

ESTUDO DOS RCCs E REAPROVEITAMENTO NA COMPACTAÇÃO DO SOLO.

STUDY OF RCCS AND REUSE IN THE COMPACTION OF THE SOIL.

¹FERRARI, João P; ²FERNANDES, Marcos M.

^{1e2}Departamento de Engenharia Civil - Centro Universitário das
Faculdades Integradas de Ourinhos – Unifio/FEMM.

RESUMO

Este trabalho tem como intuito analisar o RCCs e utilizar na compactação dos solos de entrada da faculdade, para isso realizamos uma visita a empresa KAZO localizada em Ourinhos e tiramos algumas informações do processo de trituração dos resíduos e identificamos o tipo de material que iríamos trabalhar e desta forma utilizando-os de forma sustentável. O trabalho levou em conta ensaio realizado no laboratório onde realizamos ensaio de granulometria, curva de compactação e teor de umidade ótimo. Desta forma o trabalho apresenta um tipo de solo arenoso e um teor de umidade ótimo de 12% para os ensaios com apenas solo e 12,58% para ensaio solo resíduo. O presente trabalho indica a aprofundar os ensaios e pesquisas para uma determinação da resistência ao utilizar resíduos nas misturas de solo na compactação.

Palavras-chave: RCCs; Ensaio; Solo; Resíduo.

ABSTRACT

This work aims to analyze the RCCs and use them in the compaction of the entrance soils of the college, for this we visited the company KAZO located in Ourinhos and took some information from the waste shredding process and identified the type of material that we would work with and in this way using them in a sustainable way. The work took into account the test carried out in the laboratory where we carried out a granulometry test, compaction curve and optimal moisture content. Thus, the work presents a type of sandy soil and an optimal moisture content of 12% for the tests with only soil and 12.58% for the residue soil test. The present work indicates the deepening of the tests and researches for a determination of the resistance when using residues in soil mixtures in compaction.

Keywords: RCCs; Essay; Soil; Residue.

INTRODUÇÃO

O setor de Construção Civil é um dos que mais se desenvolve atualmente, com grande participação no PIB, gerando emprego e contribuindo com economia brasileira. A construção civil se iniciou a muito tempo, e desde então, com o grande crescimento da população e sua evolução no mundo e nas formas de viver, as construções se desenvolveram e foram aprimoradas, desenvolvendo novas tecnologias, criando assim grandes obras, contribuindo cada vez mais com a economia e com a sociedade.

Com o desenvolvimento das construções, ocorreu o aumento do uso da matéria prima. Hoje, a construção consome certa de 20 a 50% dos recursos naturais

de todo planeta, tais como o cascalho e a areia que são trazidos por meio da extração (MATOS, 2015).

Em função da evolução dos padrões de construção e da quantidade massiva de construção de casas, realizadas para abrigar a população existente, a qual cresceu consideravelmente, o aumento de Resíduos provenientes da construção civil (RCC) também foi considerável, e, segundo pesquisas o Brasil gera em torno de 85 milhões toneladas de resíduos. Na maioria das obras, o descarte desses materiais ocorre em caçambas, e, a empresa responsável pelo descarte final, o despeja em locais inapropriados, ou, em locais onde não existe um reaproveitamento desses materiais (ABRECON, 2015).

No Brasil encontramos poucos locais que fazem a extração e preparo desses materiais. A maior parte dos resíduos das obras são telhas, tijolos, areias, restos de concreto e de argamassa. As indústrias responsáveis pela reciclagem do RCC, separam por materiais que podem ser utilizados, e, segundo pesquisas a maior parte volta ao mercado como britas corridas recicladas (38%), areias recicláveis (18%) e pedras 1, 2 e 3 (13%). Esses materiais podem ser reutilizados principalmente em locais onde não apresentam grande necessidade estrutural (ABRECON, 2015).

O intuito desse trabalho é trazer uma forma de aplicação dos materiais reutilizados em solos para contribuir com a resistência de aterros, obtidos através da compactação. Desta forma com a visita realizada na empresa KAZO e com uma amostra do material que foi proporcionado por eles, e com a coleta de solos realizada na entrada da faculdade iremos apresentar ensaios com e sem os resíduos e neles iremos apresentar o tipo de resistência que ele dará ao solo compactado.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do trabalho realizamos a coleta do solo da entrada da faculdade, fizemos a coleta dos resíduos fornecido pela KAZO após todos os materiais já coletados realizamos a peneiração dos materiais para determinar a granulometria deles, iremos realizamos o ensaio de Proctor, adotamos a forma normal com 3 camadas com 12 golpes em cada uma delas, depois realizado o ensaio determinarmos a curva de compactação do solo com e sem resíduos e o teor de umidade ótimo.

COLETA DOS RESÍDUOS DE RCC

A empresa Kazo gentilmente nos apresentou o passo a passo de toda a separação, trituração e estocagem de todo o material que chega para eles como pode-se ver na figura 1 (a), (b), (c) e (d), nos concedeu os resíduos onde ali coletamos vários tipos de resíduos para a determinação de qual material seria apropriado para ser utilizado nos ensaios.

Figura 1 - (a) Triturador Industrial, (b) Peneira Triturador 1, (c) Resíduo Pedregulho e (d) Resíduo Brita n1.



Fonte: Autor.

COLETA DO SOLO ENTRADA DA FACULDADE

Realizamos a coleta do solo na entrada da faculdade, local onde contém uma grande passagem de veículos e utilizamos algumas ferramentas como enxadão, trado e baldes, ao local fizemos a limpeza onde continha muita grama e pedras realizamos o buraco de aproximadamente 30 cm de profundidade com o trado e o enxadão para ter uma maior veracidade do ensaio retirado não apenas o solo superficial como podemos ver na figura 2 (a), (b), (c) e (d).

Figura 2 - (a) Limpeza Local de Coleta, (b) Local de Extração, (c) Ferramentas Utilizado (d) Solo Coletado.



Fonte: Autor.

ENSAIO DE GRANULOMETRIA:

O ensaio granulométrico realizado no laboratório foi a determinação do tipo do solo coletado e identificar os tipos de grãos do solo e resíduo coletado, para isso utilizamos

120 gramas de solo coletado da entrada da faculdade e 120 gramas resíduos concedido pela KAZO assim passamos pelas peneiras de 4,75 mm, 2,00 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,25 mm, 0,15 mm e 0,074 mm para o solo e 9,5 mm, 4,75 mm, 2,00 mm e 1,18 mm para os resíduo e utilizamos a mesa vibratória para as determinações, como podemos identificar nas imagens (e) e (f).

Figura 3 - (a) Peneiras Utilizado Solo, (b) Peneiras Utilizado Resíduo, (c) 120 Gramas Solo (d) 120 Gramas Resíduo.



Fonte: Autor.

ENSAIO DE PROCTOR

Após a determinação da granulometria e os tipos de solos realizamos o ensaio de Proctor onde utilizamos 5 kg do solo coletado e realizamos 6 ensaios onde primeiro foi com o solo natural e outros adicionando 200 ml, 300 ml, 400 ml, 500 ml e 750 ml de água, para os ensaios com resíduos utilizamos as mesmas proporções de água e utilizamos 4 kg de solos e 1 kg de resíduos, onde determinamos a curva de compactação e a umidade ótima onde podemos identificar nas figura 4 (a), (b), (c) e (d).

Figura 4 - (a) Montagem dos Cilindros, (b) Soquete Utilizado, (c) Solo Peneirado Utilizado (d) Solo Misturado Resíduo, (e) Capsula Solo Úmido e (f) Capsula Depois da Estufa.



Fonte: Autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos primeiros passos que demos para a determinação dos resultados foi a utilização do peneiramento para realizar os cálculos para determinação do tipo de solo que estávamos trabalhando em seguida os diâmetros dos grãos dos resíduos utilizados, com os valores determinados montamos as tabelas 1 e 2 com os diâmetros de peneiras utilizada e a porcentagem.

Tabela 1 - Porcentagem Passante Solo.

Diâmetro Nominal (mm)	Massa Retida Acumulada (g)	% Retida	% Passante Acumulada
4,75	10	8,33	91,67
2,00	20	16,67	75,00
1,18	10	8,33	66,67
0,60	15	12,50	54,17
0,25	45	37,50	16,67
0,15	10	8,33	8,34
0,074	10	8,34	0,00
Fundo	0	0,00	0,00

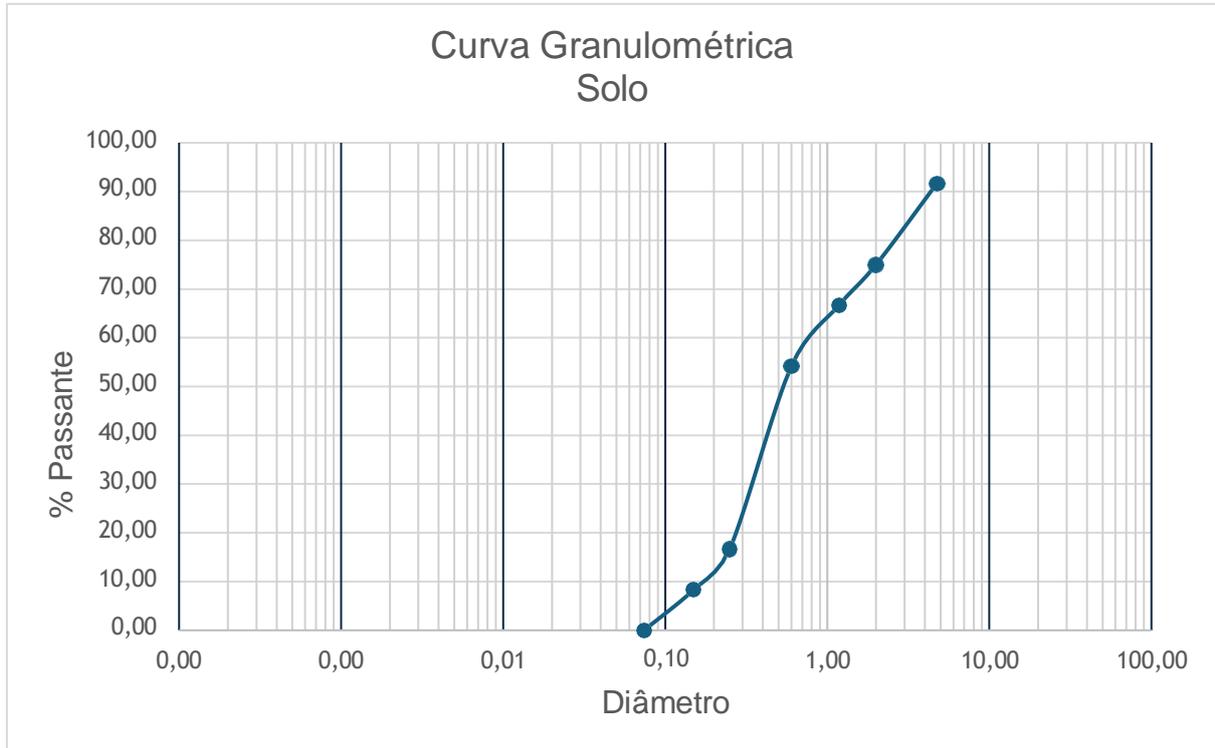
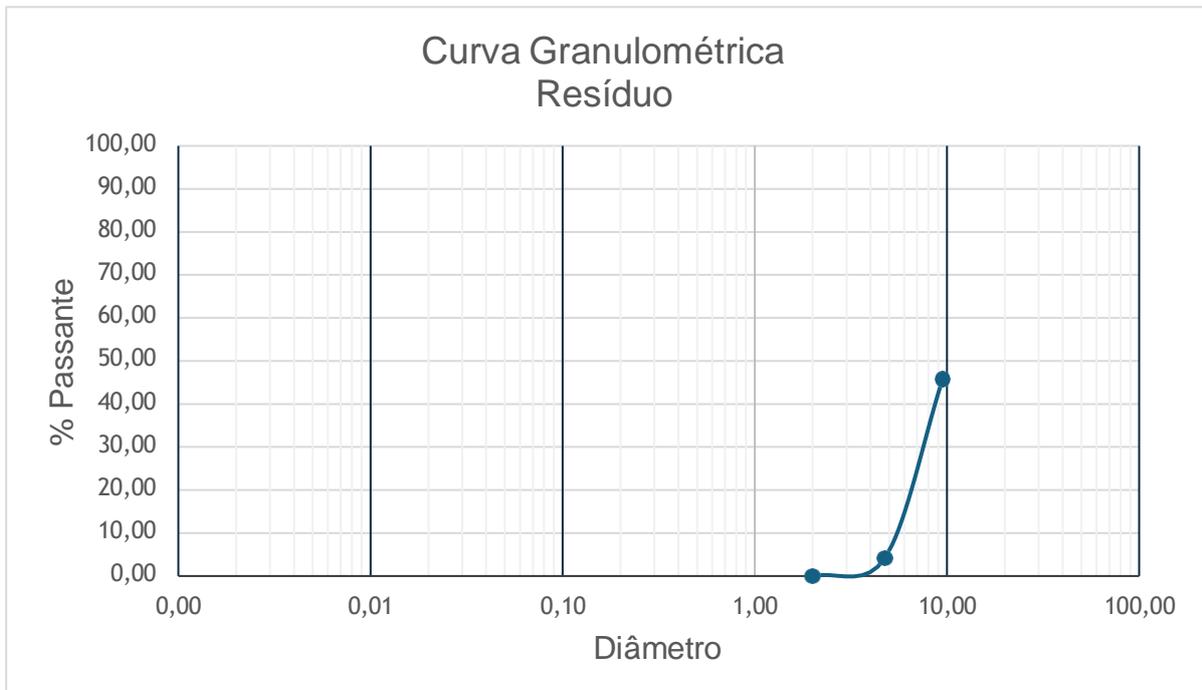
Fonte: Autor.

Tabela 2 - Porcentagem Passante Resíduo.

Diâmetro Nominal (mm)	Massa Retida Acumulada (g)	% Passante	% Passante Acumulada
9,50	65	54,16	45,83
4,75	50	41,67	4,16
2,00	5	4,16	0,00
1,18	0	0,00	0,00
Fundo	0	0,00	0,00

Fonte: Autor.

Após a realização dos gráficos de porcentagem passante realizamos o traçado da curva de granulometria como podemos verificar nos gráficos 1 e 2.

Gráfico 1: Curva Granulométrica Solo.**Fonte:** Autor.**Gráfico 2:** - Curva Granulométrica resíduo.**Fonte:** Autor.

Após a realização do gráfico e o traçado da curva granulométrica determinamos que os solo que coletamos tem uma maior concentração de solo arenoso, e o resíduos tem uma concentração maior de 1,9 mm a 2,00 mm, com os resultados obtidos via os gráficos realizamos o ensaio de Próctor onde para verificamos a maior concentração de solo retido na peneira e no resíduos a concentração intermediária para assim juntas os dois e realizar o ensaio, para o mesmo utilizamos a força de compactação apresentada logo em baixo com as formulas.

$$E = \frac{P * h * N * n}{V}$$

Onde temos que:

E = energia de compactação

P= peso do soquete

h= altura de queda do soquete

N= número de golpes por
camadas n= número de
camadas

V= volume do cilindro

Adotamos então os valores como vemos na tabela 3:

Tabela 3 - Valores do Cálculo de Energia
CÁLCULO ENERGIA DE LABORATORIO

E =	?	
P=	2,5	kg
H=	30,5	cm
N=	12	
n=	3	
Pi =	3,1415	
r=	7,5	cm
h=	30,5	cm
V =	1,94	dm ³

Fonte: Autor.

Assim chegamos ao resultado que o valor da energia de laboratório que adotamos para realização do ensaio de Proctor foi de:

$$E = 0,51 \text{ kgf/cm}^2$$

Desta forma com esses valores coletados do aparelho e utilizando a fórmula acima chegamos a valor da energia de compactação que utilizamos para o nosso ensaio. Mediante a valor encontrado realizamos os cálculos onde determinamos os valores de massa específica seca e teor de umidade como vemos na tabela 3 e 4 após isso realizamos o traçamos a curva de compactação que nos permitiu chegar a valor do teor de umidade ótimo.

Tabela 3: Valores Determinados Gráfico de Compactação Solo.

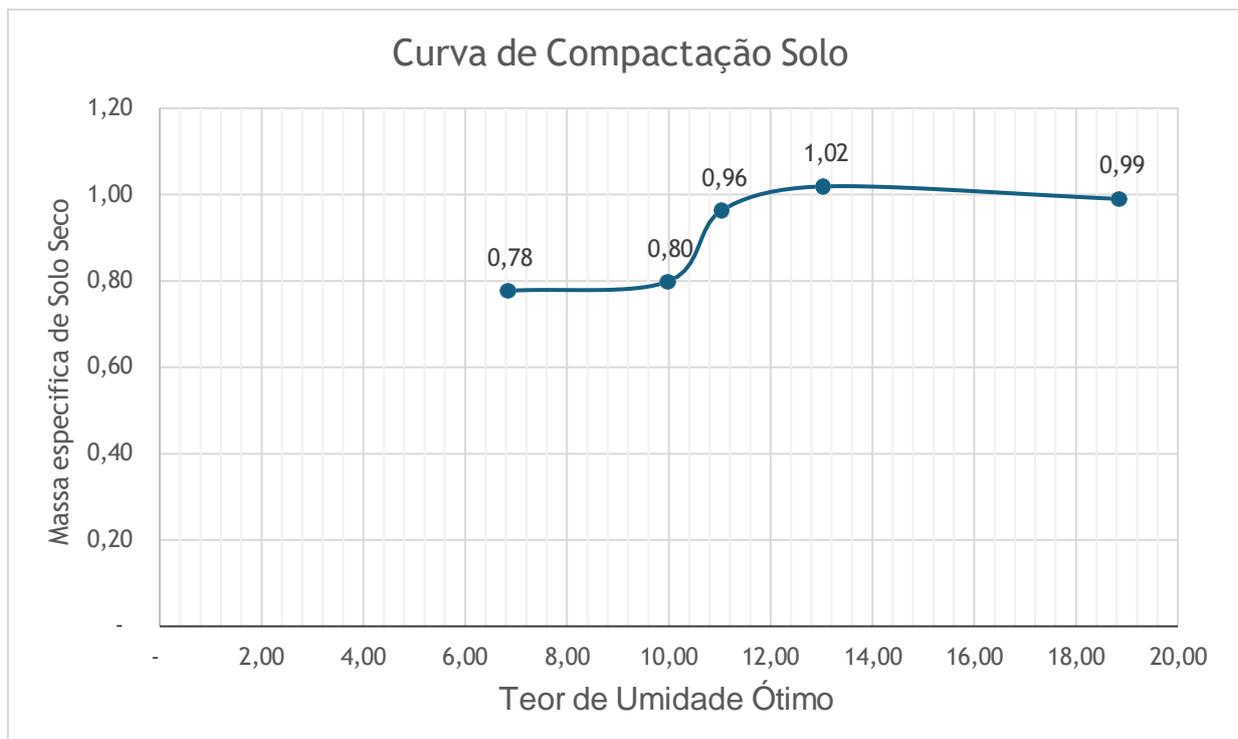
VC =	1,94				dm ³					
E =	0,5 1	kgf.cm/c m ²								
	Massa Específica		PS = Ms. Esp. Sc.		VS = Vol de Sol Sec		E = Ind. Vz	S = Sat	PD = Dens. Seca	
Ensaio 1	1,5 2	kg/dm ³	0,7 8	kg/d m ³	3,76	dm ₃	0	0	0	
Ensaio 2	1,5 1	kg/dm ³	0,7 8	kg/d m ³	3,51	dm ₃	0,06	0,93	0,74	kg/d m ³
Ensaio 3	1,5 5	kg/dm ³	0,8 0	kg/d m ³	3,39	dm ₃	0,09	0,90	0,73	kg/d m ³
Ensaio 4	1,8 7	kg/dm ³	0,9 6	kg/d m ³	3,35	dm ₃	0,12	0,89	0,86	kg/d m ³
Ensaio 5	1,9 8	kg/dm ³	1,0 2	kg/d m ³	3,27	dm ₃	0,15	0,87	0,88	kg/d m ³
Ensaio 6	2,0 5	kg/dm ³	0,9 9	kg/d m ³	3,26	dm ₃	0,23	0,81	0,80	kg/d m ³

Fonte: Autor.

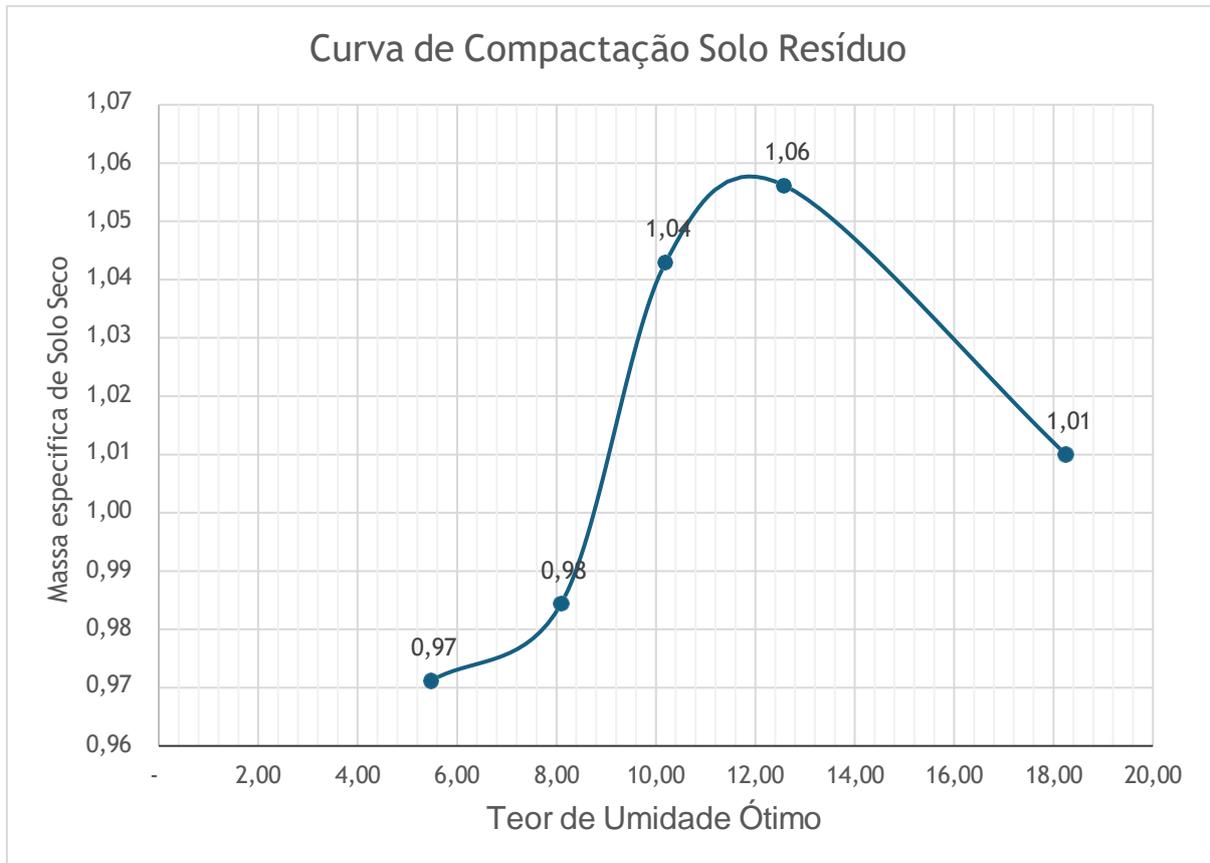
Tabela 4: Valores Determinados Gráfico de Compactação Solo Resíduo.

VC =	1,94				dm ³						
E =	0,51	kgf.cm/cm ²									
	Massa Especifica		PS = Ms. Esp. Sc.			VS = Vol de Sol Sec		E = Ind. Vz	S = Sat	PD = Dens . Seca	
Ensaio 1	1,83	kg/dm ³	0,94	kg/dm ³		3,76	dm ³	0	0	0	
Ensaio 2	1,88	kg/dm ³	0,97	kg/dm ³		3,56	dm ³	0,06	0,95	0,92	kg/dm ₃
Ensaio 3	1,91	kg/dm ³	0,98	kg/dm ₃		3,46	dm ³	0,09	0,92	0,91	kg/dm ₃
Ensaio 4	2,02	kg/dm ³	1,04	kg/dm ³		3,38	dm ³	0,12	0,90	0,93	kg/dm ₃
Ensaio 5	2,05	kg/dm ³	1,06	kg/dm ³		3,29	dm ³	0,15	0,87	0,92	kg/dm ₃
Ensaio 6	2,12	kg/dm ³	1,01	kg/dm ³		3,33	dm ³	0,23	0,82	0,82	kg/dm ₃

Fonte: Autor.

Gráfico 3: Curva de Compactação dos Solos

Fonte: Autor.

Gráfico 4: Curva Compactação Solo Resíduo

Fonte: Autor.

CONCLUSÕES

Para obter uma conclusão de que o uso de RCCs na compactação dos solos de entrada da faculdade traz uma melhoria recomenda-se um estudo mais aprofundado com ensaio e determinações mais conclusivas, o presente trabalho trouxe ensaio análise do tipo de solo e estudo do tipo de resíduo a ser utilizado.

Os ensaios realizados em laboratório determinamos o tipo de solo da entrada da faculdade como sendo um solo arenoso onde teve uma granulometria de 0,08 a 0,09 mm para os solos e de 1,00 a 2,00 mm.

No ensaio de Proctor determinamos os valores de teor de umidade ótimo de 12% para os ensaios somente solo e de 12,58 % para os resíduos assim tendo uma curva de compactação dos solos.

Conclui-se então que utilizando um estudo mais aprofundado e mais ensaios podemos chegar ao valor exato e uma melhoria no solo de entrada da faculdade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182: Ensaios de compactação**. Rio de Janeiro, 2016.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. 2015. **Revisão Bibliográfica (Engenharia Civil)** – UFPI, Teresina, Piauí, 2015. Disponível em: <https://scielo.org.br>. Acesso em: 16 mai. 2024.

FONSECA, Janayna de Lourdes Gomes. **Estudo da gestão e principais aplicações dos resíduos da construção civil**. 2020. **Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil)** – UFPB, João Pessoa, Paraíba, 2020. Disponível em: <https://ufpb.br>. Acesso em: 16 mai. 2024.

KARPINSKI, Luisete A.; PANDOLFO, Alberto; REINEHER, Renata; GUIMARÃES, Jaluso C. B.; PANDOLFO, Luciana M.; KUREK, Julianas. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Porto Alegre, PUCRS, 2009. Disponível em: <https://livros.google.com.br>. Acesso em: 16 mai. 2024.

LACÔRTE, Patrícia Maria Ribeiro. **Aproveitamento de resíduos na construção civil**. 2013. **Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil)** – UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2013. Disponível em: <https://ufmg.br>. Acesso em: 16 mai. 2024.

LEAL, Ailton Pires. **Resíduos da construção civil: uma revisão sobre as possibilidades de aplicação**. Livro – *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 7, n. 6, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br>. Acesso em: 16 mai. 2024.

MORAIS, Amanda Luiza Soares; MARTINS, Denize Aparecida; ANDRADE, Letticia Moronari; PEREIRA, Ragila Sabrina Fernandes; OLIVEIRA, Tiago Macel. **Análise granulométrica: uma revisão bibliográfica**. 2021. **Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química)** – ÚNICA, Coronel Fabriciano, Minas Gerais, 2021. Disponível em: <https://mastereditora.com.br>. Acesso em: 16 mai. 2024.