Processando o Saber
eISSN 2179-5150
FATEC Praia Grande · fatecpg.edu.br/revista
submetido: Jan/2023 · **aceito**: Mar/2023 · **publicado**: Jun/2023
DOI 10.5281/zenodo.14948273

Elaboração de um protótipo didático para separação sólido-gás

Elaboration of a didactic prototype for solid-gas separation

Eduardo Messias
Fatec Praia Grande
contatoeduardomessias@gmail.com

Victor de Oliveira Kuhne
Fatec Praia Grande
victor@fatecpg.com.br

RESUMO

O presente artigo busca relatar a construção de um protótipo, cuja finalidade é separar partículas sólidas em suspensão na atmosfera ou no gás. O protótipo é fabricado com materiais estruturais como metais, elastômeros e polímeros transparentes para facilitar a visualização do processo de separação. Sua construção deve obedecer ao dimensionamento realizado para o equipamento, ou seja, a largura, comprimento e altura da câmara são calculadas de acordo com a massa específica, diâmetro médio do composto que será separado, vazão do gás e o tipo de partícula que será separada, realizando assim a decantação dela em duas seções diferentes, definida como “pó grosso” e “pó fino”. O equipamento funciona através de um fluxo de ar, que é fornecido por um ventilador em um cone, arrastando o composto, o pó de brita. O mesmo é considerado um rejeito pelas mineradoras, pois não tem utilidade econômica, o resultado do rejeito são os danos causados ao solo, ar e água. Entretanto, o pó de brita pode ser utilizado em outro produto, o concreto, sendo necessária a substituição de um dos agregados do concreto, com propriedades semelhantes com o pó de pedra. Como a areia é considerada um agregado miúdo, pode ser substituída pelo mesmo atribuindo-lhe utilidade além de reduzir os impactos ao meio ambiente, evitando a extração da areia que também é prejudicial ao meio.

PALAVRAS-CHAVE: Separador gravitacional, Sólido-gás, Material particulado.

ABSTRACT

This paper seeks to build a prototype, whose purpose is to separate solid particles suspended in the atmosphere or gas. The prototype is manufactured with structural materials such as metals, elastomers, and transparent polymers to facilitate the visualization of the separation process. Its construction must obey the dimensioning done for the equipment, that is, the width, length and height of the chamber are calculated according to the specific mass, the average diameter of the compound that will be separated, the gas flow and the type of particle that will be separated, thus performing its decantation in two different sections, defined as "coarse powder" and "fine powder". The equipment works through an air flow, which is supplied by a fan in a cone, dragging the compound, the gravel dust. It is considered a waste product by the mining companies, because it is of no economic use; the result of the waste product is damage to the soil, air and water. However, gravel dust can be used in another product, concrete, by replacing one of the aggregates in concrete, with properties similar to stone dust. As sand is considered a fine aggregate, it can be replaced by it, making it useful and reducing the impact on the environment, avoiding the extraction of sand, which is also harmful to the environment.

KEY WORDS: *Gravitational Separator, Solid-gas, Particulate matter*

INTRODUÇÃO

O presente artigo almeja relatar a construção de um protótipo de um separador gravitacional com a função de realizar a separação sólido de gás, entre uma mistura de pó de pedra e ar, a fim de obter a granulometria ideal para utilização dele na produção de concreto. Por último, o protótipo será construído com objetivo acadêmico para que os estudantes da Fatec de Praia Grande possam conhecer mais sobre esse tipo de separação, envolvendo conceitos de várias disciplinas como mecânica dos fluídos, física, mecânica de sólidos etc.

A separação sólido-gás é uma operação unitária, que pode ser descrita como um processo físico ou físico-químico, sendo neste caso uma separação física, que quando colocado em sequência com uma conversão química ou não, constituem um processo. Dentro das operações unitárias está contido processos, britagem, moagem e peneiramento, que geralmente são utilizados para tratar agregados ou partículas sólidas (CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CETEM, 2010).

Os agregados devem ser tratados por britagem e moagem da pedra e/ou e peneiramento da areia no sentido da obtenção de granulometrias adequadas, deixando assim a matéria-prima com as especificações necessárias, estes processos são retratados pelas operações unitárias e são necessários para obter-se os agregados para a produção do concreto com as especificações adequadas (BARBOSA et al, 2019).

O concreto usual é um material com utilização preferencial em construções civis, é resultante de uma mistura formada por um cimento, areia, pedra e água. Considerando a cadeia produtiva do concreto, a areia, em sua extração, pode causar sérios danos ambientais e a saúde pública. Este, na maioria das vezes, está contido nos fundos dos rios, portanto, gera perturbações ao meio, quando extraído, não só isso, mas aumenta o fluxo de água, desbarrancamento das margens, inundações e atordoa as espécies vigentes da mata ciliar do rio (NOGUEIRA, 2016).

Porém, estudos mostram que o agregado miúdo pode ser substituído pelo pó de pedra, sua utilização na substituição da areia para produção de concreto gera um aumento da resistência à compressão axial e diminuição de cimento utilizado na mistura, entretanto, é necessária adição de uma quantidade maior de água, para que o concreto produzido com pó de pedra possua uma consistência equivalente ao da produção do produto convencional (MENOSSI, 2004).

Pode se considerar também que a extração da pedra se dá de forma mais viável, pois seu impacto ambiental (na extração) é inferior à extração da areia, já que com uma única extração

será possível produzir o produto de interesse (concreto), danificando em um grau menor o ambiente, ao retirar dois agregados em locais diferentes. O material particulado é o fator resultante de um processo de britagem da pedra em uma granulometria maior, ou seja, a rocha basáltica quando britada produz o pó de pedra, que é visto como um rejeito pelas mineradoras, ficando inativos nos pátios e causando sérios danos, ao ar, solo e aos mananciais (MENOSSI et.al., 2010).

Para a realização desta substituição é necessário a utilização de um equipamento que faça a separação sólido-gás que é quando ocorre a dissociação do sólido dissolvido em uma corrente de ar ou gás. O equipamento em questão é um separador gravitacional, ou seja, utiliza a força da gravidade para decantar partículas. Segundo Gomide (1980), o tempo de residência da partícula no separador tem que ser maior ou igual ao tempo de decantação do particulado. O protótipo é projetado com base no tamanho da câmara central, portanto, são calculados a largura, altura, comprimento, massa específica e fluxo do ar.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 CONCRETO

O concreto mais especificamente é uma mistura heterogênea composta por agregados, pedra (agregado graúdo), areia (agregado miúdo), cimento (aglomerante) e água, podendo ter em sua composição a adição de aditivos, cinza volante, pozolonas, sílica ativa, entre outros (COUTO, 2013). Quando as matérias-primas estão em conjunto forma-se uma liga que é capaz de ser moldada, resultando em concretos distintos que são aplicados nas suas adequações estruturais. Sua produção pode ocorrer de forma manual, em betoneiras e centrais dosadoras (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

1.1.1 Produção

Para produzí-lo é necessario a utilização de suas materias primas, tendo assim uma ordem de adição de materiais, deve-se primeiro colocar uma pequena quantidade de água, posteriori os demais materiais, pedra, cimento, areia e o resto de água, também existem opções

onde a pedra pode ser adicionada primeiro, depois a água e o restante dos materiais (BARBOSA et al., 2019).

Tendo como objetivo produzir uma mistura uniforme, na sua produção são adicionados os agregados sólidos, pedra e areia, o aglomerante, cimento, e pequenas quantidades de água (BAUER, 2009).

Os agregados do concreto são abundantes na crosta do planeta, além de terem as características físicas necessárias, uma vez que são resistentes à ação da água, sendo melhor que o aço e a madeira, para a construção civil, por isso são os materiais estruturais mais utilizados (SILVA, 2012). Entretanto, a tecnologia para sua constituição avança para promover um desenvolvimento na sua produção, buscando encontrar novos minerais e aditivos para sua composição (ROSSIGNOLO, 2009).

A extração de seus agregados, considerados aqui como recursos naturais, causa emissão de poluentes e a geração de resíduos, performando um grande fator de degradação ambiental, no caso da areia danifica a calha natural dos rios e a brita gera resíduos como pó de brita que fica em sua grande parte inutilizável gerando danos ao meio (BARBOSA et al., 2019). Segundo Pera (1996), para um desenvolvimento sustentável é necessário fazer a proteção do solo, água e ar, para isso no que tange a produção de concreto deve-se buscar produzir de forma eficiente e ecológica, seus diferentes tipos.

Os tipos de concreto utilizados na construção civil, é o concreto simples, o armado e o protendido, cada um deles com propriedades físicas diferentes, destinando-se a finalidades diferentes, portanto, sua composição mineral muda de um para outro (BARBOSA et al., 2019).

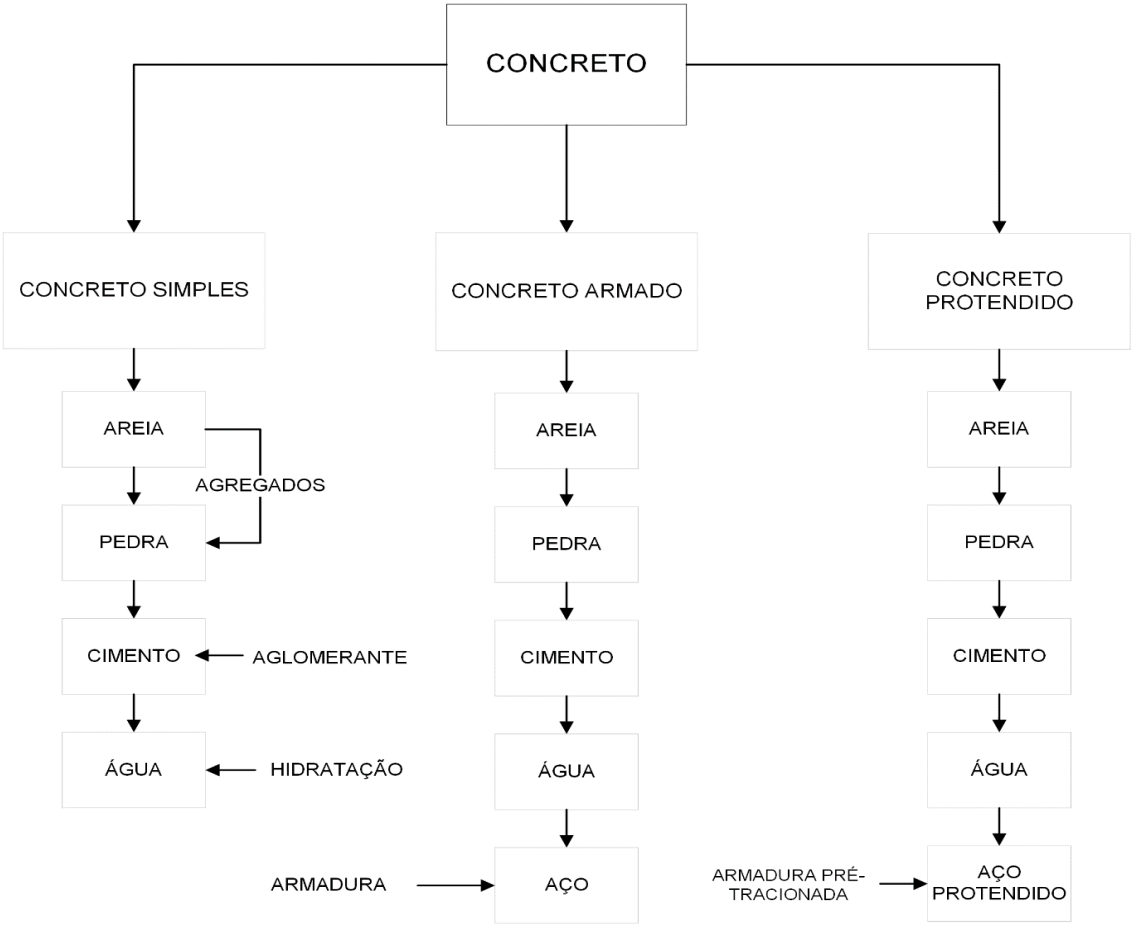
1.1.2 Tipos e características

Diferentes tipos de concreto abrangem características para determinadas estruturas, o do tipo simples é utilizado para a produção de blocos, tubos e pisos, entretanto, o de qualidade armado, é a união do concreto com barras de aço, para produção de edifícios, com aderência perfeita entre seus constituintes, descrito na Figura 1 (BOTELHO; MARCHETTI, 2019). O coeficiente de dilatação térmica dos materiais é praticamente igual e o aço fica protegido da oxidação por estar envolto pelo concreto, garantindo a durabilidade da estrutura (BARBOSA et al., 2019).

O concreto da variedade protendido representa o componente que faz uso da mesma estrutura que o armado, mas a armadura de aço sofrerá uma tensão até seu limite de escoamento,

antes da adição do concreto, e só sendo retirada as tensões após a solidificação da mistura (MEHTA, MONTEIRO, 1994). Portanto são aplicadas para que o material tenha sua resistência melhorada ou seu comportamento, sobre diferentes tipos de cargas (BARBOSA et al., 2019).

Figura 1 – Tipos de concretos e suas composições



Fonte: ADAPTADO DE BARBOSA et al., 2019

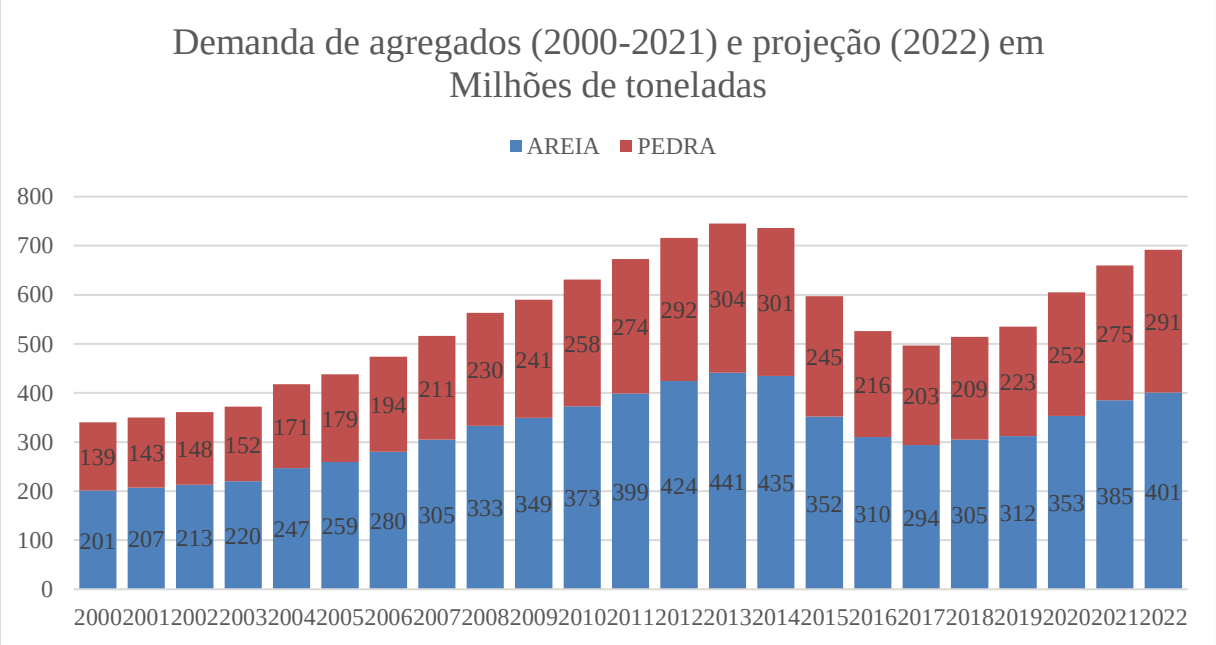
2. EXTRAÇÃO DOS AGREGADOS E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

Os agregados são fragmentos de rochas, podendo ser “pedra” ou “areia”, com formação dos grãos irregulares e sendo inertes a outros compostos, sendo assim utilizados em pavimentações, edificações, barragens, saneamentos, entre outros (ARMAC, 2020)

Segundo o Willett (2022), no quarto trimestre de 2019 estima-se que foram produzidas 360 milhões de toneladas de pedra britada e a produção de areia e cascalho totalizou no mesmo período 230 milhões de toneladas, nos Estados Unidos.

Em 2021, o mercado brasileiro de agregados, constatou um aumento de 9%, em relação ao ano anterior, com 660 milhões de toneladas e recuperando-se da queda histórica de 2013 a 2017, que foi de 33%, conforme figura 2 (ANEPAC, 2022)

Figura 2 - Demanda de agregados no Brasil



Fonte: ANEPAC/SINDPEDRAS-SP (2022)

Ocorrem dois tipos de extração da areia que são denominados como dragagem e desmonte hidráulico (COUTO, 2013). A dragagem hidráulica é uma operação que se dá dentro de uma coluna de água, utilizando-se da pressão negativa (sucção), para retirar a areia do fundo dos rios, lagos e represas. Já o desmonte hidráulico é uma lavagem para desagregar determinado mineral de um afloramento sedimentar, usando a pressão de um jato de água para realizar o desmonte (ALMEIDA, 2002).

Os impactos ambientais gerados na extração da areia, são gerados por uma série de fatores prejudiciais ao meio, causando danos como: aumento do fluxo de água, desbarrancamento das margens, inundações, alteração na mata ciliar do rio, mudanças na calha natural da água, sem contar os danos indiretos, causados por maquinários que lançam as partículas mais finas no ar, prejudicando a qualidade do mesmo, entre outros danos gerados (NOGUEIRA, 2016).

A extração da pedra decorre de pedreiras, para obtê-la é necessário fazer o decapeamento do solo, perfurações e após isso, um desmonte, por explosão de dinamites, após sua obtenção, geralmente o produto parte para o beneficiamento, que se trata da britagem primaria, secundária, terciaria, quaternária e moagem, podendo ser a britagem seca ou a úmida (SILVA, 2012).

Está britagem gera resíduos, conhecidos como pó de pedra que geram impactos ambientais, tais como, contaminação do solo, água, causando problemas respiratórios, entre outros (BARBOSA et al., 2019). Sem contar que cerca de 15 a 20% da produção de pedra é revertida em pó, que é gerada nos processos de britagem e moagem (DUARTE, 2013).

Segundo Menossi (2004), este pó de pedra que é considerado um rejeito e gera danos ao meio ambiente, pode ser substituído pela areia na composição dos agregados para a produção de concreto, trazendo assim características físicas necessárias ou até mesmo melhorando-as, com relação a produção convencional com areia. O concreto com pó de pedra, tem algumas características físicas que são indispensáveis para a produção do concreto, mas para isso ocorrer é de extrema importância levar a consideração do tamanho das partículas, ou seja, é importante fazer a classificação deste material, para que seja utilizado de acordo com as normas técnicas para a produção de concreto.

3. CARACTERÍSTICAS DA SEPARAÇÃO MECÂNICA E CLASSIFICAÇÃO PARA A FABRICAÇÃO DO CONCRETO COM PÓ DE PEDRA

As separações mecânicas são de extrema importância para o desenvolvimento de produtos e projetos industriais, são elas que fazem o papel de isolar as fases de um sistema heterogêneo, como peneiramento, filtrações e decantações de sólidos ou líquidos, ademais, a classificação ocorre de 3 modos, são eles, tipos de sistema, propriedade utilizada na separação e mecanismo (GOMIDE, 1980).

Ainda segundo Gomide (1980), para que ocorra a separação mecânica é necessário avaliar algumas propriedades físicas, tamanho da partícula, densidade, inercia e propriedades eletromagnéticas, além do mecanismo de funcionamento do separador, que pode ser estático ou dinâmico, sendo dinâmico quando é primordial a movimentação das fases para que ocorra a separação.

Para Menossi (2004) apud NBR 7211, para substituição total da areia pelo pó de pedra foi utilizado a classificação da areia média, sendo assim considerado uma classificação granulométrica ideal para a produção de concreto entre, 0,15mm a 6,3mm.

4. DIMENSIONAMENTO DO SEPARADOR PARA A OBTENÇÃO DA GRANULOMETRIA ADEQUADA PARA A PRODUÇÃO DO CONCRETO

De acordo com Gomide (1980), para realização da separação é necessário ocorrer a construção de um separador gravitacional ou de um separador que realize a função desejada, sendo seu objetivo decantar as partículas mais pesadas em seções ou funis, levando em consideração o tempo de residência da partícula e a vazão do ar. No separador ocorre a separação da mistura do ar atmosférico com a partícula a ser separada, deslocando-se dentro do equipamento, em regime laminar ou turbulento, sendo essencial a observação e medição de variáveis, como a densidade da partícula, fluxo (vazão) e o diâmetro médio das partículas, tudo isso para tornar possível realizar os cálculos afim de obter o tamanho da câmara para realizar determinado tipo de separação (GOMIDE, 1980).

Para projetar a câmara é necessário obter a massa específica (densidade) da partícula, que é dada pela fórmula:

$$d = \frac{m}{v}$$

Onde:

d = densidade (g/ml)

m = massa (g)

v = volume (ml)

Entretanto, por conta da mistura de produto é necessário a utilização de uma massa especifica média para realizar os cálculos, dada pela fórmula:

$$X = \frac{(x_1 + x_2 + x_{3\ldots} + x_n)}{n}$$

Onde:

X = Média aritmética

x = Fatores

n = Número de fatores somados

Ainda para o dimensionamento da câmara, é preciso classificar um tamanho de partícula, por peneiramento ou outros métodos de classificação de partículas solidas, para obtenção do diâmetro utilizado para calcular a velocidade terminal (μt).

A velocidade terminal é dada pela fórmula:

$$\mathrm{ut} = 3{,}03 \cdot 10^{-5}\mathrm{pD}^2$$

Onde:

ut = velocidade terminal (m/s)

p = massa específica (densidade em g/ml)

D = diâmetro da partícula (µm)

Segundo Gomide (1980), é recomendado utilizar metade da velocidade terminal levando em conta a forma das partículas e a turbulência na câmara, também é essencial considerar uma velocidade do ar igual a 3 vezes maior que a velocidade terminal.

Substituindo ut por $u = \frac{ut}{2}$, resultando:

$\frac{H}{C} = \frac{u}{v}$: $C = \frac{u}{Hv}$

Onde:

H = altura da câmara (m)

C = comprimento da câmara (m)

u = metade da velocidade terminal (m/s)

v = velocidade do gás (m/s)

Sendo a secção transversal:

$$LH = \frac{Q}{v}$$

Onde:

L = largura da câmara (m)

H = altura da câmara (m)

Q = vazão de ar (m3)

v = velocidade do gás (m/s)

Após isso o L é fixado como $L = 2H$.

5. METODOLOGIA

A construção do separador de partículas solidas de ar, busca realizar a separação do pó de pedra da atmosférica e ainda classificar, em pó fino (50µm-100µm) e pó grosso (100µm-

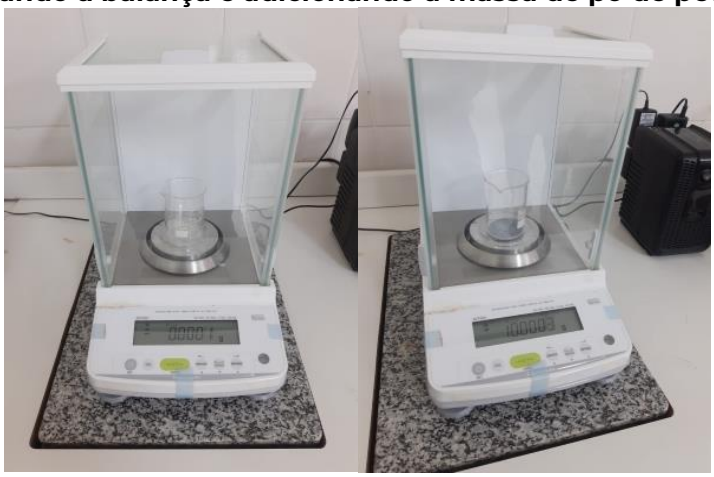
150µm), para isso é necessário utilizar meios para dimensionar o equipamento, buscando valores próximos ao dimensionamento no que tange ao comprimento, altura e largura da câmara central do equipamento.

Em laboratório, é primordial verificar a densidade real da partícula a ser separada, para a realização dos cálculos. Na etapa 1 (Figura 3) o experimento segue o modelo de Arquimedes, onde utilizando uma proveta, vamos colocar um determinado volume inicial (Vi) de água, após isso, na etapa 2 (Figura 4), é necessário tarar a balança analítica, que contêm um Becker e nele será adicionada a massa do material particulado, seguindo para a etapa 3 (Figura 5), é aconselhável adicionar a massa da partícula sólida na proveta e verificar o volume final (Vf), para realizar os cálculos, sendo necessário uma análise em triplicata.

Figura 3 – Adicionando o volume de água na proveta

Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 4 – Tarando a balança e adicionando a massa de pó de pedra no Becker



Fonte: Autoria própria, 2022

Figura 5 – Adicionando a massa de pó de pedra no volume de água

Fonte: Autoria própria, 2022

Tabela 1 – Valores obtidos a partir dos experimentos realizados em laboratório

Experimentos	Volume inicial em ml	Volume final em ml	Variação de volume em ml	Massa da partícula em g	Densidade da partícula g/ml
1	80	91	11	30,074	2,734
2	80	83	3	6,6001	2,2
3	80	88	8	20,6441	2,581

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Para cálculo do dimensionamento é necessário utilizar os valores obtidos através dos experimentos realizados, que foram dispostos na Tabela 1, para ter-se a massa específica do composto que será separado, entretanto, foi realizado 3 experimentos com diferentes granulometrias que serão misturadas e dispostas para separação, ou seja, o mais adequado neste caso é realizar uma média aritmética dos valores. Realizando a média aritmética, temos:

$$x = \frac{2{,}734 + 2{,}2 + 2{,}581}{3}$$

Dando assim um valor médio de massa específica de 2,505 g/ml, valor que será usado para calcular as dimensões do separador gravitacional em conjunto com outras variáveis.

Primeiramente, é calculado a velocidade terminal, neste caso vamos dimensionar para partículas de diâmetro ± 100µm, logo:

$$ut = 3{,}03 \cdot 10^{-5} \cdot 2{,}505 \cdot 100^{2}$$

$$ut = 0{,}759 m/s$$

Considerando um regime turbulento, será feito a substituição do ut por $u = \frac{ut}{2}$, dando:

$$u = \frac{0{,}759}{2}$$

$$u = 0{,}3793 m/s$$

Por fim, será calculado as dimensões do separador, aplicando a seguinte relação, segundo Gomide:

$\frac{H}{C} = \frac{u}{v} \therefore C = \frac{u}{Hv}$

Para a velocidade atribuímos um valor que é aproximadamente 3 vezes a velocidade terminal, para obtermos uma relação proporcional ao comprimento:

$\frac{H}{C} = \frac{0{,}3795}{1{,}1385} \therefore C = 3H$

Após está relação, irá ser relacionado a largura e altura da câmara com o fluxo de ar e velocidade do ar:

$$LH = \frac{Q}{v}$$

Atribuindo um valor de fluxo de ar de 1950 m3/h, a fim de obter uma câmara relativamente pequena, mas que quando imprimido este fluxo cumpre o seu papel de separação, sendo necessário multiplicar por 3600s (1h), para converter, como pede Andersen:

$$LH = \frac{1930 m^3 / h}{1{,}1383 m / s \cdot (3600 s / h)}$$

$$LH = 0{,}47 m^2$$

Nesta etapa fixa-se: $L = 2H$

$$L = \frac{0{,}47}{H}$$

Substituindo:

$$2H = \frac{0{,}47}{H}$$

$$H = 0{,}48 m$$

Utilizando de $L = 2H$, temos:

$$L = 2H$$

$$L = 0{,}96m$$

Por fim, calculamos C:

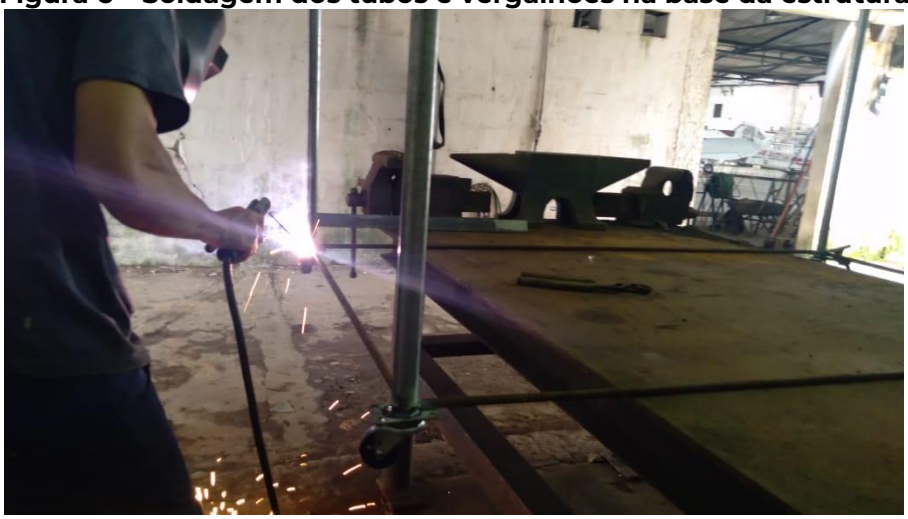
$$C = 3H$$

$$C = 1{,}44m$$

Portanto, obtém-se a altura, largura e comprimento da câmara central, com isso podemos dar início a construção do separador, composto por metais, elastômeros, polímeros e será desenvolvido para que seja possível visualizar todo o processo de separação.

O desenvolvimento do trabalho decorre sobre os recursos dispostos, na primeira etapa de construção é planejado como deverá ser feito a base do equipamento e a câmara central, ou seja, a parte da base dará estabilidade ao equipamento e a câmara central será onde ocorrerá a separação, utilizando tubos de aço e vergalhões para a construção da estrutura, sendo eles soldados e colocados de forma linear e em esquadro (Figura 6).

Figura 6 – Soldagem dos tubos e vergalhões na base da estrutura



Fonte: Autoria própria, 2022

Seguindo o mesmo modelo de desenvolvimento da construção da base, é construído a estrutura completa (Figura 7).

Figura 7 – Estrutura de aço

Fonte: Autoria própria, 2022

Após a finalização da estrutura, que dará estabilidade as chapas de policarbonato, é necessário fazer um tratamento antioxidante no equipamento, para evitar danos e dar longevidade as partes mais suscetíveis a oxidação e após isso pintar a estrutura (Figura 8).

Figura 8 – Estrutura em processo de tratamento

Fonte: Autoria própria

Após o tratamento antioxidante foi realizado os cortes das chapas de policarbonato que foram fixadas com rebites nas cantoneiras de aço da estrutura, formando então o separador

gravitacional, onde ocorrerá a separação do pó de pedra do ar, fazendo assim a classificação do mesmo e ainda assim limpando o ar do particulado fino (Figura 9).

Figura 9 – Separador Gravitacional com as chapas fixadas

Fonte: Autoria própria, 2022

Com a parte estrutural finalizada é necessário dar início a construção do meio de transporte, que será realizado por um ventilador acoplado a uma válvula que irá fornecer produto ao separador gravitacional, fazendo assim a mistura do sólido com o ar, possibilitando assim a separação do ar e classificação do pó de pedra em “grosso” e “fino” (Figura 10).

Figura 10 – Equipamento com o ventilador acoplado

Fonte: Autoria própria

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A construção do equipamento levou aproximadamente 1 ano, ela foi baseada no dimensionamento, nele tivemos que estipular valores para a vazão do ar, ou seja, para termos uma separação com eficiência foi necessária buscar o fluxo que estipulamos no dimensionamento e isso foi possível, pois o ventilador contém regulagem de rotação, podendo ela chegar até 7500rpm. Sabendo desses fatores e utilizando um instrumento de medição, anemômetro, é obtido o valor da velocidade do fluxo de ar, que chegou de 1,35m/s a 9,2m/s, sendo possível sua regulagem neste range, e multiplicando pela área transversal do separador temos então a vazão do ar de 1950m3/h, chegando ao valor teórico dimensionado.

Para a separação ocorrer é necessário seguir o dimensionamento, mas os funis do protótipo não necessitam ser dimensionado, sendo isso crucial apenas para a câmara central do equipamento, portanto, é importante buscar esses valores ao decorrer da construção (Tabela 2).

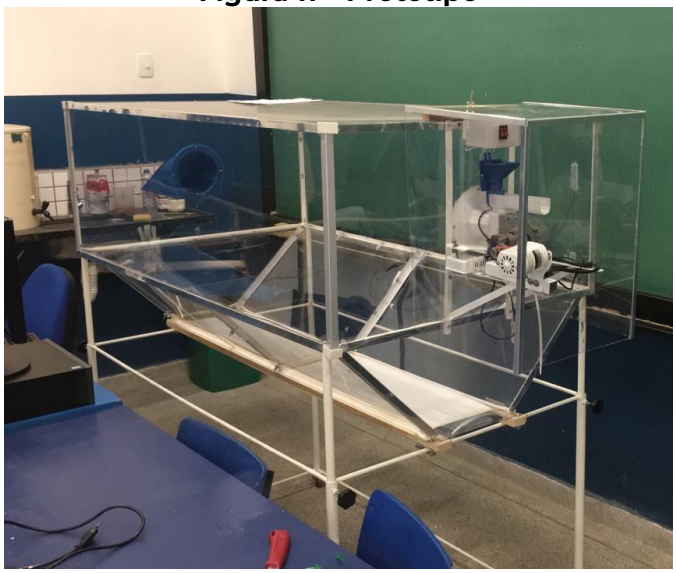
Tabela 2 – Valores reais e valores teóricos do protótipo

	Valores teóricos em m	Valores reais em m
Altura	0,48	0,48
Largura	0,96	0,84
Comprimento	1,44	1,47

Fonte: Autoria própria

A separação ocorreu de forma clara e nítida, ou seja, o equipamento cumpre seu papel ao ser didático e eficiente, afinal ele foi construído buscando realizar a separação e ser um equipamento de uso didático na Faculdade de Tecnologia de Praia Grande (Figura 11).

Figura 11 – Protótipo



Fonte: Autoria própria, 2022

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do trabalho foi alcançado, pois o protótipo foi desenvolvido e foi operacionalizado. Entretanto, foi detectada discrepância não significativa entre o valor teórico e real da largura e comprimento, infligindo uma alteração na velocidade do fluxo de ar, por conta da mudança na área transversal do equipamento. Essas variações ocorreram por conta de recursos e mobilidade do equipamento, ou seja, o equipamento ficou maior do que gostaríamos para a função de ter mobilidade e funcionamento dentro de uma sala de aula, logo foi necessário ocorrer adaptações no projeto, mas isso não impediu a separação e classificação do "pó grosso" e "pó fino", pelo fato do ventilador ter regulagem e podendo assim calcular uma nova velocidade do fluxo do ar, buscando ainda assim chegar mais próximo possível ao valor teórico de 1950m3/h. Contudo, seria de suma importância realizar ensaios granulométricos com o material separado e classificado para verificar sua granulometria e se seria possível sua utilização para a produção de concretos usuais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. L. M.; SAMPAIO, J. A. **Obtenção de areia artificial com base em finos de pedreiras**. Revista Areia & Brita, out/dez de 2002.

ANEPAC. **Mercado de agregados – Perspectivas para 2022**. 2022. ANEPAC. Disponível em: https://www.anepac.org.br/relacionamento/noticias/item/491-mercado-de-agregados-perspectivas-para-2022
. Acesso em: 02 set. 2022.

ARMAC (Brasil). **Agregados na construção civil: entenda o que são e a importância desses materiais!** 2020. Disponível em: https://armac.com.br/blog/engenharia/agregados-na-construcao-civil/. Acesso em: 14 nov. 2022.

BARBOSA, Marcella de Sena; CARVALHO, Carlos Maviael de; DELFINO, Rosane Kelen Rodrigues; ALVES, Jailson Silva; ANDRADE, Ewerton Felipe de França Oliveira; DANTAS, Mariana Pereira. **Produção de Concreto de Alto Desempenho (CAD) com adição de pó de pedra**. Revista Interscientia, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 200-217, 2 jul. 2019. Cruzeiro do Sul Educacional. http://dx.doi.org/10.26843/interscientia.v7i1.1000.

BAUER, L.A. Falcão. **Materiais de construção**: novos materiais para construção civil. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2009. 488 p.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado, eu te amo, para arquitetos**. 10. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2019. 544 p.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CETEM. Rio de Janeiro: Adão B. da Luz, João Alves Sampaio e Silvia Cristina A. França, ago. 2010. Disponível em: http://miner lis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/732/1/CCL00260010.pdf. Acesso em: 27 nov. 2022.

COUTO, José Antônio Santos; CARMINATTI, Rafael Lima; NUNES, Rogério Reginato Alves; MOURA, Ruan Carlos A.. **O concreto como material de construção**. 2013. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico de Sergipe, Universidade Tiradentes, Sergipe, 2023. Disponível em: https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/552. Acesso em: 09 ago. 2022.

DUARTE, João Batista. **Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por pó de pedra em concreto de cimento** PORTLAND. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, O Programa de Pós-Graduação do Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/12819. Acesso em: 10 out. 2022.

GOMIDE, Reynaldo. **Operações unitárias**: **separações mecânicas**. 3. ed. São Paulo: Edição do Autor, 1980. 195 p.

MEHTA, Povindar Kumar; MONTEIRO, Paulo J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

MENOSSI, Rômulo Tadeu et al. **Pó de pedra: uma alternativa ou um complemento ao uso da areia na elaboração de misturas de concreto?** Holos Environment, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 209-222, 10 jan. 2010. Lepidus Tecnologia. http://dx.doi.org/10.14295/holos.v10i2.4727. Disponível em: https://cea-unesp.org.br/holos/article/view/4727. Acesso em: 17 ago. 2022.

MENOSSI, Rômulo Tadeu. **Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto**. 2004. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp, Unesp - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/handle/11449/90740. Acesso em: 10 ago. 2022.

NOGUEIRA, Geovane Rangel Ferreira. **A extração de areia em cursos d'água e seus impactos: proposição de uma matriz de interação**. 2016. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitarista, Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. Disponível em: https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC_VersãoFinal.pdf. Acesso em: 15 ago. 2022.

PERA, J. **State of the art report – use of waste materials in construction in Western Europe**. In: WORKSHOP SOBRE RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO, 1996, São Paulo. Anais. São Paulo: EPUSP/ANTAC, 1996.

ROSSIGNOLO, João Adriano. **Concreto leve estrutural: produção, propriedades microestrutura e aplicações**. São Paulo: Pini, 2009. 144 p. Disponível em: https://www.academia.edu/19104906/Concreto_Leve_Estrutural. Acesso em: 11 ago. 2022

SILVA, Gustavo Alexandre. **Diagnóstico do setor de agregados para construção civil na região metropolitana de natal** - RN. 2012. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mineral, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012. Disponível em: https://attena.ufpe.br/handle/123456789/11694. Acesso em: 10 ago. 2022.

WILLETT, Jason Christopher. **Crushed stone and sand and gravel in the first quarter 2022**. 2022. USGS. Disponível em: https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center. Acesso em: 11 out. 2022.