

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS Uni-ANHANGUERA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO COMO AGREGADO NA
COMPOSIÇÃO DA CAMADA DE BASEDO PAVIMENTO**

**ÁQUILA FELIPE LOPES SOUSA
DANIEL DE SOUZA FRANCO**

GOIÂNIA
Dezembro/2019

ÁQUILA FELIPE LOPES SOUSA
DANIEL DE SOUZA FRANCO

**UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO COMO AGREGADO NA
COMPOSIÇÃO DA CAMADA DE BASE DO PAVIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Centro Universitário de Goiás – Uni-
ANHANGUERA, sob orientação do Professor
Especialista Murilo Faria Cezar, como requisito
parcial para obtenção do título de bacharelado
em Engenharia Civil.

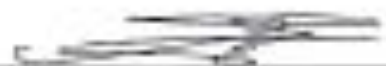
GOIÂNIA
Dezembro/2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

AQUILA FELIPE LOPES SOUSA
DANIEL DE SOUZA FRANCO

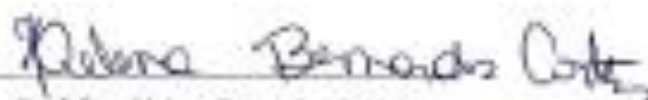
UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO COMO AGREGADO NA COMPOSIÇÃO
DA CAMADA DE BASE DO PAVIMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial
para obtenção do Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás - Uni-
ANHANGUERA, defendido e aprovado em 03 de dezembro de 2019 pela banca examinadora
constituída por:



Prof. Esp. Marilene Maria Corra

Orientador



Prof. Esp. Helena Bernardes Corra

Membro



Prof. Danilo Miranda de Souza

Membro

AGRADECIMENTO

Gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus pelo dom da vida e proporcionar saúde e conhecimento para essa caminhada até aqui. A família que foi de fundamental importância, com a total dedicação e auxílio para a conclusão deste curso. Em especial aos pais que sempre apoiaram e contribuíram com tudo o que era possível, e muitas vezes até com o impossível, para a chegada até aqui.

Agradecemos aos professores e futuros colegas de profissão Murilo Cezar e Helena pelo apoio acadêmico, intelectual e que sempre estiveram dispostos a contribuir para um aprendizado e aperfeiçoamento como pessoal e profissional.

Agradecemos também a Daniella dos Santos que nos ajudou nos ensaios laboratoriais e forneceu grandes orientação na elaboração dessa pesquisa.

RESUMO

O aumento do interesse internacional a temas diretamente ligados a preservação ambiental e a diminuição gradativa dos recursos naturais, impeliram a recuperação e o reaproveitamentos de matérias que outrora vinham sendo descartados de maneira imprópria. Para se ter uma melhor capacidade na separação de matérias provenientes da indústria da construção e demolição com os resíduos comumente produzido pelo cotidiano urbano, é necessário que haja um destino para o mesmo, como seu próprio reaproveitamento. Uma das substituições apropriadas foi a utilização dos resíduos provenientes da construção e demolição na pavimentação de vias urbanas, substituiu-se materiais naturais, como a brita graduada por RCD devidamente classificado. Para esse procedimento de substituições de matérias ter validade e viabilidade, foi realizado estudos laboratoriais para saber as devidas características físicas e mecânicas do material, ensaios como umidade hidróscópica, granulometria, limite de liquidez e plasticidade, compactação e o CBR (Índice Suporte Califórnia). Este baseou-se em uma amostra de cinco quilos para a realização do ensaio de compactação e posteriormente o ensaio CBR (Índice Suporte Califórnia). Desse total, foi substituído 30%, 40% e 50% dos cinco quilos de materiais naturais por resíduos da construção e demolição. O procedimento realizado corretamente dos ensaios laboratoriais é de fundamental importância para se obter os parâmetros exigidos pelas normas vigentes. O maior valor de CBR atingido foi com a mistura de 30% de RCD e 70% de material natural, atingindo um valor de 28,8% de CBR e uma expansão de 3,98%, logo o resultado obtido não atingiu os requisitos mínimos de norma, que seria um CBR maior ou igual ou maior a 80% e uma expansão menor que 0,5%, o estudo não pode ser empregue em camada de base.

Palavras-Chave: Reaproveitamento. RCD. Pavimentação. Preservação Ambiental.

1 INTRODUÇÃO

Weinberg & Betti (2011) descreve que até a segunda década do século XXI, a humanidade chegaria a sete bilhões de habitantes, E que esta população estaria estimulada a uma maior longevidade devido ao seu estilo de vida, estimulando cada vez mais o consumo. Esta informação será de suma importância na elaboração e construção deste trabalho, pois está relacionado diretamente com o objeto da pesquisa. Quando maior for o consumo, maior será a quantidade de entulhos a serem produzidos.

Pesquisas apontam que em centros urbanos com mais de 500.000 mil habitantes os processos construtivos são responsáveis por cerca de 40% a 70% do resíduo gerado urbanamente, ou seja, mais da metade dos entulhos gerados nas grandes cidades são provenientes da indústria da construção civil. Isto é bastante preocupante devido ao tamanho do desgaste que, todavia, poderia ocasionar aos aterros, promovendo inúmeros problemas que poderiam afetar a toda a sociedade.

O processo construtivo possui visibilidade somente para as construções de grande porte, obviamente, apenas construções dessas dimensões não seriam capazes de propiciar esse gigantesco problema. Segundo os relatos apresentados por Pinto (1989) regularmente, cerca de 20% do material empregado em uma área de aproximadamente 3.650 m² é desperdiçada, e a metade desse material é retirada da obra como entulho. O autor continua a sua abordagem ao afirmar que o mesmo material perdido eleva o custo da edificação em aproximadamente 6% do valor total da obra.

Atualmente, a reciclagem de resíduos provenientes da construção civil, passou a ser considerada uma atividade cada vez mais comum, não somente pelo fato de se obter uma maior economia, mas também pela busca de uma atividade mais sustentável. O impacto ambiental proveniente da atividade da construção civil, inicia-se ao longo de todos os estágios da produção, como a ocupação de terra, extração e movimentação de matérias primas, no processo construtivo e no produto final da construção. Ressalta-se que, ao longo de todo processo construtivo recursos naturais são explorados a todo instante.

John (2000) que por meio de sua pesquisas, anuncia que alguns dos principais motivos para uma grande produção de entulhos em uma construção, possuem relação direta com a utilização de uma metodologia arcaica durante o processo de sua execução, bem como as correções de defeitos de imperfeições, as reformas ou modificações da edificação ou partes de

mesmas que exigem demolições parciais. Isto nos faz perceber a grande responsabilidade existente devido ao grande volume de entulho que é produzido.

De acordo com Blumenschein (2004) a atividade da engenharia civil foi afirmada como uma cadeia produtiva, onde percebe-se o trabalho não somente no que se refere ao empreendimento concluído, mas desde a fase que antecede a movimentação de terra, passando pela extração exacerbada de matérias primas, do seu processamento, do transporte e armazenamento dessas matérias, chegando ao fim do processo construtivo.

Inevitável é o desenvolvimento evolutivo. Sabe-se que esse processo tem grande reflexo com o meio ambiente e da interferência denominada como impacto ambiental. Analisando o lado negativo, estatísticas de 2004 trazem um dado que mostram números alarmantes, apontando que em centros urbanos com mais de 500.000 habitantes, o processo construtivo é responsável por cerca de 40% a 70% do volume de resíduos sólidos gerados.

O reaproveitamento de resíduos gerados pela construção civil atualmente deixou de ser visto somente pelo lado econômico, com o grande consumo de recursos naturais finitos disponíveis. A reciclagem por motivos sustentáveis, passa a ser primária no processo de a construção econômica. Logicamente, o fato de se reutilizar esses materiais, não diminui o impacto causado no processo construtivo, mas contribui para a redução de perturbação do meio ambiente.

Em Belo Horizonte (MG), essa pratica vem sendo utilizada desde 1996 na execução de revestimento primário, no reforço do subleito, na sub-base e na base de pavimentos. De acordo com Dias (2004) desde o início da utilização desses materiais em 1996 até julho de 2001, foram utilizadas quase 137.000 toneladas de material em 271 vias implantadas ou reconstruídas, de um total aproximado de 400 km de ruas.

Em 1984 foi executada a primeira via em São Paulo utilizando o RCD como agregados reciclados, acompanhado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (ITP). A via que foi construída como um pavimento de teste, se encontra na zona oeste da cidade de São Paulo e possui um baixo tráfego de veículos. Sua composição consiste na aplicação de 3 cm PMF, 15 cm de brita corrida comum e os 20 últimos centímetros de entulhos. Com essas características, o CBR do subleito chegou a 12%.

Hodiernamente, o aumento do número de empresas facilita a reutilização de matérias na indústria construtiva, como RNV RESÍDUOS, que é uma empresa especializada em gestão, transporte, tratamento e reciclagem de resíduos perigosos e não perigosos.

Com base nessa contextualização, e através da grande possibilidade de reaproveitamento de RCD na construção civil e principalmente na pavimentação, é que se justifica o objetivo do presente trabalho, que propõe um estudo para a obtenção da viabilidade de utilização de resíduos da construção civil, como agregado na confecção da camada de base do pavimento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS CORRIGIR FORMATAÇÃO

Esse trabalho foi realizado a partir de ensaios de Granulometria, Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade, Compactação Proctor e CBR (Índice de Suporte Califórnia) no laboratório do Centro Universitário de Goiás – Uni Anhanguera. Foi utilizado como agregados o RCD (Resíduos da Construção e Demolição), coletado na empresa RNV Resíduos como mostra a Figura 1A e um solo argiloso no Residencial Bom Jesus, situado na cidade de Guapó-GO conforme a Figura 1B.



Figura 1: Materiais utilizados. (A) Pontos de coleta do solo. (B) Resíduos de Construções e Demolições coletados na empresa RNV Resíduos.

Fonte: Google Eath, 2019. BROWN, Martin C. **Hacking google maps and google earth**. Wiley Pub., 2006

2.1. Preparação da Amostra

NBR 6457 (1986) O solo coletado foi espalhado em bandejas e lonas para secagem previa ao ar, após a secagem e com a utilização do almofariz e a mão de gral, foi realizado o desmanche dos torrões evitando a quebra de grãos de solos e homogeneização de toda a amostra. Contudo, com o uso do repartidor de amostras a quantidade do solo foi reduzida, até adquirir um acúmulo significativo para cada ensaio seguinte. Após esses procedimentos foi verificado que as amostras passavam pela peneira de 4,8mm. As Figuras 2 A, B e C demonstram melhor esses procedimentos.



Figura 02: Preparação da amostra (A) Destorroamento. (B) Quarteamento. (C) Peneiramento.

2.2 Umidade Higroscópica

BRASIL.DNER-ME 080-94 (1994) Após a secagem do solo ao ar, foi coleado uma pequena amostra de solo, e levado para a estufa, para uma nova secagem por um período de 24 horas. Após este período, foi realizado uma nova pesagem para saber qual a umidade higroscópica contida nos grãos do solo.

2.3 Análise Granulométrica

BRASIL.DNER-ME 080-94 (1994) Para a execução do ensaio de granulometria, foi peneirado uma amostra de solo pela peneira de 2,0mm, e lavado todo o material retido, afim de eliminar todo o material fino que estava aderente aos grãos. Portanto, foi levado a estufa foi elevada a uma temperatura de 105°C á 110°C para a secagem do material, até uma consistência de massa. Após esse período, as peneiras foram inseridas obedecendo a esta ordem: a maior sobre a menor no agitador para a realização do ensaio de peneiramento, onde depositamos o solo nas peneiras a fim de encontrar o seu peso, descontado na “tara”¹ da balança e deixado por um período de 10 minutos como mostra as Figuras 3 A e B. Por fim, foi realizado a pesagem de cada peneira já descontado a tara, para saber quanto de material ficou retido em cada peneira para adquirir a curva granulométrica de acordo com o tamanho dos grãos.

¹ O termo “tara” utilizado nesta pesquisa, se aplica ao peso da peneira já descontado no ponto zero da balança. Isto faz com que a balança inicie o seu peso negativamente, levando em conta o peso da peneira.



Figura 03: (A) Agitador mecânico. (B) Jogos de peneiras.

2.4 Limite de Liquidez

NBR 6459 (1984) A execução do ensaio foi feita em ambiente climatizado a fim de não perder umidade do material por evaporação. Foi retirado uma quantidade de 200g de solo e homogeneizado com água durante um período aproximado de 15 a 30 minutos, após esse procedimento foi utilizado o aparelho *Casagrande* onde se faz uma moldagem de solo na concha do aparelho, e com o cinzel foi feito uma ranhura no meio da concha. As Figuras 4 A, B e C demonstra esse procedimento.

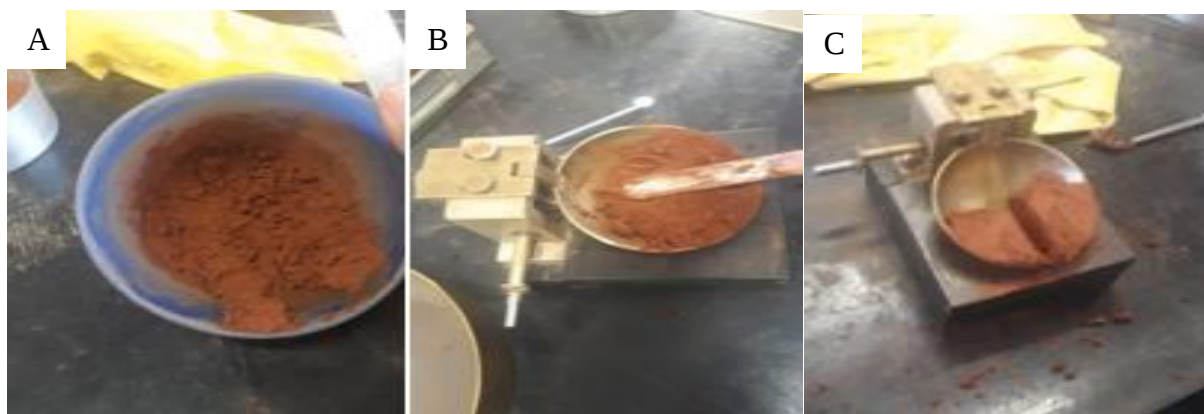


Figura 04: Ensaio de Limite de Liquidez. (A) Homogeneização da amostra. (B) Moldagem do solo na concha do aparelho Casagrande. (C) Realização da ranhura.

Depois a concha do aparelho foi golpeada contra a base, rotacionando a manivela fazendo com que a concha caísse em queda livre, razão de duas voltas por segundo até que o solo se unisse ao longo de 13mm de comprimento, aproximadamente. Após esse procedimento foi retirado 1 centímetro de solo e levado para a estufa afim de adquirir a humidade. Foi repetido esse procedimento por mais 4 vezes para atingir 5 pontos, com intervalos de 15 a 35 golpes.

2.5 Limite de Plasticidade

NBR 7180 (1984) O solo foi preparado pelo mesmo procedimento que foi realizado para o ensaio de limite de liquidez até atingir um ponto ótimo no período de quinze a trinta minutos conforme relata a Figura 5A, em seguida foi realizado a moldagem de pequenas bolas com o solo, limitando-se a 10g cada segundo mostra a Figura 5B e posteriormente roladas sobre a placa de vidro aplicando uma pressão com a palma da mão a fim de moldá-lo em forma de um cilindro até atingir um diâmetro de 3 mm. O ensaio foi repetido por mais duas vezes até se obter três umidades coletadas do solo em forma cilíndrica e levadas para a estufa.

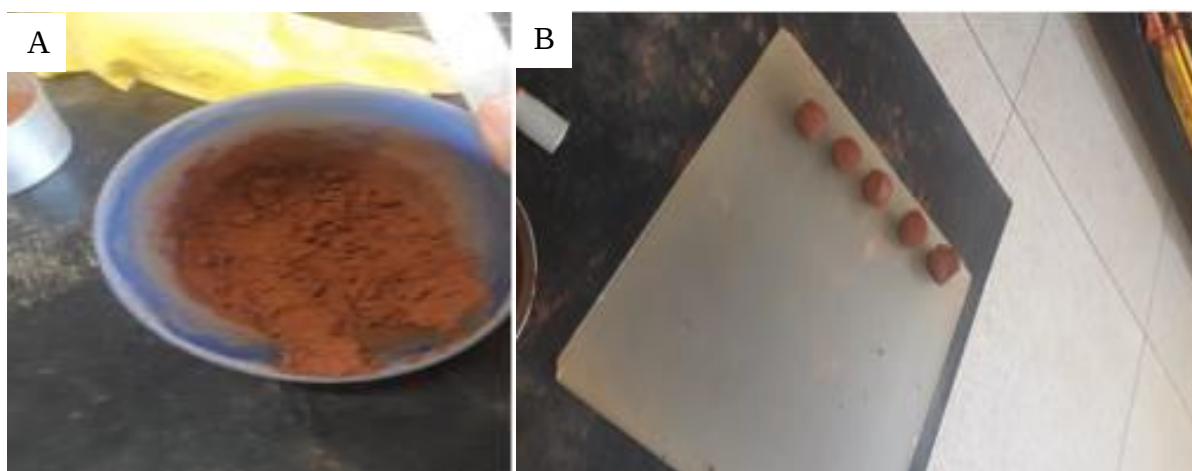


Figura 05: Ensaio do Limite de Plasticidade. (A) Amostra homogeneizada. (B) Amostra descansando para a perda do excesso de umidade.

2.6 CBR (Índice de Suporte Califórnia)

BRASIL.DNIT 172/2016-ME (2016, p. 3,4) Foi acrescentado e misturado a água no solo até ser homogeneizada toda a amostra, fazendo posteriormente a compactação em cinco camadas. A norma, especifica energias de compactação normal vinte e seis golpes em cinco camadas camada conforme a NBR-7182. Em seguida, foi retirado todo o excesso de solo acima do cilindro, e feito a pesagem do corpo de prova junto ao mesmo, executando a leitura no

extensômetro e submergindo o corpo de prova na água pelo período mínimo de quatro dias. Posteriormente, foi feito a leitura do extensômetro a cada vinte e quatro horas. E somente após o término do quarto dia, foi realizado a penetração no corpo de prova de acordo com a tabela da NBR -9895/1987. Conforme exibe a seguir as Figuras de 7A até 7F.



Figura 07: (A) Amostras preparadas e pesadas. (B) Corpo de prova compactados, imerso em água com extensômetros. (C) Cilindro na prensa. (D) Cilindro recebendo a penetração do aparelho. (E) Corpo de prova com a marca de penetração. (F) Desmolde do corpo de prova.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na quase totalidade das pistas executadas a brita graduada se faz presente na composição das camadas de base e sub-base, por apresentar características importantes que permitem a sustentação das camadas superiores, de forma a não apresentar deformação excessiva e apresentar uma grande resistência mecânica. De acordo com Bernucci (2006) as camadas de base e sub-base executadas com brita graduada apresentam ISC maiores do que 60% podendo chegar até mais de 100%.

O estudo apresentado tem por finalidade a obtenção de resultados de CBR e expansão que satisfaça a normativas, o recomendável e usado como parâmetro diz que, materiais para base deve apresentar um CBR maior ou igual a 80% e uma expansão de 0,5%. Dessa forma com a realização dos ensaios laboratoriais, adquiriu-se dados que foram utilizados em cálculos e análises para obter os resultados necessários para a finalização do experimento e assim poder obter as características do material natural. Ensaios como a, classificação do solo, umidade ótima, expansão e sua resistência, foram empregues na geração de tabelas e gráficos para auxiliar na apresentação desses resultados sobre o solo e o material utilizado como agregado (RCD). Para a análise das amostras que receberam o acréscimo de RCD deve-se utilizar como parâmetro as propriedades do material natural, nesse estudo o material natural é uma areia argilosa.

3.1 Umidade higroscópica

Os resultados obtidos no ensaio de umidade hidrosfópica foram colocados em forma da Tabela 1.

Tabela 01: Determinação da umidade hidrosfópica da amostra de solo.

Determinação da umidade			
Cápsula	1	2	3
Amostra úmida + cápsula (g)	145,5	141,2	138,1
Amostra seca + cápsula (g)	141	136,3	133,8
Água (g)	4,5	4,9	4,3
Peso da cápsula sem tampa (g)	45,5	41,2	38,1
Amostra seca (g)	95,5	95,1	95,7

Umidade (%)	0,047	0,052	0,045
Média (hm)	0,048		

O ensaio de umidade higroscópica do solo natural apresentou um resultado de 4,8%, ou seja, a argila, que é o solo natural, apresenta uma umidade media comum entre esse tipo de material.

3.2 Analise Granulométrica

O ensaio de granulométrica determinado pela norma BRASIL.DNER-ME 080-94 (1994), teve o objetivo adquirir a curva granulométrica com o tamanho dos graus de solo pelo método de peneiramento.

Com o peneiramento, foi possível adquirir o quanto de grãos ficaram retidos em cada peneira, conforme o demonstra a seguir a Tabela 2 e a Figura 8, onde foi criado um gráfico empregando os dados da tabela, classificando assim o material como bem graduado.

Tabela 02: Analise Granulometria.

Peneiras		Retido (g)	Retido (%)	Acumulado (%)	Passante (%)	Amostra Total (%)
ABNT (mm)	ASTM					
19,10	3/4	0	0	0	100	100
4,76	4	0	0	0	100	100
2,00	10	1,92	1,60	1,60	98,40	98,40
0,60	30	6,97	5,81	7,41	92,59	92,59
0,42	40	6,71	5,59	13,00	87,00	87,00
0,25	60	23,11	19,26	32,27	67,73	67,73
0,15	100	28,66	23,89	56,16	43,84	43,84
0,075	200	10,84	9,04	65,19	34,81	34,81

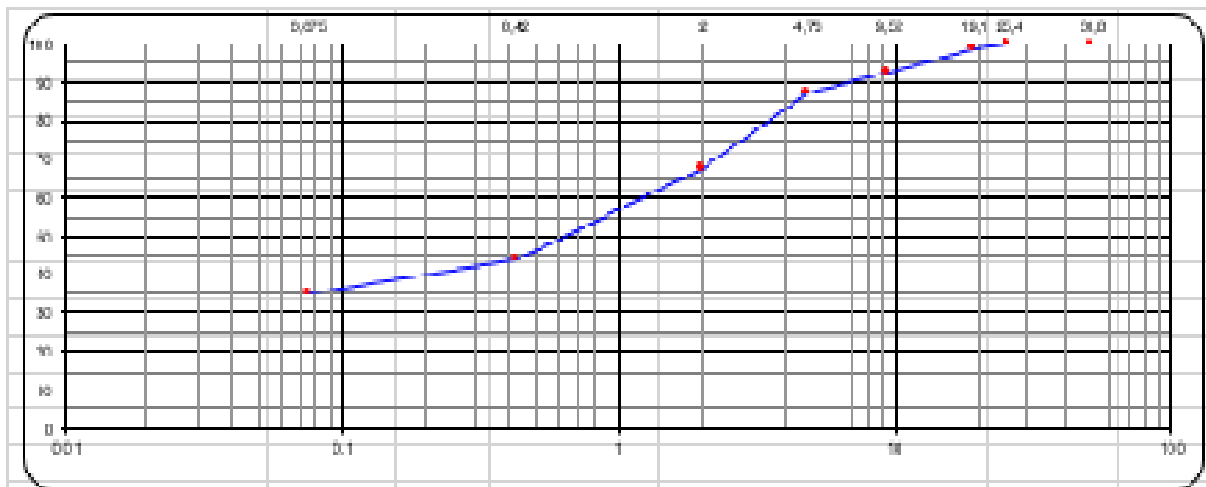


Figura 08: Gráfico da curva Granulométrica.

3.3 Limite de Liquidez

Com os dados obtidos com o ensaio de LL (Limite de Liquidez), tem-se a Tabela 3 e a Figura 9 que apresenta os dados presentes na tabela de uma forma mais visível.

Tabela 03: Limite de Liquidez.

Cápsula N°	C+ S+ A	C+ S	Tara	água	Solo	Umidade	Golpes
1	30,5	28,83	23,58	1,67	5,25	31,81	34
2	36,52	33,08	23,18	3,44	9,9	34,75	30
3	34,62	31,79	23,95	2,83	7,84	36,10	24
4	31,59	29,22	23,83	2,37	5,39	43,97	18

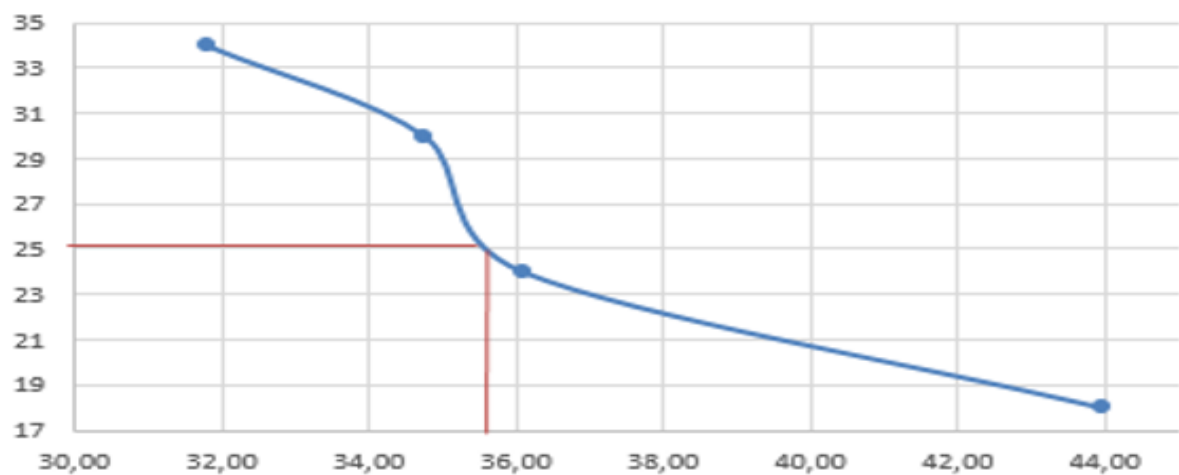


Figura 09: Gráfico de Limite de Liquidez.

Este ensaio possibilita realizar a seguinte análise, o solo por se tratar de uma argila, tende-se a quantidade de água acrescentada for excessiva, forma-se uma lama como um liquido viscoso, isso torna a sua resistência ao cisalhamento quase nula. Como o gráfico mostra, o solo se juntou no ponto de umidade de aproximadamente 36%.

3.4 Limite de Plasticidade

A tabela 4 a seguir possui os dados adquiridos no ensaio laboratorial.

Tabela 04: Limite de Plasticidade.

Cápsula N°	C+ S+ A	C+ S	Tara	água	Solo	Umidade
1	22,45	21,98	10,28	0,47	11,7	4,02
2	24,84	24,36	11,1	0,48	13,26	3,62
3	24,33	23,77	10,97	0,56	12,8	4,37
4	23,45	22,95	10,67	0,5	12,28	4,07

Para determinar o limite de plasticidade, é necessário fazer o cálculo a seguir:

$$LP = \frac{(3,62+4,37+4,07)}{3}$$

$$LP = \frac{12,06}{3}$$

$$LP = 4,02$$

Este resultado mostra um menor teor de umidade em que o solo se comporta plasticamente. Obtendo o limite de liquidez e o limite de plasticidade foi possível calcular o índice de plasticidade com o cálculo a seguir:

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 35,6 - 4,02$$

$$IP = 31,58 \%$$

3.5 Classificação do solo

Para a classificação do solo são necessários os resultados dos ensaios de: limite de liquidez, limite de plasticidade e granulometria. O solo utilizado em estudo apenas 34,81% de solo passou pela peneira de #200 sendo classificada como SC – Areia argilosa ou SM – Areia siltosa, como demonstra melhor a Tabela 5.

Tabela 05: Resumo do ensaio de análise granulométrica.

RESUMO DO ENSAIO DE PENEIRAMENTO		
Pedregulho	>2 mm	32,27
Areia grossa	2 - 0,42 mm	23,89
Areia fina	0,42 - 0,075 mm	9,04
Silte argila	< 0,075 mm	34,81
Total		100,00

Desse modo, de acordo com a porcentagem de material passante na peneira de #200, o solo é identificado por ser SC – Areia argilosa ou SM – Areia siltosa, como comprova melhor a Figura 10.

% P #200 < 50	G > S : G	% P #200 < 5	GW CNU > 4 e 1 < CC < 3
		% P #200 > 12	GP CNU < 4 ou 1 > CC > 3
		5 < #200 < 12	GW-GC, GP-GM, etc.
			GC GM 
	S > G : S	% P #200 < 5	SW CNU > 6 e 1 < CC < 3
		% P #200 > 12	SP CNU < 6 ou 1 > CC > 3
		5 < #200 < 12	SW-SC, SP-SC, etc.
			SC SM 

Figura 10: Classificação do tipo de solo.

Com a classificação do tipo do solo, foi possível determinar sua resistência utilizando a carta de plasticidade, onde foi utilizado o índice de plasticidade e o limite de liquidez, que foi determinado como um solo do tipo do tipo CL como demonstra a Figura 11.

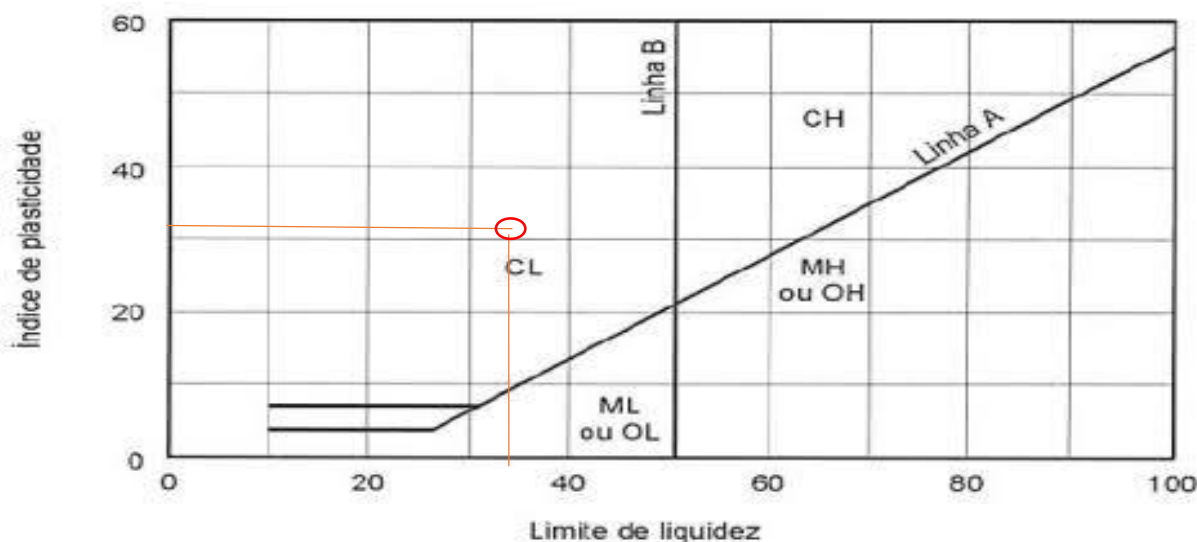


Figura 11: Carta de plasticidade.

Por fim, o solo utilizado para os ensaios laboratoriais foi classificado como um SC-CL, que significa uma areia argilosa, que tem por suas características, por se tratar de areia argilosa uma baixa compressibilidade.

3.4 Compactação Proctor e CBR

Logo abaixo é apresentado tabelas com os resultados de umidade ótima densidade máxima, CBR e expansão e suas devidas quantidades de RCD misturado ao solo natural. Sendo apresentado os resultados também, em forma de gráficos e tabelas nos apêndices A, B, C e D.

Tabela 06: Ensaio de CBR para as quatro amostras com diferentes porcentagens de agregados.

Resultado	Umidade Ótima	18,4 %	I.S.C.	13,3 %	0% RCD
	Dmax	1,70 g/cm ³	Exp.	7,95 %	
Resultado	Umidade Ótima	13,75 %	I.S.C.	28,79 %	30% RCD
	Dmax	1,822 g/cm ³	Exp.	3,97 %	
Resultado	Umidade Ótima	11,75 %	I.S.C.	20,70 %	40%
	Dmax	1,87 g/cm ³	Exp.	2,44 %	

Resultado	Umidade Ótima	10,58 %	I.S.C.	%	50%
	Dmax	1,942 g/cm ³	Exp.	1,42 %	

Como descrito, o ensaio se trata da mistura de RCD no solo natural argiloso, simulando o comportamento de cascalho na aplicação na base de um pavimento, como as medidas de acréscimo de resíduos ao solo natural foram de diferentes tamanhos, foram necessários 4 ensaios de compactação.

Para o ensaio de compactação com somente a argila, foi possível chegar a um resultado de densidade máxima de 1,701 g/cm³ e um teor de umidade de 18,4 % e uma expansão de 3,98%. Este resultado foi esperado, por se tratar de uma argila e por ter sido realizado com o auxílio de um laboratorista profissional na área de pavimentação que passou um dado que seria o padrão de resultado para este ensaio, se tratando de argila.

Acrescentando 30% de resíduos ao material natural argiloso, tem-se uma densidade de 1,822 g/m³, apresentou um teor de umidade de 13,8%, uma expansão de 3,98% e um CBR de 28,8%. Esse resultado mostra que, com o acréscimo de 30% de resíduo com uma variação de granulometria uniforme e assim, consequentemente, a obtenção de preenchimento de espaços vazios, conseguiu-se um ganho no CBR, em relação ao material natural de somente argila, um aumento de aproximadamente 120%, ou seja, apenas com o acréscimo de 30% de material residual, a minha resistência dobrou. O ganho pode ser notado também através da expansão onde, anteriormente no material natural quando se tinha uma expansão de 8,52% e com o material acrescido de resíduo, a expansão passou a ser de 3,98, isso se dá a diminuição de material fino, pois para o envolvimento de material fino necessita-se de mais água do que para o material intermediário ou graúdo.

Para a análise de acréscimo de 40% a densidade encontrada foi de 1,870 g/m³, com um teor de umidade de 11,8%, uma expansão 2,44% e um CBR de 20,7%. Em comparação ao material natural, os ganhos ainda são muito aparentes, tanto em relação ao CBR quanto em relação à expansão, entre tanto, em relação ao material natural acrescido de 30% de resíduos, esse experimento começou a ter uma queda de resistência, pode ser correlacionada a maior presença de material de granulometrias maiores em relação a materiais finos, prova é que, a expansão continuou caindo. Relacionado à matéria com 30% de RCD, a amostra com 40% de RCD teve uma baixa de aproximadamente 39% da sua resistência, já em relação a amostra natural seu ganho foi de 55,63%.

Analizando a amostra que tem em sua composição 50% de material de resíduos e 50% material natural, tem-se uma densidade de 1,942 g/m³, uma expansão de 1,42%, um teor de umidade de 10,6% e um CBR de 19,8%. A análise técnica referente a essa amostra se parece bastante com a análise da amostra anterior, pois as duas amostras se trata de quantidades significativas de materiais de granulometrias maiores em relação ao de matérias de finos. Houve uma perda em relação a amostra de 30% de aproximadamente 45% e em relação a amostra natural obteve-se um ganho de 48% em sua resistência.

CONCLUSÃO

No que diz respeito às frações de RCD avaliadas, os ensaios de caracterização física revelaram que, quanto mais materiais grosseiros a resistência vai caindo proporcionalmente, fazendo uma consideração final, poderíamos supor e deixar como sugestão de pesquisa, a realização do ensaio com uma quantidade menor de RCD

Finalizando os ensaios, que teve por finalidade determinar uma quantidade de mistura de RCD em um solo argiloso, para simular um cascalho com resistência mínima exigida normativamente, foi observado que na mistura de 30% RCD e 70% argila os resultados foram de maiores expressões, o CBR foi de 28,8% e uma expansão de 3,98%. Uma vez que a norma estabelece um CBR mínimo igual ou maior de 80% e expansão menor ou igual a 0,5%, essa mistura não atende a norma, nem pela sua resistência e nem pela sua expansão.

O resultado esperado para o trabalho era a obtenção de uma resistência compatível com a norma e uma menor porcentagem de expansão, consequentemente, reduziria a procura de matérias como brita e areia, minimizando uma parcela significativa na geração de resíduos nos centros urbanos e também no impacto ambiental, porém os resultados encontrados não foram suficientes para provar essa expectativa. Entre tanto vale ressaltar que, apesar da mistura não atender para a aplicação na camada de base, é de grande importância a avaliação quanto ao ganho significativo em relação ao solo natural, um simples acréscimo de 30% de materiais da construção quase duplicou a resistência desse solo e diminuiu em quase 5 vezes o seu teor de umidade.

Conclui-se que, houve um ganho significativo em relação ao solo argiloso natural, entre tanto, não se obteve a resistência mínima exigida na norma DNIT 141/2010-ES, observando que, trabalhos que serviram de base para este e seus resultados foram satisfatórios, chega-se a análise que os resultados podem ter sido alterados por motivos de problemas na prensa na realização do ensaio de CBR, onde por motivos técnicos a mesma se encontra em utilização de 100% da sua capacidade por meio de energia solar, não sabendo disso o ensaio foi várias vezes interrompido, acreditamos veementemente que o resultado pode ser diferente e satisfatório com as medidas de 30% ou até mesmo a de 40%, desde que, o ensaio de expansão seja acompanhado corretamente realizado em um ambiente inacessível por terceiros, caso totalmente diferente do ensaio realizado neste presente trabalho, onde o laboratório era usado

por outros acadêmicos, podendo ser alterado por se tratar de um aparelho sensível ao toque por um simples encostar no tanque que detém a água com os corpos de prova.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457:** Amostras de solo – Preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização – Método de ensaio. Rio de Janeiro. 1986.

_____. **NBR 6459:** Solo – Determinação do Limite de Liquidez – Método de ensaio. Rio de Janeiro. 1984.

_____. **NBR 7180:** Solo – Determinação do Limite de Plasticidade – Método de ensaio. Rio de Janeiro. 1984.

BLUMENSCHNEIN, R. N. **A Sustentabilidade Na Cadeia Produtiva Da Indústria Da Construção.** 2004. 248p. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

BRASIL.**DNER-ME 080-94.** MT, Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. Solos, análise granulométrica por peneiramento, p. 1-4. Disponível em:<<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me080-94.pdf>>. Acesso em: 21 mar 2019.

_____. **162/94.** MT, Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. Solos-ensaios de compactação utilizando amostras trabalhadas. Disponível em:<<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me162-4.pdf>>. Acesso em: 13 mar 2019.

_____. **172/2016-ME.** Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dnit17_2_2016-me.pdf>. Acesso em: 13 mar 2019.

BRASIL.**DNIT 142/2010.** ES, Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes. Pavimentação, Base do solo melhorado com cimento.

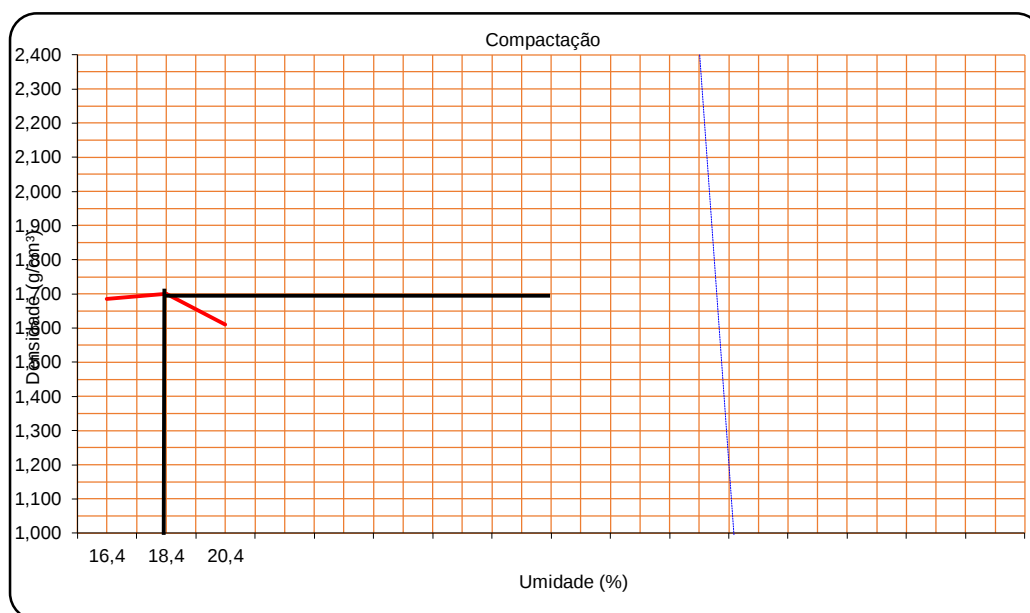
DIAS, J. F. **Avaliação de Resíduos da Fabricação de telhas cerâmicas como contribuição para seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo.** 2004. 204p. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** 2000. 102p. Tese (Livro de Docência do Ensino Superior). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

WEINBERG, M., BETTI, R. 7 Bilhões de Oportunidades. Reportagem. **Revista Veja.** Ed. 2241, Ano 44, nº 44. Editora Abril. São Paulo, p.122-132, 2011.

APÊNDICE A. Tabela do ensaio de compactação apenas com solo

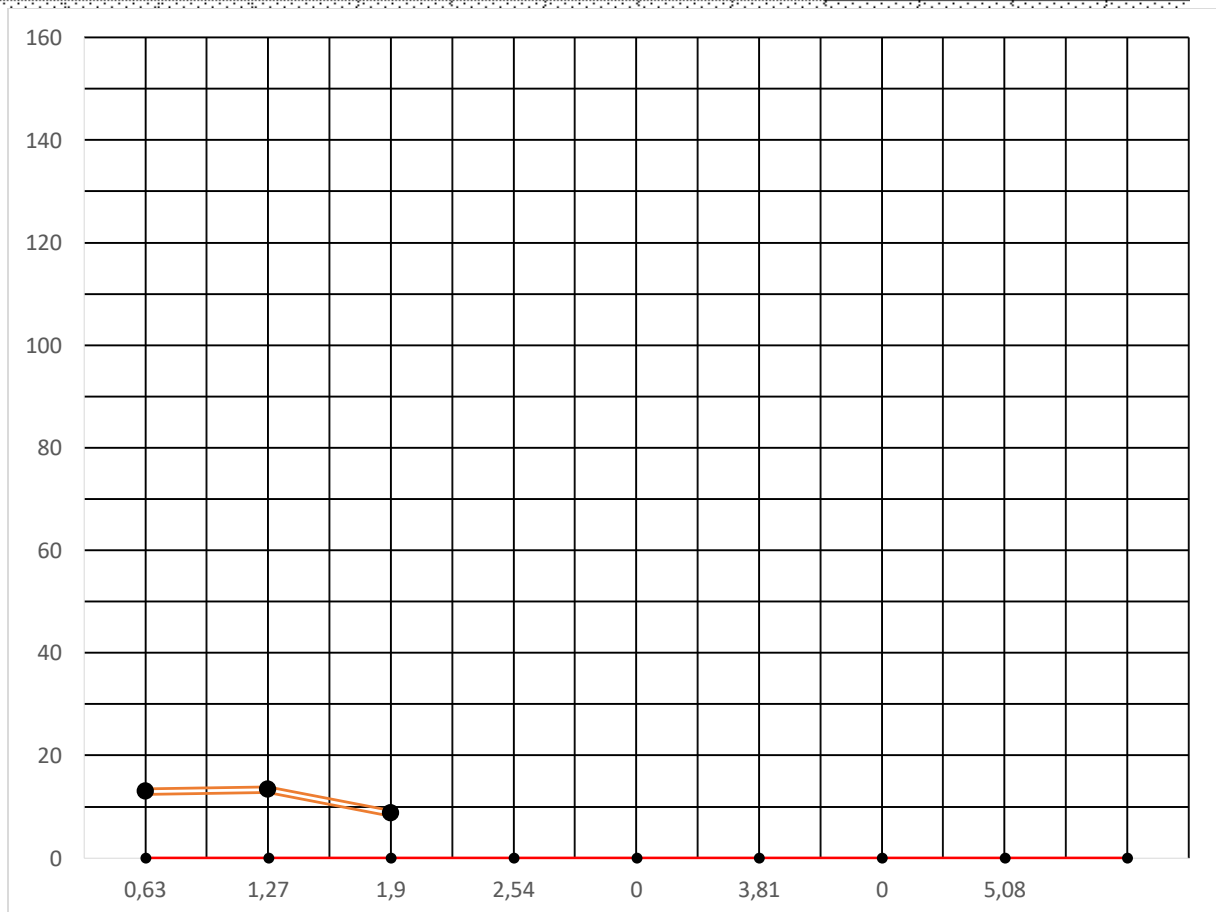
	ENSAIO DE COMPACTAÇÃO		AMOSTRA 8,9 10
% ÁGUA ADICIONADA	16,3	18,3	20,3
ÁGUA ACRESCENTADA	980	1100	1220
CILINDRO No.	09	08	10
CILINDRO + SOLO ÚMIDO	8736	8845	8513
PESO DO CILINDRO	4662	4673	4505
SOLO ÚMIDO	4075	4171	4008
VOLUME DO CILINDRO	2077	2071	2067
DENSIDADE ÚMIDA	1,962	2,014	1,939
CÁPSULA No.	-	-	-
CÁPSULA + SOLO ÚMIDO	-	-	-
CÁPSULA + SOLO SECO	-	-	-
PESO DA ÁGUA	-	-	-
TARA DA CÁPSULA	-	-	-
PESO DO SOLO SECO	-	-	-
TEOR DE UMIDADE	16,4	18,4	20,4
DENSIDADE SECA	1,685	1,701	1,610



DETERMINAÇÃO DE ISC (DNER-ME 049/94)

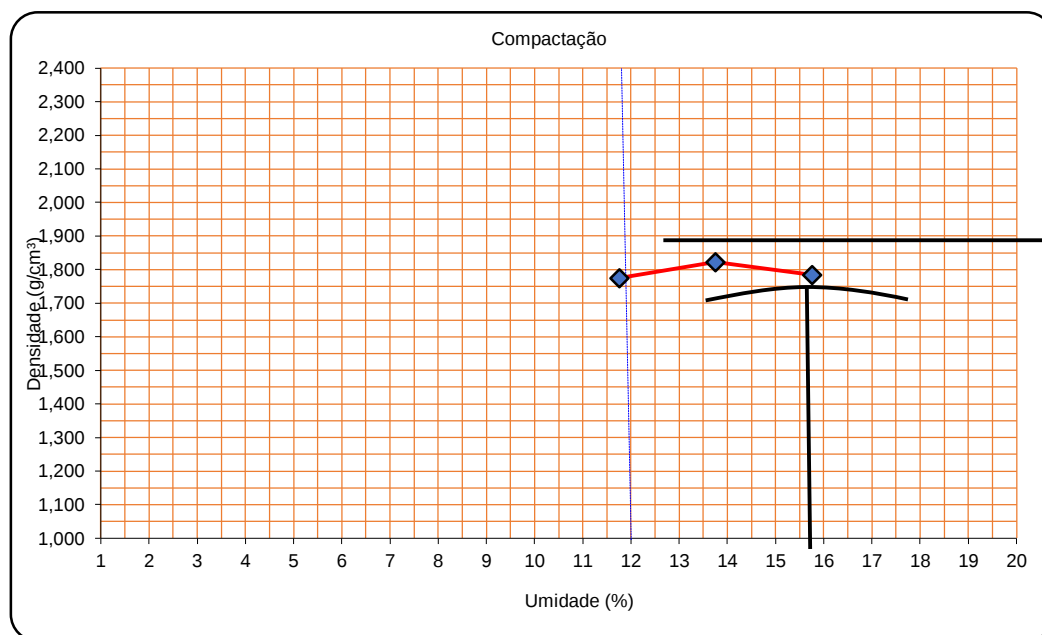
ENSAIO DE EXPANSÃO		MOLDAGEM (C.B.R.)		Informações da Prensa	
DATA	LEITURA	Cilindro	8	Constante P/ ISC	0,106
30/jun/18	2,00	Cil. + Solo Úmido	8845	Constante p/ Marshall	1,9181
01/jul/18		Peso do Cilindro	4673		
02/jul/18		Solo Úmido	4171		
03/jul/18		Vol. Cilindro	2071		
04/jul/18	3,40	Dens. Úmida	2		
Diferença de Leitura	1,40	Umidade	18,4		
% de Expansão	7,95	Dens. Seca	1,701		

TEMPO (min)	PENETRAÇÃO		LEITURA (mm)			PRESSÃO PADRÃO (Kg/cm²)	PRESSÃO (Kg/cm²)		I.S.C (%)		
	POL.	MM	9	8	10		CALCULADA	CORRIGIDA	P1	P2	P3
0,30	0,025	0,63	35	19	6	-	2,01	-	-	-	-
1,00	0,050	1,27	60	28	18	-	2,97	-	-	-	-
1,50	0,075	1,90	77	48	32	-	5,09	-	-	-	-
2,00	0,100	2,54	86	81	47	70,31	8,59	9,33	13,0	13,3	7,1
3,00	0,150	3,81	99	95	71	-	10,07	-	-	-	-
4,00	0,200	5,08	102	106	86	105,46	11,24	10,65	10,3	10,7	8,6
6,00	0,300	6,35	114	111	95	-	11,77	-	-	-	-
8,00	0,400	7,62	119	115	98	-	12,19	-	-	-	-
						-	0,00	-	-	-	-
								I.S.C. FINAL	13,0	13,3	8,6



APÊNDIA B. Tabela de compactação com 30% de Resíduos de construções e demolições.

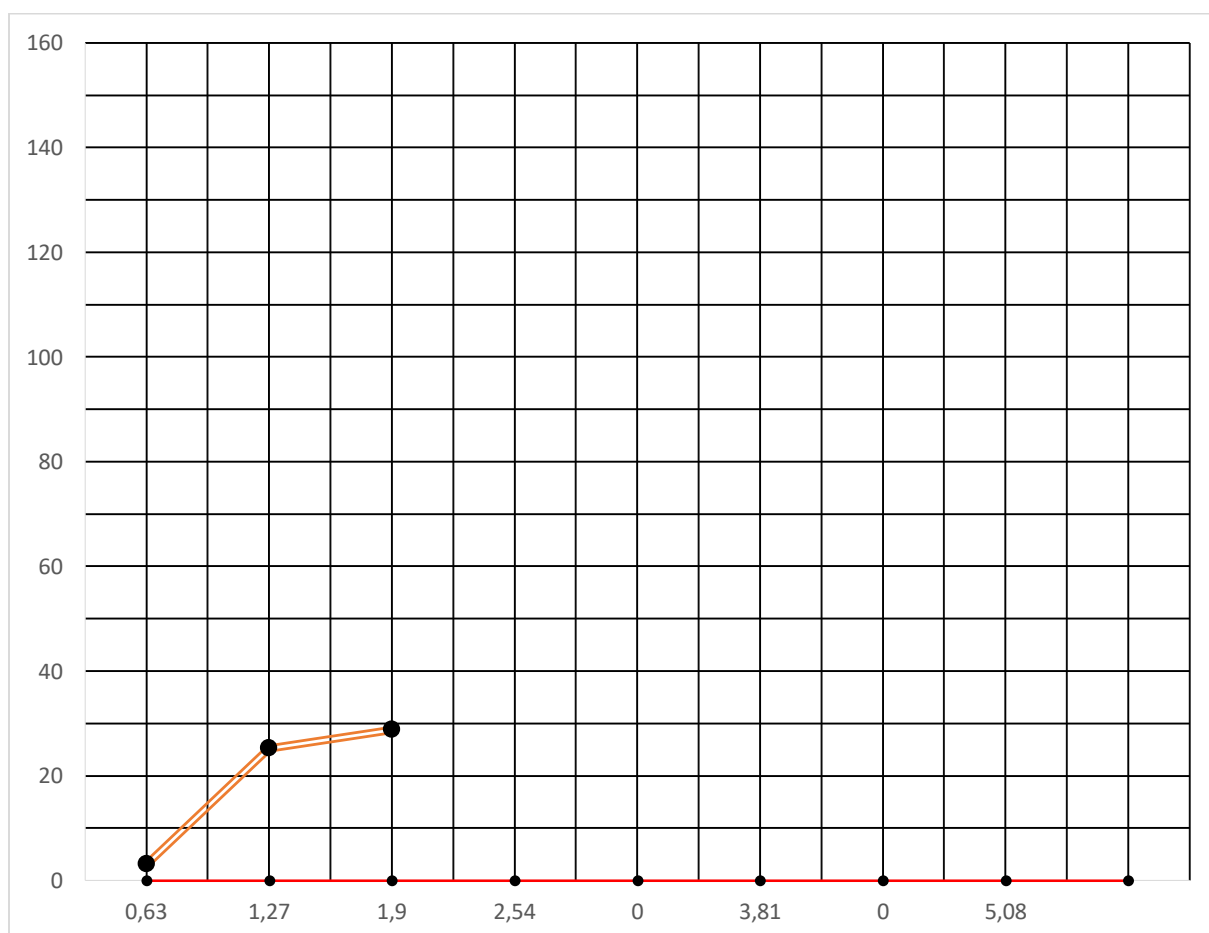
	ENSAIO DE COMPACTAÇÃO		AMOSTRA 8,9 10
% ÁGUA ADICIONADA	11,7	13,7	15,7
ÁGUA ACRESCENTADA	700	820	940
CILINDRO No.	03	02	04
CILINDRO + SOLO ÚMIDO	8809	8927	8782
PESO DO CILINDRO	4687	4643	4520
SOLO ÚMIDO	4122	4285	4262
VOLUME DO CILINDRO	2079	2067	2063
DENSIDADE ÚMIDA	1,983	2,073	2,066
CÁPSULA No.	-	-	-
CÁPSULA + SOLO ÚMIDO	-	-	-
CÁPSULA + SOLO SECO	-	-	-
PESO DA ÁGUA	-	-	-
TARA DA CÁPSULA	-	-	-
PESO DO SOLO SECO	-	-	-
TEOR DE UMIDADE	11,8	13,8	15,8
DENSIDADE SECA	1,774	1,822	1,785



DETERMINAÇÃO DE ISC (DNER-ME 049/94)

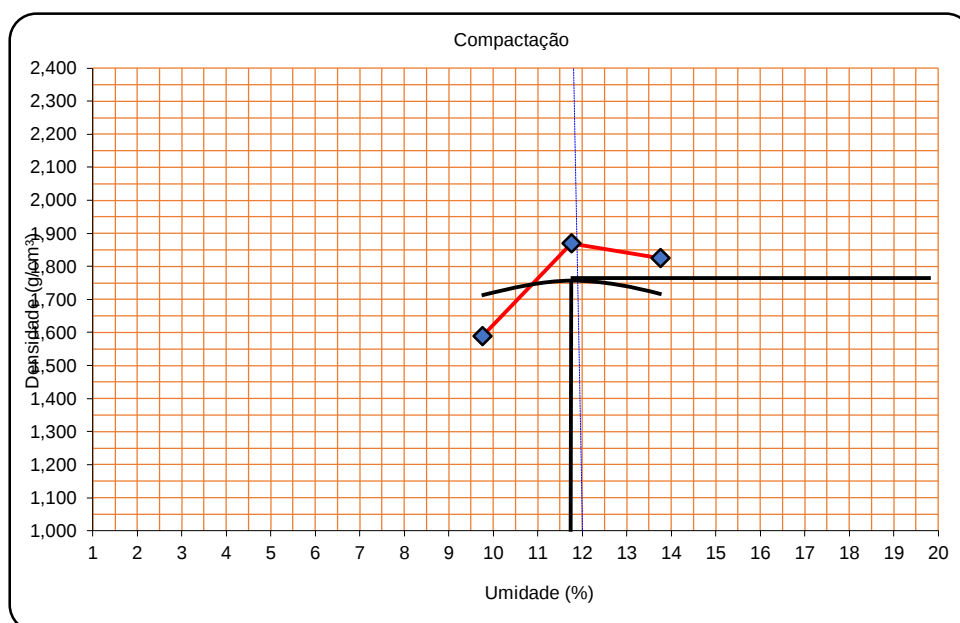
ENSAIO DE EXPANSÃO		MOLDAGEM (C.B.R.)		Informações da Prensa		
DATA	LEITURA	Cilindro	2	Constante P/ISC	0,106	
30/jun/18	2,00	Cil. + Solo Úmido	8927	Constante p/ Marshal	1,9181	
01/jul/18		Peso do Cilindro	4643			
02/jul/18		Solo Úmido	4285			
03/jul/18		Vol. Cilindro	2067			
04/jul/18	2,70	Dens. Úmida	2			
Diferença de Leitura	0,70	Umidade	13,8			
% de Expansão	3,98	Dens. Seca	1,822			

TEMPO (min)	PENETRAÇÃO		LEITURA (mm)			PRESSÃO PADRÃO (Kg/cm²)	PRESSÃO (Kg/cm²)		I.S.C. (%)		
	POL.	MM	3	2	4		CALCULADA	CORRIGIDA	P1	P2	P3
0,30	0,025	0,63	4	13	45	-	1,38	-	-	-	-
1,00	0,050	1,27	7	63	159	-	6,68	-	-	-	-
1,50	0,075	1,90	10	110	181	-	11,66	-	-	-	-
2,00	0,100	2,54	14	142	191	70,31	15,05	17,70	2,1	25,2	28,8
3,00	0,150	3,81	22	192	209	-	20,35	-	-	-	-
4,00	0,200	5,08	31	195	215	105,46	20,67	20,51	3,1	19,6	21,6
6,00	0,300	6,35	39	201	235	-	21,31	-	-	-	-
8,00	0,400	7,62	42	211	254	-	22,37	-	-	-	-
						-	0,00	-	-	-	-
I.S.C. FINAL									3,1	25,2	28,8



APÊNDIA C. Tabela de compactação com 40% de Resíduos de construções e demolições.

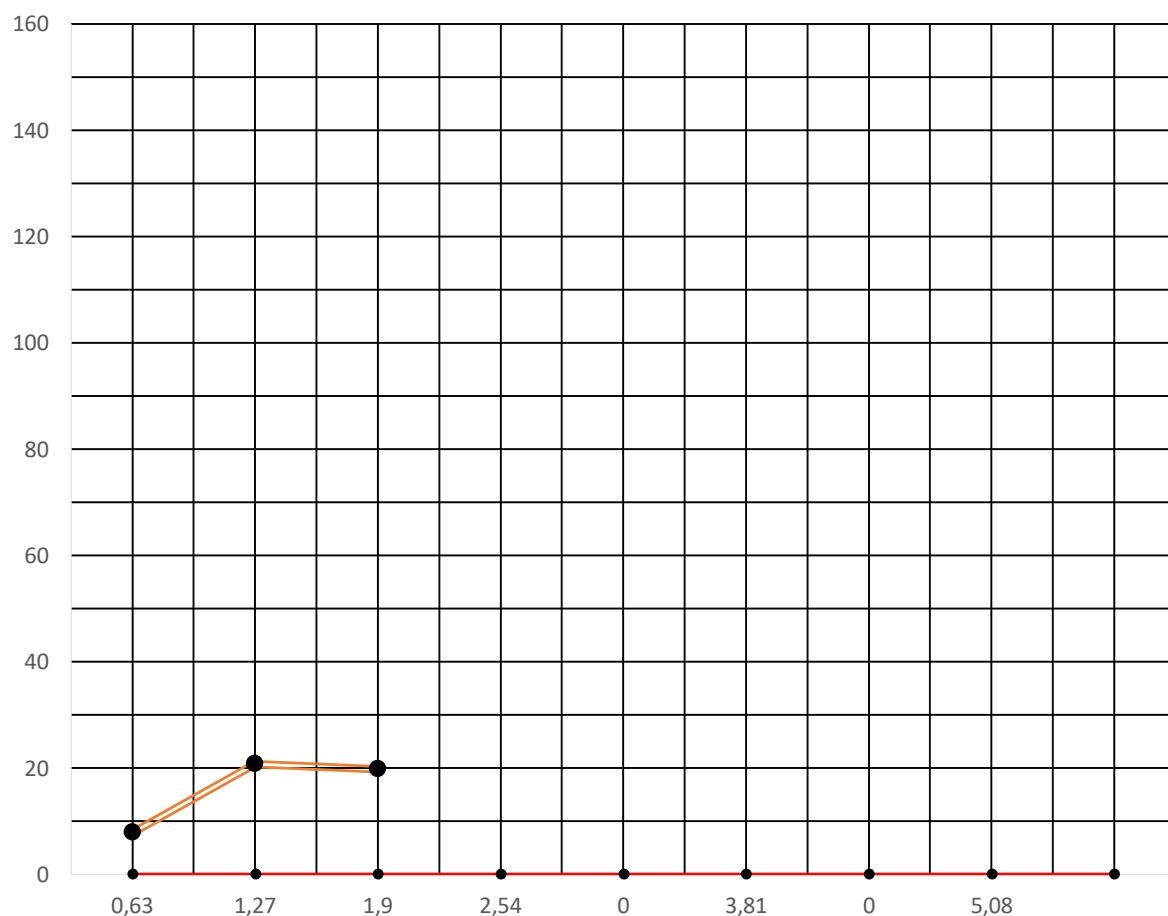
	ENSAIO DE COMPACTAÇÃO		AMOSTRA 8,9 10
% ÁGUA ADICIONADA	9,7	11,7	13,7
ÁGUA ACRESCENTADA	580	700	820
CILINDRO No.	09	08	06
CILINDRO + SOLO ÚMIDO	8117	8994	8976
PESO DO CILINDRO	4505	4673	4663
SOLO ÚMIDO	3612	4320	4312
VOLUME DO CILINDRO	2072	2067	2079
DENSIDADE ÚMIDA	1,743	2,090	2,075
CÁPSULA No.	-	-	-
CÁPSULA + SOLO ÚMIDO	-	-	-
CÁPSULA + SOLO SECO	-	-	-
PESO DA ÁGUA	-	-	-
TARA DA CÁPSULA	-	-	-
PESO DO SOLO SECO	-	-	-
TEOR DE UMIDADE	9,7	11,8	13,8
DENSIDADE SECA	1,588	1,870	1,824



DETERMINAÇÃO DE ISC (DNER-ME 049/94)

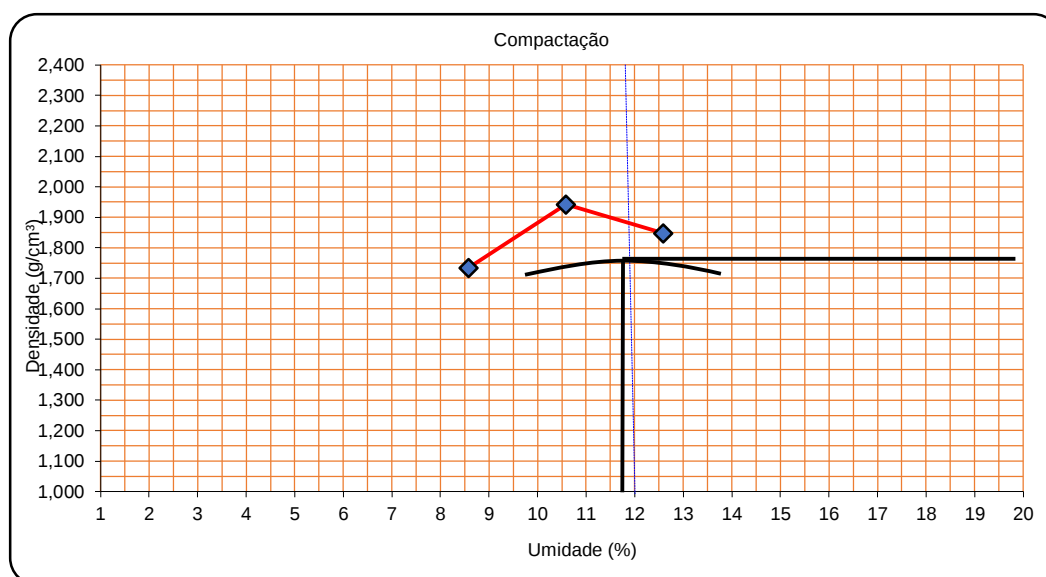
ENSAIO DE EXPANSÃO		MOLDAGEM (C.B.R.)		Informações da Prensa	
DATA	LEITURA	Cilindro	8	Constante P/ISC	0,106
30/jun/18	2,00	Cil. + Solo Úmido	8994	Constante p/ Marsha	1,9181
01/jul/18		Peso do Cilindro	4673		
02/jul/18		Solo Úmido	4320		
03/jul/18		Vol. Cilindro	2067		
04/jul/18	2,43	Dens. Úmida	2		
Diferença de Leitura	0,43	Umidade	11,8		
% de Expansão	2,44	Dens. Seca	1,870		

TEMPO (min)	PENETRAÇÃO		LEITURA (mm)			PRESSÃO PADRÃO (Kg/cm²)	PRESSÃO (Kg/cm²)		I.S.C (%)		
	POL.	MM	9	8	6		CALCULADA	CORRIGIDA	P1	P2	P3
0,30	0,025	0,63	6	15	21	-	1,59	-	-	-	-
1,00	0,050	1,27	14	36	51	-	3,82	-	-	-	-
1,50	0,075	1,90	24	80	99	-	8,48	-	-	-	-
2,00	0,100	2,54	37	103	125	70,31	10,92	12,08	5,6	17,2	18,8
3,00	0,150	3,81	60	125	158	-	13,25	-	-	-	-
4,00	0,200	5,08	78	206	196	105,46	21,84	17,54	7,8	20,7	19,7
6,00	0,300	6,35	84	247	257	-	26,18	-	-	-	-
8,00	0,400	7,62	92	289	275	-	30,63	-	-	-	-
						-	0,00	-	-	-	-
								I.S.C. FINAL	7,8	20,7	19,7



APÊNDIA D. Tabela de compactação com 50% de Resíduos de construções e demolições.

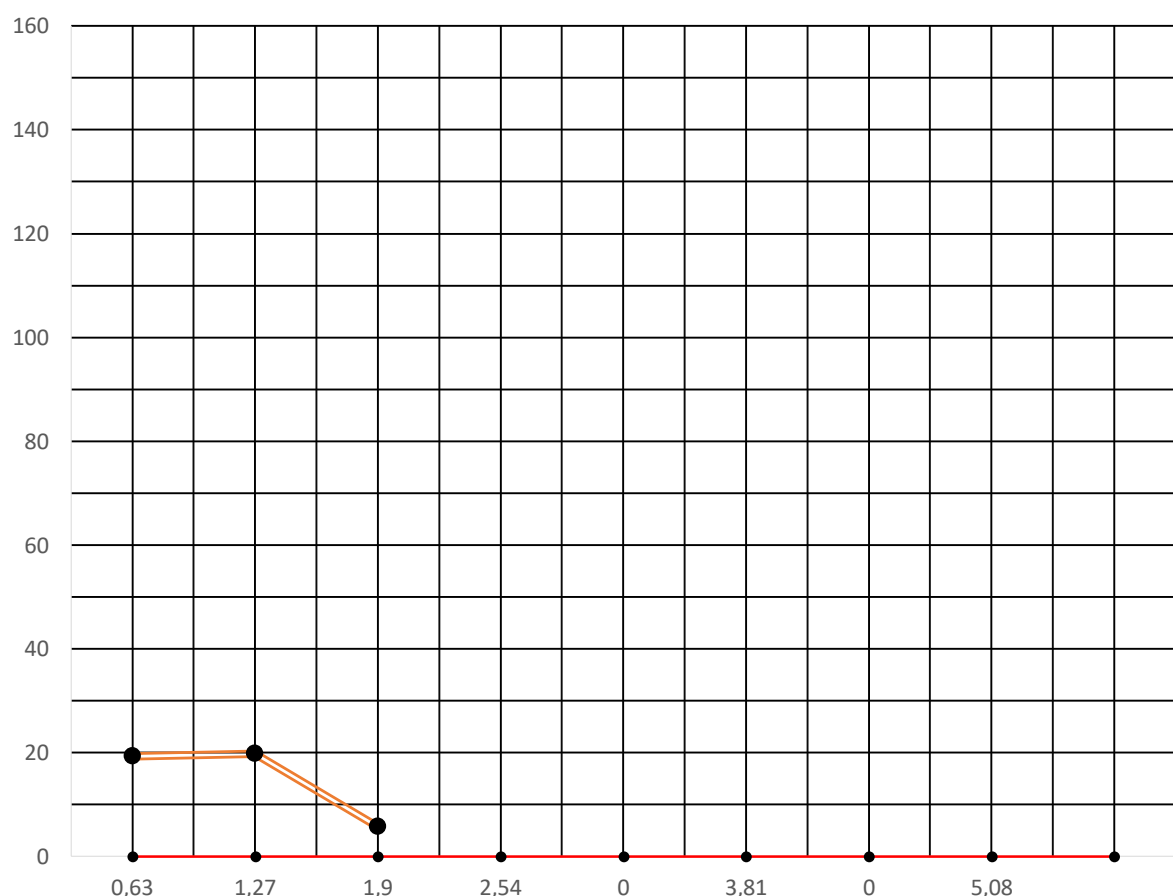
	ENSAIO DE COMPACTAÇÃO		AMOSTRA 8,9 10
% ÁGUA ADICIONADA	8,5	10,5	12,5
ÁGUA ACRESCENTADA	510	630	750
CILINDRO No.	12	11	10
CILINDRO + SOLO ÚMIDO	8590	8980	8978
PESO DO CILINDRO	4719	4577	4662
SOLO ÚMIDO	3871	4404	4317
VOLUME DO CILINDRO	2054	2051	2077
DENSIDADE ÚMIDA	1,884	2,147	2,079
CÁPSULA No.	-	-	-
CÁPSULA + SOLO ÚMIDO	-	-	-
CÁPSULA + SOLO SECO	-	-	-
PESO DA ÁGUA	-	-	-
TARA DA CÁPSULA	-	-	-
PESO DO SOLO SECO	-	-	-
TEOR DE UMIDADE	8,6	10,6	12,6
DENSIDADE SECA	1,735	1,942	1,847



DETERMINAÇÃO DE ISC (DNER-ME 049/94)

ENSAIO DE EXPANSÃO		MOLDAGEM (C.B.R.)		Informações da Prensa	
DATA	LEITURA	Cilindro	11	Constante P/ ISC	0,106
30/jun/18	2,00	Cil. + Solo Úmido	8980	Constante p/ Marshall	1,9181
01/jul/18		Peso do Cilindro	4577		
02/jul/18		Solo Úmido	4404		
03/jul/18		Vol. Cilindro	2051		
04/jul/18	2,25	Dens. Úmida	2		
Diferença de Leitura	0,25	Umidade	10,6		
% de Expansão	1,42	Dens. Seca	1,942		

TEMPO (min)	PENETRAÇÃO		LEITURA (mm)			PRESSÃO PADRÃO (Kg/cm²)	PRESSÃO (Kg/cm²)		I.S.C (%)		
	POL.	MM	12	11	10		CALCULADA	CORRIGIDA	P1	P2	P3
0,30	0,025	0,63	25	18	4	-	1,91	-	-	-	-
1,00	0,050	1,27	49	43	9	-	4,56	-	-	-	-
1,50	0,075	1,90	91	72	15	-	7,63	-	-	-	-
2,00	0,100	2,54	115	99	22	70,31	10,49	12,51	17,3	17,8	3,3
3,00	0,150	3,81	147	137	39	-	14,52	-	-	-	-
4,00	0,200	5,08	192	197	57	105,46	20,88	17,70	19,3	19,8	5,7
6,00	0,300	6,35	261	274	72	-	29,04	-	-	-	-
8,00	0,400	7,62	275	315	84	-	33,39	-	-	-	-
						-	0,00	-	-	-	-
I.S.C. FINAL									19,3	19,8	5,7



UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO COMO AGREGADO NA COMPOSIÇÃO DA CAMADA DE BASE DO PAVIMENTO

SOUSA, Áquila Felipe Lopes¹; FRANCO, Daniel de Souza ²; CEZAR, Murilo Faria³

¹ Estudante do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA. ² Estudante do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA. ³ Professor Orientador, Especialista do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA.

O aumento do interesse internacional a temas diretamente ligados a preservação ambiental e a diminuição gradativa dos recursos naturais, impeliram a recuperação e o reaproveitamentos de matérias que outrora vinham sendo descartados de maneira imprópria. Para se ter uma melhor capacidade na separação de matérias provenientes da indústria da construção e demolição com os resíduos comumente produzido pelo cotidiano urbano, é necessário que haja um destino para o mesmo, como seu próprio reaproveitamento. Uma das substituições apropriadas foi a utilização dos resíduos provenientes da construção e demolição na pavimentação de vias urbanas, substituiu-se materiais naturais, como a brita graduada por RCD devidamente classificado. Para esse procedimento de substituições de matérias ter validade e viabilidade, foi realizado estudos laboratoriais para saber as devidas características físicas e mecânicas do material, ensaios como umidade hidrosópica, granulometria, limite de liquidez e plasticidade, compactação e o CBR (Índice Suporte Califórnia). Este baseou-se em uma amostra de cinco quilos para a realização do ensaio de compactação e posteriormente o ensaio CBR (Índice Suporte Califórnia). Desse total, foi substituído 30%, 40% e 50% dos cinco quilos de materiais naturais por resíduos da construção e demolição. O procedimento realizado corretamente dos ensaios laboratoriais é de fundamental importância para se obter os parâmetros exigidos pelas normas vigentes. O maior valor de CBR atingido foi com a mistura de 30% de RCD e 70% de material natural, atingindo um valor de 28,8% de CBR e uma expansão de 3,98%, logo o resultado obtido não atingiu os requisitos mínimos de norma, que seria um CBR maior ou igual ou maior a 80% e uma expansão menor que 0,5% , o estudo não pode ser empregue em camada de base.

Palavras-Chave: Reaproveitamento. RCD. Pavimentação. Preservação Ambiental. Resíduos.