

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

GRANULOMETRIC ANALYSIS: A BIBLIOGRAPHIC REVIEW

AMANDA LUIZA SOARES DE **MORAIS**^{1*}, DENIZE APARECIDA **MARTINS**¹, LETTICIA MORONARI **ANDRADE**¹, RAGILA SABRINA FERNANDES **PEREIRA**¹, TIAGO MACEL **OLIVEIRA**²

1. Acadêmico do curso de graduação do curso Engenharia Química da Faculdade Única de Ipatinga; 2. Professor Mestre em Engenharia Industrial, Disciplina Operações Unitárias I do curso de Engenharia Química da Faculdade Única de Ipatinga.

* Rua Efigênia Moreira Quirino, 154, Nossa Senhora da Penha, Coronel Fabriciano, Minas Gerais, Brasil. CEP: 35170-072.
luiza.amandasm@gmail.com

Recebido em 01/02/2021. Aceito para publicação em 08/03/2021

RESUMO

O presente trabalho é uma revisão bibliográfica sobre análise granulométrica, destacando suas características e importância. Por meio deste, foi possível entender a granulometria de diferentes tipos de solo e como analisá-las. Apresentando de forma detalhada técnicas como peneiramento a seco, a úmido e sedimentação, para melhor entendimento do tema. O objetivo do artigo é proporcionar uma melhor compreensão quanto a essa operação unitária, que é de grande importância para profissionais para a identificação do solo, por fazer possível a análise de suas características de uma forma ampla e precisa. Para atingir tais objetivos, realizou-se pesquisas em artigos científicos, com informações publicadas do ano de 2004 ao ano de 2020.

PALAVRAS-CHAVE: Granulometria, solo, partículas, peneiramento; indústria.

ABSTRACT

The present study is a bibliographic review on granulometric analysis, highlighting its characteristics and importance. Hereby, it was possible to understand what is the granulometry of different types of soil and how to analyze them. Presenting in detail techniques such as dry sieving, wet sieving and sedimentation, for a better understanding of the topic. The objective of the article is to provide a better understanding of this unit operation, which is of great importance for professionals for the identification of the soil, as it makes possible to analyze its characteristics in a broad and precise way. To achieve these objectives, research was carried out on scientific articles, based on studies published from 2004 to 2020.

KEYWORDS: Granulometry, ground, particles, sieving, industry.

1. INTRODUÇÃO

A granulometria de um solo é a subdivisão das porções componentes em classes de tamanho, podendo ser de natureza mineral ou orgânica. Onde se pode estabelecer as grandezas das partículas e suas proporções¹.

A análise granulométrica pode ser feita de duas maneiras, para o alcance de vestígios por intermédio de

sedimentação de um sólido para uma base líquida, faz-se necessário o emprego de matérias como argilas e sites, em contrapartida, para o tratamento de peneiramento os materiais pedregulhos, granulares e areis são aplicados. Porém, para solos que possuem partículas tanto na fração fina, quanto na fração grossa se torna indispensável a análise granulométrica completa, realizando a sedimentação e o peneiramento².

O trabalho tem por objetivo compreender e entender o funcionamento de uma análise granulométrica. Esse método consiste em um processo físico, sendo uma operação unitária. Esse tipo de operação é de grande importância, pois por meio dele os engenheiros utilizam ensaio básico de laboratório para a identificação do solo, sendo possível analisar suas características de forma mais ampla.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esse artigo é uma revisão bibliográfica que aborda as principais características de um solo as formas de se realizar uma análise granulométrica. Para atingir tais objetivos, foram realizadas pesquisas em artigos científicos, em bases de dados como Google Acadêmico, Scielo, dissertações e monografias. Foram utilizadas informações publicadas do ano de 2001 até o ano de 2019, os estudos realizados estavam relacionados diretamente com o tema. Foram utilizadas as palavras chaves: granulometria; solo; partículas; peneiramento; indústria, que facilitaram as buscas de dados para a realização da pesquisa.

3. DESENVOLVIMENTO

Análise granulométrica

A granulometria de um solo é a subdivisão de diferentes classes e tamanhos, determinado suas dimensões e porcentagem, estabelecendo a grandeza das partículas. Utiliza-se esse método para a realização da análise do solo. A análise granulométrica pode contribuir para diversos projetos, como manejo de irrigação e recuperação de áreas degradadas³.

O procedimento consiste na ruptura em várias

dimensões dos agregados e a individualização dessas partículas granulares, sendo expresso normalmente por porcentagem. A granulometria do solo corresponde uma de suas peculiaridades mais constantes, sendo assim, estabelecida por intermédio do Ensaio de Análise Granulométrica⁴.

Os solos em sua fase sólida abrangem diversos fragmentos que podem variar de acordo com a forma, quantidade e tamanho. A distribuição granulométrica define a determinação do tamanho das partículas e suas porcentagens. Dessa forma, define-se a distribuição dos solos e qual processo a ser utilizado⁵.

A análise granulométrica pode ser feita de duas maneiras, para o alcance de vestígios por intermédio de sedimentação de um sólido para uma base líquida, faz-se necessário o emprego de matérias como argilas e siltes, em contrapartida, para o tratamento de peneiramento os materiais pedregulhos, granulares e areis são aplicados. Porém, para solos que possuem partículas tanto na fração fina, quanto na fração grossa se torna indispensável a análise granulométrica completa, realizando a sedimentação e o peneiramento. A análise granulométrica feita por meio da sedimentação tem sido discutida no meio técnico, devido as suas limitações⁶.

O propósito de uma análise granulométrica é distribuir esses fragmentos em categoria pelas suas dimensões e estabelecer suas dimensões em relação ao peso desse fragmento. Portanto, os engenheiros utilizam por meio de um ensaio básico de laboratório, a análise granulométrica para a identificação do solo⁷.

As frações do solo

Normalmente a divisão da classificação dos sólidos se dá baseada nas suas dimensões de suas partículas. Existem diversas classificações a serem utilizadas, como mostra a (Figura 1), mas nacionalmente a representação mais utilizada é a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

ASTM											
PEDREGULHO			AREIA				SILTE			ARGILA	COLOIDE
			G	M	F						
60	4,75	2,0	0,425	0,075		0,005			0,001	0	
AASHTO											
PEDREGULHO			AREIA				SILTE			ARGILA	COLOIDE
			G	F							
60	#4	#10	#40	#200		0,005			0,001	0	
M.L.T.											
PEDREGULHO			AREIA				SILTE			COLOIDE	
			G	M	F	G	M	F	G	M	F
60	20	6	2,0	0,6	0,2	0,06			0,002		
ABNT											
PEDREGULHO			AREIA				SILTE			ARGILA	
			G	M	F	G	M	F			
60	20	6	2,0	0,6	0,2	0,06			0,002		

Figura 1. Classificação do solo. Fonte: ABNT-NBR 6502, 2015⁸

Verifica-se que as partículas poderão apresentar os valores das dimensões inferior a 0,002mm ou serem superiores a 200mm. Podendo definir que a correlação entre tais extremidades é de 10^5 . Conforme a dimensão, representada pela letra D, diminui, o número de

fragmentos na unidade de massa de forma proporcional amplia a $1/D^3$ e a sua massa particular, na mesma analogia, diminui. Uma diversidade entre as partículas grossas e finas podem ser mencionadas devido a seus valores de grandezas, no qual retrata a área superficial por completo dessas partículas por unidade de massa⁹.

Dessa forma, no Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define da seguinte forma rochas e solo:

- **Argila:** Solo de granulação fina composto por fragmentos com dimensões inferiores que 0,002 mm, sendo assim apresentam, podendo ser moldado em diferentes formas.
- **Areia:** Não plástico e não coesivo os sólidos são compostos por pequenos fragmentos de rochas e por minerais possuindo o diâmetro entre 0,06 mm e 2,0 mm. Sendo subdividido em areias grossas, finas e médias.
- **Pedregulhos:** São constituídos por solos minerais ou partículas de rocha, com diâmetro assimilado cerca de 2,0 e 60,0 mm. Podem ainda ser fragmentados em pedregulhos finos, médios ou grossos.
- **Silte:** Por possui baixa ou nenhuma plasticidade, os solos apresentam uma resistência quando seco o ar baixa. Seus atributos essenciais são correspondentes à parte composta pela fração silte. É constituído por fragmentos com diâmetros entre 0,002 mm e 0,06 mm^{10,11}.

Peneiramento a seco

O peneiramento sólido também pode ser chamado de tamisação. Esse processo consiste em sólidos de vários tamanhos que podem ser divididos em duas ou mais porções. É uma operação mecânica que utiliza peneiras normatizadas para peneirar o solo. Esse tipo de ensaio é indicado para minérios com a granulometria grossa, com uma pequena porção fina¹².

Para esse tipo de método, é necessário que a porção sólida esteja com baixa umidade, se necessário, as amostras utilizadas para a análise, serem secas em uma estufa, para que não haja nenhuma interferência de porções úmidas¹³.

Para realizar o procedimento é necessário usar um aparelho agitador magnético que possui peneiras. Essas peneiras possuem tamanhos e diâmetros normatizados que são necessários para um melhor resultado da análise granulométrica, assim como mostra a (Figura 2), que exemplifica alguns tipos de peneiras utilizadas no processo¹⁴.



Figura 2. Especificação de peneiras. Fonte: CETEM, 2004¹⁵.

No processo de peneiramento a amostra precisa ser preparada de acordo com a NBR-6457 que é a norma específica para a preparação de amostras do solo.

De acordo com ABNT NBR 6457 (2016), versão corrigida, “O método para a preparação de amostras de solos para os ensaios de compactação e de caracterização (análise granulométrica e determinação dos limites de liquidez e plasticidade, da massa específica das partículas que passam na peneira de 4,8 mm, da massa específica aparente e da absorção de água pelos grãos retidos na peneira de 4,8 mm).”¹⁶.

O objetivo do peneiramento sólido é separar material alimentando nas peneiras em finos e grossos, como mostra a (Figura 3).

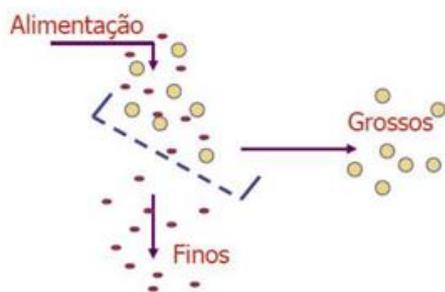


Figura 3. Peneiramento. Fonte: Guerreiro, 2015¹⁷.

A amostra durante o processo de peneiramento passa por diversas peneiras até chegar a granulometria desejada, a (tabela 1) abaixo exemplifica os tamanhos das peneiras usadas. O solo que fica retido na peneira será usado para o peneiramento grosso e o solo que passou pela peneira será usado para o peneiramento fino¹⁸.

Tabela 1. Tamanho das peneiras utilizadas.

Peneiramento grosso	Peneiramento fino
50 mm	1,5 mm
38 mm	0,6 mm
25 mm	0,42 mm
19 mm	0,25 mm
9,5 mm	0,15 mm
4,8 mm	0,075 mm

Fonte: IFRN, 2017¹⁹.

As quantidades que ficaram reclusas na peneira são determinadas por pesagem e as diversas frações retidas serão calculadas e esses cálculos precisam seguir a norma NBR-7181.

Cálculos peneiramento grosso:

$$PR = \left(\frac{MR}{MTS} \right) \cdot 100 \quad PP = 100 - PR$$

Cálculos peneiramento fino:

$$PR = \left(\frac{MR}{MSPF} \right) \cdot 100 \quad PP = (100 - PR) \cdot N$$

Peneiramento a úmido

Além da realização do peneiramento em partículas a seco, existe também a aplicação de separação dos materiais a úmido.

O processo de peneiramento é nada mais que a separação de fragmentos em frações de diferentes dimensões ou proporção, sendo compreendido como um processo para separar as partículas por tamanho. Quando a aplicabilidade do peneiramento a seco se torna ineficiente, que acontece quando o material utilizado apresenta pouca umidade, ou aderência o peneiramento a úmido deve ser executado para evitar dessa forma o entupimento da peneira, impedindo deste modo à deposição dos finos sobre o fio da peneira²⁰.

Para o peneiramento a úmido, a técnica utilizada é a adição de água nos materiais a serem separados, dessa forma a passagem dos finos por entre as telas da peneira e as partículas menores, onde apenas o peneiramento não funciona, são realizadas com eficiência. São identificados os materiais retirados da peneira, como oversize (em sua tradução como “grande demais”) e o material passante é denominado como undersize (em sua tradução temos algo “demasiado pequeno”)²¹.

A prática do peneiramento a úmido nos materiais, não necessariamente quer dizer seu emprego em um material úmido, mas sim em um peneiramento realizado com a aplicação de uma grande quantidade de água, ou seja, partindo de um material seco e aumentando a umidade de suas partículas. Esse método é usado com uma quantidade superior a 5% de umidade²².

Conforme o estudo de Domingues (2019)²⁴ existem diversificados equipamentos que podem ser utilizados para esse tipo de função, como por exemplo, encontram-se as peneiras fixas, vibratórias horizontais ou inclinadas, rotativas, etc. Nesse caso, quando se tem a aplicação do peneiramento feito a úmido, a introdução de água nos materiais são feitos através de sprays de água, fixados sobre os decks de peneiramento, como demonstrado na (figura 4) abaixo, realizadas em materiais com granulometria entre (0,04 e 5mm), no qual se torna possível o peneiramento de partículas mais finas com uma maior eficiência.



Figura 4. Peneiramento a úmido. Fonte: Bergerman, 2015²⁵.

Segundo Campos, Oliveira (2018)²³ “O peneiramento é dito “a seco” quando é feito com o material na sua umidade natural (que não pode, entretanto, ser muito elevado) e dito “a úmido” ou “via úmido” quando o material é alimentado na forma de uma polpa ou recebe água adicional. É um dos

métodos mais antigos e possui comprovada eficiência para aplicação em diversas áreas”.

Sedimentação

Sedimentação ou decantação é um processo físico que constitui uma operação unitária. Esse tipo de operação tem a finalidade de separar as partículas sólidas ou gotículas de líquidos por meio de um fluido, sendo um líquido ou gás, ou ainda de líquidos imiscíveis com densidades distintas. O mecanismo adotado nessa operação de separação é a transferência de movimento, por meio da gravidade²⁶.

A técnica de sedimentação se baseia principalmente na Lei de Stokes. Essa lei relaciona a velocidade das partículas, peso específico delas, viscosidade do fluido, diâmetro e a gravidade, sendo representado pela equação abaixo²⁷:

$$v_s = \frac{g \cdot (\rho_p - \rho_w) \cdot d^2}{18 \cdot \mu}$$

Figura 5. Lei de Stokes. Fonte: Coelho, 2013²⁸

Em seus estudos Lima & Luz (2001)²⁹ apresentou sobre a Lei de Stokes que “Uma partícula caindo no vácuo, sob um campo uniforme de forças (geralmente gravitacional), não sofre resistência à sua queda. Logo, a velocidade de queda da mesma cresce indefinidamente independente do seu tamanho e densidade. O movimento dessa mesma partícula, se imersa em um meio fluido qualquer, fica sujeito a uma força resistiva, cuja magnitude depende do regime fluidodinâmico vigente, além dos aspectos morfológicos dessa partícula. Quando o equilíbrio é alcançado entre a força gravitacional e a força de resistência do fluido, a partícula alcança sua velocidade terminal de sedimentação e, portanto, cai a uma taxa constante”.

A sedimentação por gravidade se dá pela separação de sólidos dispersos em uma fase líquida, onde é possível analisar a diferença de densidade entre as partículas sólidas e líquidas. Nesse processo, o material com maior densidade se deposita no fundo do tanque. Em ensaios laboratoriais por meio de testes de proveta, esse tipo de experimento é usado em análise granulométrica, onde é possível perceber rapidamente as duas fases da mistura, como é representado na (Figura 6)³⁰.

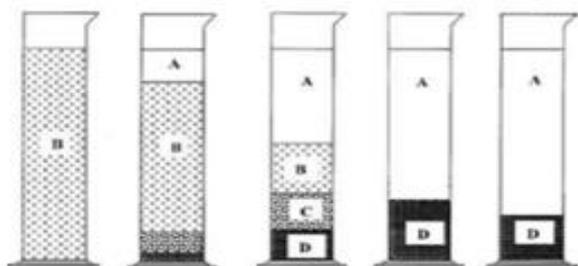


Figura 6. Sedimentação por meio do teste de proveta. Fonte: Ventura, 2018³¹.

No processo de sedimentação podem existir dois interesses por parte da indústria, sendo o interesse em uma fase da mistura com alta concentração de partículas utilizando-se assim um espessador. Já em casos de uma baixa concentração de partículas, tendo interesse na parte líquida, utiliza-se o clarificador. Exemplos de sedimentadores podem ser vistos na (Figura 7)³².



Figura 7. Sedimentadores industriais. Fonte: Trindade, 2013³³.

A operação de separação por sedimentação pode sofrer influência de alguns fatores, sendo eles:

- A natureza das partículas, analisando o tamanho das partículas, densidade, forma, propriedades químicas e mineralógicas;
- A quantidade de sólidos que é disperso no líquido;
- As dimensões do tanque de sedimentação e das provetas usadas para tais experimentos³⁴.

Na indústria química, a presença de partículas sólidas sejam elas na matéria prima ou até mesmo no produto é constante. A operação de separação por sedimentação pode ser aplicada no tratamento de efluentes, no processamento de alimentos, beneficiamento de minério, na indústria farmacêutica, entre outras.

4. CONCLUSÃO

Com a revisão de literatura, pode-se concluir que a análise granulométrica consiste na observação das dimensões dos grãos de uma superfície, com a utilização de meios favoráveis para sua determinação. Cada partícula possui uma proporção, desse modo faz-se necessário a utilização da categorização dessas partículas, no Brasil o modelo mais utilizado é o apresentado pela ABNT.

Para a separação dos fragmentos, pode-se aplicar o método de peneiramento, visto que nessa operação é onde se obtém sua segmentação em diferentes tamanhos e proporções, dessa maneira, pode-se realizar o peneiramento a seco e também a úmido, para um melhor êxito nos resultados. Por conseguinte, tem-se outra forma de separar partículas sólidas ou líquidas por meio de um fluido, sendo esse método realizado através da sedimentação, onde estabelecem as relações de velocidade dos materiais, peso característico, viscosidade, gravidade e amplitude.

As pesquisas realizadas para o presente trabalho através de revisões bibliográficas foram de grande importância para entender como funcionam os processos de separação de uma análise granulométrica,

entendendo também as etapas que a constitui. Além disso, foram essenciais para aprimorar o entendimento do que é uma operação unitária, sendo este, uma operação de separação, que pode ser realizada em escala industrial e também laboratorial.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Dias A. Análise granulométrica. Análise sedimentar e o conhecimentos dos sistemas marinhos [Internet]. 2004 [cited 2020 May 23];:10-27. Disponível em: <https://www.ufjf.br/baccan/files/2012/11/Granulometria.pdf>
- [2] Teixeira P, Donagemma G, Fontana A, *et al.* Manual de Métodos de Análise de Solo [Internet]. 3rd ed. Brasília-DF: [publisher unknown]; 2017. Análise granulométrica; [cited 2020 May 23]; Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172279/1/Pt-1-Cap-10-Analise-granulometrica.pdf>
- [3] Nascimento BE, Neto F das C, Caiana C, *et al.* análise granulométrica de uma amostra de solo de uma instituição de ensino superior (ies) em Juazeiro do norte, ceará, brasil. análise granulométrica de uma amostra de solo de uma instituição de ensino superior (IES) em Juazeiro Do Norte, Ceará, Brasil [Internet]. 2020 Feb 10 [cited 2021 Feb 17]; Disponível em: <https://editoraverde.org/portal/revistas/index.php/aei/article/view/96/168>
- [4] Niehues AP, Steiner L. Estabilização granulométrica de solo argiloso com agregado de resíduo de concreto da construção civil para utilização em pavimentação. Estabilização granulométrica de solo argiloso com agregado de resíduo de concreto da construção civil para utilização em pavimentação [Internet]. 2018 [cited 2021 Feb 17]; Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/6483/1/AnaPaulaGavaNiehues.pdf>
- [5] Batista A, Viana A, Silva B, *et al.* Análise granulométrica influenciada pela qualidade da água e dispersantes químicos. Enciclopédia biosfera [Internet]. 2015 Jun 01 [cited 2020 May 23];11(21):127-132. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/agrarias/analise%20granulometrica.pdf>
- [6] Capelli R. Comparação de métodos na análise granulométrica de rejeitos de mineração [Comparação de métodos na análise granulométrica de rejeitos de mineração on the Internet]. [place unknown]: Universidade Federal de Ouro Preto; 2016 [cited 2021 Feb 17]. 36 s. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/3540000/506/1/MONOGRRAFIA_Compara%C3%A7%C3%A3oM%C3%A9todosAn%C3%A1lise.pdf
- [7] Corá J, Fernandes C, Beraldo J, *et al.* Adição de areia para dispersão de solos na análise granulométrica. Revista Brasileira de Ciência do Solo [Internet]. 2009 [cited 2020 May 23]; Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832009000200003&script=sci_arttext
- [8] ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rochas e solos [Internet]. [place unknown: publisher unknown]; 2015. Rochas e solos; [cited 2021 Mar 10]; Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-6.502-Rochas-e-Solos.pdf>
- [9] Emmert F, Pereira R. Caracterização geotécnica e classificação de solos para estradas florestais: estudo de caso. Ciência Florestal [Internet]. 2016 [cited 2020 May 23];26(2) Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982016000200601&lng=en&nrm=iso&tlng=pt#aff2
- [10] Amarante RCLR, Pires MJ. Análise das características do solo argiloso para a fabricação de telhas. Análise das características do solo argiloso para a fabricação de telhas [Internet]. 2019 [cited 2021 Feb 17];:1-2. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conima-s-e-conidis/2019/TRABALHO_EV133_MD4_SA36_ID1679_01112019081126.pdf
- [11] Rodrigues KH. Estudo de estabilização granulométrica de solos utilizando rejeito de mineração [Dissertação on the Internet]. [place unknown]: Universidade Federal de Ouro Preto; 2018 [cited 2021 Feb 17]. 9-21 p. Disponível em: https://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/9879/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_EstudoEstabiliza%C3%A7%C3%A3oGranulom%C3%A9trica.pdf
- [12] Luz A, Sampaio J, França S. Tratamento de minérios [Internet]. 5th ed. Rio de Janeiro: [publisher unknown]; 2010. Parte ii classificação, análise granulométrica por peneiramento; [cited 2020 May 24]; Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1020/1/Cap%203%20Peneiramento.pdf>
- [13] Rezende T. Tipo de peneiras: características e utilização [trabalho acadêmico on the Internet]. [place unknown]: Centro Técnico de Educação Profissional; 2011 [cited 2020 May 24]. 22 s. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/130682/peneiramento>
- [14] SEDIMENTAÇÃO [Internet]. [place unknown]; 2013 Mar 08 [cited 2020 May 19]. Disponível em: http://www.tecquimica.cefetmg.br/galerias/arquivos_do_wnload/Sedimentaxo - Gisele - CEFET 2012.pdf
- [15] CETEM-Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência e Tecnologia. Classificação e peneiramento [Internet]. 4th ed. [place unknown: publisher unknown]; 2004. 5. Tratamento de Minérios; [cited 2021 Mar 10]; Disponível em: <https://www.ufjf.br/baccan/files/2012/11/Cap-5-Peneiramento.pdf>
- [16] ABNT/CEE-221 Solos. Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização [Internet]. [place unknown]; 2016 Mar 08 [cited 2020 May 19]. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=358011#>
- [17] Guerreiro F. Estudo experimental do peneiramento vibratório em batelada de suspensão diluída de rocha fosfática: determinação do teor de umidade de material retido, eficiência granulométrica e diâmetro de corte [Dissertação on the Internet]. [place unknown]: Universidade Federal de Uberlândia- MG; 2015 [cited 2021 Mar 10]. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15256/1/EstudoExperimentalPeneiramento.pdf>
- [18] Determinação da granulometria [Internet]. Ceara; 2017. Determinação da granulometria: Departamento de geologia; [cited 2020 May 24]; Disponível em: <http://www.lagetec.ufc.br/wp-content/uploads/2017/08/An%C3%A1lise-granulom%C3%A9trica-de-material-granular-por-peneiramento-e-sedimenta%C3%A7%C3%A3o-em-meio-1%C3%ADquido1.pdf>

- [19] Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do rio grande do norte – campus de natal central. Apostila de materiais de construção curso técnico em edificações [Internet]. [place unknown]: publisher unknown; 2017. Apostila de materiais de construção curso técnico em edificações; [cited 2021 Mar 10]; Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/materiais-de-construcao/apostilla-de-materiais-de-construcao>
- [20] Costa E. Peneiramento de partículas finas e ultrafinas com adição de dispersantes [monografia on the Internet]. [place unknown]: Universidade Federal de Goiás; 2014 [cited 2020 May 24]. 78 s. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/596/o/Evair_Nunes_da_Costa.pdf
- [21] Varela J. Desenvolvimento de um novo conceito de plantas de lavagem e classificação para reciclagem de material contaminado. Revista Escola de Minas [Internet]. 2010 [cited 2020 May 23];63(3) Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672010000300024&lng=en&nrm=iso
- [22] Bastos P. Análise comparativa entre o uso de métodos convencionais e o uso de softwares para a seleção de britadores e peneiras [monografia on the Internet]. [place unknown]: Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais; 2015 [cited 2020 May 23]. 116 s. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-A2NGAS/1/monografia_patricia_bastos_trabalho_final.pdf
- [23] Campos A, Oliveira BP. Análise comparativa de métodos para determinação de distribuição granulométrica em ferroligas: peneiramento e análise de imagem [análise comparativa de métodos para determinação de distribuição granulométrica em ferroligas: peneiramento e análise de imagem on the Internet]. [place unknown]: Universidade de Uberaba; 2018 [cited 2021 Feb 17]. 55 s. Disponível em: [https://repositorio.uniube.br/bitstream/123456789/1093/1/Análise Comparativa de MA todos para determina a A o de Distribui A A o Granulom A trica em ferroliga Peneiramento e AnA lise de Imagem .pdf](https://repositorio.uniube.br/bitstream/123456789/1093/1/Análise%20Comparativa%20de%20MA%20todos%20para%20determina%C3%A7%C3%A3o%20de%20Distribui%C3%A7%C3%A3o%20de%20Granulom%C3%A9trica%20em%20ferroliga%20Peneiramento%20e%20Análise%20de%20Imagem.pdf)
- [24] Domingues G. Peneiras de alta frequência para recuperação da fração + 0,15 mm do rejeito da usina de manganês do azul [Dissertação on the Internet]. [place unknown]: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2019 [cited 2021 Feb 17]. 20-45 p. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/197179/001096429.pdf?sequence=1&isAllowed=y> pós-graduação em engenharia de minas, metalúrgica e de materiais.
- [25] Bergerman M. Operações unitárias. Introdução à engenharia aplicada à indústria mineral [Internet]. 2015 May 04 [cited 2021 Mar 10]; Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/308177/mod_resource/content/3/Aula%206.pdf
- [26] Carvalho L. Separações mecânicas [monografia on the Internet]. [place unknown]: Universidade de São Paulo; 2019 [cited 2020 May 19]. 16 p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4675804/mod_resource/content/0/Apostila_sedimenta%C3%A7%C3%A3o_rev02.pdf
- [27] Santana G. Estudo comparativo através da análise de variância para determinação da distribuição granulométrica pelas técnicas de sedimentação e difração à laser [Dissertação on the Internet]. [place unknown]: Universidade Federal da Paraíba – UFPB; 2017 [cited 2021 Feb 17]. 20-25 p. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/13360/1/GLS20022018.pdf>
- [28] Mecânica dos Fluidos [Internet]. [place unknown]: Pedro Coelho; 2013 Oct 27. Lei de Stokes - Estudo da Viscosidade na Mecânica dos Fluidos; [cited 2021 Mar 10]; Disponível em: <https://www.engquimicasantosp.com.br/2013/10/lei-de-stokes.html>
- [29] Lima R, Luz J. Análise granulométrica por técnicas que se baseiam na sedimentação gravitacional: Lei de Stokes. Rem: Revista Escola de Minas [Internet]. 2001 [cited 2020 May 19];54(2) Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672001000200014
- [30] Modelagem da sedimentação de sólidos adensantes em suspensões aquosas. XII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica [Internet]. [place unknown]: publisher unknown; 2017 [cited 2021 Feb 17]. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/colbeqic2017/286.pdf>
- [31] Ventura Ricardo. Efeitos do uso de floculante e coagulante na sedimentação de rejeito de minério de ferro [TCC on the Internet]. [place unknown]: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG; 2018 [cited 2021 Mar 10]. Disponível em: <http://www.eng-minas.araxa.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/170/2018/12/Ricardo-Jeronimo-Ventura-min.pdf>
- [32] Estudo do processo de separação sólido-líquido porsedimentação no setor mineiro-metalúrgico [Internet]. Revista Engenharia de Interesse Social; 2017. Estudo do processo de separação sólido-líquido porsedimentação no setor mineiro-metalúrgico; [cited 2021 Feb 17]; [7]. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/reis/article/view/2416/1374>
- [33] Trindade M. Sedimentação [Internet]. docsity; 2015 [cited 2021 Mar 10]. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/sedimentacao-monique/4867575/>
- [34] Souza A, Andrade A, Santos M, *et al.* Sedimentação [trabalho acadêmico on the Internet]. [place unknown]: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia; 2013 [cited 2020 May 19]. 21 s. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/angelaguerra1044/relatrio-p4-sedimentao>