejetos de galinha, serragem, cama de frango, caules de leguminosas, acácia, podas de vinha e carolo de milho (Lima *et al.*, 2010; Mullen *et al.*, 2010; Mohan *et al.*, 2011; Conz, 2015; Khan *et al.*, 2015; Félix, 2018). No entanto, as mais relevantes para este estudo, são as madeiras de pinheiro (fibra longa) e de eucalipto (fibra curta).

Chen *et al.* (2011), com o objetivo de adsorver Cu e Zn de uma solução aquosa, recorreu ao uso de biochar de madeira de fibra longa e biochar de palha de milho. Pirolisou a madeira de fibra longa a 450 °C durante 5 segundos, e a palha de milho a 600 °C durante 2 horas. A capacidade de adsorção dos metais foi afetada pelo aumento do pH, que atingiu um ótimo para pH 5, e obteve maior adsorção com o biochar de palha de milho. A taxa de adsorção foi rápida, compreendida entre 77 a 83%, e atingiu o equilíbrio ao fim de 120 minutos. As capacidades máximas de adsorção de Cu e Zn, com o biochar de palha de milho, foram de 12,52 e 11 mg/g de solução, enquanto com o biochar de fibra longa foram de 6,79 e 4,59 mg/g de solução, respetivamente, quando a quantidade de biochar usada foi máxima e igual a 1 g. Breesley *et al.* (2010) também usaram biochar de madeira de fibra longa, para remediação de um solo contaminado com Cu, As, Cd e Zn, e compararam os resultados com a remediação com um composto de resíduos verdes. O solo foi seco ao ar, entre 20 e 25 °C, durante 2 semanas, e peneirado a 2mm, foi então homogeneizado e misturado com compostos de resíduos verdes e biochar. Posteriormente o solo foi colocado em vasos de 1 L, havendo um vaso com 400 mL de solo e 200 mL de biochar, outro vaso com 400 mL de solo e 200 mL de composto, e 200 mL de solo misturado com 200 mL de composto e 200 mL de biochar. Estes vasos foram saturados com água desionizada, com pH 5,5, durante 3 dias em laboratório. Ao longo de 60 dias, foram recolhidos 13 mL de água para tubos de recolha. Concluiu-se que o solo com biochar tinha menor quantidade de Zn, mas maior de Cu, em comparação com o solo com composto de resíduos verdes. Tanto o composto como o biochar reduziram significativamente os metais Cd e Zn solúveis na água do solo, reduzindo assim, o seu efeito fitotóxico. Concluiu-se que o biochar tem maior potencial para reduzir, benéficamente, a biodisponibilidade de contaminantes orgânicos e inorgânicos, do que o composto de resíduos

verdes, sendo mais eficaz na redução das concentrações fitotóxicas de Cd e Zn solúveis em água.

Manzano *et al.* (2020) estudaram o efeito do biochar de madeira de fibra curta em dois solos diferentes, S1 que foi colhido a uma profundidade de 3,5 km e S2, colhido a 2 km, e contaminados com Cd (4,8-7,4 mg.kg⁻¹), Pb (318-1899 mg.kg⁻¹) e Zn (622-3803 mg.kg⁻¹). A ambos os solos foi adicionado 5% de biochar peneirado a 2mm, obtido pela pirólise lenta a 700 °C de madeiras de fibra curta. Ambos os solos foram classificados como areias argilosas, sendo constituído S1 e S2 por 73,1 e 66,4 % de areia, 19,9 % e 14,4 % de silte, 7,0 e 19,2 % de argila, respetivamente. As amostras de solo foram submetidas a testes de lixiviação. De acordo com os resultados obtidos, o biochar permitiu uma maior redução de metais pesados no solo S1 do que o solo S2, com o mesmo biochar, sendo a redução de Cd de 29 e 23 %, de Zn de 55 e 16 % e de Pb 79 % e 14 %, respetivamente.

Tal como Manzano *et al.* (2020), Heaney *et al.* (2018) também recorreram a biochars de madeira de fibra curta para imobilizar metais pesados em dois tipos de solo. Num solo arenoso adicionou-se nitrogénio e num outro tipo de solo adicionou-se arsénio, e outros metais pesados (Zn, Mn, Pb, Cd, Cu, Co, Cr, Hg, Mo, Se). Ao solo arenoso foram adicionados 0,5 g de biochar, enquanto ao outro solo foram adicionados 2 g. Os biochars foram obtidos através da pirólise de madeira de fibra curta a 550 °C (SWP550) e 700 °C (SWP700). A taxa de retenção de nitrogénio no solo arenoso com 0,5 g de SWP550, 0,5 g de SWP700, 1 g de SWP550 e 1 g de SWP700, foi, respetivamente de 42 %, 46 %, 50 %, e 63 %, notando-se que quanto maior a temperatura de pirólise e a quantidade de biochar, maior a retenção de nitrogénio no solo. No caso do segundo solo, a retenção de Fe e As ocorreu com dose mais elevada de SWP700, após 360 horas de incubação. O Zn tendeu a ter uma afinidade maior com o biochar, quando comparado com Mn, apresentando uma imobilização maior após 220h de incubação com 1 g de SWP700. Quanto à imobilização de Pb, ocorreu de forma independente da presença do biochar.

Jiang *et al.* (2016) estudaram a influência do biochar de pinheiro e eucalipto, pirolisados a 700 °C durante 30 minutos, na adsorção dos metais Cu e Zn numa solução. Foi aplicado 1 g de biochar e adicionado a 40 mL de CuSO₄ e ZnSO₄, a pH 5,5. Concluiu-se que o biochar de eucalipto teve maior capacidade de adsorção, 4,34 mg/ g para Cu e 2,31 mg/ g para Zn, do que o biochar de pinheiro, 1,47 mg/ g para Cu e 1,00 mg/g para Zn.

3. Materiais e Métodos

Neste capítulo são apresentados todos os materiais, técnicas e procedimentos usados ao longo do trabalho, com recurso aos equipamentos também relatados, de forma a alcançar o objetivo do estudo, que é a remediação de solos contaminados, com metais pesados, com a adição de vários tipos de biochars.

3.1 Materiais

3.1.1 Solo Mole do Baixo Mondego

O solo mole do Baixo Mondego foi recolhido entre 2 a 3 metros de profundidade, num terreno agrícola de arroz, na Quinta de Foja, Maiorca, entre os quilómetros 11 e 12 da A14/IP13, no sentido Figueira da Foz-Coimbra.

No Laboratório de Geotecnia do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, analisaram-se experimentalmente as características de identificação do solo, nomeadamente índices físicos, a distribuição granulométrica das partículas do solo, composição química e mineralógica, os limites de plasticidade e liquidez, o teor de matéria orgânica e o pH.

A caracterização do solo mole do Baixo Mondego, iniciou-se pela homogeneização de aproximadamente 400 kg de solo na betoneira de eixo vertical IMER MIX240. Neste processo foi adicionada água, para aproximar das condições de teor de humidade do solo original, o qual é de 81 %, segundo Correia (2011). Posteriormente, o solo foi condicionado numa câmara termohigrométrica, com controlo de temperatura ($20\pm 2^\circ\text{C}$) e humidade relativa ($95\pm 5\%$). Para a caracterização geotécnica do solo, foram realizados os ensaios enumerados seguidamente, apresentando e discutindo os seus resultados.

Distribuição granulométrica das partículas do solo

A distribuição granulométrica das partículas do solo, foi realizada no Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, no Laboratório de Sedimentologia, analisada através da técnica de granulometria laser (difração laser), recorrendo ao granulómetro laser Coulter-Counter LS-23, tendo-se confrontado estes resultados, com os obtidos pela metodologia clássica de peneiração e sedimentação (E196 LNEC).

Foram testadas duas amostras, uma no estado seco, outra no estado natural, conforme o procedimento recomendado por Correia (2011).

3. Materiais e Métodos

Os resultados obtidos das análises granulométricas encontram-se representados na Figura 3, para as amostras ensaiadas no granulómetro laser com humidade natural (LH), para as amostras ensaiadas no granulómetro laser a seco (LS), e ainda para a amostra ensaiada, segundo, o denominado, ensaio clássico (E196).

O resultado da distribuição granulométrica por peneiração do material retido no peneiro #200 encontra-se na Figura 4.

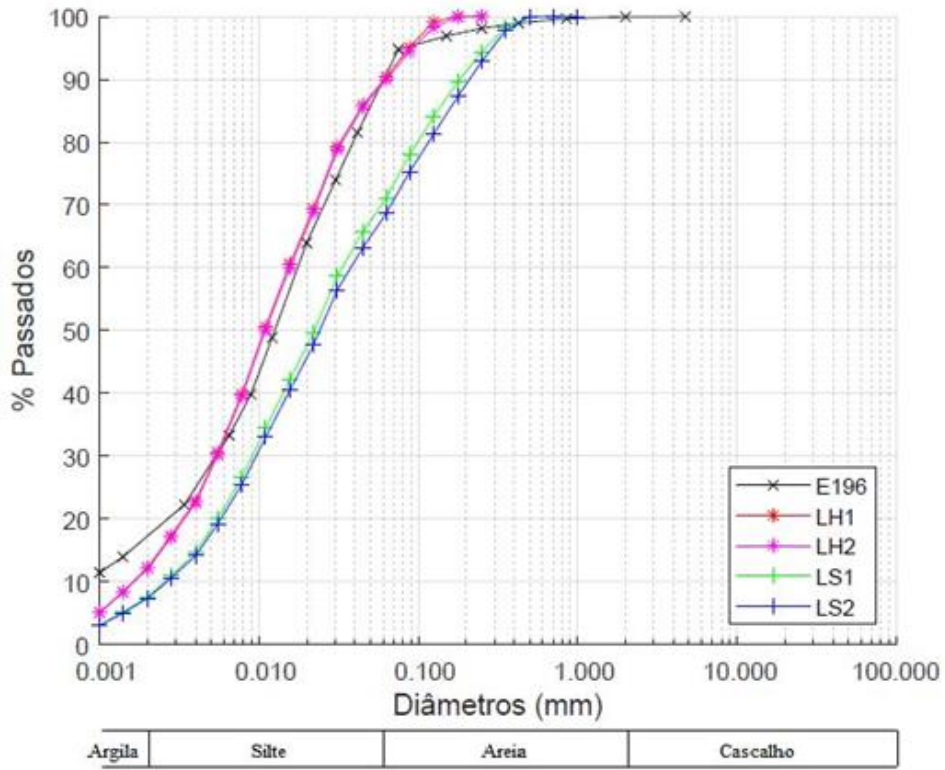


Figura 3 Curvas da granulometria para o solo mole do Baixo Mondego.



Figura 4 Separação granulométrica por peneiração.

De acordo com a Figura 3, a amostra que melhor representa a distribuição de partículas sólidas do solo, é a amostra sob condição natural de humidade (LH), cujos resultados mais se aproximam da curva obtida no ensaio clássico, resultado concordante com o observado por Correia (2011). Em termos globais, conclui-se que o solo é constituído por uma fração de silte de 77%, uma fração de argila de 12% e uma fração de areia de 11%.

Para complementar a análise da distribuição de tamanhos das partículas do solo, também se realizou uma análise microscópica no Departamento de Engenharia Química da Universidade de Coimbra, no Laboratório de Tecnologia de Sólidos, recorrendo ao microscópio Olympus Optical Co., Ltd, Japan, equipado com uma câmara de aquisição de imagem de alta resolução, *ColorView III*.

As imagens da amostra em meio aquoso foram capturadas e analisadas, com o *software Soft Imaging System GmbH*, encontrando-se a imagem correspondente Figura 5.

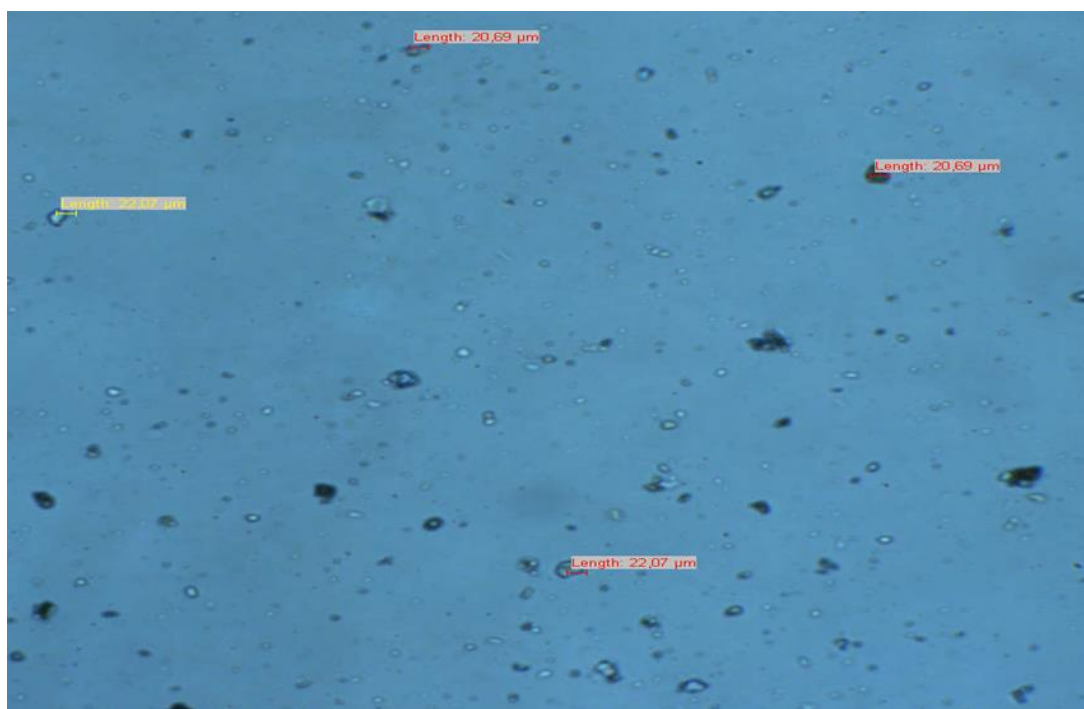


Figura 5 Imagem microscópica das partículas sólidas do solo mole do Baixo Mondego dispersas em solução aquosa.

De acordo com a Figura 5, é possível verificar, em imagens de microscópio ótico, diferentes tamanhos de partículas do solo, contendo dimensões compreendidas entre as da areia até às da argila.

Densidade das partículas sólidas

A densidade das partículas sólidas, G_s , foi determinada de acordo com o procedimento da norma NP 83 (1965), com base em 3 amostras, obtendo-se o valor médio de $2,571 \text{ g. cm}^{-3}$.

Limite de Liquidez e Plasticidade

As características de plasticidade do solo foram analisadas, seguindo duas metodologias distintas. Na primeira abordagem, a amostra de solo, seguiu a norma NP 143 (1969), com secagem prévia (estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$) e com remoção de partículas com diâmetro superior a $0,05 \text{ mm}$. A segunda metodologia difere da primeira, na medida em que a amostra não foi submetida a secagem em estufa, tendo sido realizada com ligeira secagem natural do solo.

Em termos de características de plasticidade, o solo é caracterizado por um w_L , limite de liquidez, de $58,1\%$, w_P , limite de plasticidade, de 36% e um IP , índice de plasticidade, de $22,1\%$, quando avaliado em amostras submetidas a prévia secagem em estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$. Já quando se avaliam as mesmas características, mas em amostras sem secagem em estufa, ou seja, com secagem natural, obtiveram-se valores de w_L de $72,2\%$, w_P de $44,9\%$ e um IP de $27,3\%$. Esta diferença de valores parece estar relacionada com a possível queima da matéria orgânica, quando a secagem prévia do solo na estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ (Coelho, 2000). Logo, dada a presença de matéria orgânica no solo, os valores que melhor representam a plasticidade do solo, são os referentes à ausência de secagem em estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$.

Matéria Orgânica

Para a determinação da matéria orgânica presente no solo, seguiu-se o método das perdas por ignição, que consiste em colocar o solo na estufa, a 50°C durante 24 horas, seguido de nova secagem, em mufla, a 400°C durante 24 horas, conforme o procedimento proposto por Coelho (2000). O teor em matéria orgânica é obtida pela diferença de massas (perda de ignição) entre as duas temperaturas.

Para o valor de matéria orgânica, o valor médio baseado em 8 amostras foi de $9,45\%$, variando entre $7,23\%$ e $12,58\%$.

Classificação

Tendo por base os dados da composição granulométrica do solo (areia, silte e argila), é possível classificar o solo, pelo triângulo de Feret, apresentado na Figura 6, como um silte arenoso. No entanto, este tipo de classificação não considera informações relevantes, para a caracterização completa do solo, pois não inclui a plasticidade, nem a presença de matéria orgânica.

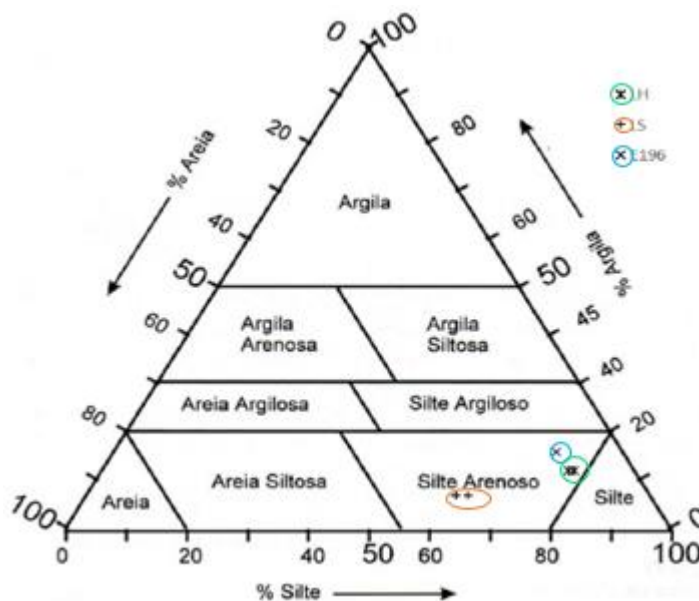


Figura 6 Triângulo de Feret.

A Tabela 3 apresenta as propriedades físicas e a classificação do solo mole do Baixo Mondego, com os valores resultantes de cada ensaio abordado anteriormente.

Tabela 3 Propriedades físicas do solo mole do Baixo Mondego e classificação do mesmo.

Composição granulométrica	11% de Areia	
	77% de Silte	
	12% de Argila	
Densidade das partículas sólidas, G_s	2,571 g.cm ⁻³	
Limite de Plasticidade, w_p	(Seco a 105°C)	(Natural)
	w_{p1} = 58,1%	w_{p2} = 44,9%
Limite de Liquidez, w_L	w_{L1} =36%	w_{L2} =72,2%
	Índice de Plasticidade, IP	IP_1 =22,1%
Teor em matéria orgânica	9,45%	
pH	5,19	
Classificação	Silte arenoso	

Composição Química

A análise da composição química do solo mole do Baixo Mondego, foi realizada pelo Laboratório de Análises de Materiais do Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, em Coimbra, recorrendo-se à técnica de espectrometria de fluorescência de raios X. O pH foi determinado por electrometria, a Perda ao Rubro por gravimetria a 1000 °C e o valor de carbono orgânico total (COT), por absorção da luz infravermelha.

Na Tabela 4, apresentam-se os valores da composição química do solo, fornecidos pelo laboratório enumerado anteriormente.

De acordo com a Tabela 4, o solo é constituído maioritariamente por óxido de sílica (59%) e óxido de alumínio (17%). Quanto ao pH, o valor encontrado (4,6) está em concordância com o valor medido na Tabela 3, sendo o solo considerado ácido, isto é, o solo potencia a mobilidade dos metais pesados (Chen *et al.*, 2011; Jiang *et al.*, 2016).

O carbono orgânico total é função da quantidade de matéria orgânica presente no solo, pelo que o valor obtido (3,46%), é justificado, pelo facto, de o solo ser de origem agrícola (produção de arroz), sendo visualmente perceptível, a presença de raízes e frações de madeiras decompostas no solo.

Tabela 4 Propriedades químicas do solo mole do Baixo Mondego

Parâmetro Analítico	Valor obtido
pH	4,6
Perda ao Rubro (%)	9
SiO₂ (%)	59
Al₂O₃ (%)	17
Fe₂O₃ (%)	4,9
CaO (%)	0,40
MgO (%)	1,1
Na₂O (%)	0,83
K₂O (%)	3,1
TiO₂ (%)	0,69
MnO (%)	<0,30
P₂O₅ (%)	<0,30
COT (%)	3,46

Composição mineralógica

A capacidade de troca catiónica, que pode existir no solo, é dependente da quantidade de matéria orgânica presente neste e dos minerais de argila.

A composição mineralógica do solo, foi avaliada no Laboratório de Difração de raios X, no Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, com recurso ao equipamento *Aeris Malvern Panalytical's X-Ray diffractometer*. Para identificar os minerais que constituem o solo, a análise foi feita com o solo em pó, no estado seco, enquanto na identificação dos minerais de argila, utilizaram-se lâminas constituídas apenas por partículas inferiores a 2 μm (obtidas por centrifugação).

Com base na análise realizada, foi possível obter-se os gráficos das Figuras 7 e 8, que representam a composição mineralógica do solo e a composição mineralógica da fração argilosa, respetivamente.

Com base na Figura 7, é possível verificar que o solo é composto, mineralogicamente, por quartzo, muscovite (mineral que pertence ao grupo das micas), albite e microcline (minerais que pertencem ao grupo dos feldspatos), e argilas.

3. Materiais e Métodos

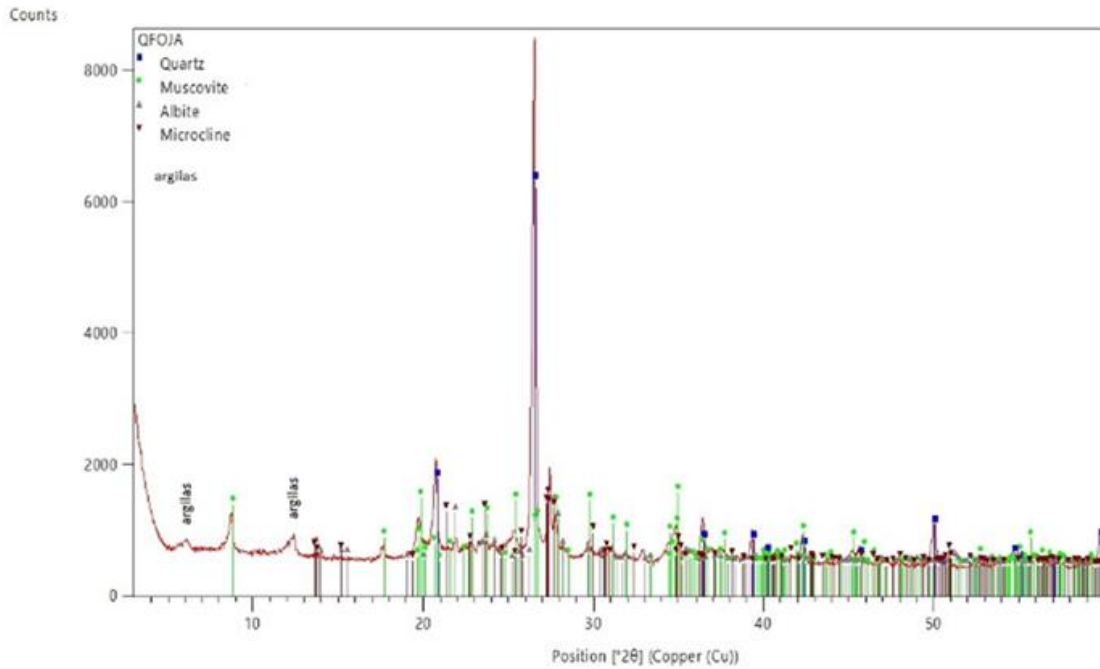


Figura 7 Composição mineralógica do solo mole do Baixo Mondego.

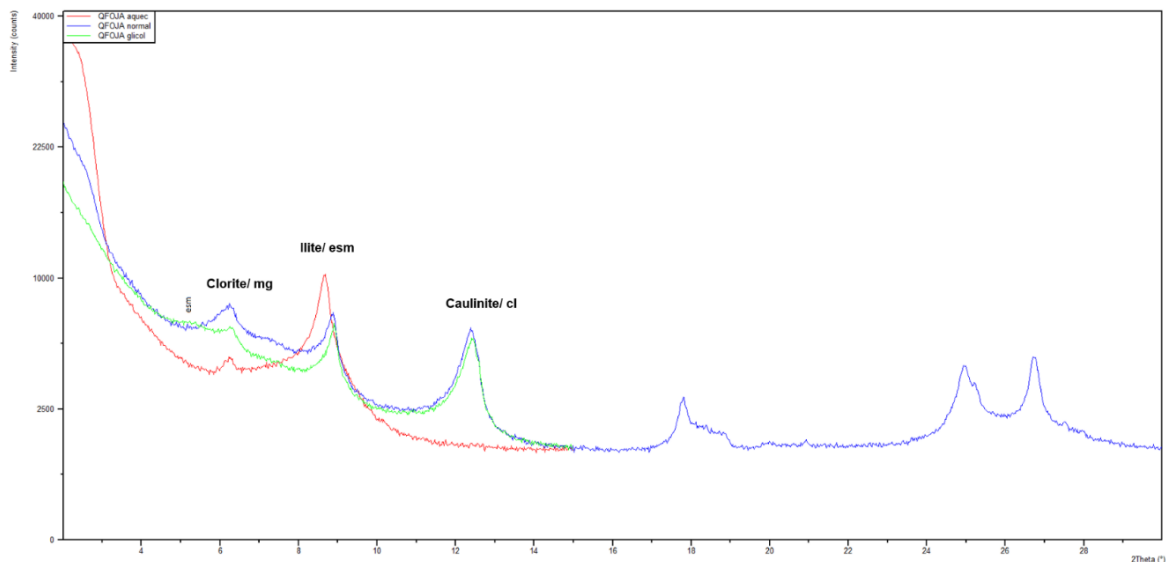


Figura 8 Composição mineralógica da fração argilosa

A Figura 8, mostra que a fração argilosa presente no solo é constituída 54% por minerais do grupo das caulinites, 39% por illite e 7% por clorites. Uma vez que o solo é constituído 12% por partículas da dimensão argila, é possível determinar a quantidade dos minerais argilosos, em termos de percentagem global, sendo estes valores apresentados na Tabela 5.

De acordo com a Figura 8 e Tabela 5, é possível concluir que o solo mole do Baixo Mondego é constituído, maioritariamente, por minerais de caulinite e illite. Estes resultados encontram-se em concordância com os obtidos por Correia (2011).

Tabela 5 Percentagem global dos minerais de argila.

Minerais de argila	Percentagem global (%)
Caulinite	6,5
Ilite	4,7
Clorite	0,8

3.1.2 Saibro

O saibro é uma areia grossa, de cor amarelada, muito utilizado na construção civil, nomeadamente, na composição de argamassas (Grupo Alves Bandeira, 2015). Foi realizada uma caracterização geotécnica ao saibro, o qual é proveniente de um pequeno descampado da zona de Leiria.

A caracterização deste solo foi realizada por Cardoso (2020), no Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, tendo-se analisado, experimentalmente, as principais propriedades físicas do solo, como a distribuição granulométrica das partículas sólidas do solo, os limites de consistência, o teor de matéria orgânica e o pH, de forma análoga à realizada para o solo mole do Baixo Mondego.

Na Tabela 6, encontram-se os valores determinados por Cardoso (2020).

Tabela 6 Propriedades físicas e de identificação do saibro.

Composição granulométrica	1% de Silte 99% de Areia
Densidade das partículas sólidas, G_s	2,63 g/cm ³
Limites de consistência	Não aplicável
Teor em matéria orgânica	0,18%
pH	7,23
Humidade ótima, $w_{ótimo}$	14,2 %
Peso volúmico seco máximo, $\gamma_d máx$	18,50 kN.m ⁻³
Classificação do solo	Areia

De acordo com a Tabela 6, verifica-se que, de acordo com a composição granulométrica, o saibro é constituído, maioritariamente, por areia, existindo silte em quantidade residual, sendo classificado como areia. Quanto ao teor de matéria orgânica e pH, é um solo não orgânico e neutro.

Quanto aos limites de consistência, uma vez que o solo apresenta uma quantidade inferior a 30 % em massa de partículas de dimensões inferiores a 0,05 mm, não é aplicável a norma que permite averiguar esta propriedade, pelo que o solo é não plástico (Cardoso, 2020).

Foi realizado um ensaio de compactação Proctor, o qual permite a obtenção da curva de compactação, onde se determina o valor de humidade ótima, $w_{ótimo}$, de 14,2% e o peso volumico seco máximo, $\gamma_{d\ máx}$, de 18,50 kN.m⁻³. Aquando da realização deste ensaio, a curva obtida, exibia um pico pouco pronunciado, ao contrário do que acontece com outros solos, verificando-se que o solo é bastante permeável e pouco sensível ao teor de água (Cardoso, 2020).

3.1.3 Metais Pesados

Os metais pesados utilizados no estudo são o níquel, o zinco e o crómio. As concentrações escolhidas para a contaminação dos solos são concordantes com os limites máximos detetados, por Inácio *et al.* (2008), em Portugal, conforme a Tabela 7, e que de acordo com a legislação abordada na Secção 2.1.1, são superiores aos limites permitidos por lei.

Tabela 7 Valores máximos de metais pesados registados em Portugal por Inácio *et al.*(2008).

Metal pesado	Valor máximo registado em Portugal (mg/kg solo seco)
Cr	336
Ni	880
Zn	738

Como os metais pesados não se encontram na sua forma pura, recorreu-se aos sais que contêm estes metais, sendo necessário fazer uma conversão, baseada no peso molecular, PM, dos metais e dos sais usados, para saber a massa de sal a adicionar, para contaminar o solo. A informação mais relevante sobre estes, está presente na Tabela 8.

Tabela 8 Propriedades dos metais pesados e sais dos metais (ChemicalAid, n.d. ; Wikipédia).

Metal	Crómio	Níquel	Zinco
Sal	Cr(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O Nitrato de Crómio III nona-hidratado	Ni(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O Nitrato de Níquel II hexa-hidratado	ZnSO ₄ ·4H ₂ O Sulfato de Zinco II hepta-hidratado
PM sal (g.mol⁻¹)	400.15	290.79	233.50
PM metal (g.mol⁻¹)	51.99	58.69	65.41
Quantidade de metal no sal (%) (m/m)	12.99	20.18	28
Raio atómico do metal (pm)	140	124	134
Eletronegatividade do metal (escala de Pauling)	1,66	1,91	1,65

3.1.4 Biochars

A função do biochar no solo é muito complexa, havendo a necessidade de caracterizar as propriedades dos biochars, produzidos a partir das diferentes matérias-primas, sob um determinado conjunto de condições de pirólise, a fim de compreender as propriedades mais relevantes para o seu uso como corretivo do solo (Suliman et al., 2016).

Os biochars utilizados no trabalho provêm da pirólise de aparas de madeira de Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) e de Pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Ait.), fornecidas pelo SerQ-Centro de Inovação e Competências da Floresta. Os biochars foram produzidos no Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

As aparas de cada madeira foram, primeiramente, secas na estufa a uma temperatura de 40 °C durante 24 horas, e, posteriormente, foram colocadas em cadinhos de cerâmica, cobertas com outro cadinho, para prevenir a sujidade da mufla aquando a pirólise. Posteriormente, foram colocados na mufla *Nabertherm More Than Heat-30-3000 °C*. A temperatura de pirólise foi elevada até 350°C durante 39 minutos, e até 450°C durante 51 minutos, à taxa de 8 °C.min⁻¹, permanecendo à temperatura máxima durante 1 hora, sob atmosfera de azoto. De seguida, as amostras de biochar foram deixadas a arrefecer até à temperatura ambiente.

Na Figura 9 é possível observar a matéria-prima (pinheiro) antes e após a pirólise.



Figura 9 Matéria-Prima antes (esquerda) e após a pirólise (direita).

Posteriormente, os biochars foram moídos num moinho de martelos, representado na Figura 10, e separados por tamanho, através da peneiração, com um peneiro de malha 210 μm . Em cada um dos biochars, obtiveram-se duas frações de tamanho, superior e inferior a 210 μm , obtendo-se assim oito biochars diferentes (2 matérias-primas x 2 temperaturas de pirólise x 2 frações de tamanhos).



Figura 10 Moinho de Martelos.

A Figura 11 apresenta os vários tipos de biochars produzidos e utilizados no presente trabalho, como o biochar de pinheiro pirolisado a 350 $^{\circ}\text{C}$ e de fração de tamanho superior a 210 μm (a) (biochar de Pinheiro 350 >) ou de fração de tamanho inferior a 210 μm (b) (biochar de Pinheiro 350 <), o biochar de pinheiro pirolisado a 450 $^{\circ}\text{C}$ e de fração de tamanho superior a 210 μm (c) (biochar de Pinheiro 450 >), ou de fração de tamanho inferior a 210 μm (d) (biochar de Pinheiro 450 <), o biochar de eucalipto pirolisado a 350 $^{\circ}\text{C}$ e de fração de tamanho superior a 210 μm (e) (biochar de Eucalipto 350 >), ou de fração de tamanho inferior a 210 μm (f) (biochar de Eucalipto 350<), o biochar de eucalipto pirolisado a 450 $^{\circ}\text{C}$ e de fração de

tamanho inferior a 210 μm (g) (biochar de Eucalipto 450<) ou de fração de tamanho superior a 210 μm (h) (biochar de Eucalipto 450>).

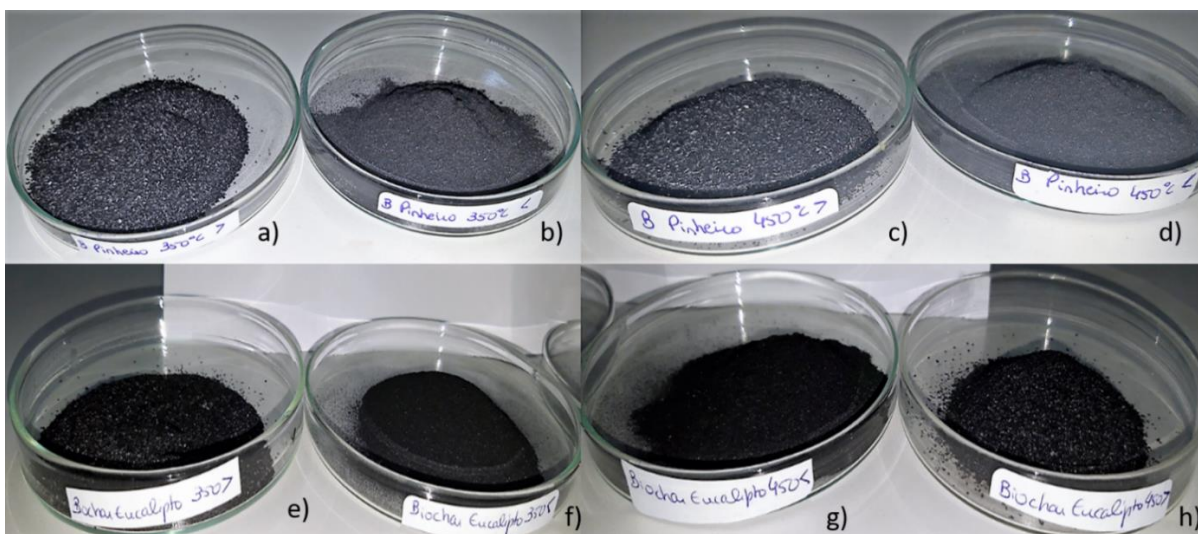


Figura 11 Imagem do biochar de a) Pinheiro 350>; b) de Pinheiro 350<; c) de Pinheiro 450>; d) de Pinheiro 450<; e) de Eucalipto 350>; f) de Eucalipto 350<; g) de Eucalipto 450<; h) de Eucalipto 450>.

3.1.4.1 Caracterização dos Biochars

Por forma a avaliar a qualidade da dispersão dos biochars, as suspensões de biochars foram caracterizadas pela técnica LDS, *Laser Diffraction Spectroscopy*, em termos de tamanho de partículas, mediante recurso ao equipamento *Mastersizer 2000* da *Malvern*, que fornece informação sobre o diâmetro médio, $D[3,2]$, e a superfície específica das partículas, obtida a partir da absorção da luz laser, devendo estes valores serem encarados com precaução, uma vez que o tamanho das partículas é indicado como o diâmetro de uma esfera de volume equivalente (Malvern Panalytical, 2021).

Primeiramente, preparou-se a solução com uma mistura dos surfatantes SDBS e Pluronic F-127 na concentração de 0,03 % (w/w), ou seja, com uma composição de 0,015 % (w/w) de cada um deles, conforme estudos realizados por Gomes (2017) e Nascimento (2018). Para a preparação da solução de cada surfatante, pesaram-se 0,015 g de cada um, adicionou-se 100 mL de água ultrapura e deixou-se a solução a agitar, durante 12 horas, a 500 rpm. Posteriormente, pipetaram-se 15 mL de cada solução de surfatante e perpez-se um volume de 150 mL, com água ultrapura.

A suspensão de biochars foi preparada, de acordo com a mesma proporção biochar:surfatante (massa: volume), que se utilizará nos testes de percolação com o saibro (1:2,4 ou 1:7 nos testes com 3% (w/w) e 1% (w/w) de biochar, respetivamente). Esta suspensão foi adicionada ao copo de amostragem do equipamento, até se atingir uma obscuração superior a 5%, para a realização da análise de caracterização. A velocidade de agitação, no copo de amostragem, para todos os ensaios, foi de 1700 rpm, variando apenas a intensidade e o tempo de ultrassons, aplicado aquando necessário, para desagregar partículas.

Foram realizadas cinco medições por amostra, obtendo-se um valor médio do tamanho e a distribuição de tamanhos das amostras.

Distribuição de Tamanhos dos Biochars

A caracterização da distribuição de tamanhos de partículas dos biochars, encontra-se apresentada na Tabela 9, adotando-se a nomenclatura, que consiste nas letras iniciais de cada biochar (BP para biochar de pinheiro e BE para biochar de eucalipto), seguido do valor da temperatura de pirólise (350 °C ou 450 °C), adstrito aos símbolos <ou>, conforme a fração de tamanho inferior ou superior a 210 µm, respetivamente.

Tabela 9 Propriedades dos biochars de Pinheiro e Eucalipto.

Biochar	D[3,2] (µm)	Superfície específica (m².g⁻¹)
BP 350 <	26,107	0,230
BP 350 >	292,596	0,0205
BP 450 <	54,816	0,109
BP 450 >	357,329	0,0168
BE 350 <	22,545	0,266
BE 350 >	500,637	0,0120
BE 450 <	27,037	0,222
BE 450 >	520,138	0,0115

De acordo com a Tabela 9, é possível verificar que existe uma relação inversa entre o diâmetro equivalente e a superfície específica, tal como esperado. Da análise da Tabela, é igualmente possível observar, que os biochar com maior superfície específica são os biochars de fração de tamanho menor a 210 µm, seguindo-se a ordem decrescente: BE 350 <, BP 350 <, BE 450 <, e BP 450 <. Apresentando, estes biochars, uma maior superfície específica, exibem á priori, mais locais de adsorção, no biochar, e conseqüentemente, uma maior capacidade de adsorção.

Quanto aos biochars com fração superior a 210 μm , estes apresentam uma superfície específica inferior, em uma ordem de grandeza, relativamente aos biochars de fração inferior, seguindo a ordem decrescente: BP 350 >, BP 450>, BE 350> e BE 450>.

Tal como referido por Suliman *et al.* (2016), Wang *et al.* (2019), Wang *et al.* (2020) e Tomczyk *et al.* (2020), o aumento da temperatura de pirólise é benéfica para aumentar o conteúdo de carbono do biochar e a sua superfície específica, principalmente devido ao aumento do volume dos microporos, causados pela libertação dos compostos orgânicos voláteis, como a celulose e a lenhina.

No entanto, quando as matérias-primas são submetidas a temperaturas mais baixas de pirólise, com um longo tempo de residência, a libertação dos gases é gradual, o que permite uma maior quantidade de poros bem definida e uma superfície específica maior, justificando a maior superfície específica dos biochars, com temperatura de pirólise 350 °C, qualquer que seja o tipo de biochar e fração de tamanho (Condo *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2020).

Qualidade das Dispersões dos biochars

A qualidade das dispersões das suspensões dos biochars de pinheiro e eucalipto (em solução aquosa de mistura dos surfatantes SDBS e Pluronic F-127, na concentração de 0,03 % (w/w)), é avaliada por meio da interpretação das curvas de distribuição de tamanhos, apresentadas nas Figuras 12, 13, 14 e 15 para a fração superior a 210 μm , e nas Figuras 16, 17, 18 e 19 para a fração inferior a 210 μm .

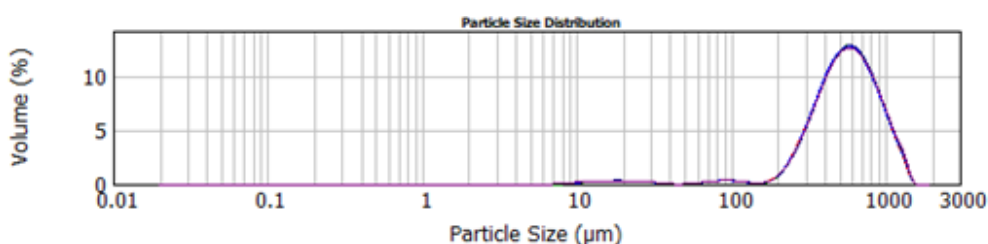


Figura 12 Biochar Pinheiro 350 >.

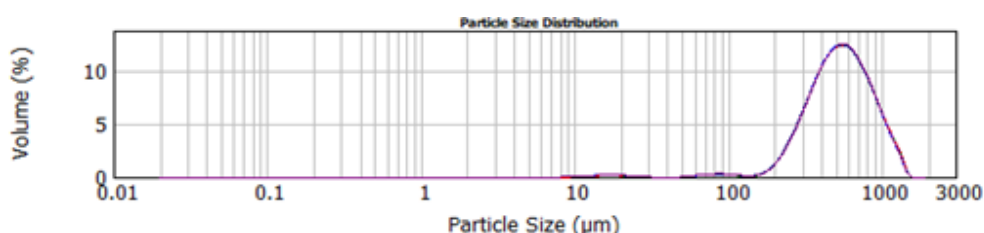


Figura 13 Biochar Pinheiro 450 >.

3. Materiais e Métodos

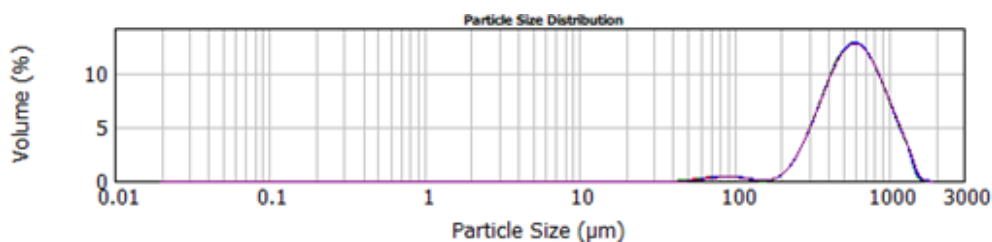


Figura 14 Biochar Eucalipto 350 >.

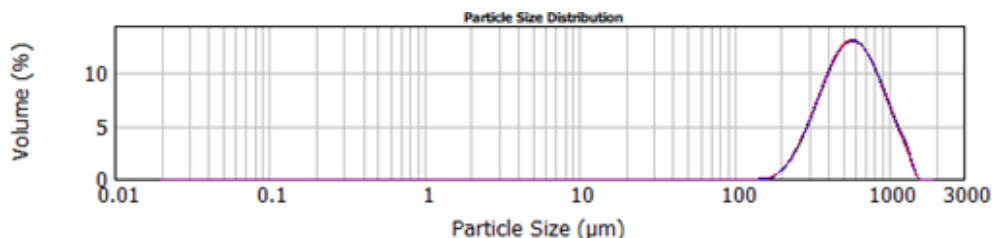


Figura 15 Biochar Eucalipto 450 >.

De acordo com as Figuras 12, 13, 14 e 15, é possível verificar que as partículas dos biochars de fração superior a 210 μm não têm tendência a formar agregados, uma vez que a curva é simétrica, considerando estar-se na presença de boa dispersão, em todos estes biochars.

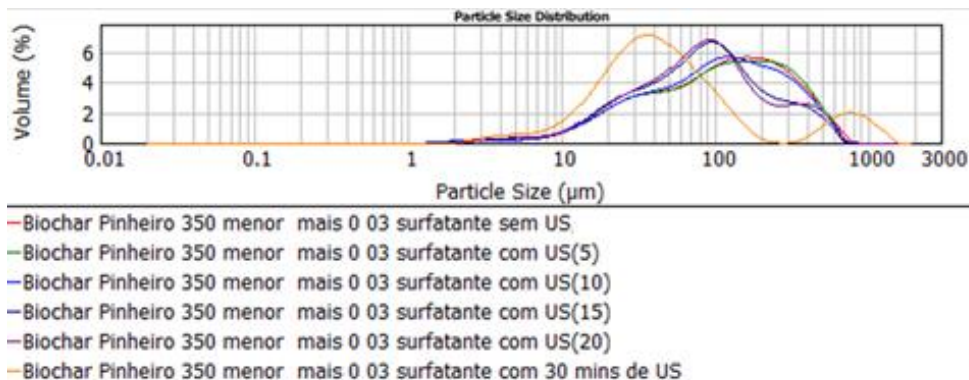


Figura 16 Biochar Pinheiro 350 <.

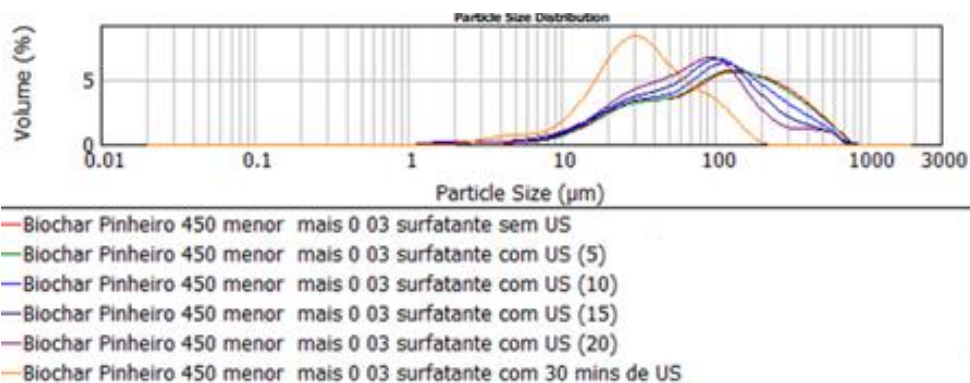


Figura 17 Biochar Pinheiro 450 <.

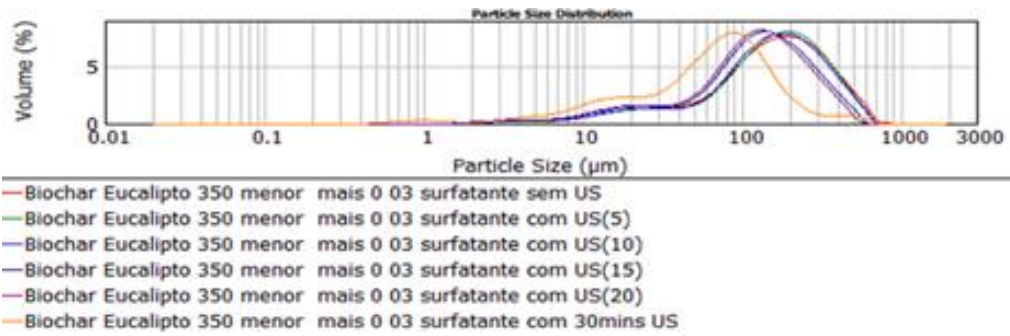


Figura 18 Biochar Eucalipto 350 <.

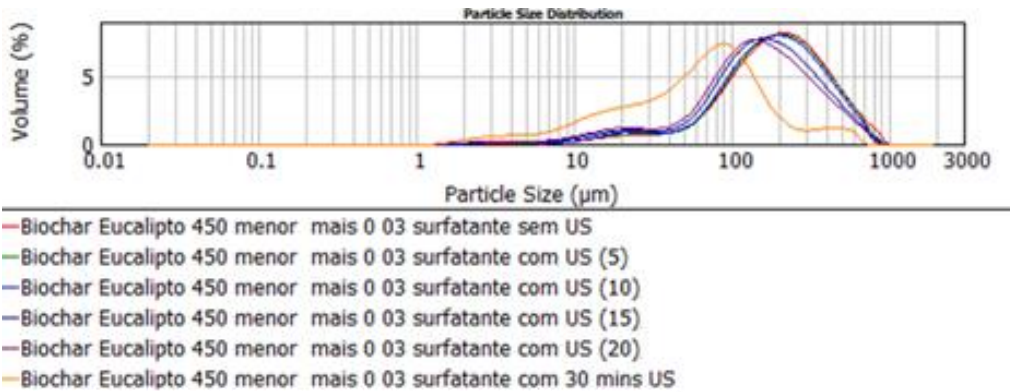


Figura 19 Biochar Eucalipto 450 <.

Da análise das Figuras 16, 17, 18 e 19, os biochars de fração menor a 210 µm, têm tendência a formar agregados, uma vez que as curvas não são simétricas. Uma forma de melhorar a qualidade das dispersões, consiste no recurso a ultrassons, com diferentes intensidades e tempos de atuação, promovendo a desagregação das partículas destes biochars, e a obtenção de uma melhor dispersão.

Em todos os biochars de fração inferior, concluiu-se que a melhor dispersão foi atingida quando os biochars foram submetidos a 30 minutos de ultrassons, com intensidade 20 kHz, tendo-se obtido, uma curva mais estreita mas não simétrica, sendo perceptível a existência de outras modas, que significam populações/agregações de outros tamanhos.

3.1.5 Surfatantes

Tal como referido na Secção 2.3, os biochars apresentam elevada superfície específica, o que origina tendência natural para agregação. De forma a diminuir a agregação e alcançar boa dispersão (condição para a não perda de parte das propriedades benéficas dos biochars), é de todo conveniente a utilização de surfatantes. Os surfatantes, ou agentes tensioativos, são compostos anfífilicos, que contêm grupos hidrofóbicos e hidrofílicos que ajudam a minimizar a tensão superficial e interfacial (Shah *et al.*,2020).

Os surfatantes usados para a dispersão dos biochars são o SDBS (Sodium dodecylbenzene sulfonate) e o Pluronic F-127, produzidos e fornecidos pela Sigma-Aldrich. Na Tabela 10 são apresentadas as principais características de cada surfatante.

Tabela 10 Propriedades dos surfatantes SDBS e Pluronic F-127.

Propriedades	SDBS	Pluronic F-127	Referência
Peso molecular (kDa)	363,02	9,49	(Matos, 2016)
Potencial Zeta (mV)	-66,97	-0,430	
Tamanho (nm)	81,02	6,920	
Carga	aniónico	não iónico	(Gomes, 2017)
Tipo de Cadeia	linear	linear	
pH	7-10,5 (25°C)	6,0-7	(Merck, 2021)

3.2 Metodologia Experimental

Nesta secção, são descritas as metodologias desenvolvidas e os equipamentos usados, quer no Laboratório de Geotecnia do Departamento de Engenharia Civil, quer no Laboratório de Tecnologia de Sólidos do Departamento de Engenharia Química, ambos da Universidade de Coimbra.

Inicialmente, procedeu-se à caracterização do solo mole do Baixo Mondego, caracterizado na Secção 3.1.1, de modo a avaliar as suas propriedades físicas, químicas, composição granulométrica e mineralogia.

Seguidamente, caracterizaram-se os diversos tipos de biochars produzidos, na Secção 3.1.4, em termos de tamanho e grau de dispersão, com recurso ao equipamento de LDS, Mastersizer 2000 da *Malvern*. A preparação da suspensão dos biochars na solução aquosa de surfatantes encontra-se na secção 3.1.4.1.

Para o estudo da imobilização dos metais pesados com os biochars, foram realizados testes de percolação, onde a suspensão de biochar é adicionado ao solo, que é, posteriormente, lixiviado com água da rede com pressão hidráulica constante. Estes ensaios são descritos nas secções 3.2.1 e 3.2.2 para o solo saibro e solo mole do Baixo Mondego, respetivamente.

3.2.1 Ensaios de Adsorção no Saibro

Para avaliar a capacidade de retenção dos metais pesados no saibro, através da adição de biochars, realizaram-se ensaios de percolação. O ensaio consiste na montagem de uma amostra de solo contaminado por metais pesados e aditivado por biochars, fazendo percolar água da rede sob uma pressão hidráulica constante ao longo do solo, recolhendo o lixiviado (líquido percolado). O lixiviado é, em seguida, analisado pela técnica de espectrometria de absorção atômica (AAS), de forma a quantificar a concentração de metais pesados no lixiviado e determinar, a partir daí, a percentagem do metal imobilizado no solo.

O ensaio de adsorção divide-se em quatro fases: contaminação prévia do solo, adição do biochar ao solo, ensaios de percolação, finalizando com a filtração do lixiviado e, posteriormente, a sua análise pela técnica de espectrometria de absorção atômica.

A preparação do solo, das soluções de metais, da suspensão de biochars e análise quantitativa dos metais foram realizadas no Departamento de Engenharia Química da Universidade de Coimbra, e os ensaios de percolação realizaram-se no Laboratório de Geotecnia do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra.

Contaminação prévia do solo

De uma amostra de solo seco, foram pesados 150 g e foram adicionados 10,65 mL de solução de metal (níquel, zinco ou crómio), numa primeira fase. Após a adição da solução de metais pesados ao solo, procedeu-se à homogeneização manualmente, para garantir a distribuição uniforme dos metais pelo solo. De seguida, as amostras de solo contaminado, foram hermeticamente fechadas e deixadas em repouso, durante sete dias, numa câmara termohigrométrica, à temperatura de 20 ± 2 °C e humidade relativa de 95 ± 5 %.

As massas de sal, de cada metal, utilizadas na contaminação do solo, são apresentadas na Tabela 11, e seguem as concentrações de metais apresentadas em Inácio et al. (2008). Após a pesagem de cada sal, este é dissolvido em 100 mL de água ultrapura, e a solução é agitada a 150 rpm, durante 30 minutos.

Tabela 11 Massa de sal usada para a contaminação do solo.

Sal do metal	Massa do sal (mg/ 150g solo)
$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	6141
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	3711
$\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	3642

A Figura 20 permite observar a solução de cada metal e a sua cor, com a concentração desejada.



Figura 20 Imagem real das soluções dos metais de Crómio, Níquel e Zinco, respetivamente, da esquerda para a direita.

Adição do biochar ao solo

Numa segunda fase, e decorridos os 7 dias, procedeu-se a adição dos biochars ao solo contaminado. Para tal, 10,65mL de suspensão de biochar ou 10,65 mL de água destilada sem biochar (ensaios de referência) foram misturados com as amostras de solo contaminado por metais pesados. No final, as amostras possuíam um teor em água, de 14,2 %, valor correspondente à humidade ótima, conforme o ensaio de compactação Proctor realizado por Cardoso (2020). A preparação da suspensão de cada biochar foi realizado conforme descrito na Secção 3.1.4.1, usando a concentração de 3 % ou 1 % (w/w) de biochars, dispersos em 0,03 % (w/w), de uma mistura de surfatantes.

Ensaio de percolação

O sistema de percolação é composto por 8 células de percolação, constituídas por tubos de PVC: com diâmetro interno de 37 mm e altura de 35 mm, estando ambos os tipos perfurados por forma a permitir a percolação. Os tubos de PVC estão ligados a um sistema que permite controlar a pressão hidráulica aplicada no topo (entrada) do tubo PVC (Figura 21). Na base de cada tubo existe um copo, para a recolha do lixiviado, para posterior análise AAS.

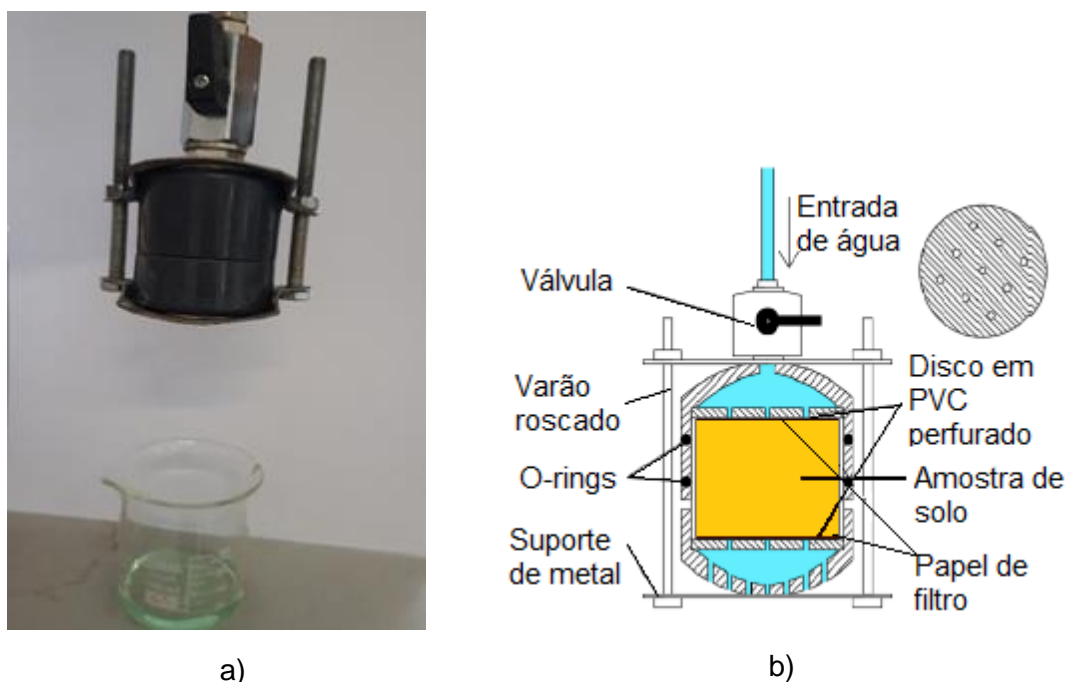


Figura 21 Imagem real a) , e esquema representativo de uma célula de percolação b) (adaptado de (Matos, 2016)).

Uma vez garantida a saturação do sistema, aplica-se um papel de filtro humedecido, e em seguida, procedeu-se à introdução de 71 g de solo (contaminado por metais pesados e aditivado ou não com biochars) em 3 camadas, compactando-se ligeiramente cada camada, com o auxílio de uma placa cilíndrica. Por fim é colocado um papel de filtro humedecido, na extremidade oposta do tubo de PVC, coloca-se um disco de PVC perfurado para conter a amostra, sendo selado.

As amostras são submetidas a uma pressão hidráulica de 5 kPa (que corresponde a 0,5 m de coluna de água), mantida constante através de um sistema interface ar-água ligado a um regulador de pressão e compressor de ar comprimido.

O ensaio tem duração máxima de 6 horas, tempo suficiente para recolher 40 mL de lixiviado, volume equivalente ao da amostra de solo no interior do tubo de PVC. Cada ensaio de percolação estendeu-se por dois dias consecutivos.

Com o saibro contaminado por metais pesados, foram realizados, ensaios de percolação de referência (sem adição de biochars), e ensaios com solo contaminado e aditivado com os diferentes tipos de biochars e diferentes concentrações destes (1 e 3 % (w/w)).

Complementarmente, realizou-se um estudo acerca da influência da carga hidráulica, tendo o estudo sido realizado, apenas, com saibro contaminado por níquel. Aplicaram-se pressões de carga hidráulica de 5, 15 e 30 kPa, nos ensaios com solo contaminado, com 11%

da concentração inicial (concentração mais baixa), e de 5 e 15 kPa no saibro contaminado com concentração mais elevada. Todos os ensaios foram realizados em duplicado.

Filtração e análise quantitativa de metais pesados no lixiviado

Após a recolha do lixiviado, é colhida uma amostra de 15 mL, recorrendo a uma seringa, com filtro de 0,45 µm de nylon, amostra que é transferida para um tubo de *Falcon*, e, posteriormente, efectuada a análise quantitativa dos metais presentes no lixiviado por espectrometria de absorção atómica. Com base nos resultados obtidos, é possível calcular a capacidade de adsorção, dos metais pesados, por parte dos biochars.

3.2.2 Ensaios de Adsorção no solo mole do Baixo Mondego

Para avaliar a capacidade de retenção dos metais pesados, pelo solo mole do Baixo Mondego, com e sem a adição de biochars, realizaram-se ensaios de percolação, em tudo semelhantes aos ensaios anteriormente descritos, para o saibro, com as modificações abaixo apresentadas. Tal como no saibro, o lixiviado (líquido percolado), é analisado pela técnica de espectrometria de absorção atómica, de forma a determinar a concentração de metais pesados presente no lixiviado.

O ensaio de adsorção divide-se em quatro fases iguais, descritas anteriormente, para o caso do saibro.

Contaminação prévia do solo

Da amostra de solo mole, armazenada na câmara termohigrométrica, foram separados cerca de 16 kg, os quais foram secos em estufa, a 40 °C durante 24 h, por forma a reduzir o teor em água do solo dos 81% (estado natural) para 71%. Em seguida, tomou-se uma amostra de 100 g de solo, à qual foi adicionada 5,6 mL de solução de metal pesado (níquel, zinco ou crómio), e, por forma a obter-se um teor em água final de 81%. Posteriormente, e tal como no caso do saibro, procedeu-se à homogeneização manual e ao acondicionamento hermético da amostra de solo contaminado, pelo período de 7 dias.

As massas de sal, de cada metal, utilizadas na contaminação do solo mole do Baixo Mondego, são as apresentadas na Tabela 12, correspondendo a cerca de 12% das concentrações de metais apresentadas em Inácio *et al.* (2008). Após a pesagem de cada sal, este é dissolvido em 100 mL de água ultrapura, e a solução é agitada a 150 rpm durante 30 minutos.

Tabela 12 Massas de Sal pesadas para a contaminação do solo.

Sal do metal	Massa do sal (mg/ 100 g solo)
$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	151
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	254,5
$\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	154

Adição do biochar ao solo mole do Baixo Mondego

Numa segunda fase, e decorridos os 7 dias de homogeneização, estava planeado proceder-se à adição dos biochars ao solo contaminado. Para tal, 20 mL de suspensão de biochar ou 20 mL de água destilada sem biochar (ensaios de referência), seriam misturados com as amostras de solo contaminado por metais pesados. No final, as amostras possuíam um teor em água de 115%, para estar em concordância com estudos anteriores realizados neste solo (Matos, 2016). No entanto, após a realização dos ensaios de referência (sem biochars), constatou-se que a capacidade de retenção dos metais pesados em estudo por parte do solo mole do Baixo Mondego era muito elevada, não se justificando a adição de biochars, facto que justifica a não realização dos ensaios de percolação, neste solo contaminado, aditivado com biochars.

Ensaio de Percolação

Para a realização dos ensaios de percolação, seguiu-se, em tudo, o procedimento descrito anteriormente, para o saibro, mas sob uma carga hidráulica constante de maior valor, 50 kPa (correspondendo a 5 metros de coluna de água). Este maior valor de carga hidráulica é justificada, dada a elevada presença de partículas finas neste solo, o que resulta numa condutividade hidráulica muito reduzida. Acresce referir que, a escolha do maior valor de carga hidráulica, também se baseou no facto de se procurar verificar se um maior gradiente hidráulico poderia “arrastar” os metais pesados das partículas do solo. Convém, igualmente, referir que estes foram realizados em duplicado.

Filtração e análise quantitativa de metais pesados no lixiviado

Esta fase, segue em tudo, o procedimento descrito anteriormente, para o saibro.

3.2.3 Técnicas de caracterização dos biochars e do lixiviado

Nesta secção estão descritas as técnicas utilizadas para a caracterização dos biochars e do lixiviado, assim como o seu princípio de funcionamento e equipamentos usados. Foram caracterizados os tamanhos dos biochars e a qualidade da sua dispersão na solução dos

surfatantes, no Laboratório de Tecnologia de Sólidos do Departamento de Engenharia Química da Universidade de Coimbra.

3.2.3.1 Laser Diffraction Spectroscopy (LDS)

Para avaliar a qualidade da dispersão das suspensões de biochar, e determinar o tamanho dos biochars de eucalipto e de pinheiro, recorreu-se à técnica Laser Diffraction Spectroscopy (LDS), utilizando o equipamento Mastersizer 2000 da Malvern, com limite de deteção entre 0,02 e 2000 μm (Malvern Panalytical, n.d).

Esta técnica, permite medir as distribuições de tamanho das partículas, através da deteção da variação angular da intensidade da luz dispersa, quando um feixe de luz interfere com as partículas da amostra, utilizando a teoria de Mie para o tratamento do sinal (Malvern Panalytical, 2012; Malvern, 2021). A medida do ângulo de dispersão da luz é analisada e correlacionada com o tamanho das partículas, uma vez que partículas grandes dispersam luz em ângulos inferiores, e partículas pequenas dispersam luz em ângulos superiores (Malvern Panalytical, 2021).

A teoria de Mie é a teoria mais precisa para o sinal do tratamento obtido. Esta prevê a maneira como a luz é dispersa por partículas esféricas, e requer o conhecimento das propriedades óticas tanto da amostra como do dispersante (Malvern Panalytical, 2007; Malvern Panalytical, 2021).

O software do *Mastersizer* além de fornecer dados acerca do diâmetro médio dos biochars, que pode ser ponderado em volume, $D[4,3]$, ou em área, $D[3,2]$, também permite obter informações acerca dos percentis de distribuição d_{90} , d_{10} e d_{50} , que representam respetivamente os diâmetros correspondentes a 90%, 10% e 50% do volume total da amostra, da concentração calculada pela lei de Beer-Lambert, obscuração e informações acerca da estrutura das partículas (Malvern Panalytical, 2007).

3.2.3.2 Espectrometria de Absorção Atómica

A quantificação da concentração dos metais pesados nas amostras do lixiviado foi feita através da técnica de espectrometria de absorção atómica de chama (FAAS), com o recurso ao equipamento *Atomic Absorption Spectrometer 3300* da Perkin Elmer, do Centro de Investigação em Engenharia dos Processos Químicos e dos Produtos da Floresta, no Departamento de Engenharia Química da Universidade de Coimbra.

A absorção atómica ocorre quando um átomo absorve energia luminosa, com um comprimento de luz específico, e é elevado do seu estado fundamental a um estado excitado. A relação entre a energia luminosa absorvida e a concentração de analito presente em

padrões conhecidos, permite determinar a concentração de amostras desconhecidas (Perkin Elmer, 2011).

Na técnica de espectrometria de absorção atômica de chama, a amostra é sugada através de um tubo de pequeno diâmetro, transportada até ao nebulizador formando-se um aerossol, que é transportado até à chama através de um gás. A luz absorvida pela chama é comparada com os padrões de absorção conhecidos para quantificar as concentrações dos elementos (Perkin Elmer, 2011; García & Báez, 2011).

As desvantagens desta técnica são o facto de ser apenas possível analisar um elemento de cada vez e das amostras com elevadas concentrações de elementos necessitarem de uma diluição prévia à análise (García & Báez, 2011).

Na Tabela 13 apresentam-se os valores dos limites de deteção do equipamento *Atomic Absorption Spectrometer 3300* da Perkin Elmer, para os três metais pesados estudados.

Tabela 13 Valores dos limites de deteção do Atomic Absorption Spectrometer 3300 da Perkin Elmer (Azevedo, 2020).

Metal	Limite de deteção (mg.L⁻¹)
Crómio	0,003
Níquel	0,009
Zinco	0,002

3.3 Plano de Ensaios

O plano de ensaios apresentado, em seguida, corresponde aos ensaios realizados para analisar a qualidade de dispersão das suspensões de biochars e tamanho de partículas dos biochars, e caracterizar a retenção dos metais pesados nos dois solos, sem e com a aplicação de biochars, e ainda os ensaios para avaliar o efeito da variação de carga hidráulica na retenção dos metais pesados no saibro.

3.3.1 Ensaios de caracterização dos biochars

Os ensaios para a caracterização dos biochars foram realizados apenas para a concentração de 3% (w/w) de biochar, dispersos em solução aquosa de mistura de surfatantes, aplicados na concentração de 0,03% (w/w). Para as menores frações dos biochars (<210 µm), foram realizados ensaios variando a intensidades de ultrassons, entre 5 e 20 kHz, e diferentes tempos de aplicação, com o objetivo de otimizar a dispersão dos biochars. As dispersões foram caracterizadas em termos de distribuição de tamanho das partículas, procurando verificar a não existência de agregação.

3. Materiais e Métodos

Na Tabela 14 é apresentado um quadro resumo destes ensaios, para cada tipo de biochar. A nomenclatura adotada para cada ensaio consiste nas letras iniciais de cada biochar (BP para biochar de pinheiro e BE para biochar de eucalipto), seguido do valor da temperatura de pirólise (350 °C ou 450 °C), adstrito aos símbolos < ou >, conforme a fração de tamanho inferior ou superior a 210 µm, respectivamente, e à informação sobre os ultrassons aplicados (sem ou com aplicação e o tempo de ultrassons).

Tabela 14 Quadro resumos dos ensaios para a caracterização dos biochars.

Surfatante	Biochar	Ultrassons		Nomenclatura
		Intensidade (kHz)	Tempo	
0,015 % SDBS + 0,015 % Pluronic F-127	BP 350< BP 450< BE 350< BE 450<	-	-	BP350 < s/ US BP450 < s/ US BE350 < s/ US BE450 < s/ US
		5	30 seg	BP350 < c/ US(5) BP450 < c/ US(5) BE350 < c/ US(5) BE450 < c/ US(5)
		10	30 seg	BP350 < c/ US(10) BP450 < c/ US(10) BE350 < c/ US(10) BE450 < c/ US(10)
		15	30 seg	BP350 < c/ US(15) BP450 < c/ US(15) BE350 < c/ US(15) BE450 < c/ US(15)
		20	30 seg	BP350 < c/ US(20) BP450 < c/ US(20) BE350 < c/ US(20) BE450 < c/ US(20)
		20	30 min	BP350 < c/ US 30 min BP450 < c/ US 30 min BE350 < c/ US 30 min BE450 < c/ US 30 min
	BP 350> BP 450> BE 350> BE 450>	-	-	BP350 > s/ US BP450 > s/ US BE350 > s/ US BE450 > s/ US

3.3.2 Ensaios de adsorção no saibro (referência) com variação da carga hidráulica e concentração do metal pesado

Com o objetivo de analisar a influência da variação da carga hidráulica, nos ensaios de percolação do saibro contaminado, escolheu-se como metal pesado o níquel, aplicado em duas concentrações, uma mais baixa (14,06 mg Ni/150 g solo seco) e máxima, conforme definido por Inácio *et al.* (2008). Para a menor concentração estudaram-se três pressões hidráulicas diferentes, 5, 15 e 30 kPa, correspondentes a 0,5, 1,5 e 3 metros de coluna de água (mca), respectivamente. Para estas pressões, utilizou-se o símbolo *, para identificar que foram usadas em solo contaminado com baixa concentração do metal. Para a maior concentração, realizaram-se ensaios, apenas, para as pressões hidráulicas de 5 e 15 kPa.

Na Tabela 15, encontram-se os ensaios descritos e a respetiva nomenclatura.

Tabela 15 Ensaios no saibro contaminado com níquel- estudo da carga hidráulica e da concentração do metal pesado.

Metal pesado	Concentração	Pressão hidráulica (kPa)	Nomenclatura	Gradiente hidráulico
Ni	Baixa: 14,06 mg/150g solo seco	5	5 kPa*	14,29
		15	15 kPa*	42,86
		30	30 kPa*	85,71
	Alta: 132 mg/150g solo seco	5	5 kPa	14,29
		15	15 kPa	42,86

*baixa concentração

3.3.3 Ensaios de adsorção no saibro com aplicação de biochars

Os ensaios de percolação no saibro contaminado, por metais pesados, e aditivado com biochars, foram realizados com o intuito de avaliar a eficácia dos biochars de pinheiro (BP) e eucalipto (BE), pirolisados a 350°C (350) ou 450°C (450), e na fração inferior (<) ou superior (>) a 210 µm. Estes ensaios foram realizados para os metais Ni, Zn e Cr, com diferentes concentrações de biochar, 3% ou 1% (w/w), e sob pressão hidráulica contante de 5 kPa, tal como, resumido na Tabela 16.

Tabela 16 Plano de ensaios de adsorção, no saibro contaminado e aditivado com biochar.

Metal pesado	Surfatante	Biochar			Nomenclatura
		tipo	fração	Concentração (%) (w/w)	
	-	-	-	-	Referência
Ni Zn Cr	0,015 % SDBS + 0,015 % Pluronic F-127	BP 350 BP 450 BE 350 BE 450	<210	3	BP 350 < BP 450 < BE 350 < BE 450 <
		BP 350 > BP 450 > BE 350 > BE 450 >	>210		
		BP 450 BE 450	<210	1	1 BP 450 < 1 BE 450 <

3.3.4 Ensaios de adsorção de metais no solo mole do Baixo Mondego

Os ensaios de percolação no solo mole do Baixo Mondego foram realizados, com o intuito de analisar a capacidade do solo na adsorção, dos metais pesados, sem a aplicação de biochars. Estes ensaios foram realizados a pressão hidráulica de 50 kPa, que corresponde a 5 mca, para os metais níquel, zinco e crómio, conforme apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 Plano de ensaios de adsorção, no solo mole do Baixo Mondego contaminado.

Metal pesado	Pressão (kPa)	Nomenclatura
Ni Zn Cr	50	Referência solo mole do Baixo Mondego

4. Resultados e Discussão

4.1 Adsorção dos metais no Saibro

4.1.1 Variação da carga hidráulica e concentração para o níquel

Na Figura 22 estão apresentados, graficamente, os resultados da retenção do níquel, para diferentes cargas hidráulicas aplicadas no saibro contaminado, com elevada e baixa concentração do metal pesado.

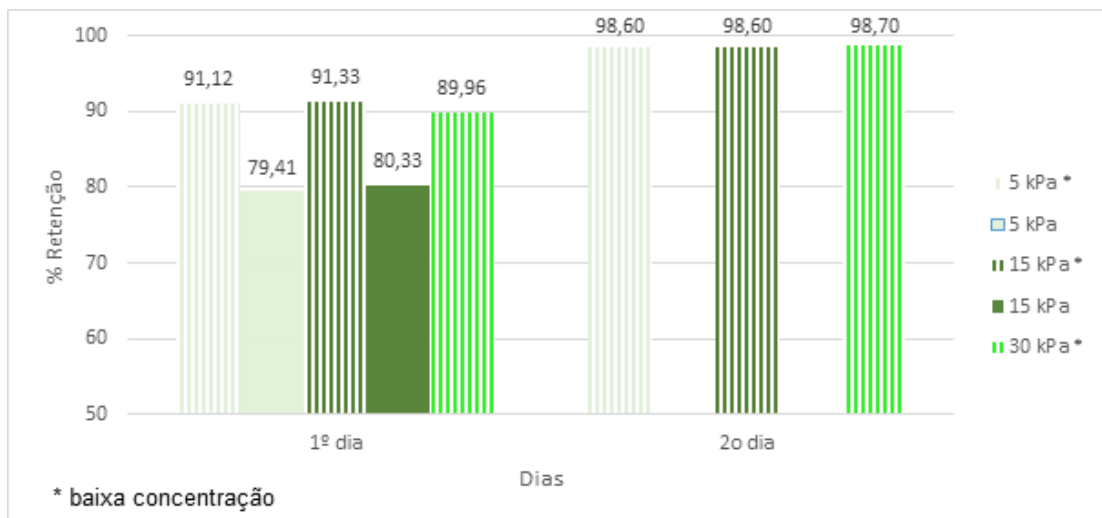


Figura 22 Adsorção do níquel para diferentes cargas hidráulicas e concentrações do mesmo metal no saibro contaminado.

De acordo com a Figura 22, menores adsorções do níquel foram obtidas para a maior concentração inicial do metal pesado (132 mg/150 g solo seco), independentemente do valor da carga hidráulica ser de 5 ou 15 kPa, tendo-se alcançado adsorções de 79,41 e 80,33%, respetivamente. Este resultado é consequência do facto de o número potencial de locais de adsorção diminuir, à medida que aumenta a concentração do metal pesado. Contudo, era esperado que no ensaio de maior carga hidráulica (15 kPa), houvesse maior arrasto/desadsorção de metal pesado para o lixiviado, ou seja menor adsorção, o que não aconteceu, uma vez que o tempo de percolação do ensaio foi demasiado rápido, cerca de 12 vezes superior ao ensaio com 5 kPa (com 5 kPa demorou 4 horas a obter um volume de 40 mL, enquanto que com 15 kPa, o mesmo volume foi recolhido em apenas 20 minutos). Conclui-se então, que o tempo de percolação é um parâmetro relevante no estudo, pelo que foi decidido manter-se o tempo de percolação do ensaio, em cada dia, de 6 horas.

Os ensaios com baixa concentração, identificados na Figura 22, pelo símbolo *, foram estudados ao longo de 2 dias consecutivos, tendo-se observado que, a capacidade de adsorção aumentou do 1º para o 2º dia, ou seja, não foi mobilizado tanta quantidade de níquel para o lixiviado. Tanto no 1º como no 2º dia, os valores de adsorção são próximos para as três cargas hidráulicas estudadas (5, 15 e 30 kPa), sendo para o 1º dia de 91,12%, 91,33% e 89,96%, respectivamente, e para o 2º dia de 99,60% para qualquer das cargas hidráulicas. Ou seja, quando a concentração de níquel no solo é reduzida, o número de potenciais locais de adsorção do metal pesado, oferecido pelas partículas do solo, é “suficiente” para imobilizar este metal pesado.

Tendo por base os resultados deste estudo prévio, foi decidido que os ensaios posteriores, seriam realizados com elevada concentração de metais pesados, e com carga hidráulica constante de 5 kPa, com tempo de percolação, em cada dia, de 6 horas.

4.1.2 Influência da aplicação dos biochars de pinheiro

Na Figura 23 apresentam-se os gráficos de adsorção, para cada um dos 3 metais pesados estudados (níquel, zinco e crómio), com a aplicação de 3% (w/w) de biochar de pinheiro, obtido para duas temperaturas de pirólise 350°C e 450°C, e de duas frações de tamanho, inferior e superior a 210 µm, em 2 dias consecutivos, na qual se compara com o solo contaminado sem ser aditivado com biochars (referência).

De acordo com a Figura 23, é possível fazer a comparação da adsorção dos metais pesados sem qualquer aplicação de biochar, com a adsorção após a aplicação de 3% (w/w) de biochar de pinheiro no solo.

O saibro, de acordo com os ensaios de referência realizados, apresentou maior afinidade com o zinco, e menor com o crómio e níquel, com percentagens de adsorção de 85%, 79,98% e 77,74%, respectivamente.

Todos os biochars de pinheiro, aplicados no solo com níquel, foram eficientes, obtendo-se uma maior adsorção quando comparada com a referência, no 1º e 2º dia. Com o metal zinco, verificou-se o contrário, com alguns biochars aplicados no solo, embora com a aplicação do biochar BP 450 >, se obtenha uma adsorção um pouco maior, verificando-se o mesmo para o 2º dia de ensaio.

Para o crómio, no 1º dia, os biochars foram eficientes, no entanto, no 2º dia, as adsorções com e sem aditivos foram praticamente iguais.

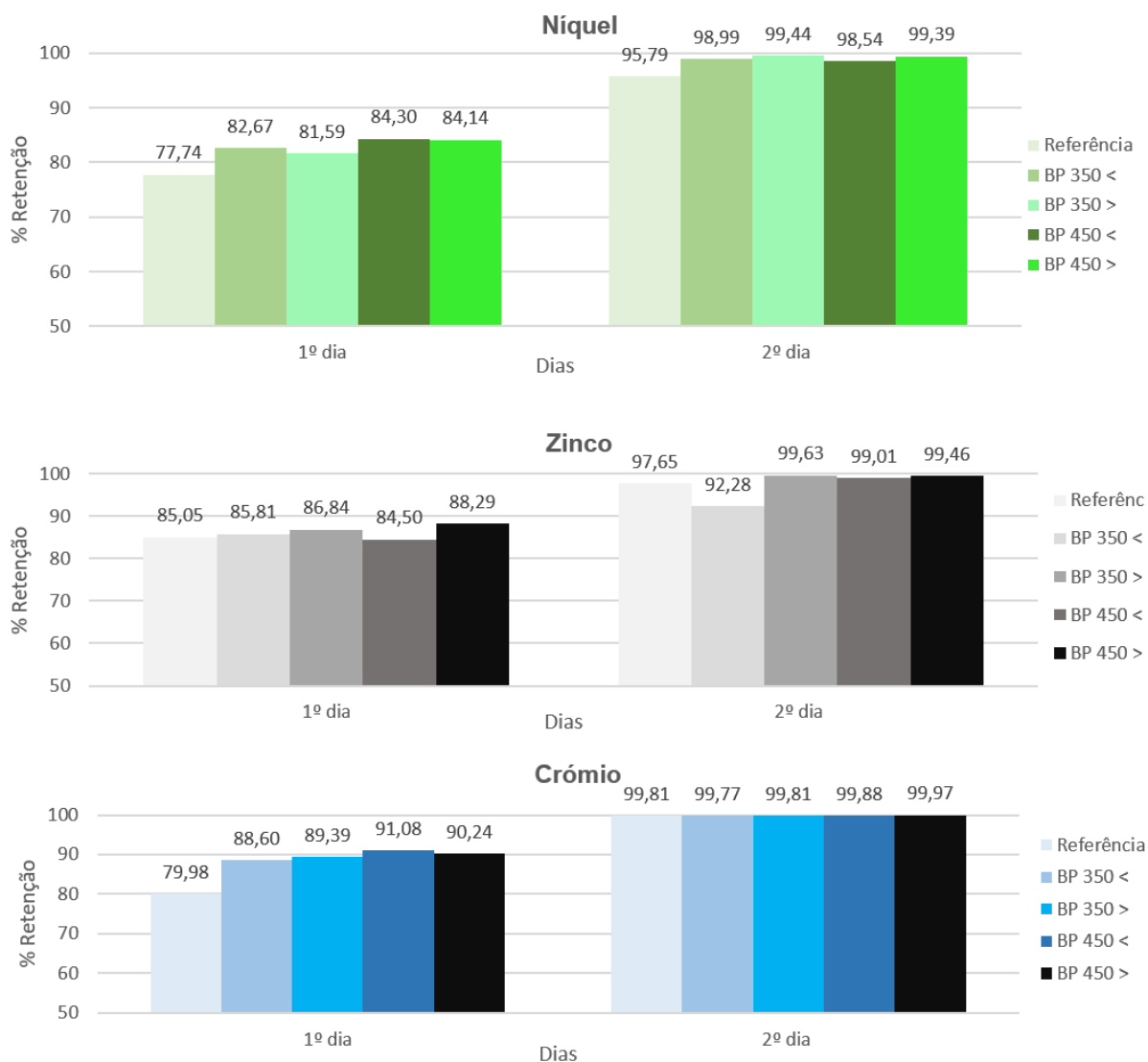


Figura 23 Influência da temperatura de pirólise e o tamanho de partículas dos biochars de pinheiro, para os metais pesados, níquel, zinco e crômio, respetivamente.

Tanto para o níquel como para o crômio, o biochar que apresenta maior adsorção é o BP 450 <, com valores de 84,30% (6,6% superior à referência) e 91,08% (11% superior à referência), respetivamente, no 1º dia.

Quanto ao 2º dia, a aplicação dos biochars no solo contaminado com níquel conseguiram adsorções próximas entre si, sendo em média 3% superior à referência. Na retenção do crômio, tanto a referência como os biochars apresentam valores semelhantes entre si e próximos de 99,99%.

No caso do zinco, o biochar BP 450 < foi ineficaz, uma vez que o valor da referência (85,05%) foi ligeiramente superior ao valor da adsorção deste biochar em 0,55%, no 1º dia, sucedendo o mesmo no 2º dia para o biochar BP 350 <, em 5,4%. Neste caso, destaca-se o

biochar BP 450 >, com melhores resultados, de 88,29% e de 99,46%, para o 1º e 2º dia, respetivamente.

Para o solo contaminado com níquel e para o 1º dia, analisando as adsorções, de forma decrescente, obtém-se a ordem (BP 450< , BP 450 > , BP 350 < e BP 350>), para o zinco a ordem é (BP 450> , BP 350 >, BP350< e BP 450 <) e para o crómio obtém-se (BP 450<, BP450>, BP 3450> e BP 350<).

No 2º dia, e para o níquel, a sequência é (BP 350>, BP450>, BP 350< e BP 450 <), para o zinco (BP 350 >, BP450> ,BP 450< e BP 350 <),e para o crómio (BP 450<, BP 450>, BP350> e BP 350<).

4.1.3 Influência da aplicação dos biochars de eucalipto

Na Figura 24 estão apresentados os gráficos de adsorção para cada um dos 3 metais pesados, com a aplicação de 3% (w/w) de biochar de eucalipto de duas temperaturas de pirólise 350°C e 450°C, e de duas frações de tamanho, inferior e superior a 210 µm, em 2 dias consecutivos, face ao estudo com o solo sem biochars (referência).

Através da análise da Figura 24, e tal como sucedido anteriormente com os biochars de pinheiro, é possível verificar que a aplicação de 3% (w/w) de qualquer tipo de biochar de eucalipto, conduziu a valores de adsorção superiores, em relação à referência, dos metais níquel e crómio, no 1º e 2º dias de ensaio.

No 1º dia, o BE 450 <, apresentou um valor de 81,79% para o níquel (superior 4% à referência), 79,67% para o zinco (inferior 8 % à referência) e 90,92% para o crómio (superior 11% à referência), sendo o biochar que conduz a valores de adsorção superiores, em comparação com os outros biochars, da mesma matéria-prima. Na retenção do zinco, nenhum dos biochars apresentou eficiência, uma vez que os valores obtidos, com a aplicação de biochar, foram inferiores ao da referência.

Quanto ao 2º dia, os valores das adsorções atingidas pela aplicação dos biochars foram próximos entre si e, de um modo geral, superiores aos da referência, com a exceção do crómio, sendo em média de 99% para o níquel (superior 3% em relação à referência), 99,5% para o zinco (superior 2%), e 99,81% para o crómio.

Para o solo contaminado com níquel e para o 1º dia, analisando as adsorções, em ordem decrescente, obtém-se a ordem (BE 450 <, BE 450 >, BE 350 > e BE 350 <), para o zinco obtém-se (BE 450< , BE 350 <, BE 350 > e BE 450 >) e para o crómio obtém-se (BE 450 <, BE 450 >, BE 350 < e BE 350 >).

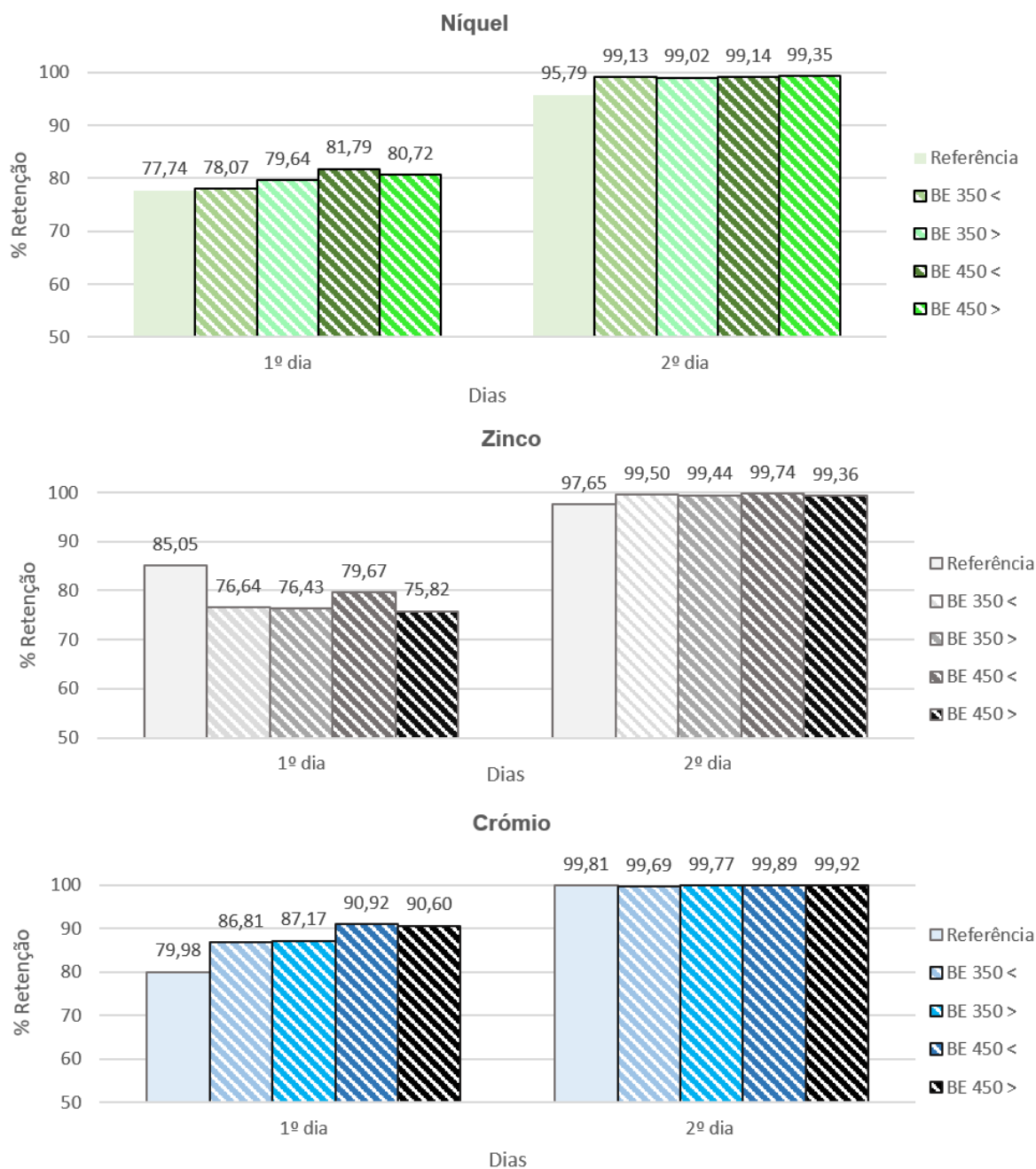


Figura 24 Influência da temperatura de pirólise e o tamanho de partículas dos biochars de eucalipto, para os metais pesados, níquel, zinco e crômio, respetivamente.

No 2º dia, e para o níquel, a sequência de ordem decrescente de adsorção é (BE 450 >, BE 450 <, BE 350 < e BE 350 >), para o zinco obtém-se (BE 450 <, BE 350 <, BE 350 > e BE 450 >), e para o crômio é (BE 450 >, BE 450 <, BE 350 > e BE 350 <).

Os biochars de pinheiro e de eucalipto foram eficazes na imobilização dos metais níquel e crômio. Esta imobilização é atribuída às mudanças induzidas pela aplicação dos biochars, constituídos por carbono orgânico e grupos funcionais oxigenados, que aumentam a

capacidade de troca catiónica, resultando numa maior adsorção destes metais (*Bolan et al.*, 2014; *He et al.*, 2019; *Arabi et al.*, 2021). Por outro lado, os biochars também induzem o aumento do pH do solo, que poderá resultar na hidrólise do níquel e do crómio, formando hidroxilos, que têm maior tendência a ficarem adsorvidas nas partículas do solo (*Arabi et al.*, 2021). De acordo com *Suliman et al.* (2016), a imobilização do níquel é atribuída principalmente ao aumento do pH do solo e aumento da capacidade de troca catiónica, provocados pela aplicação dos biochars, enquanto a imobilização do crómio, e também de acordo com *Bolan et al.* (2014), é resultante da reatividade elevada deste metal com os grupos funcionais oxigenados presentes na superfície dos biochars.

Para os ensaios de adsorção de zinco, no 1º dia, nem os biochars de eucalipto nem de pinheiro 450 < conduziram a resultados favoráveis, ocorrendo a desadsorção, provavelmente porque a concentração do metal é muito elevada, 110,7 mg/150 g solo seco, e a quantidade de biochar aplicada não é suficiente para o imobilizar (*He et al.*, 2019). A baixa eletronegatividade deste metal (1,65) também pode ser explicar o fenómeno da desadsorção, uma menor eletronegatividade conduz a uma maior mobilidade do ião, e portanto, uma menor capacidade de adsorção devido à menor ligação com as partículas pequenas (*Gu & Lan*, 2021; *Li et al.*, 2021). Embora a eletronegatividade deste metal seja próxima da do crómio (1,66), o Cr encontra-se no solo com uma concentração mais baixa, sendo de 50,4 mg/150 g solo seco, sendo mais fácil imobilizá-lo. O níquel é o metal com maior concentração no solo, 132 mg/150 g solo seco, no entanto, devido à sua elevada eletronegatividade, é facilmente retido.

4.1.4 Influência da matéria-prima do biochar e temperatura de pirólise para o tamanho de partículas <210 µm

A Figura 25 apresenta os gráficos das adsorções dos 3 metais, com a aplicação de 3% (w/w) de biochars de eucalipto e de pinheiro no solo, de duas temperaturas de pirólise 350 °C ou 450 °C, para a fração de tamanho inferior a 210 µm.

Com a Figura 25 é possível verificar que, para todos os metais, os biochars de pinheiro, e para a mesma temperatura de pirólise, de 350 ou 450, conduziram a valores de adsorção superiores aos dos biochars de eucalipto, no 1º dia, verificando-se o oposto para o 2º dia, embora os valores para o 2º dia sejam todos bastante semelhantes.

No solo contaminado com níquel, o biochar BP 450 < foi o que obteve a maior adsorção, com valor 84,30%, sendo superior em 4,6 % ao BE 350 <, em 2,5 % ao BE 450 <, e em 1,6% ao BP 350 <. Mantendo a matéria-prima, e variando a temperatura de pirólise, os biochars com maior temperatura de pirólise, 450 °C, conduziram a valores de adsorção superiores aos biochars obtidos a 350 °C, pois a temperaturas de pirólise mais elevadas, a biomassa lenhosa

fornece, geralmente, biochars mais ricos em carbono, mais porosos e que têm maior capacidade de adsorção (Suliman *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2020; Tomczyk *et al.*, 2020).

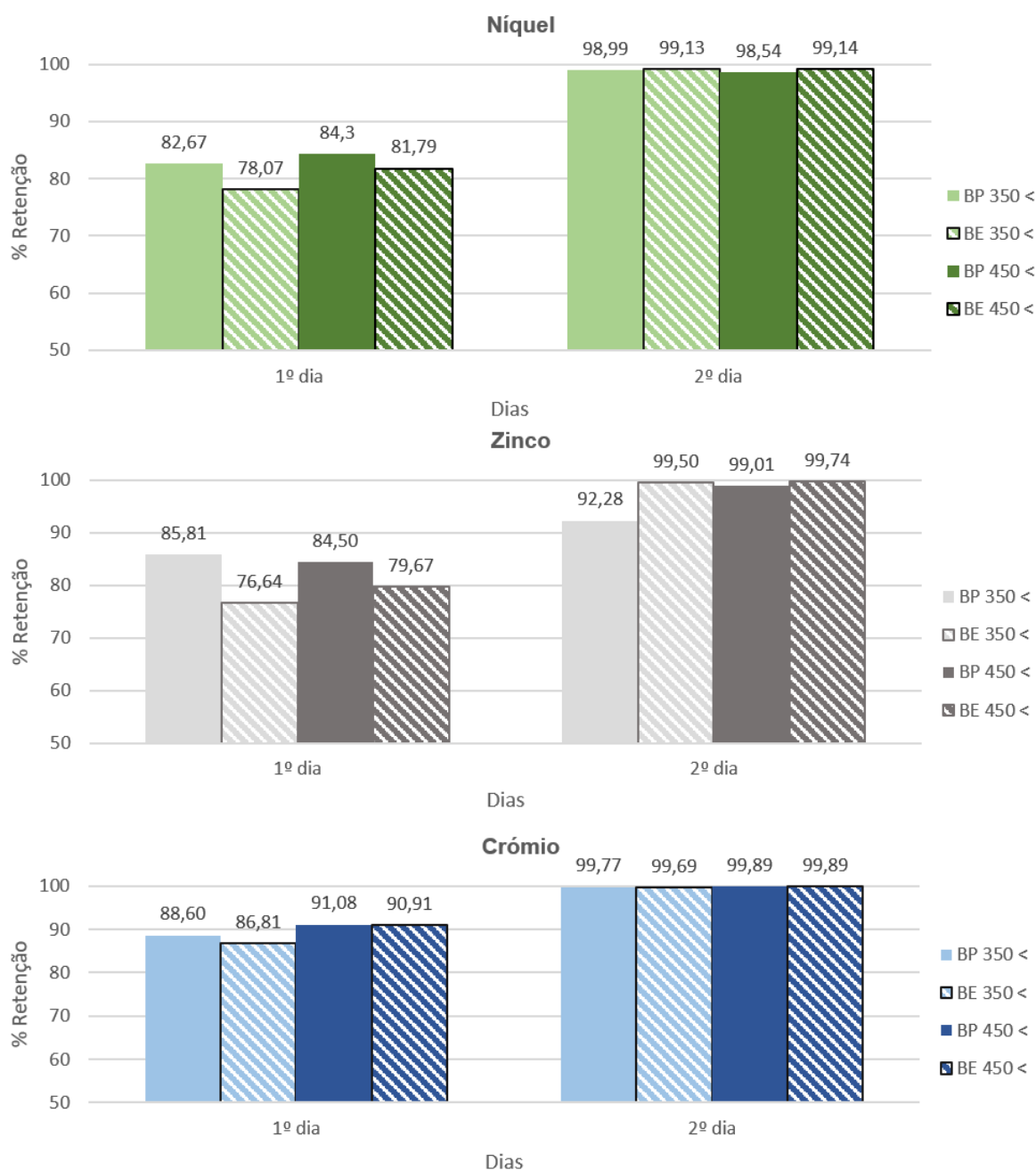


Figura 25 Influência da matéria-prima e temperatura de pirólise para o tamanho de partículas < 210 µm, para os metais pesados níquel, zinco e crómio, respetivamente.

No 2º dia, os biochars de eucalipto, conduziram a adsorções ligeiramente superiores aos biochars de pinheiro, o que pode resultar do facto do eucalipto ser uma *hardwood*, que contém macroporos maiores que as *softwoods* (pinheiro), e por, também, conterem menor teor de lenhina, o que conduz a uma maior porosidade, refletindo-se numa maior capacidade de

adsorção (Werdin *et al.*, 2020; Qin *et al.*, 2020). A maior adsorção do BE 450 <, em relação ao BP 450<, também pode ser justificada pela maior superfície específica, sendo de 0,222 e 0,109 m².g⁻¹, respetivamente. O mesmo acontece, comparando o BE 350 < e o BP 350 <, com superfícies específicas de 0,266 e 0,230 m².g⁻¹, respetivamente. Estes valores de superfície específica, são apresentados, para todos os biochars, na Secção 3.1.4.1. Quanto às temperaturas de pirólise, o BP 350 < levou a uma adsorção ligeiramente superior ao BP 450 <, com 98,99% e 98,54% de retenção, respetivamente, uma vez que a superfície específica, para a temperatura de pirólise mais baixa, é maior. Com os biochars BE 350 < e BE 450 < obtiveram-se adsorções iguais, com valores de adsorção de 99,13% e 99,14%, respetivamente.

No solo contaminado com zinco, sucede o mesmo que no solo contaminado com níquel no 1º dia, uma vez que o biochar de pinheiro apresentou maiores valores de adsorção, comparativamente, aos do eucalipto, sendo que o biochar mais adsorvente foi o BP 350 < com 85,81% de retenção. Comparando-o com o BP 450 <, adsorveu ligeiramente mais (1,3%), uma vez que a superfície específica é maior. Comparando com os biochars de eucalipto, a diferença é de 9% em comparação com BE 350 <, e de 6,7 % para o BE 450 <. De entre os biochars de eucalipto, o mais adsorvente foi de 450 <, uma vez que quanto maior a temperatura de pirólise, maior a porosidade e maior a adsorção (Suliman *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2020; Tomczyk *et al.*, 2020). Quanto ao 2º dia, e de forma análoga ao sucedido com o níquel, os biochars de eucalipto obtiveram maiores adsorções que os de pinheiro, sendo a diferença entre o BE 350 < e o BP 350 <, de 3%, e entre o BE 450 < e o BP 450 <, de 0,7%, verificando então a maior diferença para a temperatura de pirólise 350°C. O biochar de eucalipto apresenta maior superfície específica para ambos os casos, e por ser uma hardwood que contém macroporos maiores que o pinheiro, a porosidade é maior, e, por isso, a capacidade de adsorção é superior (Werdin *et al.*, 2020; Qin *et al.*, 2020).

O solo contaminado com crómio, foi o que demonstrou obter maiores retenções do metal com a aplicação dos biochars, relativamente ao zinco e níquel. Analogamente ao sucedido com o zinco e níquel, no 1º dia, os biochars de pinheiro adsorveram mais que os biochars de eucalipto, sendo que o mais adsorvente foi o BP 450 <, com uma diferença de 2,5 % em relação a BP 350 < e de 4,3 % em relação a BE 350 <, uma vez que quanto maior a temperatura de pirólise, maior a porosidade, e, por isso, maior a capacidade de adsorção, e de 0,17% comparando com o BE 450<. Quanto ao 2º dia, todos os biochars tiveram adsorções próximas entre si, e em média, de 99,81%.

Os valores de adsorção para os 3 metais com a aplicação de biochar de pinheiro são superiores aos valores das adsorções com a aplicação de biochar de eucalipto, o que não era

expectável, uma vez que o eucalipto é uma hardwood e apresenta geralmente uma maior porosidade, levando a uma maior retenção de água, e, conseqüentemente, uma maior adsorção. No entanto, o biochar de eucalipto pode apresentar uma cinética mais lenta, necessitando de mais tempo de contacto com os metais, para obter adsorções mais elevadas, uma vez que no 2º dia apresenta valores de adsorção superiores aos dos de pinheiro (Bernardo *et al.*, 2013). De notar que, de um modo geral, as diferenças são pouco significativas, excepto no caso do zinco.

4.1.5 Influência da matéria-prima do biochar e temperatura de pirólise para o tamanho de partículas > 210 µm

A Figura 26 apresenta os gráficos das adsorções dos 3 metais, com a aplicação de 3% (w/w) de biochars de eucalipto e de pinheiro no solo contaminado, de duas temperaturas de pirólise 350 ou 450 °C, para a fração de tamanho de partículas superior a 210 µm.

Com base na Figura 26, é possível verificar que nos gráficos dos metais níquel e zinco, e de forma semelhante ao que aconteceu com a fração de tamanho inferior a 210 µm, os biochars de pinheiro adsorveram mais que os de eucalipto, no 1º dia.

No solo contaminado com níquel, o biochar que apresenta maior adsorção é o BP 450 >, com 84,14 % de retenção do metal, diferindo em 4,5 % do BE 350>, uma vez que a temperatura de pirólise é superior, aumentando a porosidade e aumentando, conseqüentemente, a adsorção. Difere em 2,6% do BP 350 >, e em 4 % do BE 450>, devido a apresentar maior superfície específica, resultando numa maior adsorção.

No caso do zinco, tal como no níquel, o biochar que apresenta maior adsorção é o BP 450 >, com 88,29% de retenção que difere em 2% em relação ao BP 350 >, 12 % ao BE 350 >, uma vez que a temperatura de pirólise é superior, aumentando a porosidade e, conseqüentemente, a adsorção, e em 12,5% em relação ao BE 450>, devido à maior superfície específica, que implica uma maior adsorção.

Para o crómio, os biochars que apresentam maiores adsorções são o BP 450 > e o BE 450 >, com valores próximos, um do outro, de 90,23 % e 90,60%, respetivamente. O biochar BE 450, em comparação com o BP 350 >, apresenta uma diferença de apenas 1,2 % e, quando comparado ao BE 350 >, de 3,4%, uma vez que a temperatura de pirólise superior aumenta a porosidade e, conseqüentemente, a capacidade de adsorção.

No 2º dia, e para todos os metais, verifica-se que todos os biochars tiveram adsorções próximas entre si, sendo que o níquel em média sofreu uma adsorção de 99,3 %, o zinco de 99,5% e o crómio de 99,9%.

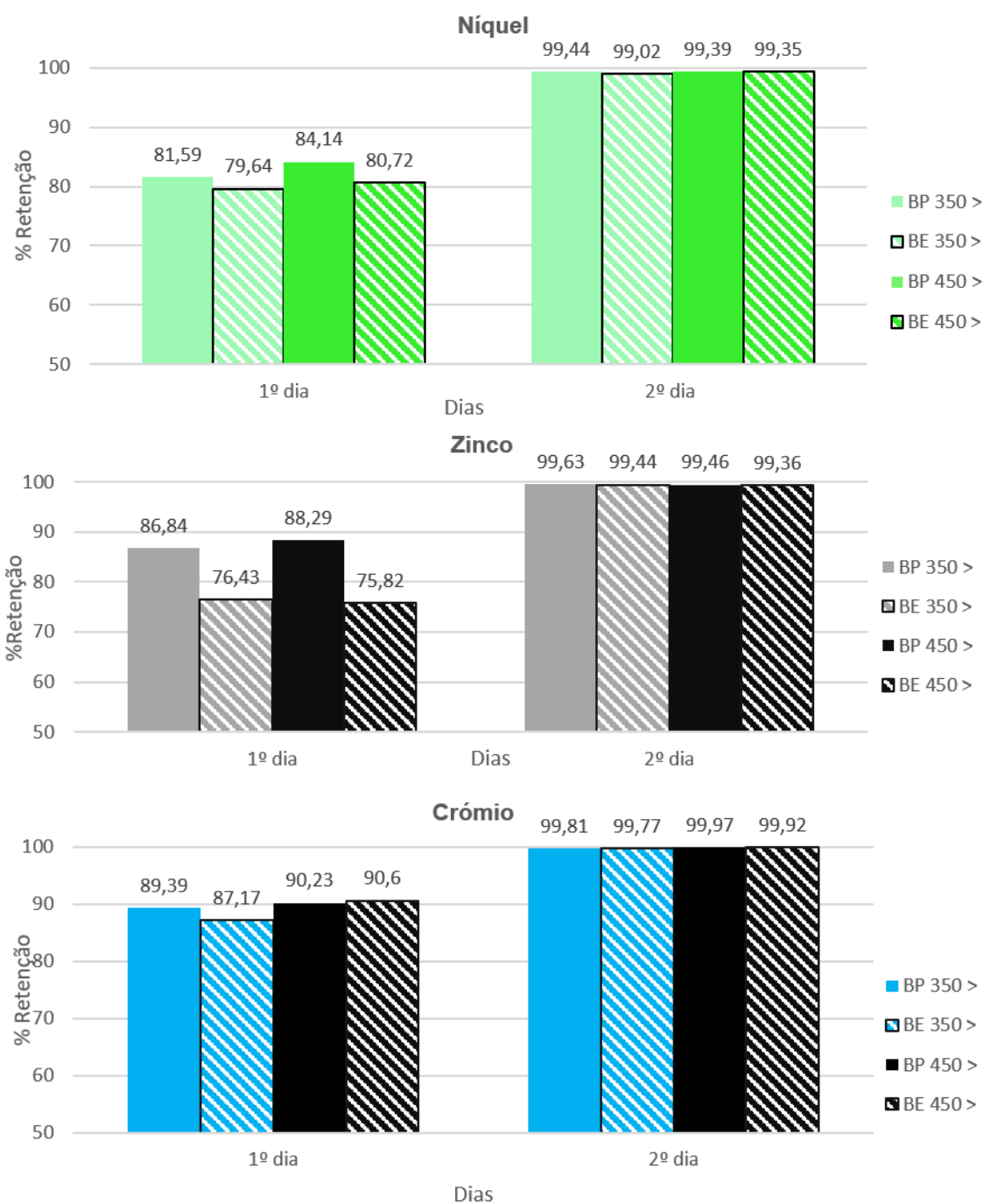


Figura 26 Influência da matéria-prima e temperatura de pirólise para o tamanho de partículas > 210 μm , para os metais pesados níquel, zinco e crómio, respetivamente.

Tal como sucedido com os biochars de fração de tamanho inferior a 210 μm , o crómio foi o metal que sofreu maiores retenções, em comparação ao níquel e ao zinco, no caso dos biochars de fração maior.

Comparando a fração de tamanho superior com a inferior a 210 μ m, no 1º dia, para a temperatura de pirólise 450°C e para o biochar de pinheiro, para o níquel e crómio a fração inferior adsorveu ligeiramente mais que a fração maior, com diferença de 0,16% e 0,84%, respetivamente, devido a uma maior superfície específica dos biochars de fração de tamanho inferior. No zinco, ocorreu o inverso, a fração > 210 μ m adsorveu mais que a fração < 210 μ m, com diferença de 3,8%.

Com os biochars de eucalipto, e para todos os metais, os biochars de fração < 210 μ m obtiveram maiores adsorções que os de fração superior a 210 μ m, uma vez que apresentam superfícies específicas maiores.

Para a temperatura de pirólise 350 °C e biochar pinheiro, no 1º dia, para o crómio e zinco, a fração > 210 μ m adsorveu mais que a fração menor, com diferença de 0,83% e 0,79%, respetivamente, ocorrendo o inverso para o níquel. No biochar de eucalipto, apenas para o zinco a fração < 210 μ m adsorveu mais que a fração > 210 μ m, ocorrendo o inverso para o níquel e crómio, com diferenças de 1,6% e 0,3%, respetivamente.

4.1.6 Influência da quantidade dos biochars adicionados ao solo

Na Figura 27 apresentam-se os gráficos das adsorções dos 3 metais, com a aplicação de 1% e 3% (w/w) de biochar de eucalipto e pinheiro, de temperatura de pirólise 450 °C e fração de tamanho inferior a 210 μ m, uma vez que este biochar foi o que apresentou, no 1º dia, melhores imobilizações dos metais pesados no solo.

Da análise da Figura 27, quando foi aplicado 1 % (w/w) do biochar de eucalipto e de pinheiro, as adsorções de níquel e zinco foram inferiores às suas referências, no entanto, para o crómio, verificou-se o oposto.

No solo contaminado com o níquel, a retenção foi próxima entre os biochars BP 450 e BE 450, e inferior à referência cerca de 10%, no 1º dia, em ambos os casos. No 2º dia, as adsorções dos biochars foram próximas e superiores 3%, em relação à referência, tendo também sido próximas das que se obtém quando se adiciona 3 % (w/w) de biochar ao solo.

Para o zinco, no 1º dia, tanto a aplicação de 1% (w/w) como de 3% (w/w), levaram a adsorções inferiores à referência, embora para o biochar de pinheiro, as adsorções sejam próximas da referência. Com a aplicação de 1% (w/w) de BP 450, verificou-se uma maior adsorção em relação a BE 450 em 15%, devido à maior superfície específica, com adsorções de 80,56% e 65,62%, respetivamente. Para BP 450, a aplicação deste em 3% (w/w) foi superior 4% à de 1% (w/w), como esperado, e tal como aconteceu com os biochars de eucalipto, com uma diferença de 14%. Para o 2º dia, todos os biochars obtiveram adsorções superiores à referência e próximas entre si.

4. Resultados e Discussão

O metal crómio, foi, mais uma vez, o metal mais adsorvido pelos biochars, apresentando adsorções superiores à da referência, independentemente da quantidade aplicada no solo contaminado. O biochar que se destacou mais na adsorção deste metal foi a aplicação de 3% (w/w) de BP 450 <, com 91,08%, sendo superior 6% ao 1 BP 450 <, 7% a 1 BE 450 < e apenas 0,17% superior ao 3 BE 450 <. Para os dois dias de contacto do biochar com os metais, 2º dia de ensaio, os resultados são muito semelhantes para os diferentes biochars e concentrações.

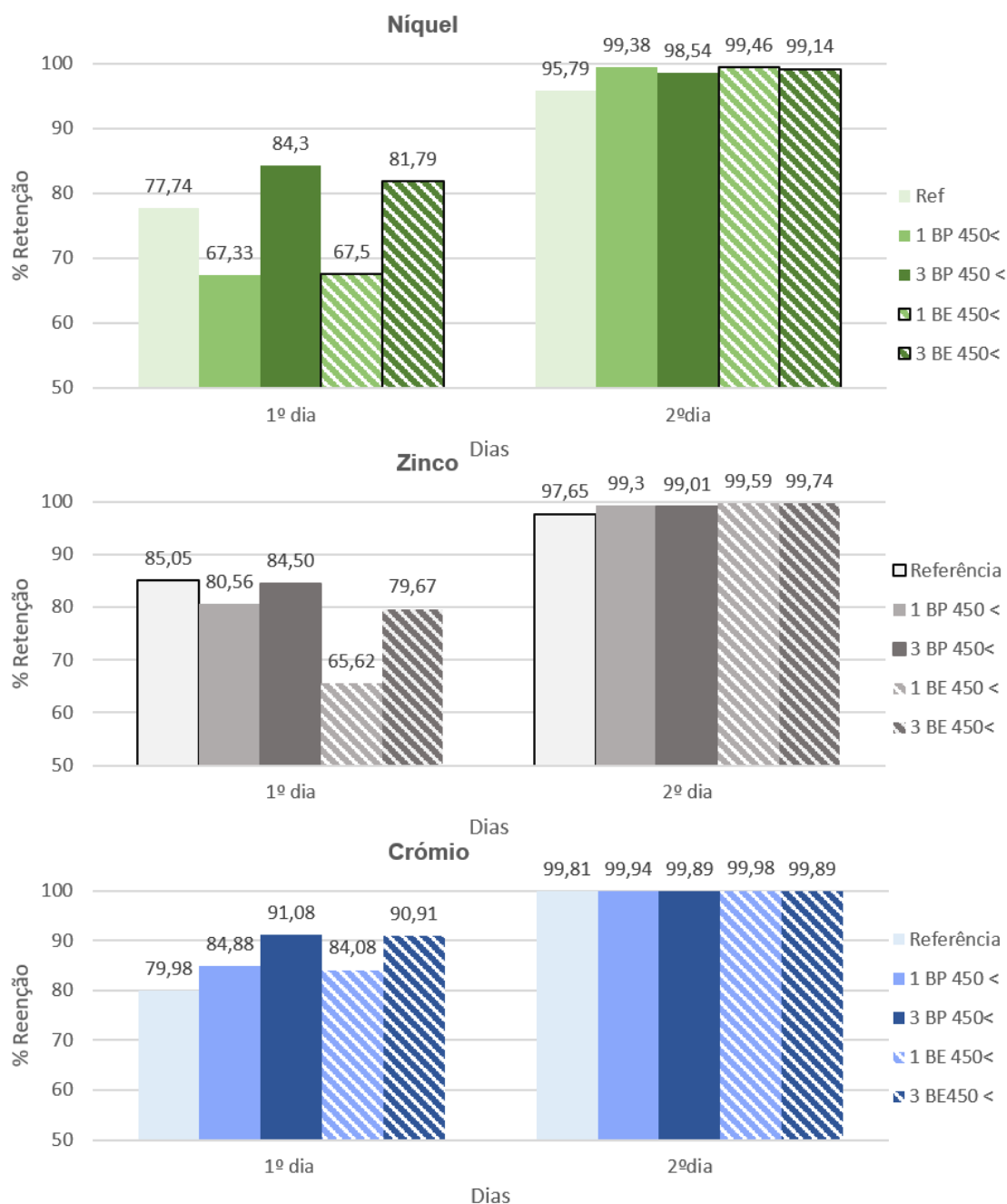


Figura 27 Influência da quantidade de biochar de pinheiro e eucalipto 450, e de fração de tamanho de partículas < 210 µm, para adsorção dos metais pesados níquel, zinco e crómio, respetivamente.

4.2 Adsorção dos metais no solo mole do Baixo Mondego

A Figura 28 apresenta os resultados para o estudo da adsorção dos metais pesados no solo mole do Baixo Mondego, sem ser aditivado.

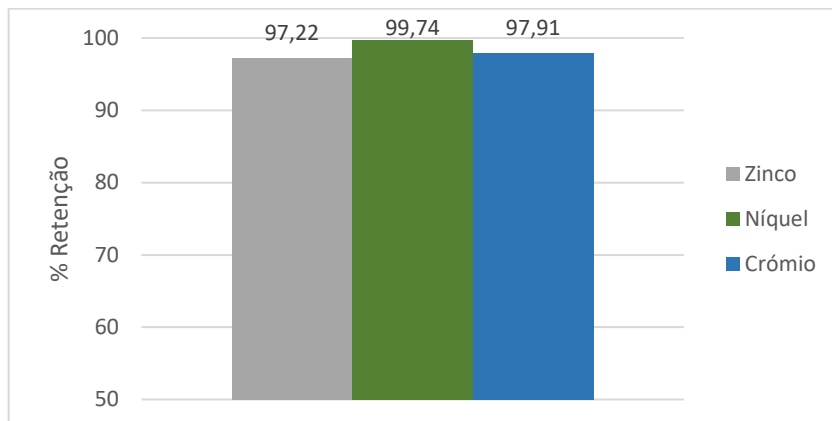


Figura 28 Valores de referência no solo mole do Baixo Mondego

Da análise à Figura 28, o metal níquel é o que apresentou maior afinidade pelo solo, uma vez que apresenta um valor de adsorção de 99,74 %, e que pode ser explicado pela sua elevada eletronegatividade, seguindo-se o crómio com 97,91 %, que apresenta eletronegatividade mais baixa de 1,66, e o zinco com adsorção próxima da do crómio, na qual também apresenta uma eletronegatividade próxima, de 1,65. Estes resultados estão de acordo com os resultados obtidos por Matos (2016), Gomes (2017), e Cardoso (2020). A adsorção dos metais pelo solo, sem qualquer aditivo, é elevada e é consequência da presença de matéria orgânica, de caulinite e ilite, que têm elevada capacidade de adsorção dos metais (Gomes *et al.*, 2001; Chantawong *et al.*, 2003 ; Covelo *et al.*, 2004). Também pode ser explicada, pelo facto da concentração dos metais, presentes neste solo, ser baixa, e de 2,41 mg/ 100 g solo de Zn, 2,87 mg/ 100 g solo de Ni e 1,10 mg/ 100 g de Cr.

Assim, as propriedades do solo, principalmente a sua composição, a sua elevada superfície específica, presença de grupos funcionais na matéria orgânica, e pela caulinite e ilite serem argilas carregadas negativamente, favorecem a elevada adsorção dos metais pesados carregados positivamente (Chantawong *et al.*, 2003 ; Covelo *et al.*, 2004).

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

O presente capítulo visa apresentar as principais conclusões dos estudos realizados, assim como algumas propostas de trabalhos futuros considerados relevantes.

5.1 Conclusões

O presente trabalho teve como propósito analisar a aplicabilidade de biochars para imobilizar os metais pesados níquel, zinco e crómio, em solos contaminados. Os biochars foram produzidos de duas matérias-primas diferentes (eucalipto e pinheiro), pirolisados a duas temperaturas diferentes (350 °C e 450 °C) e divididos em duas frações de tamanho, superior ou inferior a 210 µm.

De forma a obter uma boa qualidade de dispersão dos biochars, na mistura de surfatantes SDBS e Pluronic F-127, as partículas dos biochars com o tamanho de partículas inferior a 210 µm, por apresentarem maior facilidade em agregar, foram sujeitas à aplicação de ultrassons de diferentes intensidades, entre 5 e 20 kHz, e diferentes tempos de aplicação, de 30 segundos e 30 minutos, observando-se uma melhor dispersão com a intensidade máxima de 20 kHz durante 30 minutos.

Dos ensaios de percolação, de referência, no saibro, concluiu-se que este apresenta maior afinidade com o zinco, e menor com o crómio e níquel, com percentagens de adsorção de 85%, 79,98% e 77,74%, respetivamente. A adição dos biochars permitiu elevar a eficiência da imobilização dos metais pesados, atingindo adsorções com o biochar de pinheiro, em média, e no 1º dia, de 83,18% para o níquel, 86,98% para o zinco e 89,93% para o crómio. Com os biochars de eucalipto, atingiram-se adsorções de 80% para o níquel, 88,88% para o crómio, ocorrendo desadsorção do zinco. Quanto ao 2º dia, todos os biochars, de pinheiro e eucalipto, apresentaram eficiência para imobilizar os metais pesados, apresentando idênticos valores de retenção, superiores a 99%, para todos os metais.

A redução da quantidade de biochar de 3% (w/w) para 1% (w/w), de pinheiro e eucalipto, de temperatura de pirólise 450 °C e de fração de tamanho inferior a 210 µm, demonstrou, no 1º dia, uma menor eficiência de retenção para todos os metais, no entanto, o biochar de pinheiro apresenta maiores adsorções que o eucalipto, nas duas quantidades aplicadas. No 2º dia as adsorções dos biochars, independentemente da quantidade, apresentaram eficiências idênticas e quase todas superiores a 99%.

A variação da carga hidráulica, no saibro contaminado com níquel, com baixa e elevada concentração, não mostrou grande influência na retenção deste metal, uma vez que os

valores de adsorção foram idênticos com 5 e 15 kPa (79,41% e 80,33%, respetivamente) para elevada concentração do metal. O mesmo foi verificado para o solo com baixa concentração, com cargas hidráulicas de 5, 15 e 30 kPa e valores de adsorção de 91,12%, 91,33% e 89,96%, respetivamente, no 1º dia. No 2º dia, as adsorções foram iguais com as 3 cargas hidráulicas.

Os ensaios de percolação com o solo mole do Baixo Mondego contaminado com os metais pesados, com baixa concentração, apresentou elevada retenção destes, devido às suas propriedades físicas, principalmente quantidade de matéria orgânica e argilas (caulite e illite) que justificam tais valores de adsorção. Assim conclui-se que este solo não necessita de ser aditivado para imobilizar os metais pesados estudados.

5.2 Trabalhos Futuros

Com o intuito de complementar e obter um maior esclarecimento sobre a temática do trabalho desenvolvido, na dissertação, propõem-se seguidamente alguns estudos a serem realizados.

Saibro

- Realizar ensaios de percolação com barreira reativa, preenchendo o tubo de percolação com 2/3 do solo contaminado e apenas 1/3 de saibro natural com biochar;
- Estudar outros metais pesados, como o chumbo, arsénio e cobre, usando os métodos abordados neste trabalho;
- Aumentar a quantidade de biochar aplicada para 7 % (w/w).

Biochar

- Produzir biochars com diferença de temperaturas de pirólise maior e ver a influência na adsorção;
- Realizar análise FTIR dos biochars para analisar os grupos funcionais e poder relacioná-los com as adsorções obtidas, principalmente no 1º dia;
- Avaliar a influência do tempo de contacto dos biochars com o solo contaminado.

Solo Mole do Baixo Mondego

- Contaminar o solo de acordo com Inácio *et al.* (2008) e realizar os mesmos ensaios realizados no saibro.

Referências

- Ahmad, M., Rajapasksha, A. U., Lim, J. E., Zhang, M., Boland, N., Mohan, D., Vithange, M., Lee, S. S., Ok, Y.S., 2014, Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review, *Chemosphere*, Vol.99, pp.19-33, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.071>
- Ahmad, M., Lee, S.S., Lee, S.E., Al-Wabel, M.I., Tsang, D.C.W., Ok, Y.S., 2016, Biochar-induced changes in soil properties affected immobilization/mobilization of metals/metalloids in contaminated soils, *Journal of Soils and Sediments*, Vol.16, pp.717-730, <https://doi.org/10.1007/s11368-015-1339-4>
- Alegria, C., Pedro, N., Horta, M.C., Roque, N., Fernandez, P., 2019, Ecological envelope maps and stand production of eucalyptus plantations and naturally regenerated maritime pine stands in the central inland of Portugal, *Forest Ecology and Management*, Vol.432, pp.327-344, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.030>
- Amaral, M.A.B., 2012, Poluição dos solos por metais pesados na zona urbana de Ponta Delgada: Implicações na saúde pública, Dissertação em Ciências Biomédicas, Departamento de Biologia, Universidade dos Açores, Ponta Delgada.
- AmbScience Engenharia, s.d, Notícias, Acedido a 25/5/2021, Disponível em <https://ambscience.com/solo-contaminado-formas-de-remediar/>
- APA, Agência Portuguesa do Ambiente, 2019, solos contaminados- guia técnico, valores de referência para o solo
- Arabi, Z., Rinklebe, J., El-Naggar, A., Hou, D., Sarmah, A.K., Moreno-Jiménez, E., 2021, (Im)mobilization of arsenic, chromium, and nickel in soils via biochar: A meta-analysis, *Environmental Pollution*, Vol.286, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117199>
- Azevedo, B. F., 2020, Inertization of heavy metals in soils –Utilization of nanotechnologies and natural wastes, Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Bernardo, M., Mendes, S., Lapa, N., Gonçalves, M., Mendes, B., Pinto, F., Lopes, H., Fonseca, I., 2013, Removal of lead (Pb+2) from aqueous medium by using chars from co-pyrolysis, *Journal of Colloidal and Interface Science*, Vol.409, pp. 158-165, <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2013.07.050>
- Bolan, N., Kunhikrishnan, A., Thangarajan, R., Kumpiene, J., Park, J., Makino, T., Kirkham, M.B., Scheckel, K., 2014, Remediation of heavy metal(loids) contaminated soils- To mobilize or to immobilize, *Journal of Hazardous Materials*, Vol.266, pp.141-166, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.12.018>
- Breesley, L., Moreno-Jiménez, E., Gomez-Eyles, J. L., 2010, Effects of biochar and greenwaste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil, *Environmental Pollution*, Vol.158, no.6, pp.2282-2287, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.02.003>
- Caliman, F.A, Robu, B.M., Smaranda, C., Pavel, V.L., Gavrilescu, M., 2011, Soil and groundwater cleanup: benefits and limits of emerging technologies, *Clean Technologies and Environmental Policy*, Vol.13, pp.241-268, <https://doi.org/10.1007/s10098-010-0319-z>
- Candeias, C., Melo, R., Ávila, P.F., Ferreira da Silva, E., Salgueiro, A. R., Teixeira, J. P., 2014, Heavy metal pollution in mine-soil-plant in S.Francisco de Assis- Panasqueira mine (Portugal), *Applied Geochemistry*, Vol.44, pp.12-26, <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2013.07.009>
- Cardoso, L.F., 2020, Remediação de solos contaminados por metais pesados- combinação de nanotecnologias e aditivos naturais, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Carvalho, M.G., 2019, Material de Apoio da unidade curricular de Ciência e Tecnologia da Pasta, lecionada no Departamento de Engenharia Química da Universidade de Coimbra, no Mestrado Integrado em Engenharia Química, no ano letivo 2018/2019.

Referências

- Chantawong, V., Harvey, N.W., Bashkin, V.N., 2004, Comparison of Heavy Metal Adsorptions by Thai Kaolin and Ballclay, Water, Air and Soil Pollution, Vol.148, pp.111-125, <https://doi.org/10.1023/A:1025401927023>
- ChemicalAid, n.d., Acedido a 21/6/2021, Disponível em <https://pt.intl.chemicalaid.com/tools/molarmass.php>
- Chen, X., Chen, G., Chen, L., Chen, Y., Lehmann, J., McBride, M. B., Hay, A. G., 2011, Adsorption of copper and zinc by biochars produced from pyrolysis of hardwood and corn straw in aqueous solution, *Bioresource Technology*, Vol.102,no.19, pp. 8877-8884, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.06.078>
- Coelho, P.A.L.F., 2000, Caracterização geotécnica de solos moles: Estudo do local experimental da Quinta do Foja (Baixo Mondego). Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra
- Condo, A.F.T., Tsamba, A.J., Alves, A.K., Bergmann, C.P., 2010, Influência da temperatura e da taxa de aquecimento na pirólise do endocarpo de coco, Chile.
- Conz, R., F., 2015, Caracterização de matérias-primas e biochars para aplicação na agricultura, Dissertação de Mestrado em Ciências, Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba
- Correia, A.A.S., 2011, Aplicabilidade da técnica de deep mixing aos solos moles do Baixo Mondego, Dissertação de Doutouramento na especialidade de Geotecnia e Fundações, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Univesidade de Coimbra, Coimbra.
- Costa, C., Brito, G., Vendas, D., Lopes, M., Caramelo, A., 2015, Solos Contaminados- O Problema e as Soluções de Remediação, 10.13140/RG.2.1.4103.6887
- Costa, H. T. D., 2015, Concentração de metais pesados nos solos utilizados para agricultura urbana na cidade de Lisboa, Dissertação de mestrado de Engenharia do Ambiente, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Covelo, E.F., Andrade, M.L., Veja, F.A., 2004, Heavy metal adsorption by humic umbrisols: selectivity sequences and competitive sorption kinetics, *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol.280, no.1, pp.1-8, <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.07.024>
- Dai, W., Zhao, Z., Zheng, J., Huang, F., Wang, H., Liu, C., Xiao, R., 2021, Characteristics and quantification of mechanisms of Cd²⁺ adsorption by biochars derived from three different plant-based biomass, *Arabian Journal of Chemistry*, Vol.14, no.5, <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103119>
- Decreto Lei no 276/2009 de 2 de Outubro de 2009 do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, *Diário da República*
- E196, 1966. "Solos – Análise granulométrica." Especificação do LNEC, Lisboa, Portugal.
- Félix, A.C.M., 2018, Enriquecimento de 'biochars' e carvões ativados com Fósforo, Dissertação de Mestrado em Bioenergia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa
- Gabhane, J.W. , Bhange, V.P., Patil, P.D., Bankar, S.T., Kumar, S., 2020, Recent trends in biochar production methods and its application as a soil health conditioner: a review, *Springer Nature*, Vol.2, no.7, pp1-21, <https://doi.org/10.1007/s42452-020-3121-5>
- García, R., Báez, A. P., 2011, Atomic Absorption Spectroscopy, Cap.1, pp. 1-9
- Ghodake, G. S., Shinde, S. K., Kadam, A. A., Saratale, R. G., Kumar, M., Palem, R. P., Al-Shwaiman, H. A., Elgorban, A. M., Syed, A., Kim, D., 2021, Review on biomass feedstocks, pyrolysis mechanism and physicochemical properties of biochar: State-of-the-art framework to speed up vision of circular bioeconomy, *Journal of Cleaner Production*, Vol.297, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126645>
- Gomes, A.R.D., 2017, Remediação da contaminação de um solo por metais pesados com recurso a nanopartículas, Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
-

- Gomes, P.C., Fontes, M.P.F., da Silva, A.G., Mendonça, E.S., Netto, A.R., 2001, Seletivity Sequence and Competitive Adsorption of Heavy Metals by Brazilian Soils, *Soil Science Society of American Journal*, Vol.65, pp. 1115-1121, <https://doi.org/10.2136/sssaj2001.6541115x>
- Grupo Alves Bandeira, Sobritas britas e areias, 2015, Acedido a 15/6/2021, Disponível em <https://www.sobritas.pt/saibro>
- Gu, S., Lan, C.Q., 2021, Biosorption of heavy metal ions by green alga *Neochloris oleoabundans*: Effects of metal ions properties and cell wall structure, *Journal of Hazardous Materials*, Vol.418, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126336>
- He, L., Zhong, H., Liu, G., Dai, Z., Brookes, P.C., Xu, J., 2019, Remediation of heavy metal contaminated soils by biochars: Mechanisms, potential risks and applications in China, *Environmental Pollution*, Vol.252, pp. 846-855, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.151>
- Heaney, N., Mamman, M., Tahir, H., Al-Gharib, A., Lin, C., 2018, Effects of softwood biochar on the status of nitrogen species and elements of potential toxicity in soils, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol.166, pp.383-389, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.112>
- Holanda, 2013, Soil Remediation Circular 2013, versão de 1 de Julho de 2013, pp.91-98
- Hu, Q., Jung, J., Chen, D., Leong, K., Song, S., Li, F., Mohan, B. C., Yao, Z., Prabhakar, A.K., Lin, X.H., Lim, E.Y., Zhang, L., Souradeep, G., Ok, Y.S., Kua, W., Li, S.F.Y., Tan, H.T.W., Dai, Y., Wang, C., 2021, Biochar industry to circular economy, *Science of The Total Environment*, Vol. 757, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143820>
- Inácio, M., Pereira, V., Pinto, M., 2008, The Soil Geochemical Atlas of Portugal: Overview and applications, *Journal of Geochemical Exploration*, Vol.98, no.1-2, pp.22-23, <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2007.10.004>
- Jiang, S., Huang, L., Nguyen T. A. H., Ok, Y. S., Rudolph, V., Yang, H., Zhang, D., 2016, Copper and zinc adsorption by softwood and hardwood biochars under elevated sulphate-induced salinity and acidic pH conditions, *Chemosphere*, Vol.142, pp.64-71. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.06.079>
- Kalderis, D., Tsuchiya, S., Phillipou, K., Paschalidou, P., Pashalidis, I., Tashima, D., Tsubota, T., 2020, Utilization of pine tree biochar produced by flame-curtain pyrolysis in two non-agricultural applications, *Bioresource Technology Reports*, Vol.9, <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100384>
- Khan, S., Wakas, M., Ding, F., Shamshad, I., Arp, H., Li, G., 2015, The influence of various biochars on the bioaccessibility and bioaccumulation of PAHs and potentially toxic elements to turnips (*Brassica rapa* L.), *Journal of Hazardous Materials*, Vol.300, pp. 243-253, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.06.050>
- Li, H., Dong, X., Silva, E.B., Oliveira, L.M., Chen, Y., Ma, L.Q., 2017, Mechanisms of metal sorption by biochars: Biochar characteristics and modifications, *Chemosphere*, Vol. 178, pp.466-478, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.072>
- Li, S., Chan, C.Y., Sharbatmaleki, M., Trejo, H., Delagah, S., 2020, Engineered Biochar Production and Its Potential Benefits in a Closed-Loop Water-Reuse Agriculture System, *Water*, Vol.12, no.10, <https://doi.org/10.3390/w12102847>
- Li, Y., Yu, H., Liu, L., Yu, H., 2021, Application of co-pyrolysis biochar for the adsorption and immobilization of heavy metals in contaminated environmental substrates, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 420, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126655>
- Lima, I. M., Boateng, A. A., Klasson, K. T., 2010, Physicochemical and adsorptive properties of fast-pyrolysis bio-chars and their steam activated counterparts, *Journal of Chemical Technology Biotechnology*, Vol.85, pp.1515-1521, no.11, <https://doi.org/10.1002/jctb.2461>
- Liu, L., Li W., Song, W., Guo, M., 2018, Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: Principles and applicability, *Science of the Total Environment*, Vol.633, pp.206-219, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.161>
- Malvern Panalytical, 2012, A basic guide to particle characterization, Acedido a 4/8/2021, Disponível em <https://www.malvernpanalytical.com>

Referências

- Malvern Panalytical, n.d., Geologists use Mastersize 2000, Acedido a 2/8/2021, Disponível em <https://www.malvernpanalytical.com/>
- Malvern Panalytical, 2007, Mastersize 2000 user manual, Acedido a 4/8/2021, Disponível em <https://www.malvernpanalytical.com/>
- Malvern Panalytical, 2021, Laser Diffraction (LD), Particle size distributions from nanometers to millimeters, Acedido a 4/8/2021, Disponível em <https://www.malvernpanalytical.com/>
- Manzano, R., Diquattro, S., Roggero, P.P., Pinna, M.V., Garau, G., Castaldi, P., 2020, Addition of softwood biochar to contaminated soils decreases the mobility, leachability and bioaccessibility of potentially toxic elements, *Science of the Total Environment*, Vol. 739, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139946>
- Matos, M.P.S.R., 2016, Utilização de nanomateriais na descontaminação de solos, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Merck, 2021, Acedido a 30/7/2021, Disponível em <https://www.sigmaaldrich.com/PT/en>
- Mohan, D., Rajput, S., Singh, V. K., Steele, P. H., Pittman Jr. C. U., 2011, Modeling and evaluation of chromium remediation from water using low cost biochar, a green adsorbent, *Journal of Hazardous*, Vol. 188, no.1-3, pp. 319-333, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.01.127>
- Moore, F., González, M., Khan, N., Curaqueo, G., Mondedero, M., Rilling, J., Morales, E., Panichini, M., Mutis, A., Jorquera, M., Meijas, J., Hirzel, J., Meier, S., 2018, Copper immobilization by biochar and microbial community abundance in metal-contaminated, *Science of The Total Environment*, Vol. 616-617, pp. 960-969, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.223>
- Mullen, C. A., Boateng, A. A., Goldberg, N. M., Lima, I.M., Laird, D. A., Hicks, K. B., 2010, Bio-oil and bio-char production from corn cobs and stover by fast pyrolysis, *Biomass and Bioenergy*, Vol.34, no.1, pp.67-74, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.09.012>
- Mulligan, C.N., Young, R.N., Gibbs, B.F., 2001, Remediations technologies for metal-contaminated soils and groundwater: an evolution, *Engineering Geology*, Vol.60, pp.193-207, [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(00\)00101-0](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(00)00101-0)
- Nascimento, L.B.A., 2018, Análise de Alternativas Sustentáveis no Tratamento de um Solo Contaminado Com Metais Pesados, Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- NP 143 , 1969, “Solos - Determinação dos limites de consistência”. Norma Portuguesa Definitiva.
- NP 83, 1965, “Solos – Determinação da densidade das partículas sólidas”. Norma Portuguesa Definitiva
- Ontario Ministry of the Environment, 2011. “Rationale for the Development of Soil and Ground Water Standards for Use at Contaminated Sites in Ontario.”
- Oziegbe, O., Oluduro, A.O., Oziegbe, E.J., Ahuekwe, E., F., Olorunsola, S.J., 2021, Assessment of heavy metal bioremediation potential of bacterial isolates from landfill soils, *Saudi Journal of Biological Sciences*, <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.03.072>
- Papageorgiou, A., Azzi, E. S., Enell, A., Sundberg, C., 2021, Biochar produced from wood waste for soil remediation in Sweden: Carbon sequestration and other environmental impacts, *Science of the Total Environment*, Vol.776, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145953>
- Perkin Elmer, 2011, Atomic Spectroscopy- A Guide to Selecting to Appropriate Technique and System, Acedido a 5/8/2021, Disponível em www.perkinelmer.com
- Qin, L., Wu, Y., Hou, Z., Jiang, E., 2020, Influence of biomass components, temperature and pressure on the pyrolysis behavior and biochar properties of pine nut shells, *Bioresource Technology*, Vol.313, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123682>
- Ribeiro, M. A C., 2013, Contaminação do solo por metais pesados, Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa

- Shah, V., Daverey, A., 2020, Phytoremediation: A multidisciplinary approach to clean up heavy metals contaminated soil, *Environmental Technology & Innovation*, Vol.18, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.100774>
- Shao, H., Wei, Y., Wei, C., Zhang, F., Li, F., 2021, Insight into cesium immobilization in contaminated soil amended with biochar, incinerated sewage sludge ash and zeolite, *Environmental Technology & Innovation*, Vol.23, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101587>
- Silveira, T., 2020, Produção Florestal, Eucalipto é a espécie mais representativa em Portugal, mas foi a que mais ardeu, *Jornal Público*, acessado a 23/6/2021, Disponível em <https://www.publico.pt/2020/12/23/economia/noticia/eucalipto-especie-representativa-portugal-ardeu-1943955>
- Sousa, E.M., 2020, Florestas, Pinheiro Bravo- a conífera mais abundante em Portugal, acessado a 26/6/2021, Disponível em <https://florestas.pt/conhecer/pinheiro-bravo-a-conifera-mais-abundante-em-portugal/>
- Souza, A.K.R., Morassuti, C.Y., Deus, W.B., 2018, Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores, *Acta Biomedica Brasiliensia*, Vol.9, no.3, <https://dx.doi.org/10.18571/acbm.189>
- Suliman, W., Harsh, J.B., Abu-Lail, N., Fortuna, A.M., Dallmeyer, I., Garcia-Perez, M., 2016, Influence of feedstock source and pyrolysis temperature on biochar bulk and surface properties, *Biomass and Bioenergy*, Vol.84, pp.37-48, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.11.010>
- Tavares, S.R.L., 2013, Remediação de solos e águas contaminados por metais pesados: conceitos básicos & fundamentos, 1ª Edição, Clube de Autores, Cap.1, Rio de Janeiro
- Tavares, S.R.L., 2013, Remediação de solos e águas contaminados por metais pesados: conceitos básicos & fundamentos, Técnicas de Remediação, 1ª Edição, Clube de Autores, Cap.2, Rio de Janeiro
- Tomczyk, A., Sokolowska, Z., Bogutam P., 2020, Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects, *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, Vol. 19, pp. 191-215, <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09523-3>
- Tong, X., Li, J., Yuan, J., Xu, R., 2011, Adsorption of Cu (II) by biochars generated from three crop straws, *Chemical Engineering Journal*, Vol.172, no. 2-3, pp.828-834.
- Wang, D., Jiang, P., Zhang, H., Yuan, W., 2020, Biochar production and applications in agro and forestry systems: A review, *Science of The Total Environment*, Vol.723, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137775>
- Wang, J., Wang, S., 2019, Preparation, modification and environmental application of biochar: A review, *Journal of Cleaner Production*, Vol.227, pp.1002-1022, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.282>
- Werdin, J., Fletcher, T.D., Rayner, J.P., Williams, N.S.G., Farrell, C., 2020, Biochar made from low density wood greater plant available water than biochar made from high density wood, *Science of The Total Environment*, Vol.705, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135856>
- Wikipédia, n.d., Acessado a 2/8/2021, Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/>
- Xu, D.M., Fu, R.B., Liu, H.Q., Guo, X.P., 2021, Current knowledge from heavy metal pollution in Chinese smelter contaminated soils, health risk implications and associated remediation progress in recent decades: A critical review, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 286, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124989>
- Yu, H., Zou, W., Chen, J., Chen, H., Zebin, Y., Huang, J., Tang, H., Wei, X., Gao, B., 2019, Biochar amendment improves crop production on problem soils: A review, *Journal of Environmental Management*, Vol.232, pp.8-21, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.117>
- Zeng, L., Wang, Y., Jing, L., Cheng, Q., 2021, Quantitative determination of auxiliary information for mapping soil heavy metals and soil contamination risk assessment, *Applied Geochemistry*, Vol.130, <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2021.104964>

Referências

- Zhang,H., Yuan,X., Xiong,T., Wang,H., Jiang,L., 2020, Bioremediation of co-contaminated soil with heavy metals and pesticides: Imfluence factors, mechanisms and evaluation methods, *Chemical Engineering Journal*, Vol.398, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125657>
- Zheng, C., Yang, Z., Si, M., Zhu, F., Yang, W., Zhao, F., Shi, Y., 2021, Application of biochars in the remediation of chromium contamination: Fabrication, mechanisms, and interfering species, *Journal of Hazardous Materials*, Vol.407, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124376>

ANEXOS

i. Ficha de Segurança de Pluronic F-127

Sigma-Aldrich. www.sigmaaldrich.com

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO

Versão 6.5
Data da revisão 30.06.2021
Data de impressão 30.07.2021

de acordo com o Regulamento (CE) No. 1907/2006

SEÇÃO 1: Identificação do produto e da empresa

1.1 Identificadores do produto

Nome do produto : PLURONIC® F-127, SURFACTANTE NÃO-IÔNICO

Referência do Produto : P2443
Marca : Sigma
Número REACH : Um número de registo não está disponível para esta substancia, já que a substancia ou os seus usos estão isentos do registo, a tonelagem anual não requiere registo ou este registo está previsto para uma data posterior

Nº CAS : 9003-11-6

1.2 Usos identificados da substância ou mistura e usos não recomendados

Usos identificados : Produtos químicos de laboratório, Manufatura de substâncias

1.3 Detalhes do fornecedor da Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

Empresa : Merck Life Science S.L.
Sucursal em Portugal
Alameda Fernão Lopes 12-4ºB
P-1495-190 ALGÉS

Telefone : +351 21 924 2555
Número de Fax : +351 21 924 2610
Endereço de e-mail : serviciotecnico@merckgroup.com

1.4 Número do telefone de emergência

Número de Telefone de Emergência : +(351) 308 801 773 (CHEMTREC) 800 250 250 (CIAV)

SEÇÃO 2: Identificação de perigos

2.1 Classificação da substância ou mistura

Substância ou mistura não perigosa de acordo com o Regulamento Europeu 1272/2008 (EC).

Sigma- P2443

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada

Página 1 de 7

MERCK

2.2 Elementos do rótulo

Substância ou mistura não perigosa de acordo com o Regulamento Europeu 1272/2008 (EC).

2.3 Outros Perigos

Esta substância/mistura não contém componentes que podem ser considerados persistentes, bioacumulativos e tóxicos (PBT), ou muito persistentes e muito bioacumulativos (vPvB) em níveis a partir de 0,1%.

SEÇÃO 3: Composição e Informações sobre os ingredientes

3.1 Substâncias

Fórmula : (C₃H₆O.C₂H₄O)_x
Nº CAS : 9003-11-6
Nº CE : 618-355-0

De acordo com a norma aplicável não é necessário divulgar nenhum dos componentes.

SEÇÃO 4: Medidas de primeiros socorros

4.1 Descrição das medidas de primeiros-socorros

Se inalado

Após inalação: Exposição ao ar fresco.

Em caso de contato com a pele

No caso dum contacto com a pele: Retirar imediatamente toda a roupa contaminada. Enxaguar a pele com água/tomar um duche.

Em caso de contato com o olho

Após contacto com os olhos: Enxaguar abundantemente com água. Remova as lentes de contato.

Se ingerido

Após ingestão: fazer a vítima beber água (dois copos no máximo). Consultar o médico se se sentir mal.

4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, agudos e retardados

Os sintomas e efeitos mais importantes conhecidos descrevem-se na etiqueta (ver secção 2.2) e / ou na secção 11

4.3 Indicação da atenção médica imediata e do tratamento especial necessário

dados não disponíveis

SEÇÃO 5: Medidas de combate a incêndio

5.1 Meios de extinção

Meios adequados de extinção

Água Espuma Dióxido de carbono (CO₂) Pó seco

Agentes de extinção inadequados

Para esta substância/mistura, não há limitações dos agentes de extinção.

5.2 Riscos especiais resultantes da substância ou da mistura

A natureza dos produtos de decomposição não é conhecida. Combustível.

Sigma- P2443

Página 2 de 7

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada

Risco de explosão do pó.
Em caso de incêndio formam-se gases inflamáveis e vapores perigosos.

5.3 Precauções para bombeiros

Usar equipamento de respiração autónomo em casos de incêndio.

5.4 Informações complementares

Evitar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas pela água de combate a incêndios.

SECÇÃO 6: Medidas de controle para derramamento ou vazamento

6.1 Precauções pessoais, equipamentos de proteção e procedimentos de emergência

Conselho para o pessoal da não emergência: Não respirar vapores nem aerossóis. Evacuar a área de perigo, observar os procedimentos de emergência, consultar um especialista.

Para a proteção individual, consultar a seção 8.

6.2 Precauções ambientais

Não permitir a entrada do produto nos esgotos.

6.3 Métodos e materiais de contenção e limpeza

Cobrir os drenos. Colectar, ligar e bombear fugas para fora. Observar as possíveis restrições materiais (ver secções 7 e 10). Absorver com aborvente de líquidos, p.ex., Chemizorb®. Proceder à eliminação de resíduos. Limpar a área afectada.

6.4 Consulta a outras secções

Para eliminação de resíduos ver secção 13.

SECÇÃO 7: Manuseio e armazenamento

7.1 Precauções para manuseio seguro

Ver precauções na secção 2.2

7.2 Condições para armazenamento seguro, incluindo incompatibilidades

Condições de armazenamento

Hermeticamente fechado.

7.3 Utilizações finais específicas

Aparte dos usos mencionados na secção 1.2 não se estipulam outros usos específicos

SECÇÃO 8: Controle de exposição e proteção individual

8.1 Parâmetros de controle

Componentes com parâmetros a controlar no local de trabalho

Não contém substâncias com valores limites de exposição ocupacional.

8.2 Controles da exposição

Equipamento de Proteção Individual (EPI)

Proteção para a pele/olhos

Use equipamento de proteção ocular testado e aprovado de acordo com as normas governamentais adequadas, tais como NIOSH (US) ou EN 166 (EU). Óculos de segurança

Proteção para a pele

não exigido

Proteção respiratória

Não é necessário, exceto em caso de formação de aerossol.

Controle da exposição ambiental

Não permitir a entrada do produto nos esgotos.

SEÇÃO 9: Propriedades físicas e químicas**9.1 Informações sobre propriedades físico-químicas básicas**

a) Aspecto	Estado físico: pó Cor: incolor
b) Odor	dados não disponíveis
c) Limite de Odor	dados não disponíveis
d) pH	6,0 - 7
e) Ponto de fusão/congelamento	56,8 °C
f) Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição	> 149 °C
g) Ponto de inflamação	Não aplicável
h) Taxa de evaporação	dados não disponíveis
i) Inflamabilidade (sólido, gás)	dados não disponíveis
j) Limites superiores / inferiores de inflamabilidade ou de explosão	dados não disponíveis
k) Pressão de vapor	< 0,1 hPa em 25 °C
l) Densidade do vapor	dados não disponíveis
m) Densidade relativa	dados não disponíveis
n) Solubilidade em água	dados não disponíveis
o) Coeficiente de partição (n-octanol/água)	dados não disponíveis
p) Temperatura de autoignição	dados não disponíveis
q) Temperatura de decomposição	dados não disponíveis
r) Viscosidade	Viscosidade, cinemática: dados não disponíveis Viscosidade, dinâmica: dados não disponíveis
s) Riscos de explosão	dados não disponíveis
t) Propriedades	dados não disponíveis

Sigma- P2443

Página 4 de 7

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada



oxidantes

9.2 Outra informação de segurança
dados não disponíveis

SEÇÃO 10: Estabilidade e reatividade

10.1 Reatividade

dados não disponíveis

10.2 Estabilidade química

O produto é estável quimicamente sob condições ambiente padrão (temperatura ambiente).

Contém o(s) seguintes estabilizante(s) :

Butilhidroxitolueno (>=0 - <=0,01 %)

10.3 Possibilidade de reações perigosas

Reacções violentas são possíveis com:

Agentes oxidantes fortes

10.4 Condições a serem evitadas

não existem indicações

10.5 Materiais incompatíveis

dados não disponíveis

10.6 Produtos perigosos de decomposição

Em caso de incêndio: veja-se secção 5

SEÇÃO 11: Informações toxicológicas

11.1 Informações sobre efeitos toxicológicos

Toxicidade aguda

DL50 Oral - Rato - 5.700 mg/kg

Observações: (RTECS)

Inalação: dados não disponíveis

Dérmico: dados não disponíveis

Corrosão/irritação à pele.

dados não disponíveis

Lesões oculares graves/irritação ocular

Olhos - Coelho

Resultado: Não irrita os olhos

(Diretriz de Teste de OECD 405)

Sensibilização respiratória ou à pele

- Coelho

Resultado: Não provoca sensibilização em animais de laboratório.

Mutagenicidade em células germinativas

Testes em bactérias ou células de mamíferos não revelaram efeitos mutagênicos.

Carcinogenicidade

dados não disponíveis

Toxicidade à reprodução

dados não disponíveis

Sigma- P2443

Página 5 de 7

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada



Toxicidade sistêmica de órgão-alvo específico - exposição única

dados não disponíveis

Toxicidade sistêmica de órgão-alvo específico - exposição repetida

dados não disponíveis

Perigo por aspiração.

dados não disponíveis

11.2 Informação adicional

RTECS: MD0911050

Os efeitos devidos à ingestão podem incluir: Diarréia, Debilidade

Até onde sabemos, as propriedades químicas, físicas e toxicológicas não foram minuciosamente investigadas.

SEÇÃO 12: Informações ecológicas

12.1 Toxicidade

dados não disponíveis

12.2 Persistência e degradabilidade

dados não disponíveis

12.3 Potencial bioacumulativo

dados não disponíveis

12.4 Mobilidade no solo

dados não disponíveis

12.5 Resultados da avaliação PBT e vPvB

Esta substância/mistura não contém componentes que podem ser considerados persistentes, bioacumulativos e tóxicos (PBT), ou muito persistentes e muito bioacumulativos (vPvB) em níveis a partir de 0,1%.

12.6 Outros efeitos adversos

dados não disponíveis

SEÇÃO 13: Considerações sobre tratamento e disposição

13.1 Métodos de tratamento de resíduos

Produto

O material residual deve ser eliminado de acordo com os regulamentos nacionais e locais. Deixar os produtos químicos nos recipientes originais. Não misturar com outros materiais residuais. Manusear os recipientes não limpos como o próprio produto. Ver www.retrologistik.com para consultar os processos relativos à devolução de produtos químicos e contentores ou entrar em contacto connosco se tiver outras perguntas. Directiva relativa aos resíduos 2008/98/CE nota.

SEÇÃO 14: Informações sobre transporte

14.1 Número ONU

ADR/RID: -

IMDG: -

IATA: -

14.2 Nome de embarque correto da ONU

ADR/RID: Mercadorias não perigosas

IMDG: Not dangerous goods

Sigma- P2443

Página 6 de 7

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada



IATA: Not dangerous goods

14.3 Classes de riscos de transporte

ADR/RID: - IMDG: - IATA: -

14.4 Grupo de embalagem

ADR/RID: - IMDG: - IATA: -

14.5 Perigos ambientais

ADR/RID: não IMDG Poluente marinho: não IATA: não

14.6 Precauções especiais para os usuários

Informações complementares

Produto não perigoso segundo o regulamento de transporte.

SEÇÃO 15: Regulamentações

15.1 Normas de segurança, saúde e ambientais específicas para a substância ou mistura

Esta ficha de dados de segurança obedece aos requisitos do Regulamento (UE) nº 1907/2006.

15.2 Avaliação de segurança química

Para este produto não se realizou uma avaliação de segurança química

SEÇÃO 16: Outras informações

Informações complementares

Acredita-se que as informações acima estejam correctas, embora não pretendam ser totalmente abrangentes, devendo ser usadas apenas como um guia. A informação contida neste documento esta baseada no presente estado do nosso conhecimento e é aplicável às precauções de segurança apropriadas para o produto. Não representa nenhuma garantia das propriedades do produto. A Corporação Sigma-Aldrich e as suas companhias afiliadas, não responderão por nenhum dano resultante do manuseio ou do contato com o produto acima. Consultar www.sigma-aldrich.com e/ou o verso da factura ou nota que acompanha o produto para tomar conhecimento dos termos adicionais e condições de venda.

Direitos exclusivos, 2020, da Sigma-Aldrich Co. LLC. Permissão concedida para fazer número ilimitado de cópias em papel, somente para uso interno.

A marca no cabeçalho e/ou rodapé deste documento pode não corresponder temporariamente ao produto adquirido, uma vez que alteramos a nossa marca. No entanto, todas as informações no documento referentes ao produto não sofreram alterações e correspondem ao produto encomendado. Para obter mais informações, envie um e-mail para mlsbranding@sial.com.

ii. Ficha de Segurança de SDBS



Sigma-Aldrich®

www.sigmaaldrich.com

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO

Versão 7.2
Data da revisão 30.06.2021
Data de impressão 30.07.2021

de acordo com o Regulamento (CE) No. 1907/2006

SEÇÃO 1: Identificação do produto e da empresa

1.1 Identificadores do produto

Nome do produto : Ácido dodecilbenzenossulfônico sal sódico

Referência do Produto : 289957
Marca : Aldrich
Número REACH : Um número de registo não está disponível para esta substância, já que a substância ou os seus usos estão isentos do registo, a tonelagem anual não requer registo ou este registo está previsto para uma data posterior
Nº CAS : 25155-30-0

1.2 Usos identificados da substância ou mistura e usos não recomendados

Usos identificados : Produtos químicos de laboratório, Manufatura de substâncias

1.3 Detalhes do fornecedor da Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

Empresa : Merck Life Science S.L.
Sucursal em Portugal
Alameda Fernão Lopes 12-4ºB
P-1495-190 ALGÉS

Telefone : +351 21 924 2555
Número de Fax : +351 21 924 2610
Endereço de e-mail : serviciotecnico@merckgroup.com

1.4 Número do telefone de emergência

Número de Telefone de Emergência : +(351) 308 801 773 (CHEMTREC) 800 250 250 (CIAV)

SEÇÃO 2: Identificação de perigos

2.1 Classificação da substância ou mistura

Classificação de acordo com o regulamento (CE) 1272/2008

Toxicidade aguda, Oral (Categoria 4), H302
Irritação da pele (Categoria 2), H315
Irritação ocular (Categoria 2), H319

Para obter o texto completo das frases de perigo mencionadas nesta seção, consulte a seção 16.

Aldrich- 289957


Página 1 de 9

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada




2.2 Elementos do rótulo

Rotulagem de acordo com o Regulamento (CE) 1272/2008

Pictograma	
Palavra-sinal	Atenção
Declaração de perigo	
H302	Nocivo se ingerido.
H315	Provoca irritação à pele.
H319	Provoca irritação ocular grave.
declaração de precaução	
P264	Lave a pele cuidadosamente após o manuseio.
P270	Não coma, beba ou fume durante a utilização deste produto.
P280	Use luvas de proteção/ proteção ocular/ proteção facial.
P301 + P312	EM CASO DE INGESTÃO: Caso sinta indisposição, contate um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA/ médico.
P302 + P352	EM CASO DE CONTATO COM A PELE: Lave com água em abundância.
P305 + P351 + P338	EM CASO DE CONTATO COM OS OLHOS: Enxágue cuidadosamente com água durante vários minutos. No caso de uso de lentes de contato, remova-as, se for fácil. Continue enxaguando.
Frases Suplementares de Perigo	nenhum

Rotulagem reduzida (<= 125 ml)

Pictograma	
Palavra-sinal	Atenção
Declaração de perigo	nenhum
declaração de precaução	nenhum
Frases Suplementares de Perigo	nenhum

2.3 Outros Perigos

Esta substância/mistura não contém componentes que podem ser considerados persistentes, bioacumulativos e tóxicos (PBT), ou muito persistentes e muito bioacumulativos (vPvB) em níveis a partir de 0,1%.

SEÇÃO 3: Composição e Informações sobre os ingredientes

3.1 Substâncias

Sinônimos	:	Dodecylbenzenesulfonic acid sodium salt
Fórmula	:	C ₁₈ H ₂₉ NaO ₃ S
Peso molecular	:	348,48 g/mol
Nº CAS	:	25155-30-0
Nº CE	:	246-680-4

Componente	Classificação	Concentração
------------	---------------	--------------

Sódio dodecil benzenosulfonato			
Nº CAS	25155-30-0	Acute Tox. 4; Skin Irrit. 2; Eye Irrit. 2; H302, H315, H319	<= 100 %
Nº CE	246-680-4		

Para obter o texto completo das frases de perigo mencionadas nesta seção, consulte a seção 16.

SEÇÃO 4: Medidas de primeiros socorros

4.1 Descrição das medidas de primeiros-socorros

Recomendação geral

Mostrar esta FISPQ ao médico de plantão.

Se inalado

Após inalação: Exposição ao ar fresco.

Em caso de contato com a pele

No caso dum contacto com a pele: Retirar imediatamente toda a roupa contaminada. Enxaguar a pele com água/tomar um duche.

Em caso de contato com o olho

Após contacto com os olhos: Enxaguar abundantemente com água. Consultar um oftalmologista. Remova as lentes de contato.

Se ingerido

Após ingestão: fazer a vítima beber imediatamente água (dois copos no máximo) Consultar um médico.

4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, agudos e retardados

Os sintomas e efeitos mais importantes conhecidos descrevem-se na etiqueta (ver secção 2.2) e / ou na secção 11

4.3 Indicação da atenção médica imediata e do tratamento especial necessário

dados não disponíveis

SEÇÃO 5: Medidas de combate a incêndio

5.1 Meios de extinção

Meios adequados de extinção

Água Espuma Dióxido de carbono (CO2) Pó seco

Agentes de extinção inadequados

Para esta substância/mistura, não há limitações dos agentes de extinção.

5.2 Riscos especiais resultantes da substância ou da mistura

A natureza dos produtos de decomposição não é conhecida.

Combustível.

Risco de explosão do pó.

Em caso de incêndio formam-se gases inflamáveis e vapores perigosos.

5.3 Precauções para bombeiros

Não ficar na zona de perigo sem aparelhos respiratórios autónomos apropriados para respiração independente do ambiente. De forma a evitar o contacto com a pele, mantenha uma distância de segurança e utilize vestuário protetor adequado.

5.4 Informações complementares

Suprimir (abater) com jatos de água os gases, vapores e névoas. Evitar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas pela água de combate a incêndios.

SEÇÃO 6: Medidas de controle para derramamento ou vazamento

6.1 Precauções pessoais, equipamentos de proteção e procedimentos de emergência

Conselho para o pessoal da não emergência: Evitar a inalação de pós. Evitar o contacto com a substância. Assegurar ventilação adequada. Evacuar a área de perigo, observar os procedimentos de emergência, consultar um especialista.
Para a proteção individual, consultar a seção 8.

6.2 Precauções ambientais

Não permitir a entrada do produto nos esgotos.

6.3 Métodos e materiais de contenção e limpeza

Cobrir os drenos. Colectar, ligar e bombear fugas para fora. Observar as possíveis restrições materiais (ver secções 7 e 10). Absorver em estado seco. Proceder à eliminação de resíduos. Limpeza posterior. Evitar a formação de pós.

6.4 Consulta a outras secções

Para eliminação de resíduos ver secção 13.

SEÇÃO 7: Manuseio e armazenamento

7.1 Precauções para manuseio seguro

Ver precauções na secção 2.2

7.2 Condições para armazenamento seguro, incluindo incompatibilidades

Condições de armazenamento

Herméticamente fechado. Em local seco. Herméticamente fechado. Em local seco.

7.3 Utilizações finais específicas

Aparte dos usos mencionados na secção 1.2 não se estipulam outros usos específicos

SEÇÃO 8: Controle de exposição e proteção individual

8.1 Parâmetros de controle

Componentes com parâmetros a controlar no local de trabalho

Não contém substâncias com valores limites de exposição ocupacional.

8.2 Controles da exposição

Equipamento de Proteção Individual (EPI)

Proteção para a pele/olhos

Use equipamento de proteção ocular testado e aprovado de acordo com as normas governamentais adequadas, tais como NIOSH (US) ou EN 166 (EU). Óculos de segurança

Proteção para a pele

Esta recomendação aplica-se apenas ao produto descrito na ficha de dados de segurança por nós fornecida bem como para a aplicação especificada. Quando houver dissolução ou mistura com outras substâncias e sob as devidas condições

houver desvios aos descritos na EN374, por favor, contactar o fornecedor de luvas com marcação CE (ex: KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de).

Contato total

Materiais: Borracha nitrílica
espessura mínima da capa: 0,11 mm
Pausa: 480 min
Material ensaiado: KCL 741 Dermatrill® L

Contato com salpicos

Materiais: Borracha nitrílica
espessura mínima da capa: 0,11 mm
Pausa: 480 min
Material ensaiado: KCL 741 Dermatrill® L

Proteção do corpo

vestuário de protecção

Proteção respiratória

necessário em caso de formação de pós.

Nossas recomendações sobre proteção respiratória de filtragem são baseadas nas seguintes normas: DIN EN 143, DIN 14387 e outras normas associadas relacionadas ao sistema de proteção respiratória utilizado.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro tipo P2

O empresário tem de garantir que a manutenção, limpeza e teste de equipamentos de proteção respiratória são realizados de acordo com as instruções do produtor. Estas medidas devem ser devidamente documentadas.

Controle da exposição ambiental

Não permitir a entrada do produto nos esgotos.

SEÇÃO 9: Propriedades físicas e químicas

9.1 Informações sobre propriedades físico-químicas básicas

- | | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| a) Aspecto | Estado físico: pó
Cor: amarelo-claro |
| b) Odor | dados não disponíveis |
| c) Limite de Odor | dados não disponíveis |
| d) pH | 7 - 10,5 em 25 °C
- OCSPP 830.7000 |
| e) Ponto de fusão/congelamento | Ponto de fusão: > 300 °C |
| f) Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição | dados não disponíveis |
| g) Ponto de inflamação | dados não disponíveis |
| h) Taxa de evaporação | dados não disponíveis |
| i) Inflamabilidade (sólido, gás) | dados não disponíveis |
| j) Limites superiores / inferiores de | dados não disponíveis |

Aldrich- 289957

Página 5 de 9

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada

	inflamabilidade ou de explosão	
k)	Pressão de vapor	dados não disponíveis
l)	Densidade do vapor	dados não disponíveis
m)	Densidade relativa	1 em 20 °C
n)	Solubilidade em água	0,8 g/l em 25 °C - Diretriz de Teste de OECD 105- solúvel
o)	Coefficiente de partição (n-octanol/água)	log Pow: 1,96 em 25 °C
p)	Temperatura de autoignição	dados não disponíveis
q)	Temperatura de decomposição	dados não disponíveis
r)	Viscosidade	Viscosidade, cinemática: dados não disponíveis Viscosidade, dinâmica: dados não disponíveis
s)	Riscos de explosão	dados não disponíveis
t)	Propriedades oxidantes	dados não disponíveis

9.2 Outra informação de segurança

Tensão superficial 29,3 - 31,8 mN/m em 120g/L em 25 °C

SEÇÃO 10: Estabilidade e reatividade

10.1 Reatividade

Em geral o seguinte aplica-se a substâncias e misturas orgânicas inflamáveis: numa distribuição geralmente fina, quando voltado para cima pode gerar uma potencial explosão de pó.

10.2 Estabilidade química

O produto é estável quimicamente sob condições ambiente padrão (temperatura ambiente).

10.3 Possibilidade de reações perigosas

dados não disponíveis

10.4 Condições a serem evitadas

não existem indicações

10.5 Materiais incompatíveis

Agentes oxidantes fortes

10.6 Produtos perigosos de decomposição

Em caso de incêndio: veja-se secção 5

SEÇÃO 11: Informações toxicológicas**11.1 Informações sobre efeitos toxicológicos****Toxicidade aguda**

DL50 Oral - Rato - masculino e feminino - 500 - 2.000 mg/kg
(Diretriz de Teste de OECD 401)
CL50 Inalação - Rato - masculino e feminino - 4 h - 0,26 - 31 mg/l
Observações: (ECHA)
Dérmico: dados não disponíveis

Corrosão/irritação à pele.

Pele - Coelho
Resultado: Irritação da pele - 24 h

Lesões oculares graves/irritação ocular

Olhos - Coelho
Resultado: Irritação nos olhos
Observações: (Ficha de datos de seguridad externa)

Sensibilização respiratória ou à pele

dados não disponíveis

Mutagenicidade em células germinativas

Tipos de testes: Teste de Ames
Sistema de teste: Salmonella typhimurium
Resultado: negativo
Observações: (National Toxicology Program)

Carcinogenicidade

dados não disponíveis

Toxicidade à reprodução

dados não disponíveis

Toxicidade sistêmica de órgão-alvo específico - exposição única

dados não disponíveis

Toxicidade sistêmica de órgão-alvo específico - exposição repetida

dados não disponíveis

Perigo por aspiração.

dados não disponíveis

11.2 Informação adicional

RTECS: DB6825000
Até onde sabemos, as propriedades químicas, físicas e toxicológicas não foram minuciosamente investigadas.

SEÇÃO 12: Informações ecológicas**12.1 Toxicidade**

Toxicidade para os peixes	Ensaio estático CL50 - Oncorhynchus mykiss (truta arco-íris) - 3,2 - 5,6 mg/l - 96 h (Diretriz de Teste de OECD 203)
Toxicidade em daphnias e outros invertebrados	Ensaio estático CE50 - Daphnia magna (pulga d'água ou dáfnia) - 6,3 - 9,5 mg/l - 48 h (Diretrizes para o teste 202 da OECD)

Aldrich- 289957

Página 7 de 9

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada



aquáticos.

12.2 Persistência e degradabilidade

Biodegradabilidade aeróbio - Duração da exposição 17 d
Resultado: > 75 % - Rapidamente biodegradável.
(Diretriz de Teste de OECD 301E)

12.3 Potencial bioacumulativo

Bioacumulação Leuciscus idus melanotus - 3 d
- 48 µg/l(Sódio dodecil benzenosulfonato)

Fator de bioconcentração (FBC): 130
(Diretriz de Teste de OECD 305)

12.4 Mobilidade no solo

dados não disponíveis

12.5 Resultados da avaliação PBT e vPvB

Esta substância/mistura não contém componentes que podem ser considerados persistentes, bioacumulativos e tóxicos (PBT), ou muito persistentes e muito bioacumulativos (vPvB) em níveis a partir de 0,1%.

12.6 Outros efeitos adversos

Evite a liberação para o meio ambiente.

SEÇÃO 13: Considerações sobre tratamento e disposição

13.1 Métodos de tratamento de resíduos

Produto

O material residual deve ser eliminado de acordo com os regulamentos nacionais e locais. Deixar os produtos químicos nos recipientes originais. Não misturar com outros materiais residuais. Manusear os recipientes não limpos como o próprio produto. Ver www.retrologistik.com para consultar os processos relativos à devolução de produtos químicos e contentores ou entrar em contacto connosco se tiver outras perguntas. Directiva relativa aos resíduos 2008/98/CE nota.

SEÇÃO 14: Informações sobre transporte

14.1 Número ONU

ADR/RID: - IMDG: - IATA: -

14.2 Nome de embarque correto da ONU

ADR/RID: Mercadorias não perigosas
IMDG: Not dangerous goods
IATA: Not dangerous goods

14.3 Classes de riscos de transporte

ADR/RID: - IMDG: - IATA: -

14.4 Grupo de embalagem

ADR/RID: - IMDG: - IATA: -

14.5 Perigos ambientais

ADR/RID: não IMDG Poluente marinho: não IATA: não

14.6 Precauções especiais para os usuários

dados não disponíveis

Aldrich- 289957

Página 8 de 9

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada

SEÇÃO 15: Regulamentações

15.1 Normas de segurança, saúde e ambientais específicas para a substância ou mistura

Esta ficha de dados de segurança obedece aos requisitos do Regulamento (UE) nº 1907/2006.

Outra regulamentação

Observe as restrições de trabalho relativas a proteção de maternidade, c o rigorosa, onde aplicável.

Fique atento para a proteção de pessoas jovens no trabalho, conforme a Dir 94/33/CE.

15.2 Avaliação de segurança química

Para este produto não se realizou uma avaliação de segurança química

SEÇÃO 16: Outras informações

Texto completo das Declarações H mencionadas nas seções 2 e 3.

H302	Nocivo se ingerido.
H315	Provoca irritação à pele.
H319	Provoca irritação ocular grave.

Informações complementares

Acredita-se que as informações acima estejam correctas, embora não pretendam ser totalmente abrangentes, devendo ser usadas apenas como um guia. A informação contida neste documento esta baseada no presente estado do nosso conhecimento e é aplicável às precauções de segurança apropriadas para o produto. Não representa nenhuma garantia das propriedades do produto. A Corporação Sigma-Aldrich e as suas companhias afiliadas, não responderão por nenhum dano resultante do manuseio ou do contato com o produto acima. Consultar www.sigma-aldrich.com e/ou o verso da factura ou nota que acompanha o produto para tomar conhecimento dos termos adicionais e condições de venda.

Direitos exclusivos, 2020, da Sigma-Aldrich Co. LLC. Permissão concedida para fazer número ilimitado de cópias em papel, somente para uso interno.

A marca no cabeçalho e/ou rodapé deste documento pode não corresponder temporariamente ao produto adquirido, uma vez que alteramos a nossa marca. No entanto, todas as informações no documento referentes ao produto não sofreram alterações e correspondem ao produto encomendado. Para obter mais informações, envie um e-mail para mlsbranding@sial.com.

iii. **Ficha de Segurança de Nitrato de Níquel II hexa-hidratado****Ficha de Dados de Segurança**

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**

número do artigo: **4395**
 Versão: **2.0 pt**
 Substitui a versão de: 30.06.2015
 Versão: (1.0)

data de elaboração: 09.06.2017
 Revisão: 09.06.2017

SECÇÃO 1: Identificação da substância/mistura e da sociedade/empresa**1.1 Identificador do produto**

Identificação da substância	Nitrato de níquel(II) hexahidratado
Número do artigo	4395
Número de registo (REACH)	01-2119492333-38-xxxx
N.º de índice	028-012-00-1
Número CE	236-068-5
Número CAS	13478-00-7

1.2 Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas

Utilizações identificadas: produto químico de laboratório

1.3 Identificação do fornecedor da ficha de dados de segurança

Carl Roth GmbH + Co KG
 Schoemperlenstr. 3-5
 D-76185 Karlsruhe
 Alemanha

Telefone: +49 (0) 721 - 56 06 0

Telefax: +49 (0) 721 - 56 06 149

e-mail: sicherheit@carlroth.de

Sítio da Internet: www.carlroth.de

Pessoa competente responsável pela ficha de dados de segurança : Department Health, Safety and Environment

e-mail (pessoa competente) : sicherheit@carlroth.de

1.4 Número de telefone de emergência

Nome	Rua	Código postal/cidade	Telefone	Sítio da internet
Instituto Nacional de Emergência Médica Centro de Informação Anti Venenos	Rua Almirante Barroso, 36	1000-013 Lisboa	+351 808 250 143	www.inem.pt/ciav

SECÇÃO 2: Identificação dos perigos**2.1 Classificação da substância ou mistura**

Classificação em conformidade com o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 (CRE)

Classificação de acordo com GHS			
Secção	Classe de perigo	Classe e categoria de perigo	Advertência de perigo
2.14	sólido comburentes	(Ox. Sol. 2)	H272
3.10	toxicidade aguda (via oral)	(Acute Tox. 4)	H302
3.11	toxicidade aguda (via inalatória)	(Acute Tox. 4)	H332

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**número do artigo: **4395**

Classificação de acordo com GHS			
Secção	Classe de perigo	Classe e categoria de perigo	Advertência de perigo
3.2	corrosão/irritação cutânea	(Skin Irrit. 2)	H315
3.3	lesões oculares graves/irritação ocular	(Eye Dam. 1)	H318
3.4R	sensibilização respiratória	(Resp. Sens. 1)	H334
3.4S	sensibilização cutânea	(Skin Sens. 1)	H317
3.5	mutagenicidade para as células germinais	(Muta. 2)	H341
3.6	carcinogenicidade	(Carc. 1A)	H350i
3.7	toxicidade reprodutiva	(Repr. 1B)	H360D
3.9	toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição repetida	(STOT RE 1)	H372
4.1A	perigoso para o ambiente aquático - perigo agudo	(Aquatic Acute 1)	H400
4.1C	perigoso para o ambiente aquático - perigo crónico	(Aquatic Chronic 1)	H410

2.2 Elementos do rótulo**Rotulagem de acordo com o Regulamento (CE) n.º. 1272/2008 (CRE)****Palavra-sinal** Perigo**Pictogramas****Advertências de perigo**

H272	Pode agravar incêndios; comburente
H302+H332	Nocivo por ingestão ou inalação
H315	Provoca irritação cutânea
H317	Pode provocar uma reacção alérgica cutânea
H318	Provoca lesões oculares graves
H334	Quando inalado, pode provocar sintomas de alergia ou de asma ou dificuldades respiratórias
H341	Suspeito de provocar anomalias genéticas
H350i	Pode causar cancro por inalação
H360D	Pode afectar o nascituro
H372	Afecta os órgãos após exposição prolongada ou repetida
H410	Muito tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros

Advertências de prudência

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**número do artigo: **4395****Recomendações de prudência - prevenção**

- P201 Pedir instruções específicas antes da utilização.
 P220 Manter/guardar afastado de matérias combustíveis.
 P280 Usar luvas de protecção/protecção ocular.

Recomendações de prudência - resposta

- P304+P340 EM CASO DE INALAÇÃO: retirar a pessoa para uma zona ao ar livre e mantê-la numa posição que não dificulte a respiração.
 P305+P351+P338 SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante alguns minutos. Remover lentes de contacto, se existirem e forem fáceis de remover. Continuar a enxaguar.
 P308+P313 EM CASO DE exposição ou suspeita de exposição: consulte um médico.

Exclusivamente para utilização por profissionais

Rotulagem de pacotes cujo conteúdo não ultrapasse 125 mlPalavra-sinal: **Perigo**

Símbolo(s)



- H317 Pode provocar uma reacção alérgica cutânea.
 H318 Provoca lesões oculares graves.
 H334 Quando inalado, pode provocar sintomas de alergia ou de asma ou dificuldades respiratórias.
 H341 Suspeito de provocar anomalias genéticas.
 H350i Pode causar cancro por inalação.
 H360D Pode afectar o nascituro.
 H372 Afecta os órgãos após exposição prolongada ou repetida.
 P201 Pedir instruções específicas antes da utilização.
 P220 Manter/guardar afastado de matérias combustíveis.
 P280 Usar luvas de protecção/protecção ocular.
 P304+P340 EM CASO DE INALAÇÃO: retirar a pessoa para uma zona ao ar livre e mantê-la numa posição que não dificulte a respiração.
 P305+P351+P338 SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante alguns minutos. Remover lentes de contacto, se existirem e forem fáceis de remover. Continuar a enxaguar.
 P308+P313 EM CASO DE exposição ou suspeita de exposição: consulte um médico.

2.3 Outros perigos

Não existe informação adicional.

SECÇÃO 3: Composição e informações sobre os ingredientes**3.1 Substâncias**

Nome da substância	Nitrato de níquel(II) hexahidratado
N.º de índice	028-012-00-1
Número de registo (REACH)	01-2119492333-38-xxxx
Número CE	236-068-5
Número CAS	13478-00-7
Fórmula molecular	Ni(NO ₃) ₂ * 6H ₂ O
Massa molar	290,8 g/mol

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**

número do artigo: 4395

SECÇÃO 4: Medidas de primeiros socorros**4.1 Descrição das medidas de primeiros socorros****Notas gerais**

Evitar a exposição - obter instruções específicas antes da utilização.

Após inalação

Inalar ar fresco. Em caso de reacções alérgicas, sobretudo nas vias respiratórias, consultar de imediato o médico.

Após contacto com a pele

Enxaguar a pele com água/tomar uma ducha. Em caso de reacções cutâneas, consultar o médico.

Após contacto com os olhos

Em caso de contacto com os olhos, lavar de imediato com bastante água corrente mantendo as pálpebras abertas e consultar um oftalmologista.

Após ingestão

Lavar repetidamente a boca com água (apenas se a vítima estiver consciente). Contacte um médico.

4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados

Irritação, Reacções alérgicas (como erupções cutâneas, urticária, asma ou choque anafilático), Tosse, Vômito, Náuseas, Risco de lesões oculares graves

4.3 Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários

nenhum

SECÇÃO 5: Medidas de combate a incêndios**5.1 Meios de extinção****Meios adequados de extinção**Adequar as medidas de extinção ao local
água pulverizada, espuma, pó seco para extinção de incêndios, dióxido de carbono (CO₂)**Meios inadequados de extinção**

jacto de água

5.2 Perigos especiais decorrentes da substância ou mistura

Não combustível. Propriedade comburente.

Produtos de combustão perigososEm caso de incêndio podem formar-se: óxidos de azoto (NO_x)**5.3 Recomendações para o pessoal de combate a incêndios**

Não permitir que a água de combate a incêndios entre em esgotos ou cursos de água. Combater o incêndio tomando as precauções normais e a partir de uma distância razoável. Use equipamento de respiração autónomo.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**número do artigo: **4395****SECÇÃO 6: Medidas a tomar em caso de fugas acidentais****6.1 Precauções individuais, equipamento de protecção e procedimentos de emergência****Para o pessoal não envolvido na resposta à emergência**

Não respirar as poeiras. Evitar o contacto com a pele e os olhos. Uso de equipamento de protecção adequado (incluindo o equipamento de protecção individual referido na secção 8 da ficha de dados de segurança) a fim de prevenir qualquer contaminação da pele, dos olhos ou do vestuário.

6.2 Precauções a nível ambiental

Manter afastado dos esgotos, das águas superficiais e subterrâneas. Reter a água de lavagem contaminada e eliminá-la.

6.3 Métodos e materiais de confinamento e limpeza**Recomendações sobre como confinar um derrame**

Limpeza com material absorvente (por exemplo: tecido, lã).

Recomendações sobre como proceder à limpeza de um derrame

Remover utilizando meios mecânicos. Controlo de poeiras.

Outras informações relacionadas com a actuação em caso de derrames ou emissões

Colocar em recipientes adequados para eliminação. Ventilar a área afectada.

6.4 Remissão para outras secções

Produtos de combustão perigosos: ver secção 5. Equipamento de protecção individual: ver secção 8. Materiais incompatíveis: ver secção 10. Condições relativas à eliminação: ver secção 13.

SECÇÃO 7: Manuseamento e armazenagem**7.1 Precauções para um manuseamento seguro**

Usar chaminé de extracção (laboratório). Evitar a exposição. Evitar formação de pó.

• Medidas a adoptar com vista à prevenção de incêndios, de formação de aerossóis e de poeiras

Manter afastado de matérias combustíveis.

Recomendações de ordem geral sobre higiene no local de trabalho

Lavar as mãos antes das pausas e ao fim do trabalho.

7.2 Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades

Manter o recipiente bem fechado. Armazenar em local seco.

Substâncias ou misturas incompatíveis

Ter em conta as indicações sobre o armazenamento compatível de produtos químicos.

Ter em conta outros conselhos**• Requisitos em termos de ventilação**

Utilizar ventilação geral e local.

• Concepção especial de compartimentos ou recipientes de armazenagem

Temperatura de armazenamento recomendada: 15 – 25 °C.

7.3 Utilização(ões) final(is) específica(s)

Não existe informação disponível.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**número do artigo: **4395****SECÇÃO 8: Controlo da exposição/Protecção individual****8.1 Parâmetros de controlo****Valores-limite nacionais****Valores limite de exposição profissional (limites de exposição no local de trabalho)**

Não estão disponíveis dados.

8.2 Controlo da exposição**Medidas de protecção individual (equipamentos de protecção individual)****Protecção ocular/facial**

Usar óculos de segurança com protecção lateral.

Protecção da pele**• protecção das mãos**

Usar luvas adequadas. As luvas de protecção química adequadas, se testadas de acordo com a NE 374. Para fins específicos, é recomendado verificar a resistência a produtos químicos das luvas de protecção mencionadas acima, bem como o fornecedor das luvas.

• tipo de material

NBR (Borracha de nitrilo)

• espessura do material

>0,11 mm

• duração do material das luvas

> 480 minutos (permeação: nível 6)

• outras medidas de protecção

Fazer períodos de recuperação para a regeneração da pele. É recomendável a protecção preventiva da pele (cremes/pomadas de protecção).

Protecção respiratória

Dispositivo filtrador de partículas (NE 143). P2 (filtra pelo menos 94% das partículas em suspensão código de cores: Branco). É necessária protecção respiratória quando: Desenvolvimento de poeiras. Deve ser observado o tempo limite de uso de acordo com GefStoffV, em combinação com as regras para uso de aparelhos de protecção respiratória (BGR 190).

Controlo da exposição ambiental

Manter afastado dos esgotos, das águas superficiais e subterrâneas.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**número do artigo: **4395****SECÇÃO 9: Propriedades físico-químicas****9.1 Informações sobre propriedades físicas e químicas de base****Aspecto**

Estado físico	sólido (cristalino)
Cor	verde
Odor	como: Ácido nítrico
Limiar olfativo	Sem dados disponíveis

Outros parâmetros físico-químicos

pH (valor)	5 (50 g/l, 20 °C)
Ponto de fusão/ponto de congelação	56 – 57 °C
Ponto de ebulição inicial e intervalo de ebulição	136 – 137 °C
Ponto de inflamação	não aplicável
Taxa de evaporação	sem dados disponíveis
Inflamabilidade (sólido, gás)	Estas informações não estão disponíveis
<u>Limites de explosividade</u>	
• limite inferior de explosão (LEL)	esta informação não está disponível
• limite superior de explosão (UEL)	esta informação não está disponível
Limites de explosão de nuvens de poeiras	estas informações não estão disponíveis
Pressão de vapor	Esta informação não está disponível.
Densidade	2,05 g/cm ³ a 20 °C
Densidade de vapor	Esta informação não está disponível.
Densidade aparente	~ 800 kg/m ³
Densidade relativa	Não está disponível informação relativa a esta propriedade.
<u>Solubilidade(s)</u>	
Solubilidade em água	~ 940 g/l a 20 °C
<u>Coefficiente de partição</u>	
n-octanol/água (log KOW)	Esta informação não está disponível.
Temperatura de auto-ignição	Não está disponível informação relativa a esta propriedade.
Temperatura de decomposição	>137 °C
Viscosidade	não relevante (matéria sólida)
Propriedades explosivas	não deve ser classificada como explosiva
Propriedades comburentes	comburente

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**número do artigo: **4395****9.2 Outras informações**

Não existe informação adicional.

SECÇÃO 10: Estabilidade e reatividade**10.1 Reactividade**

Propriedade comburentes.

10.2 Estabilidade química

O material é estável em condições ambientais normais e nas condições previsíveis de temperatura e pressão durante a armazenagem e o manuseamento.

10.3 Possibilidade de reações perigosas

Reage violentamente com: Agentes redutores, Ácidos

10.4 Condições a evitar

Manter afastado do calor. - Decomposição a temperaturas a partir de: >137 °C.

10.5 Materiais incompatíveis

Não existe informação adicional.

10.6 Produtos de decomposição perigosos

Produtos de combustão perigosos: ver secção 5.

SECÇÃO 11: Informação toxicológica**11.1 Informações sobre os efeitos toxicológicos****Toxicidade aguda**

Via de exposição	Parâmetro de perigo	Valor	Espécies	Fonte
oral	LD50	1.620 mg/kg	rato	TOXNET

Corrosão/irritação cutânea

Provoca irritação cutânea.

Lesões oculares graves/irritação ocular

Provoca lesões oculares graves.

Sensibilização respiratória ou cutânea

Quando inalado, pode provocar sintomas de alergia ou de asma ou dificuldades respiratórias. Pode provocar uma reacção alérgica cutânea. Pode causar sensibilização em contacto com a pele. Pode causar sensibilização por inalação.

Resumo da avaliação das propriedades CMR**Mutagenicidade para as células germinais:**

Suspeito de provocar anomalias genéticas

Carcinogenicidade:

Pode causar cancro por inalação

Toxicidade reprodutiva:

Pode afectar o nascituro

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**número do artigo: **4395****• Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição única**

Não deve ser classificado como tóxico para órgãos-alvo específicos (exposição única).

• Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição repetida

Afeta os órgãos após exposição prolongada ou repetida.

Perigo de aspiração

Não deve ser classificado como apresentando perigo de aspiração.

Sintomas relacionados com as características físicas, químicas e toxicológicas**• Em caso de ingestão**

vómito, náuseas

• Se entrar em contacto com os olhos

Provoca lesões oculares graves

• Em caso de inalação

tosse, dificuldades respiratórias, problemas asmáticos, um sensibilizante respiratório

• Se entrar em contacto com a pele

efeitos irritantes, um sensibilizante cutâneo

Outras informações

Outros efeitos adversos: Metahemoglobinemia

SECÇÃO 12: Informação ecológica**12.1 Toxicidade**

Muito tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.

Toxicidade em meio aquático (aguda)

Muito tóxico para os organismos aquáticos.

Parâmetro de perigo	Valor	Espécies	Fonte	Tempo de exposição
EC50	0,9 mg/l	dáfnia magna	ECOTOX-Database	48 h
LC50	10,6 mg/l	common carp (Cyprinus caprio)	ECOTOX-Database	96 h

Toxicidade em meio aquático (crónica)

Pode causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático.

12.2 Processo de degradabilidade

Os métodos para determinação da degradabilidade biológica não são aplicáveis a substâncias inorgânicas.

12.3 Potencial de bioacumulação

Não estão disponíveis dados.

12.4 Mobilidade no solo

Não estão disponíveis dados.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**

número do artigo: 4395

12.5 Resultados da avaliação PBT e mPmB

Não estão disponíveis dados.

12.6 Outros efeitos adversos

Não estão disponíveis dados.

SECÇÃO 13: Considerações relativas à eliminação**13.1 Métodos de tratamento de resíduos**

Este produto e o seu recipiente devem ser eliminados como resíduos perigosos. Eliminar o conteúdo/recipiente conformidade com os regulamentos locais/regionais/nacionais/internacionais.

Informações relevantes relativas à descarga através das águas residuais

Não deitar os resíduos no esgoto. Evitar a libertação para o ambiente obter instruções específicas/fichas de segurança.

Tratamento de resíduos de contentores/embalagens

É um resíduo perigoso; só podem ser utilizadas embalagens que tenham sido aprovadas (por exemplo, de acordo com ADR).

13.2 Disposições pertinentes em matéria de resíduos

A atribuição de códigos de resíduos/classificação de resíduos específicos do ramo e do processo deve ocorrer de acordo com o regulamento para a classificação de resíduos segundo o CER (Catálogo Europeu de Resíduos).

13.3 Observações

Deve fazer-se a triagem dos resíduos em categorias que possam ser tratadas separadamente pelas instalações, locais ou nacionais, de tratamento de resíduos. Tenha em conta a legislação nacional ou regional pertinente em vigor.





SECÇÃO 14: Informações relativas ao transporte

14.1	Número ONU	2725
14.2	Designação oficial de transporte da ONU	NITRATO DE NÍQUEL
	Ingredientes perigosos	Nitrato de níquel(II) hexahidratado
14.3	Classes de perigo para efeitos de transporte	
	Classe	5.1 (matérias comburentes)
14.4	Grupo de embalagem	III (matéria levemente perigosa)
14.5	Perigos para o ambiente	perigoso para o ambiente aquático
14.6	Precauções especiais para o utilizador	
	As disposições relativas às mercadorias perigosas (ADR) também devem ser cumpridos no interior das instalações.	
14.7	Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção MARPOL e o Código IBC	
	A carga não será transportada como carga a granel.	
14.8	Informações para cada um dos regulamentos-tipo da ONU	
	• Transporte de mercadorias perigosas por estrada, por caminho-de-ferro ou por via navegável (ADR/RID/ADN)	
	Número ONU	2725
	Designação oficial de transporte	NITRATO DE NÍQUEL
	Menções no documento de transporte	UN2725, NITRATO DE NÍQUEL, 5.1, III, (E), perigoso para o ambiente
	Classe	5.1

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**número do artigo: **4395**

Código de classificação	O2
Grupo de embalagem	III
Rótulo(s) de perigo	5.1 + "peixe e árvore"
 	
Perigos para o ambiente	sim (perigoso para o ambiente aquático)
Quantidades exceptuadas (QE)	E1
Quantidades limitadas (QL)	5 kg
Categoria de transporte (CT)	3
Código de restrição em túneis (CRT)	E
Número de identificação de perigo	50
• Código Marítimo Internacional de Mercadorias Perigosas (IMDG)	
Número ONU	2725
Designação oficial de transporte	NICKEL NITRATE
Menções a inscrever na declaração do expedidor	UN2725, NITRATO DE NÍQUEL, 5.1, III, POLUENTE MARINHO
Classe	5.1
Poluente marinho	sim (perigoso para o ambiente aquático)
Grupo de embalagem	III
Rótulo(s) de perigo	5.1 + "peixe e árvore"
 	
Disposições especiais (DE)	-
Quantidades exceptuadas (QE)	E1
Quantidades limitadas (QL)	5 kg
EmS	F-A, S-Q
Categoria de acondicionamento	A
• Organização da Aviação Civil Internacional (OACI-IATA/DGR)	
Número ONU	2725
Designação oficial de transporte	Nitrato de níquel
Menções a inscrever na declaração do expedidor	UN2725, Nitrato de níquel, 5.1, III
Classe	5.1
Perigos para o ambiente	sim (perigoso para o ambiente aquático)
Grupo de embalagem	III
Rótulo(s) de perigo	5.1

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**número do artigo: **4395**

Quantidades exceptuadas (QE)

E1

Quantidades limitadas (QL)

10 kg

SECÇÃO 15: Informação sobre regulamentação**15.1 Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente****Disposições pertinentes da União Europeia (UE)**

- **Regulamento 649/2012/UE** relativo à exportação e importação de produtos químicos perigosos (PIC)

Não referido.

- **Regulamento 1005/2009/CE** relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono

Não referido.

- **Regulamento 850/2004/CE** relativo a poluentes orgânicos persistentes (POP)

Não referido.

- **Restrições de acordo com REACH, Apêndice XVII**

Nome da substância	Nº CAS	Wt%	Tipo de registo	Nº
Nitrato de níquel(II) hexahidratado		100	1907/2006/EC apêndice XVII	3
Nitrato de níquel(II) hexahidratado		100	1907/2006/EC apêndice XVII	28
Nitrato de níquel(II) hexahidratado		100	1907/2006/EC apêndice XVII	30
Nitrato de níquel(II) hexahidratado		100	1907/2006/EC apêndice XVII	27

- **Lista das substâncias sujeitas a autorização (REACH, Apêndice XIV)**

não referido

- **Directiva Seveso**

2012/18/UE (Seveso III)				
Nº	Substância perigosa/categorias de perigo	Quantidades-limiar (em toneladas) para a aplicação de requisitos de nível inferior e superior		Notas
P8	líquidos e sólidos comburentes	50	200	55)

Notação

55) Líquidos comburentes, categoria 1, 2 ou 3, ou sólidos comburentes, categoria 1, 2 ou 3

- **Directiva 2011/65/UE** relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos (RoHS) - Anexo II

não referido

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**número do artigo: **4395****Regulamento 166/2006/CE relativo à criação do Registo Europeu das Emissões e Transferências de Poluentes (PRTR)**

não referido

Directiva 2000/60/CE que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água

não referido

Inventários nacionais

A substância está listada nos seguintes inventários nacionais:

- EINECS/ELINCS/NLP (Europa)
- REACH (Europa)

15.2 Avaliação da segurança química

Não se efectuou nenhuma avaliação da segurança química para esta substância.

SECÇÃO 16: Outras informações**16.1 Indicação de alterações (ficha de dados de segurança revista)**

Secção	Registo anterior (texto/valor)	Registo actual (texto/valor)	Relevante em termos de segurança
1.1	Número de registo (REACH): Esta informação não está disponível.	Número de registo (REACH): 01-2119492333-38-xxxx	sim
2.2		Pictogramas: alteração na lista (quadro)	sim
2.2		Advertências de perigo: alteração na lista (quadro)	sim
2.2		Recomendações de prudência - prevenção: alteração na lista (quadro)	sim
2.2		Recomendações de prudência - resposta: alteração na lista (quadro)	sim
2.2		Rotulagem de pacotes cujo conteúdo não ultrapasse 125 ml: alteração na lista (quadro)	sim
2.2		Rotulagem de pacotes cujo conteúdo não ultrapasse 125 ml: alteração na lista (quadro)	sim
2.2		Rotulagem de pacotes cujo conteúdo não ultrapasse 125 ml: alteração na lista (quadro)	sim
8.1	Valores limite de exposição profissional (limites de exposição no local de trabalho): não relevante	Valores limite de exposição profissional (limites de exposição no local de trabalho): Não estão disponíveis dados.	sim
14.8	Menções no documento de transporte: UN2725, NITRATO DE NÍQUEL, (Nitrato de níquel(II) hexahidratado), 5.1, III, (E), perigoso para o ambiente	Menções no documento de transporte: UN2725, NITRATO DE NÍQUEL, 5.1, III, (E), perigoso para o ambiente	sim
14.8	Menções a inscrever na declaração do expedidor: UN2725, NITRATO DE NÍQUEL, (Nitrato de níquel(II) hexahidratado), 5.1, III, POLUENTE MARINHO	Menções a inscrever na declaração do expedidor: UN2725, NITRATO DE NÍQUEL, 5.1, III, POLUENTE MARINHO	sim
14.8		• Organização da Aviação Civil Internacional (OACI-IATA/DGR)	sim

Portugal (pt)

Página 13 / 15

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**número do artigo: **4395**

Secção	Registo anterior (texto/valor)	Registo actual (texto/valor)	Relevante em termos de segurança
14.8		Número ONU: 2725	sim
14.8		Designação oficial de transporte: Nitrato de níquel	sim
14.8		Menções a inscrever na declaração do expedidor: UN2725, Nitrato de níquel, 5.1, III	sim
14.8		Classe: 5.1	sim
14.8		Perigos para o ambiente: sim (perigoso para o ambiente aquático)	sim
14.8		Grupo de embalagem: III	sim
14.8		Rótulo(s) de perigo: 5.1	sim
14.8		Rótulo(s) de perigo: alteração na lista (quadro)	sim
14.8		Quantidades exceptuadas (QE): E1	sim
14.8		Quantidades limitadas (QL): 10 kg	sim

Abreviaturas e acrónimos

Abrev.	Descrição das abreviaturas utilizadas
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acordo Europeu relativo ao transporte internacional de mercadorias perigosas por via navegável interior)
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acordo Europeu relativo ao transporte internacional de mercadorias perigosas por estrada)
CAS	Chemical Abstracts Service (serviço que mantém a lista mais completa de substâncias químicas)
CMR	cancerígeno, mutagénico ou tóxico para a reprodução
CRE	Regulamento (CE) n.º 1272/2008 relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas
DGR	regulamentação referente a Mercadorias Perigosas (ver IATA/DGR)
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (inventário europeu das substâncias químicas existentes no mercado)
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances (lista europeia das substâncias químicas notificadas)
EmS	horário de emergência
GHS	"Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals" "Sistema Mundial Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos" desenvolvido pelas Nações Unidas
IATA	Associação Internacional do Transporte Aéreo
IATA/DGR	Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (regulamentação referente a Mercadorias Perigosas para o transporte aéreo)
IMDG	International Maritime Dangerous Goods (Código Marítimo Internacional de Mercadorias Perigosas)
MARPOL	Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (abrev. de "poluente marinho")

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE

**Nitrato de níquel(II) hexahidratado ≥ 99%, p.a.**número do artigo: **4395**

Abrev.	Descrição das abreviaturas utilizadas
mPmB	muito persistente e muito bioacumulável
NLP	ex-polímero
nº de índice	o número de índice é o código de identificação atribuído à substância na parte 3 do anexo VI do Regulamento (CE) n.º 1272/2008
OACI	Organização da Aviação Civil Internacional
PBT	Persistente, Bioacumulável e Tóxico
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas)
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Acordo Europeu relativo ao transporte internacional ferroviário de mercadorias perigosas)

Referências bibliográficas importantes e fontes dos dados utilizados

- Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE
- Regulamento (CE) n.º 1272/2008 (CRE, GHS UE)
- Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (regulamentação referente a Mercadorias Perigosas para o transporte aéreo)
- Código Marítimo Internacional de Mercadorias Perigosas (IMDG)

Frases relevantes (código e texto integral, como indicado no capítulo 2 e 3)

Código	Texto
H272	pode agravar incêndios; comburente
H302	nocivo por ingestão
H315	provoca irritação cutânea
H317	pode provocar uma reacção alérgica cutânea
H318	provoca lesões oculares graves
H332	nocivo por inalação
H334	quando inalado, pode provocar sintomas de alergia ou de asma ou dificuldades respiratórias
H341	suspeito de provocar anomalias genéticas
H350i	pode causar cancro por inalação
H360D	pode afectar o nascituro
H372	afecta os órgãos após exposição prolongada ou repetida
H400	muito tóxico para os organismos aquáticos
H410	muito tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros

Declarações de exoneração de responsabilidade

A informação contante desta ficha de segurança baseia-se no conhecimento actual. As informações devem ser um ponto de referência para o manuseamento seguro do produto mencionado neste folheto informativo sobre segurança, relativamente ao seu armazenamento, processamento, transporte e eliminação. As indicações não são aplicáveis a outros produtos. Em caso de o produto ser misturado ou preparado com outros materiais, as indicações constantes neste folheto informativo sobre segurança não são automaticamente transferíveis para o novo material.

iv. Ficha de Segurança de Sulfato de Zinco II hepta-hidratado

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n° 1907/2006 (REACH)



Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro

número do artigo: **7316**
 Versão: **4.0 pt**
 Substitui a versão de: 19.08.2020
 Versão: (3)

data de elaboração: 30.03.2016
 Revisão: 13.08.2021

SECÇÃO 1: Identificação da substância/mistura e da sociedade/empresa

1.1 Identificador do produto

Identificação da substância	Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro
Número do artigo	7316
Número de registo (REACH)	01-2119474684-27-xxxx
Número de índice no anexo VI do Regulamento CRE	030-006-00-9
Número CE	231-793-3
Número CAS	7446-20-0

1.2 Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas

Utilizações identificadas relevantes:	Produto químico de laboratório Utilização laboratorial e analítica
Utilizações desaconselhadas:	Não utilizar para produtos que são destinados a contacto com alimentos. Não utilizar para fins particulares (domésticos).

1.3 Identificação do fornecedor da ficha de dados de segurança

Carl Roth GmbH + Co KG
 Schoemperlenstr. 3-5
 D-76185 Karlsruhe
 Alemanha

Telefone:+49 (0) 721 - 56 06 0
Telefax: +49 (0) 721 - 56 06 149
e-mail: sicherheit@carlroth.de
Sítio da internet: www.carlroth.de

Pessoa competente responsável pela ficha de dados de segurança: :Department Health, Safety and Environment

e-mail (pessoa competente):

sicherheit@carlroth.de

Fornecedor (importador):

BetaLab Lda.
 Rua Sérgio Soares, 12-A Pendao
 2745-051 Queluz
 +351 21 4358437
 +351 21 4358439
 betalab@sapo.pt
 -

1.4 Número de telefone de emergência

Nome	Rua	Código postal/cidade	Telefone	Sítio da internet
Centro de Informação Antivenenos	Rua Almirante Barroso, 36	1000-013 Lisboa	808 250 143	

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro**número do artigo: **7316****1.5 Importador**BetaLab Lda.
Rua Sérgio Soares, 12-A Pendao
2745-051 Queluz
Portugal**Telefone:** +351 21 4358437**Telefax:** +351 21 4358439**e-Mail:** betalab@sapo.pt**Sítio da internet:** -**SECÇÃO 2: Identificação dos perigos****2.1 Classificação da substância ou mistura****Classificação em conformidade com o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 (CRE)**

Secção	Classe de perigo	Categoria	Classe e categoria de perigo	Advertência de perigo
3.10	Toxicidade aguda (via oral)	4	Acute Tox. 4	H302
3.3	Lesões oculares graves/irritação ocular	1	Eye Dam. 1	H318
4.1A	Perigoso para o ambiente aquático - perigo agudo	1	Aquatic Acute 1	H400
4.1C	Perigoso para o ambiente aquático - perigo crónico	1	Aquatic Chronic 1	H410

Para aceder ao texto completo das abreviaturas: ver SECÇÃO 16

Os principais efeitos adversos decorrentes das propriedades físico-químicas assim como os efeitos para a saúde humana e para o ambiente

O derrame e a água de combate a incêndios podem provocar poluição de cursos de água.

2.2 Elementos do rótulo**Rotulagem de acordo com o Regulamento (CE) n.º. 1272/2008 (CRE)****Palavra-sinal** Perigo**Pictogramas**GHS05, GHS07,
GHS09**Advertências de perigo**H302 Nocivo por ingestão
H318 Provoca lesões oculares graves
H410 Muito tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros**Advertências de prudência****Recomendações de prudência - prevenção**P270 Não comer, beber ou fumar durante a utilização deste produto
P273 Evitar a libertação para o ambiente
P280 Usar luvas de protecção/protecção ocular

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro**número do artigo: **7316****Recomendações de prudência - resposta**

P305+P351+P338 SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: Enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continue a enxaguar

P310 Contacte imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS/médico

Rotulagem de pacotes cujo conteúdo não ultrapasse 125 mlPalavra-sinal: **Perigo**

Símbolo(s)



H318 Provoca lesões oculares graves.

P280 Usar luvas de protecção/protecção ocular.

P305+P351+P338 SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: Enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continue a enxaguar.

P310 Contacte imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS/médico.

2.3 Outros perigos**Resultados da avaliação PBT e mPmB**

De acordo com os resultados da avaliação, esta substância não é uma substância PBT ou mPmB.

SECÇÃO 3: Composição e informações sobre os ingredientes**3.1 Substâncias**

Nome da substância	Sulfato de zinco heptahidratado
Fórmula molecular	ZnSO ₄ * 7H ₂ O
Massa molar	287,5 g/mol
N.º de registo REACH	01-2119474684-27-xxxx
N.º CAS	7446-20-0
N.º CE	231-793-3
N.º de índice	030-006-00-9

Substância, Limites de concentração específicos, factores-M, ATE			
Limites de concentração específicos	Factores-M	ATE	Via de exposição
-	-	926 mg/kg	oral

SECÇÃO 4: Medidas de primeiros socorros**4.1 Descrição das medidas de primeiros socorros****Notas gerais**

Retirar a roupa contaminada.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)



Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro

número do artigo: **7316**

Após inalação

Proporcionar ar fresco. Se surgirem queixas ou em caso de persistência dos sintomas, consultar um médico.

Após contacto com a pele

Enxaguar a pele com água/tomar uma ducha. Se surgirem queixas ou em caso de persistência dos sintomas, consultar um médico.

Após contacto com os olhos

Em caso de contacto com os olhos, lavar de imediato com bastante água corrente mantendo as pálpebras abertas e consultar um oftalmologista.

Após ingestão

Lavar repetidamente a boca com água (apenas se a vítima estiver consciente). Contacte um médico.

4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados

Vômito, Risco de cegueira, Risco de lesões oculares graves

4.3 Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários

nenhum

SECÇÃO 5: Medidas de combate a incêndios

5.1 Meios de extinção



Meios adequados de extinção

coordenar as medidas de combate a incêndios com o ambiente do incêndio
água, espuma, espuma resistente ao álcool, pó seco para extinção de incêndios, pó ABC

Meios inadequados de extinção

jacto de água

5.2 Perigos especiais decorrentes da substância ou mistura

Não combustível.

Produtos de combustão perigosos

Em caso de incêndio podem formar-se: Óxidos de enxofre (SOx)

5.3 Recomendações para o pessoal de combate a incêndios

Em caso de incêndio e/ou explosão não respirar os fumos. Não permitir que a água de combate a incêndios entre em esgotos ou cursos de água. Combater o incêndio tomando as precauções normais e a partir de uma distância razoável. Use equipamento de respiração autónomo.

SECÇÃO 6: Medidas a tomar em caso de fugas acidentais

6.1 Precauções individuais, equipamento de proteção e procedimentos de emergência



Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro**número do artigo: **7316****Para o pessoal não envolvido na resposta à emergência**

Uso de equipamento de protecção adequado (incluindo o equipamento de protecção individual referido na secção 8 da ficha de dados de segurança) a fim de prevenir qualquer contaminação da pele, dos olhos ou do vestuário. Evitar o contacto com a pele, os olhos e o vestuário. Não respirar as poeiras.

6.2 Precauções a nível ambiental

Manter afastado dos esgotos, das águas superficiais e subterrâneas. Reter a água de lavagem contaminada e eliminá-la.

6.3 Métodos e materiais de confinamento e limpeza**Recomendações sobre como confinar um derrame**

Limpeza com material absorvente (por exemplo: tecido, lã). Remover utilizando meios mecânicos.

Recomendações sobre como proceder à limpeza de um derrame

Remover utilizando meios mecânicos. Controlo de poeiras.

Outras informações relacionadas com a actuação em caso de derrames ou emissões

Colocar em recipientes adequados para eliminação.

6.4 Remissão para outras secções

Produtos de combustão perigosos: ver secção 5. Equipamento de protecção individual: ver secção 8. Materiais incompatíveis: ver secção 10. Condições relativas à eliminação: ver secção 13.

SECÇÃO 7: Manuseamento e armazenagem**7.1 Precauções para um manuseamento seguro**

Evitar formação de pó.

Medidas a adoptar com vista à prevenção de incêndios, de formação de aerossóis e de poeiras

Eliminação de depósitos de poeiras.

Medidas de protecção do ambiente

Evitar a libertação para o ambiente.

Recomendações de ordem geral sobre higiene no local de trabalho

Lavar as mãos antes das pausas e ao fim do trabalho. Manter afastado de alimentos e bebidas incluindo os dos animais.

7.2 Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades

Armazenar em local seco.

Substâncias ou misturas incompatíveis

Ter em conta as indicações sobre o armazenamento compatível de produtos químicos.

Ter em conta outros conselhos:**Requisitos em termos de ventilação**

Utilizar ventilação geral e local.

Concepção especial de compartimentos ou recipientes de armazenagem

Temperatura de armazenagem recomendada: 15 – 25 °C

7.3 Utilização(ões) final(is) específica(s)

Não existe informação disponível.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro**

número do artigo: 7316

SECÇÃO 8: Controlo da exposição/Protecção individual**8.1 Parâmetros de controlo****Valores-limite nacionais****Valores limite de exposição profissional (limites de exposição no local de trabalho)**

Não estão disponíveis dados.

Valores para a saúde humana

DNEL e outros níveis limite relevantes				
Parâmetro de perigo	Nível limite	Objectivo de protecção, via de exposição	Utilizado em	Tempo de exposição
DNEL	1 mg/m ³	humana, inalatória	trabalhador (indústria)	crónicos - efeitos sistémicos
DNEL	8,3 mg/kg pc/dia	humana, cutânea	trabalhador (indústria)	crónicos - efeitos sistémicos

Valores ambientais

PNEC e outros níveis limite relevantes				
Parâmetro de perigo	Nível limite	Organismo	Compartimento ambiental	Tempo de exposição
PNEC	20,6 µg/l	organismos aquáticos	água doce	curto-prazo (exposição única)
PNEC	6,1 µg/l	organismos aquáticos	água do mar	curto-prazo (exposição única)
PNEC	100 µg/l	organismos aquáticos	estação de tratamento de águas residuais (ETAR)	curto-prazo (exposição única)
PNEC	117,8 mg/kg	organismos aquáticos	sedimento em água doce	curto-prazo (exposição única)
PNEC	56,5 mg/kg	organismos aquáticos	sedimento marinho	curto-prazo (exposição única)
PNEC	35,6 mg/kg	organismos terrestres	solo	curto-prazo (exposição única)

8.2 Controlo da exposição**Medidas de protecção individual (equipamentos de protecção individual)****Protecção ocular/facial**

Usar óculos de segurança com protecção lateral.

Protecção da pele

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro**

número do artigo: 7316

• protecção das mãos

Usar luvas adequadas. As luvas de protecção química adequadas, se testadas de acordo com a NE 374. Para fins específicos, é recomendado verificar a resistência a produtos químicos das luvas de protecção mencionadas acima, bem como o fornecedor das luvas. Os tempos são valores aproximados de medições a 22 ° C e contato permanente. Temperaturas aumentadas devido a substâncias aquecidas, calor corporal, etc. e uma redução da espessura efetiva da camada por estiramento podem levar a uma redução considerável do tempo de penetração. Em caso de dúvida, entre em contato com o fabricante. Com uma espessura de camada de aproximadamente 1,5 vezes maior / menor, o respectivo tempo de penetração é duplicado / reduzido pela metade. Os dados aplicam-se apenas à substância pura. Quando transferidos para misturas de substâncias, eles só podem ser considerados como um guia.

• tipo de material

NBR (Borracha de nitrilo)

• espessura do material

>0,11 mm

• duração do material das luvas

> 480 minutos (permeação: nível 6)

• outras medidas de protecção

Fazer períodos de recuperação para a regeneração da pele. É recomendável a protecção preventiva da pele (cremes/pomadas de protecção).

 Protecção respiratória

É necessária protecção respiratória quando: Desenvolvimento de poeiras. Dispositivo filtrador de partículas (NE 143). P2 (filtra pelo menos 94% das partículas em suspensão código de cores: Branco).

Controlo da exposição ambiental

Manter afastado dos esgotos, das águas superficiais e subterrâneas.

SECÇÃO 9: Propriedades físico-químicas**9.1 Informações sobre propriedades físicas e químicas de base**

Estado físico	sólido
Forma	crystalino
Cor	branco
Odor	sem odor
Ponto de fusão/ponto de congelação	>39 °C (decomposição lenta)
Ponto de ebulição ou ponto de ebulição inicial e intervalo de ebulição	não determinado
Inflamabilidade	não combustível
Limite superior e inferior de explosividade	não determinado
Ponto de inflamação	não aplicável
Temperatura de autoignição	não determinado
Temperatura de decomposição	>39 °C

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro**número do artigo: **7316**

pH (valor)	4 – 6 (in aqueous solution: 50 g/l, 20 °C)
Viscosidade cinemática	não relevante
<u>Solubilidade(s)</u>	
Solubilidade em água	965 g/l a 20 °C
<u>Coefficiente de partição</u>	
Coefficiente de partição n-octanol/água (valor logarítmico):	não relevante (inorgânico)
Pressão de vapor	não determinado
Densidade	1,97 g/cm ³ a 20 °C
Densidade relativa do vapor	não está disponível informação relativa a esta propriedade
Densidade aparente	800 – 1.000 kg/m ³
Características das partículas	Sem dados disponíveis.
<u>Outros parâmetros de segurança</u>	
Propriedades comburentes	nenhum
9.2 Outras informações	
Informações relativas às classes de perigo físico:	classes de perigo de acordo com GHS (perigos físicos): não relevante
Outras características de segurança:	Não existe informação adicional.

SECÇÃO 10: Estabilidade e reatividade**10.1 Reactividade**

Este material não é reactivo em condições ambientais normais.

10.2 Estabilidade química

O material é estável em condições ambientais normais e nas condições previsíveis de temperatura e pressão durante a armazenagem e o manuseamento.

10.3 Possibilidade de reações perigosas**Reage violentamente com:** muito comburentes**10.4 Condições a evitar**

Manter afastado do calor. Decomposição a temperaturas a partir de: >39 °C.

10.5 Materiais incompatíveis

Não existe informação adicional.

10.6 Produtos de decomposição perigosos

Produtos de combustão perigosos: ver secção 5.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puriss extra puro**

número do artigo: 7316

SECÇÃO 11: Informação toxicológica**11.1 Informações sobre as classes de perigo, tal como definidas no Regulamento (CE) n.º 1272/2008****Classificação de acordo com o GHS (1272/2008/CE, CRE)****Toxicidade aguda**

Nocivo por ingestão.

Toxicidade aguda					
Via de exposição	Parâmetro de perigo	Valor	Espécies	Método	Fonte
oral	LD50	926 mg/kg	murganho	anidro	ECHA
cutânea	LD50	>2.000 mg/kg	rato	anidro	ECHA

Corrosão/irritação cutânea

Não deve ser classificado como corrosivo/irritante cutâneo.

Lesões oculares graves/irritação ocular

Provoca lesões oculares graves.

Sensibilização respiratória ou cutânea

Não deve ser classificado como sensibilizante respiratório ou cutâneo.

Mutagenicidade para as células germinais

Não deve ser classificado como mutagénico para as células germinais.

Carcinogenicidade

Não deve ser classificado como cancerígeno.

Toxicidade reprodutiva

Não deve ser classificado como tóxico reprodutivo.

Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição única

Não deve ser classificado como tóxico para órgãos-alvo específicos (exposição única).

Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição repetida

Não deve ser classificado como tóxico para órgãos-alvo específicos (exposição repetida).

Perigo de aspiração

Não deve ser classificado como apresentando perigo de aspiração.

Sintomas relacionados com as características físicas, químicas e toxicológicas**• Em caso de ingestão**

Não estão disponíveis dados.

• Se entrar em contacto com os olhos

Provoca lesões oculares graves, risco de cegueira

• Em caso de inalação

Não estão disponíveis dados.

• Se entrar em contacto com a pele

Não estão disponíveis dados.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro**número do artigo: **7316****• Outras informações**

nenhum

11.2 Propriedades desreguladoras do sistema endócrino

Não referido.

11.3 Informações sobre outros perigos

Não existe informação adicional.

SECÇÃO 12: Informação ecológica**12.1 Toxicidade**

Muito tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.

Toxicidade em meio aquático (aguda)				
Parâmetro de perigo	Valor	Espécies	Fonte	Tempo de exposição
LC50	112 µg/l	peixe	ECHA	96 h
EC50	360 µg/l	invertebrado aquático	ECHA	48 h

Toxicidade em meio aquático (crónica)				
Parâmetro de perigo	Valor	Espécies	Fonte	Tempo de exposição
EC50	5,2 mg/l	microrganismos	ECHA	3 h

Biodegradação

Os métodos para determinação da degradabilidade biológica não são aplicáveis a substâncias inorgânicas.

12.2 Processo de degradabilidade

Não estão disponíveis dados.

12.3 Potencial de bioacumulação

Não se acumula significativamente nos organismos.

BCF	96,05 (ECHA)
-----	--------------

12.4 Mobilidade no solo

Não estão disponíveis dados.

12.5 Resultados da avaliação PBT e mPmB

Não estão disponíveis dados.

12.6 Propriedades desreguladoras do sistema endócrino

Não referido.

12.7 Outros efeitos adversos

Não estão disponíveis dados.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puriss extra puro**número do artigo: **7316****SECÇÃO 13: Considerações relativas à eliminação****13.1 Métodos de tratamento de resíduos**

Este produto e o seu recipiente devem ser eliminados como resíduos perigosos. Eliminar o conteúdo/recipiente conformidade com os regulamentos locais/regionais/nacionais/internacionais.

Informações relevantes relativas à descarga através das águas residuais

Não deitar os resíduos no esgoto. Evitar a libertação para o ambiente obter instruções específicas/fichas de segurança.

Tratamento de resíduos de contentores/embalagens

É um resíduo perigoso; só podem ser utilizadas embalagens que tenham sido aprovadas (por exemplo, de acordo com ADR).

13.2 Disposições pertinentes em matéria de resíduos

A atribuição de códigos de resíduos/classificação de resíduos específicos do ramo e do processo deve ocorrer de acordo com o regulamento para a classificação de resíduos segundo o CER (Catálogo Europeu de Resíduos). Portaria referente à lista de resíduos (Alemanha).

13.3 Observações

Deve fazer-se a triagem dos resíduos em categorias que possam ser tratadas separadamente pelas instalações, locais ou nacionais, de tratamento de resíduos. Tenha em conta a legislação nacional ou regional pertinente em vigor.

SECÇÃO 14: Informações relativas ao transporte**14.1 Número ONU ou número de ID**

ADR/RID/ADN	ONU 3077
Código IMDG	ONU 3077
OACI-IT	ONU 3077

14.2 Designação oficial de transporte da ONU

ADR/RID/ADN	MATÉRIA PERIGOSA DO PONTO DE VISTA DO AMBIENTE, SÓLIDA, N.S.A.
Código IMDG	ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, SOLID, N.O.S.
OACI-IT	Environmentally hazardous substance, solid, n.o.s.
Nome técnico	Sulfato de zinco heptahidratado

14.3 Classes de perigo para efeitos de transporte

ADR/RID/ADN	9
Código IMDG	9
OACI-IT	9

14.4 Grupo de embalagem

ADR/RID/ADN	III
-------------	-----



Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)



Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro

número do artigo: **7316**

Código IMDG	III
OACI-IT	III
14.5 Perigos para o ambiente	perigoso para o ambiente aquático
14.6 Precauções especiais para o utilizador	
As disposições relativas às mercadorias perigosas (ADR) também devem ser cumpridos no interior das instalações.	
14.7 Transporte marítimo a granel em conformidade com os instrumentos da OMI	
A carga não será transportada como carga a granel.	
14.8 Informações para cada um dos regulamentos-tipo da ONU	
Transporte de mercadorias perigosas por estrada, por caminho-de-ferro ou por via navegável (ADR/RID/ADN) - Informações suplementares	
Designação oficial de transporte	MATÉRIA PERIGOSA DO PONTO DE VISTA DO AMBIENTE, SÓLIDA, N.S.A.
Menções no documento de transporte	UN3077, MATÉRIA PERIGOSA DO PONTO DE VISTA DO AMBIENTE, SÓLIDA, N.S.A., (Sulfato de zinco heptahidratado), 9, III, (-)
Código de classificação	M7
Rótulo(s) de perigo	9, "Peixe e árvore"
	
Perigos para o ambiente	Sim (perigoso para o ambiente aquático)
Disposições especiais (DE)	274, 335, 375, 601
Quantidades exceptuadas (QE)	E1
Quantidades limitadas (QL)	5 kg
Categoria de transporte (CT)	3
Código de restrição em túneis (CRT)	-
Número de identificação de perigo	90
Código Marítimo Internacional de Mercadorias Perigosas (IMDG) - Informações suplementares	
Designação oficial de transporte	ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, SOLID, N.O.S.
Menções a inscrever na declaração do expedidor	UN3077, ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, SOLID, N.O.S., (Zinc sulphate heptahydrate), 9, III
Poluente marinho	Sim (perigoso para o ambiente aquático), (Zinc sulphate heptahydrate)
Rótulo(s) de perigo	9, "Peixe e árvore"
	
Disposições especiais (DE)	274, 335, 966, 967, 969
Quantidades exceptuadas (QE)	E1

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro**número do artigo: **7316**

Quantidades limitadas (QL)	5 kg
EmS	F-A, S-F
Categoria de acondicionamento	A

Organização da Aviação Civil Internacional (OACI-IATA/DGR) - Informações suplementares

Designação oficial de transporte	Environmentally hazardous substance, solid, n.o.s.
Menções a inscrever na declaração do expedidor	UN3077, Environmentally hazardous substance, solid, n.o.s., (Zinc sulphate heptahydrate), 9, III
Perigos para o ambiente	Sim (perigoso para o ambiente aquático)
Rótulo(s) de perigo	9, "Peixe e árvore"



Disposições especiais (DE)	A97, A158, A179, A197, A215
Quantidades exceptuadas (QE)	E1
Quantidades limitadas (QL)	30 kg

SECÇÃO 15: Informação sobre regulamentação**15.1 Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente****Disposições pertinentes da União Europeia (UE)****Restrições de acordo com REACH, Apêndice XVII**

Substâncias perigosas com restrições (REACH, Anexo XVII)				
Nome da substância	Nome, de acordo com o inventário	Nº CAS	Restrição	Nº
Sulfato de zinco heptahidratado	substâncias nas tintas de tatuagem e maquilhagem permanent		R75	75

Legenda

R75	<p>1. Não podem ser colocadas no mercado em misturas destinadas à utilização para efeitos de tatuagem, e as misturas que contenham essas substâncias não podem ser utilizadas para efeitos de tatuagem, após 4 de janeiro de 2022, se a substância ou substâncias em causa estiver(em) presente(s) nas seguintes circunstâncias:</p> <p>a) no caso de uma substância classificada na parte 3 do anexo VI do Regulamento (CE) n.º 1272/2008 como cancerígena da categoria 1A, 1B ou 2, ou como mutagénica em células germinativas da categoria 1A, 1B ou 2, se a substância estiver presente na mistura numa concentração igual ou superior a 0,00005% em peso;</p> <p>b) no caso de uma substância classificada na parte 3 do anexo VI do Regulamento (CE) n.º 1272/2008 como tóxica para a reprodução da categoria 1A, 1B ou 2, se a substância estiver presente na mistura numa concentração igual ou superior a 0,001% em peso;</p> <p>c) no caso de uma substância classificada na parte 3 do anexo VI do Regulamento (CE) n.º 1272/2008 como sensibilizante cutâneo da categoria 1, 1A ou 1B, se a substância estiver presente na mistura numa concentração igual ou superior a 0,001% em peso;</p> <p>d) no caso de uma substância classificada na parte 3 do anexo VI do Regulamento (CE) n.º 1272/2008 como substância corrosiva para a pele da categoria 1, 1A, 1B ou 1C ou como substância irritante para a pele da categoria 2, ou como substância que provoca lesões oculares graves da categoria 1 ou como substância irritante ocular da categoria 2, se a substância estiver presente na mistura numa concentração igual ou superior a:</p> <p>i) 0,1% em peso, se a substância for utilizada exclusivamente como regulador do pH;</p> <p>ii) 0,01%, em peso, em todos os outros casos;</p> <p>e) no caso de uma substância enumerada no anexo II do Regulamento (CE) n.º 1223/2009 (*1), se a substância estiver presente na mistura numa concentração igual ou superior a 0,00005% em peso;</p> <p>f) no caso de uma substância para a qual seja especificada uma condição de um ou mais dos seguintes tipos na coluna «g» (tipo de produto, zonas do corpo) do quadro do anexo IV do Regulamento (CE) n.º 1223/2009, se a substância estiver presente na mistura numa concentração igual ou superior a 0,00005% em peso:</p> <p>i) «Produtos enxaguáveis»;</p> <p>ii) «Não usar nos produtos aplicados nas membranas mucosas»;</p> <p>iii) «Não usar nos produtos para os olhos»;</p> <p>g) no caso de uma substância em relação à qual seja especificada uma condição na coluna «h» (Concentração máxima no produto pronto a usar) ou na coluna «i» (Outras) do quadro do anexo IV do Regulamento (CE) n.º 1223/2009, se a</p>
-----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro**número do artigo: **7316****Legenda**

- substância estiver presente na mistura numa concentração ou de qualquer outra forma que não cumpra a condição especificada nessa coluna;
- h) no caso de uma substância enumerada no apêndice 13 do presente anexo, se a substância estiver presente na mistura numa concentração igual ou superior ao limite de concentração especificado para essa substância no referido apêndice.
2. Para efeitos da presente entrada, entende-se por utilização «para efeitos de tatuagem» a injeção ou introdução da mistura na pele, na membrana mucosa ou no globo ocular de uma pessoa, por qualquer processo ou procedimento (incluindo procedimentos geralmente designados por maquilhagem permanente, tatuagem cosmética, «micro-blading» e micropigmentação), com o objetivo de deixar uma marca ou um desenho no corpo.
3. Se uma substância não enumerada no apêndice 13 estiver abrangida por mais do que uma das alíneas a) a g) do n.º 1, aplica-se a essa substância o limite de concentração mais estrito fixado nas alíneas em questão. Se uma substância enumerada no apêndice 13 estiver também abrangida por uma ou mais das alíneas a) a g) do n.º 1, o limite de concentração estabelecido no n.º 1, alínea h), é aplicável a essa substância.
4. Por derrogação, o n.º 1 não é aplicável às seguintes substâncias até 4 de janeiro de 2023:
- a) Pigment Blue 15:3 (CI 74160, n.º CE 205-685-1, n.º CAS 147-14-8);
- b) Pigment Green 7 (CI 74260, n.º CE 215-524-7, n.º CAS 1328-53-6).
5. Se a parte 3 do anexo VI do Regulamento (CE) n.º 1272/2008 for alterada após 4 de janeiro de 2021 de forma a classificar ou reclassificar uma substância de tal modo que a mesma passe a ser abrangida pelo n.º 1, alíneas a), b), c) ou d), da presente entrada, ou de modo a que passe a estar abrangida por uma dessas alíneas diferente daquela pela qual era abrangida anteriormente, e se a data de aplicação dessa classificação nova ou revista for posterior à data referida no n.º 1 ou, consoante o caso, no n.º 4 da presente entrada, essa alteração deve, para efeitos da aplicação da presente entrada a essa substância, ser considerada como produzindo efeitos na data de aplicação dessa classificação nova ou revista.
6. Se o anexo II ou o anexo IV do Regulamento (CE) n.º 1223/2009 for alterado após 4 de janeiro de 2021 a fim de aditar ou alterar a descrição de uma substância de tal forma que a substância passe a ser abrangida pelo n.º 1, alíneas e), f) ou g), da presente entrada, ou de modo a que passe a estar inserida numa dessas alíneas diferente daquela pela qual era abrangida anteriormente, e se a data de aplicação dessa alteração for posterior à data referida no n.º 1 ou, consoante o caso, no n.º 4 da presente entrada, essa alteração deve, para efeitos da aplicação da presente entrada a essa substância, ser considerada como produzindo efeitos a partir da data correspondente a 18 meses após a entrada em vigor do ato através do qual essa alteração foi introduzida.
7. Os fornecedores que coloquem no mercado uma mistura para utilização para efeitos de tatuagem devem assegurar que, após 4 de janeiro de 2022, a mistura ostenta as seguintes informações:
- a) A menção «Mistura para utilização em tatuagens ou maquilhagem permanente»;
- b) Um número de referência que atribua um identificador único a cada lote;
- c) A lista dos ingredientes de acordo com a nomenclatura estabelecida no glossário de denominações comuns de ingredientes, nos termos do artigo 33.º do Regulamento (CE) n.º 1223/2009, ou na ausência de um nome de ingrediente comum, a denominação IUPAC. Na ausência de uma denominação comum de ingrediente ou de uma denominação IUPAC, o número CAS e o número CE. Os ingredientes devem ser enumerados em ordem decrescente por peso ou por volume dos ingredientes no momento da formulação. Por «ingrediente» entende-se qualquer substância adicionada durante o processo de formulação e presente na mistura para efeitos de tatuagem. As impurezas não são consideradas ingredientes. Se o nome de uma substância utilizada como ingrediente na aceção da presente entrada já tiver de constar do rótulo nos termos do Regulamento (CE) n.º 1272/2008, esse ingrediente não precisa de ser mencionado em conformidade com o presente regulamento;
- d) A menção adicional «regulador do pH» para as substâncias abrangidas pelo n.º 1, alínea d), subalínea i);
- e) A menção «Contém níquel. Pode provocar reações alérgicas.», se a mistura contiver níquel abaixo do limite de concentração especificado no apêndice 13;
- f) A menção «Contém cromo (VI). Pode provocar reações alérgicas.», se a mistura contiver cromo (VI) abaixo do limite de concentração especificado no apêndice 13;
- g) Instruções de segurança para a utilização, na medida em que não seja já requerido mencioná-las no rótulo em virtude do Regulamento (CE) n.º 1272/2008. As informações devem ser claramente visíveis, facilmente legíveis e marcadas de forma indelével. As informações devem ser redigidas na língua ou línguas oficiais dos Estados-Membros em que a mistura é colocada no mercado, salvo disposição em contrário desses Estados-Membros. Se necessário devido à dimensão da embalagem, as informações enumeradas no primeiro parágrafo, exceto para a alínea a), devem ser incluídas nas instruções de utilização. Antes de utilizar uma mistura para efeitos de tatuagem, a pessoa que utiliza a mistura deve prestar à pessoa submetida ao procedimento as informações constantes da embalagem ou incluídas nas instruções de utilização, nos termos do presente número.
8. As misturas que não contenham a menção «Mistura para utilização em tatuagens ou maquilhagem permanente» não podem ser utilizadas para efeitos de tatuagem.
9. A presente entrada não se aplica às substâncias que são gases a uma temperatura de 20 °C e à pressão de 101,3 kPa, ou que geram uma pressão de vapor superior a 300 kPa à temperatura de 50 °C, com exceção do formaldeído (n.º CAS 50-00-0, n.º CE 200-001-8).
10. A presente entrada não se aplica à colocação no mercado de uma mistura destinada a ser utilizada para efeitos de tatuagem nem à utilização de uma mistura para efeitos de tatuagem, quando a mesma é colocada no mercado exclusivamente como dispositivo médico ou acessório de um dispositivo médico, na aceção do Regulamento (UE) 2017/745, ou quando é utilizada exclusivamente como dispositivo médico ou acessório de um dispositivo médico, na aceção do mesmo regulamento. Nos casos em que a colocação no mercado ou a utilização não seja exclusivamente como dispositivo médico ou acessório de um dispositivo médico, aplicam-se cumulativamente os requisitos do Regulamento (UE) 2017/745 e do presente regulamento.

Lista das substâncias sujeitas a autorização (REACH, Apêndice XIV)/SVHC - lista de substâncias candidatas

Não referido.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro**número do artigo: **7316****Directiva Seveso**

2012/18/UE (Seveso III)				
Nº	Substância perigosa/categorias de perigo	Quantidades-limiar (em toneladas) para a aplicação de requisitos de nível inferior e superior		Notas
E1	perigos para o ambiente (perigoso para o ambiente aquático, Cat. 1)	100	200	56)

Notação

56) Perigoso para o ambiente aquático, toxicidade aguda, categoria 1, ou toxicidade crónica, categoria 1

Directiva Tintas Decorativas (Deco-Colors)

Teor de COV	0 % , 0 g/l
--------------------	----------------

Industrial Emissions Directive (IED) (Directiva Emissões Industriais)

Teor de COV	0 %
Teor de COV	0 g/l

Directiva relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos (RoHS)

não referido

Regulamento relativo à criação do Registo Europeu das Emissões e Transferências de Poluentes (PRTR)

não referido

Directiva Quadro Água (WFD)

Lista de poluentes (WFD)				
Nome da substância	Nome, de acordo com o inventário	Nº CAS	Listada na/no(s)	Observações
Sulfato de zinco heptahidratado	Metais e respectivos compostos		A)	

Legenda

A) Lista indicativa dos principais poluentes

Regulamento sobre a comercialização e utilização de precursores de explosivos

não referido

Regulamento relativo aos precursores de drogas

não referido

Regulamento relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono

não referido

Regulamento relativo à exportação e importação de produtos químicos perigosos (PIC)

não referido

Regulamento relativo a poluentes orgânicos persistentes (POP)

não referido

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puriss extra puro**

número do artigo: 7316

Inventários nacionais

País	Inventário	Estatuto
AU	AICS	a substância está listada
CA	DSL	a substância está listada
CN	IECSC	a substância está listada
EU	ECSI	a substância está listada
EU	REACH Reg.	a substância está listada
JP	CSCL-ENCS	a substância está listada
JP	ISHA-ENCS	a substância está listada
KR	KECI	a substância está listada
MX	INSQ	a substância está listada
NZ	NZIoC	a substância está listada
PH	PICCS	a substância está listada
TR	CICR	a substância está listada
TW	TCSI	a substância está listada
US	TSCA	a substância está listada

Legenda

AICS	Australian Inventory of Chemical Substances
CICR	Chemical Inventory and Control Regulation
CSCL-ENCS	List of Existing and New Chemical Substances (CSCL-ENCS)
DSL	Domestic Substances List (DSL)
ECSI	Inventário CE de substâncias (EINECS, ELINCS, NLP)
IECSC	Inventory of Existing Chemical Substances Produced or Imported in China
INSQ	National Inventory of Chemical Substances
ISHA-ENCS	Inventory of Existing and New Chemical Substances (ISHA-ENCS)
KECI	Korea Existing Chemicals Inventory
NZIoC	New Zealand Inventory of Chemicals
PICCS	Philippine Inventory of Chemicals and Chemical Substances (PICCS)
REACH Reg.	REACH substâncias registadas
TCSI	Taiwan Chemical Substance Inventory
TSCA	Toxic Substance Control Act

15.2 Avaliação da segurança química

Não se efectuou nenhuma avaliação da segurança química para esta substância.

SECÇÃO 16: Outras informações**Indicação de alterações (ficha de dados de segurança revista)**

Alinhamento com o regulamento: Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2020/878/UE

Reestruturação: secção 9, secção 14

Secção	Registo anterior (texto/valor)	Registo actual (texto/valor)	Relevante em termos de segurança
2.1		Classificação em conformidade com o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 (CRE): alteração na lista (quadro)	sim

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) nº 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro**

número do artigo: 7316

Secção	Registo anterior (texto/valor)	Registo actual (texto/valor)	Relevante em termos de segurança
2.1		Os principais efeitos adversos decorrentes das propriedades físico-químicas assim como os efeitos para a saúde humana e para o ambiente: O derrame e a água de combate a incêndios podem provocar poluição de cursos de água.	sim
2.3	Outros perigos: Não existe informação adicional.	Outros perigos	sim
2.3		Resultados da avaliação PBT e mPmB: De acordo com os resultados da avaliação, esta substância não é uma substância PBT ou mPmB.	sim

Abreviaturas e acrónimos

Abrev.	Descrição das abreviaturas utilizadas
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acordo Europeu relativo ao transporte internacional de mercadorias perigosas por via navegável interior)
ADR	Accord relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acordo relativo ao transporte internacional de mercadorias perigosas por estrada)
ADR/RID/ADN	Acordos europeus referentes ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Estrada/Caminhos de Ferro/Vias navegáveis interiores (ADR/RID/ADN)
ATE	Estimativa de Toxicidade Aguda
BCF	Factor de bioconcentração
CAS	Chemical Abstracts Service (serviço que mantém a lista mais completa de substâncias químicas)
código IMDG	Código marítimo internacional de mercadorias perigosas
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
CRE	Regulamento (CE) nº 1272/2008 relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas
DGR	Regulamentação referente a Mercadorias Perigosas (ver IATA/DGR)
DNEL	Nível derivado de exposição sem efeitos
EC50	Effective Concentration 50 % (concentração efectiva 50 %). A EC50 corresponde à concentração de uma substância testada que provoca 50 % de alterações na resposta (por exemplo, no crescimento) durante um intervalo de tempo específico
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (inventário europeu das substâncias químicas existentes no mercado)
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances (lista europeia das substâncias químicas notificadas)
EmS	Horário de emergência
GHS	"Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals" "Sistema Mundial Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos" desenvolvido pelas Nações Unidas
IATA	Associação Internacional do Transporte Aéreo
IATA/DGR	Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (regulamentação referente a Mercadorias Perigosas para o transporte aéreo)

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH)

**Sulfato de zinco heptahidratado ≥97%, puríss extra puro**

número do artigo: 7316

Abrev.	Descrição das abreviaturas utilizadas
IMDG	International Maritime Dangerous Goods (Código Marítimo Internacional de Mercadorias Perigosas)
LC50	Concentração Letal 50 %: a CL50 corresponde à concentração de uma substância submetida a ensaio, que provoca 50 % de mortalidade durante um intervalo de tempo específico.
LD50	Dose Letal 50 %: a DL50 corresponde à dose de uma substância submetida a ensaio, que provoca 50 % de mortalidade durante um intervalo de tempo específico
mPmB	Muito persistente e muito bioacumulável
NLP	Ex-polímero
n.º CE	O Inventário CE (EINECS, ELINCS e lista NLP) é a fonte do número CE composto por sete dígitos que identifica as substâncias comercialmente disponíveis na UE (União Europeia)
n.º de índice	O número de índice é o código de identificação atribuído à substância na parte 3 do anexo VI do Regulamento (CE) n.º 1272/2008
OACI	Organização da Aviação Civil Internacional
OACI-IT	Technical instructions for the safe transport of dangerous goods by air (Instruções Técnicas para a Segurança no Transporte de Materiais Perigosos por Via Aérea)
PBT	Persistente, Bioacumulável e Tóxico
PNEC	Concentração Previsivelmente Sem Efeitos
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas)
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Acordo Europeu relativo ao transporte internacional ferroviário de mercadorias perigosas)
SVHC	Substance of Very High Concern (Substância que Suscita Elevada Preocupação)

Referências bibliográficas importantes e fontes dos dados utilizados

Regulamento (CE) n.º 1272/2008 relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas. Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 2020/878/UE.

Transporte de mercadorias perigosas por estrada, por caminho-de-ferro ou por via navegável (ADR/RID/ADN). Código Marítimo Internacional de Mercadorias Perigosas (IMDG). Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (regulamentação referente a Mercadorias Perigosas para o transporte aéreo).

Frases relevantes (código e texto integral, como indicado no capítulo 2 e 3)

Código	Texto
H302	Nocivo por ingestão.
H318	Provoca lesões oculares graves.
H400	Muito tóxico para os organismos aquáticos.
H410	Muito tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.

Declarações de exoneração de responsabilidade

Estas informações baseiam-se no actual estado do nosso conhecimento. Esta FDS foi elaborada e destina-se apenas a este produto.

v. Ficha de Segurança de Nitrato de Crómio III nona-hidratado

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) nº 1907/2006 (REACH), alterado por 453/2012/UE



Nitrato de crómio(III) nonahidratado ≥ 98% p.a.

número do artigo: **8773**
Versão: **1.0 pt**

data de elaboração: 15.07.2015

SECÇÃO 1: Identificação da substância/mistura e da sociedade/empresa

1.1 Identificador do produto

Identificação da substância	Nitrato de crómio(III) nonahidratado
Número do artigo	8773
Número de registo (REACH)	Esta informação não está disponível.
Número CE	236-921-1
Número CAS	7789-02-8

1.2 Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas

Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas : produto químico de laboratório

1.3 Identificação do fornecedor da ficha de dados de segurança

Carl Roth GmbH + Co KG
Schoemperlenstr. 3-5
D-76185 Karlsruhe
Alemanha

Telefone: +49 (0) 721 - 56 06 0

Telefax: +49 (0) 721 - 56 06 149

e-mail: sicherheit@carlroth.de

Sítio da internet: www.carlroth.de

Pessoa competente responsável pela ficha de dados de segurança : Department Health, Safety and Environment

e-mail (pessoa competente)

: sicherheit@carlroth.de

1.4 Número de telefone de emergência

Serviço de informação de emergência

Poison Centre Munich: +49/(0)89 19240

SECÇÃO 2: Identificação dos perigos

2.1 Classificação da substância ou mistura

Classificação em conformidade com o Regulamento (CE) nº 1272/2008 (CRE)

Classificação de acordo com GHS			
Secção	Classe de perigo	Classe e categoria de perigo	Advertência de perigo
2.14	sólidos comburentes	(Ox. Sol. 3)	H272
3.2	corrosão/irritação cutânea	(Skin Irrit. 2)	H315
3.3	irritação/lesões oculares graves	(Eye Irrit. 2)	H319

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) nº 1907/2006 (REACH), alterado por 453/2012/UE



Nitrato de crómio(III) nonahidratado ≥ 98% p.a.

número do artigo: 8773

2.2 Elementos do rótulo

Rotulagem de acordo com o Regulamento (CE) nº. 1272/2008 (CRE)

Palavra-sinal **Aviso**

Pictogramas



Advertências de perigo

H272 Pode agravar incêndios; comburente.
H315 Provoca irritação cutânea.
H319 Provoca irritação ocular grave.

Advertências de prudência

Recomendações de prudência - prevenção

P221 Tomar todas as precauções para não misturar com combustíveis.
P280 Usar luvas de protecção/vestuário de protecção/protecção ocular/protecção facial.

Recomendações de prudência - resposta

P302+P352 SE ENTRAR EM CONTACTO COM A PELE: lavar com sabonete e abundantemente com água.
P305+P351+P338 SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante alguns minutos. Remover lentes de contacto, se existirem e forem fáceis de remover. Continuar a enxaguar.

Rotulagem de pacotes cujo conteúdo não ultrapasse 125 ml

Palavra-sinal: **Aviso**

Símbolo(s)



2.3 Outros perigos

Não existe informação adicional.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 453/2012/UE

**Nitrato de crômio(III) nonahidratado ≥ 98% p.a.**número do artigo: **8773****SECÇÃO 3: Composição e informações sobre os ingredientes****3.1 Substâncias**

Nome da substância	Nitrato de crômio(III) nonahidratado
Número CE	236-921-1
Número CAS	7789-02-8
Fórmula molecular	$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
Massa molar	400,2 ^g / _{mol}

SECÇÃO 4: Medidas de primeiros socorros**4.1 Descrição das medidas de primeiros socorros****Notas gerais**

Retirar a roupa contaminada.

Após inalação

Proporcionar ar fresco. Se surgirem queixas ou em caso de persistência dos sintomas, consultar um médico.

Após contacto com a pele

Enxaguar a pele com água/tomar uma ducha. Se surgirem queixas ou em caso de persistência dos sintomas, consultar um médico.

Após contacto com os olhos

Irrigar os olhos com água corrente limpa durante pelo menos 10 minutos mantendo as pálpebras abertas. Em caso de irritação ocular, consultar o oftalmologista.

Após ingestão

Enxaguar a boca. Caso sinta indisposição contacte um médico.

4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados

Provoca irritação ligeira a moderada, Irritação

4.3 Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários

nenhum

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) nº 1907/2006 (REACH), alterado por 453/2012/UE



Nitrato de crómio(III) nonahidratado ≥ 98% p.a.

número do artigo: 8773

SECÇÃO 5: Medidas de combate a incêndios

5.1 Meios de extinção

Meios adequados de extinção

Adequar as medidas de extinção ao local
pulverizador de água, espuma, pó seco para extinção de incêndios, dióxido de carbono (CO₂)

Meios inadequados de extinção

jacto de água

5.2 Perigos especiais decorrentes da substância ou mistura

Propriedade comburente. Não combustível.

Produtos de combustão perigosos

Em caso de incêndio podem formar-se: óxidos de azoto (NO_x)

5.3 Recomendações para o pessoal de combate a incêndios

Combater o incêndio tomando as precauções normais e a partir de uma distância razoável. Use equipamento de respiração autónomo.

SECÇÃO 6: Medidas a tomar em caso de fugas acidentais

6.1 Precauções individuais, equipamento de protecção e procedimentos de emergência

Para o pessoal não envolvido na resposta à emergência

Provisão de uma ventilação suficiente. Uso de equipamento de protecção adequado (incluindo o equipamento de protecção individual referido na secção 8 da ficha de dados de segurança) a fim de prevenir qualquer contaminação da pele, dos olhos ou do vestuário. Não respirar as poeiras.

6.2 Precauções a nível ambiental

Manter afastado dos esgotos, das águas superficiais e subterrâneas.

6.3 Métodos e materiais de confinamento e limpeza

Recomendações sobre como confinar um derrame

Limpeza com material absorvente (por exemplo: tecido, lã).

Recomendações sobre como proceder à limpeza de um derrame

Remover utilizando meios mecânicos. Controlo de poeiras.

Outras informações relacionadas com a actuação em caso de derrames ou emissões

Colocar em recipientes adequados para eliminação. Ventilar a área afectada.

Remissão para outras secções

Produtos de combustão perigosos: ver secção 5. Equipamento de protecção individual: ver secção 8.
Materiais incompatíveis: ver secção 10. Condições relativas à eliminação: ver secção 13.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 453/2012/UE



Nitrato de crómio(III) nonahidratado ≥ 98% p.a.

número do artigo: **8773**

SECÇÃO 7: Manuseamento e armazenagem

7.1 Precauções para um manuseamento seguro

Não são necessárias medidas especiais.

• **Medidas a adoptar com vista à prevenção de incêndios, de formação de aerossóis e de poeiras**

Tomar todas as precauções para não misturar com combustíveis.

Recomendações de ordem geral sobre higiene no local de trabalho

Não comer, beber ou fumar nas zonas de trabalho. Lavar as mãos antes das pausas e ao fim do trabalho.

7.2 Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades

Armazenar em local seco. Manter o recipiente bem fechado.

Substâncias ou misturas incompatíveis

Ter em conta as indicações sobre o armazenamento compatível de produtos químicos. Manter/guardar afastado de matérias combustíveis.

Ter em conta outros conselhos

Não é necessário.

• **Requisitos em termos de ventilação**

Utilizar ventilação geral e local.

• **Concepção especial de compartimentos ou recipientes de armazenagem**

Temperatura de armazenagem recomendada: 15 - 25 °C.

7.3 Utilização(ões) final(is) específica(s)

Não existe informação disponível.

SECÇÃO 8: Controlo da exposição/Protecção individual

8.1 Parâmetros de controlo

Valores-limite nacionais

Valores limite de exposição profissional (limites de exposição no local de trabalho)

8.2 Controlo da exposição

Medidas de protecção individual (equipamentos de protecção individual)



Protecção ocular/facial

Usar óculos de segurança com protecção lateral.

Protecção da pele

• **protecção das mãos**

Usar luvas adequadas. As luvas de protecção química adequadas, se testadas de acordo com a NE 374. Para fins específicos, é recomendado verificar a resistência a produtos químicos das luvas de protecção mencionadas acima, bem como o fornecedor das luvas.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 453/2012/UE

**Nitrato de crómio(III) nonahidratado ≥ 98% p.a.**

número do artigo: 8773

• tipo de material

NBR (Borracha de nitrilo)

• espessura do material

>0,11 mm.

• duração do material das luvas

> 480 minutos (permeação: nível 6)

• outras medidas de protecção

Fazer períodos de recuperação para a regeneração da pele. É recomendável a protecção preventiva da pele (cremes/pomadas de protecção).

Protecção respiratória

Dispositivo filtrador de partículas (NE 143). É necessária protecção respiratória quando: Desenvolvimento de poeiras. P2 (filtra pelo menos 94% das partículas em suspensão código de cores: Branco).

Controlo da exposição ambiental

Manter afastado dos esgotos, das águas superficiais e subterrâneas.

SECÇÃO 9: Propriedades físico-químicas**9.1 Informações sobre propriedades físicas e químicas de base****Aspecto**

Estado físico	sólido
Cor	azul
Odor	como: Ácido nítrico
Limiar olfactivo	Sem dados disponíveis
Outros parâmetros físico-químicos	
pH (valor do)	2 - 3 em 50 g/l água a 20 °C
Ponto de fusão/ponto de congelação	66 °C
Ponto de ebulição inicial e intervalo de ebulição	Esta informação não está disponível.
Ponto de inflamação	não aplicável
Taxa de evaporação	sem dados disponíveis
Inflamabilidade (sólido, gás)	Não inflamável
<u>Limites de explosividade</u>	
• limite inferior de explosão (LEL)	esta informação não está disponível
• limite superior de explosão (UEL)	esta informação não está disponível
Limites de explosão de nuvens de poeiras	estas informações não estão disponíveis
Pressão de vapor	Esta informação não está disponível.
Densidade	1,8 g/cm ³

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 453/2012/UE

**Nitrato de crómio(III) nonahidratado ≥ 98% p.a.**número do artigo: **8773**

Densidade de vapor	Esta informação não está disponível.
Densidade aparente	710 kg/m ³
Densidade relativa	Não está disponível informação relativa a esta propriedade.
<u>Solubilidade(s)</u>	
Solubilidade em água	810 g/l a 20 °C
<u>Coeficiente de partição</u>	
n-octanol/água (log KOW)	Esta informação não está disponível.
Temperatura de auto-ignição	Não está disponível informação relativa a esta propriedade.
Viscosidade	não relevante (matéria sólida)
Propriedades explosivas	nenhum
Propriedades comburentes	comburente

9.2 Outras informações

Não existe informação adicional.

SECÇÃO 10: Estabilidade e reatividade**10.1 Reactividade**

propriedade comburente

10.2 Estabilidade química

O material é estável em condições ambientais normais e nas condições previsíveis de temperatura e pressão durante a armazenagem e o manuseamento.

10.3 Possibilidade de reações perigosasReage violentamente com: Agentes redutores**10.4 Condições a evitar**

Decomposição a temperaturas a partir de: >100 °C.

10.5 Materiais incompatíveis

diferentes metais

10.6 Produtos de decomposição perigosos

Produtos de combustão perigosos: ver secção 5.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 453/2012/UE

**Nitrato de crómio(III) nonahidratado ≥ 98% p.a.**

número do artigo: 8773

SECÇÃO 11: Informação toxicológica**11.1 Informações sobre os efeitos toxicológicos****Toxicidade aguda**

Via de exposição	Objectivo	Valor	Espécies	Fonte
oral	LD50	3250 mg/kg	rato	

Corrosão/irritação cutânea

Provoca irritação cutânea.

Irritação/lesões oculares graves

Provoca irritação ocular grave.

Sensibilização respiratória ou cutânea

Não deve ser classificado como sensibilizante respiratório ou cutâneo.

Resumo da avaliação das propriedades CMR

Não deve ser classificado como mutagénico para as células germinativas, cancerígeno ou tóxico reprodutivo

• Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição única

Não deve ser classificado como tóxico para órgãos-alvo específicos (exposição única).

• Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição repetida

Não deve ser classificado como tóxico para órgãos-alvo específicos (exposição repetida).

Perigo de aspiração

Não deve ser classificado como apresentando perigo de aspiração.

Sintomas relacionados com as características físicas, químicas e toxicológicas**• Em caso de ingestão**

não estão disponíveis dados

• Em caso de inalação

efeitos irritantes

• Se entrar em contacto com a pele

efeitos irritantes

Outras informações

Nenhum.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 453/2012/UE

**Nitrato de crómio(III) nonahidratado ≥ 98% p.a.**número do artigo: **8773****SECÇÃO 12: Informação ecológica****12.1 Toxicidade**

de acordo com 1272/2008/CE: Não deve ser classificado como perigoso para o ambiente aquático.

12.2 Processo de degradabilidade

Os métodos para determinação da degradabilidade biológica não são aplicáveis a substâncias inorgânicas.

12.3 Potencial de bioacumulação

Não se acumula significativamente nos organismos.

12.4 Mobilidade no solo

Não estão disponíveis dados.

12.5 Resultados da avaliação PBT e mPmB

Não estão disponíveis dados.

12.6 Outros efeitos adversos

Perigoso para a água.

SECÇÃO 13: Considerações relativas à eliminação**13.1 Métodos de tratamento de resíduos**

Este produto e o seu recipiente devem ser eliminados como resíduos perigosos. Eliminar o conteúdo/recipiente conformidade com os regulamentos locais/regionais/nacionais/internacionais.

Informações relevantes relativas à descarga através das águas residuais

Não deitar os resíduos no esgoto.

Tratamento de resíduos de contentores/embalagens

É um resíduo perigoso; só podem ser utilizadas embalagens que tenham sido aprovadas (por exemplo, de acordo com ADR).

13.2 Disposições pertinentes em matéria de resíduos

A atribuição de códigos de resíduos/classificação de resíduos específicos do ramo e do processo deve ocorrer de acordo com o regulamento para a classificação de resíduos segundo o CER (Catálogo Europeu de Resíduos).

13.3 Observações

Deve fazer-se a triagem dos resíduos em categorias que possam ser tratadas separadamente pelas instalações, locais ou nacionais, de tratamento de resíduos. Tenha em conta a legislação nacional ou regional pertinente em vigor.


Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH), alterado por 453/2012/UE

**Nitrato de crómio(III) nonahidratado ≥ 98% p.a.**

número do artigo: 8773

SECÇÃO 14: Informações relativas ao transporte

14.1	Número ONU	2720
14.2	Designação oficial de transporte da ONU	NITRATO DE CRÓMIO
	Ingredientes perigosos	Nitrato de crómio(III) nonahidratado
14.3	Classes de perigo para efeitos de transporte	
	Classe	5.1 (matérias comburentes)
14.4	Grupo de embalagem	III (matéria levemente perigosa)
14.5	Perigos para o ambiente	nenhum (não é perigoso para o ambiente de acordo com os regulamentos relativos a mercadorias perigosas)
14.6	Precauções especiais para o utilizador	
	As disposições relativas às mercadorias perigosas (ADR) também devem ser cumpridos no interior das instalações.	
14.7	Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção MARPOL e o Código IBC	
	A carga não será transportada como carga a granel.	
14.8	Informações para cada um dos regulamentos-tipo da ONU	
	• Transporte de mercadorias perigosas por estrada, por caminho-de-ferro ou por via navegável (ADR/RID/ADN)	
	Número ONU	2720
	Designação oficial de transporte	NITRATO DE CRÓMIO
	Menções no documento de transporte	UN2720, NITRATO DE CRÓMIO, 5.1, III, (E)
	Classe	5.1
	Código de classificação	O2
	Grupo de embalagem	III
	Rótulo(s) de perigo	5.1
		
	Quantidades exceptuadas (QE)	E1
	Quantidades limitadas (QL)	1 kg
	Categoria de transporte (CT)	3
	Código de restrição em túneis (CRT)	E
	Número de identificação de perigo	50

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) nº 1907/2006 (REACH), alterado por 453/2012/UE

**Nitrato de crômio(III) nonahidratado ≥ 98% p.a.**número do artigo: **8773****• Código Marítimo Internacional de Mercadorias Perigosas (IMDG)**

Número ONU	2720
Designação oficial de transporte	CHROMIUM NITRATE
Menções a inscrever na declaração do expedidor	UN2720, NITRATO DE CRÓMIO, 5.1, III
Classe	5.1
Grupo de embalagem	III
Rótulo(s) de perigo	5.1



Disposições especiais (DE)	-
Quantidades exceptuadas (QE)	E1
Quantidades limitadas (QL)	5 kg
EmS	F-A, S-Q
Categoria de acondicionamento	A

SECÇÃO 15: Informação sobre regulamentação**15.1 Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente****Disposições pertinentes da União Europeia (UE)****• Regulamento 649/2012/UE relativo à exportação e importação de produtos químicos perigosos (PIC)**

Não referido.

• Regulamento 1005/2009/CE relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono

Não referido.

• Regulamento 850/2004/CE relativo a poluentes orgânicos persistentes (POP)

Não referido.

• Restrições de acordo com REACH, Apêndice XVII

não referido

• Lista das substâncias sujeitas a autorização (REACH, Apêndice XIV)

não referido

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) nº 1907/2006 (REACH), alterado por 453/2012/UE

**Nitrato de crómio(III) nonahidratado ≥ 98% p.a.**

número do artigo: 8773

• Directiva Seveso

96/82/CE (Seveso II)				
Nº	Substância perigosa/categorias de perigo	Quantidades-limiar (em toneladas)		Notas
3	comburente	50	200	

96/82/CE (Seveso II)				
Nº	Substância perigosa/categorias de perigo	Quantidades-limiar (em toneladas)		Notas
3	comburente	50	200	

2012/18/UE (Seveso III)				
Nº	Substância perigosa/categorias de perigo	Quantidades-limiar (em toneladas) para a aplicação de requisitos de nível inferior e superior		Notas
P8	líquidos e sólidos comburentes	50	200	55)

Notação

55) Líquidos comburentes, categoria 1, 2 ou 3, ou sólidos comburentes, categoria 1, 2 ou 3

Directiva 2011/65/UE relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos (RoHS) - Anexo II

não referido

Regulamento 166/2006/CE relativo à criação do Registo Europeu das Emissões e Transferências de Poluentes (PRTR)

não referido

Directiva 2000/60/CE que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água

não referido

Inventários nacionais

A substância está listada nos seguintes inventários nacionais:

- EINECS/ELINCS/NLP (Europa)

15.2 Avaliação da segurança química

Não se efectuou nenhuma avaliação da segurança química para esta substância.

Ficha de Dados de Segurança

de acordo com o Regulamento (CE) nº 1907/2006 (REACH), alterado por 453/2012/UE

**Nitrato de crómio(III) nonahidratado ≥ 98% p.a.**número do artigo: **8773****SECÇÃO 16: Outras informações****Abreviaturas e acrónimos**

Abrev.	Descrição das abreviaturas utilizadas
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acordo Europeu relativo ao transporte internacional de mercadorias perigosas por via navegável interior)
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acordo Europeu relativo ao transporte internacional de mercadorias perigosas por estrada)
CAS	Chemical Abstracts Service (serviço que mantém a lista mais completa de substâncias químicas)
CMR	cancerígeno, mutagénico ou tóxico para a reprodução
CRE	Regulamento (CE) nº 1272/2008 relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (Inventário Europeu das Substâncias Químicas Existentes no Mercado)
ELINCS	Lista Europeia das Substâncias Químicas Notificadas
EmS	horário de emergência
GHS	"Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals" "Sistema Mundial Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos" desenvolvido pelas Nações Unidas
IMDG	International Maritime Dangerous Goods (Código Marítimo Internacional de Mercadorias Perigosas)
MARPOL	Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (abrev. de "poluente marinho")
mPmB	muito persistente e muito bioacumulável
NLP	ex-polímero
PBT	Persistente, Bioacumulável e Tóxico
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas)
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Acordo Europeu relativo ao transporte internacional ferroviário de mercadorias perigosas)

Referências bibliográficas importantes e fontes dos dados utilizados

- Regulamento (CE) nº 1907/2006 (REACH), alterado por 2015/830/UE
- Regulamento (CE) nº 1272/2008 (CRE, EU GHS)

Frases relevantes (código e texto integral, como indicado no capítulo 2 e 3)

Código	Texto
H272	pode agravar incêndios; comburente
H315	provoca irritação cutânea
H319	provoca irritação ocular grave

Declarações de exoneração de responsabilidade

A informação contante desta ficha de segurança baseia-se no conhecimento actual. As informações devem ser um ponto de referência para o manuseamento seguro do produto mencionado neste folheto informativo sobre segurança, relativamente ao seu armazenamento, processamento, transporte e eliminação. As indicações não são aplicáveis a outros produtos. Em caso de o produto ser misturado ou preparado com outros materiais, as indicações constantes neste folheto informativo sobre segurança não são automaticamente transferíveis para o novo material.