

A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: COMO REFORÇO DE SUBLEITO PARA SOLO ARGILOSO¹

Odiane Simoni²

Resumo: Nos dias atuais ainda nos é visível a presença de resíduos no meio ambiente como: pneus, plásticos, garrafas pet jogados em terreno baldios, margens de rios, beira de estradas, entulho de obras, entre outros. Um dos grandes problemas enfrentados pela humanidade atualmente é como destinar adequadamente o resíduo produzido. Entre estes resíduos destacam-se: o entulho de obras. Diante deste contexto, este artigo visa apresentar destinação adequada dos resíduos da construção civil com o objetivo de minimizar o problema de destinação inadequada de entulho gerado pelo setor da Construção Civil. É proposto a utilização desse resíduo como matéria prima para reforço de estruturas de pavimentação, tanto para asfalto como estradas rurais. Pois, com a escassez de pedreiras e às vezes não liberação dos órgãos ambientais, esses resíduos podem gerar um novo material a ser utilizado nesse setor, podendo se caracterizar como forma de uma fonte retornável.

Palavras-chave: Gestão. Resíduos. Meio ambiente.

1 Introdução

Quando o assunto é construção, logo se imagina um monte de entulho e restos de materiais não utilizados que perderam qualquer utilidade na obra. Além do desperdício e do aumento de custos com a retirada dos canteiros de obra, o entulho representa outra preocupação: o impacto ambiental.

O Brasil está entrando para um seleto grupo de países que se preocupa com os resíduos. Esta constatação é observada através do avanço das políticas ambientais que estão sendo implantadas em nosso país. E, cada vez mais, tem se verificado que as questões ambientais devem ser tratadas de um modo especial, de forma que todos tenham consciência da urgência e da necessidade de preservar o meio ambiente.

O estudo de soluções práticas, que apontem para a reciclagem do entulho das obras da construção civil, contribui para amenizar os problemas urbanos gerados pelos depósitos irregulares. Ao mesmo tempo este processo pode introduz no mercado um novo material, com

¹ Artigo apresentado como requisito parcial para a conclusão do curso de Especialização em Nome do Curso da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, orientado pelo Professor José Humberto Dias de Toledo, Ms.

² Engenheira Civil Odiane Simoni. Acadêmica do MBA Gestão de Projetos e Obras. E-mail: odiane@outlook.com

grande potencialidade de uso, proporcionando não apenas preservação do meio ambiente, mas também vantagens econômicas.

Reduzir materiais como água, energia, cimento, areia, madeira e achar alternativas para reutilizá-los, ou reciclá-los, envolve conhecimento, criatividade para dar novas formas e consciência de que a ação protege o planeta. Mais acessível no mercado, com materiais alternativos, a sustentabilidade está com força na construção civil e depende apenas do conceito de cidadãos e profissionais para existir.

Portanto, este artigo tem como objetivo apresentar estratégias e alternativas que busquem orientar o desenvolvimento em todas as suas vertentes, no rumo da sustentabilidade, ou seja, atendendo às necessidades atuais sem, no entanto, comprometer o desenvolvimento das gerações futuras.

2 Metodologia da Pesquisa

Inicialmente coletou-se solo num terreno do interior de um município vizinho a Chapecó - SC. Na classificação tátil-visual foi considerada uma argila vermelha. A amostra foi coletada e foi usada após estar totalmente seca, cerca de 30 dias após a coleta.

Para a realização desta pesquisa, foi utilizado o laboratório de Engenharia Civil da própria Universidade para a realização dos ensaios. O solo necessário para a pesquisa foi coletado no município de Arvoredo – SC.

Foi coletada uma amostra de aproximadamente 300 kg de solo para a realização de todos os ensaios, sendo 50 kg para cada mistura com diferente teor de entulho, 50 kg para solo sem mistura e o restante para os ensaios de caracterização.

A análise granulométrica das amostras de entulho foi realizada segundo a NBR 7217/87 (Agregado - Determinação da Composição Granulométrica), que prescreve o método para determinação da composição granulométrica de agregados miúdos e graúdos.

Para a análise do solo será realizada segundo a NBR 7181/1984 que descreve como fazer o ensaio granulométrico do solo, realizada por peneiramento ou pela combinação de sedimentação e peneiramento.

3 Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos apresentam grande diversidade e complexidade. As suas características físicas, químicas e biológicas variam de acordo com a sua fonte ou atividade geradora. Fatores econômicos, sociais geográficos, educacionais, culturais, tecnológicos e legais

afetam o processo de geração dos resíduos sólidos, tanto em relação à quantidade gerada quanto a sua composição qualitativa. Uma vez gerado o resíduo, a forma como é manejado, tratado e destinado pode alterar suas características de maneira, que em certos casos, os riscos à saúde e ao ambiente são potencializados. A ABNT, através da norma NBR 10.004/2004 define resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e de serviços. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções, técnica e economicamente, inviáveis em face a melhor tecnologia disponível.

Um resíduo ou um dos seus constituintes que apresentam qualquer uma das características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, é classificado como perigoso. Já um resíduo não perigoso ao ser misturado com resíduos perigosos devido à falta de segregação, de armazenamento, transporte ou destinação final adequados, torna-se perigoso (BORGES DE CASTILHOS, 2006).

As principais características de interesse para a seleção de procedimentos, processos e técnicas de tratamento são: taxa de geração, composição gravimétrica, peso específico, carbono, nitrogênio, potássio, enxofre, teor de sólidos fixos e voláteis, teor de umidade, tamanho da partícula, compressibilidade, poder calorífico e potencial hidrogeniônico (pH). A presença de microrganismos patogênicos ou de substâncias constituintes que, respectivamente, possam tornar os resíduos contaminados biologicamente ou quimicamente, também deve ser avaliada (BORGES DE CASTILHOS, 2006).

A construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social e, por outro lado, comporta-se como grande geradora de impactos ambientais, seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos, (SCIELO, 2015).

O resíduo sólido da construção civil é constituído de restos praticamente de todos os materiais e componentes utilizados nas obras, como brita, areia, argamassas, materiais cerâmicos, concretos, madeiras, metais, papéis, plásticos, tijolos, tinta, gesso, etc. Ele se apresenta na forma sólida, com características variáveis de tamanho e forma. As soluções normalmente utilizadas para este problema sempre foi a destinação para os lixões e ou aterros.

O reaproveitamento deste resíduo além de proporcionar melhorias ambientais é uma alternativa econômica e vantajosa, pois introduz no mercado um novo material para uso, transformando o entulho em matéria-prima.

Uma das alternativas do uso deste material seria reforçar a camada de subleito em obras de pavimentação, (SCIELO, 2015). Tendo em vista a melhoria da qualidade das rodovias brasileiras e, a importância da ampliação da infraestrutura de transportes como a situação das estradas brasileiras continua caótica, num retrato do atraso no setor. Esburacadas, sem acostamento e, em sua maioria, sem asfalto, são um dos gargalos para que o país cresça em condições de competir com seus concorrentes entre os países emergentes.

4 Caracterização dos Materiais

4.1 Granulometria do Solo

Para os ensaios de caracterização do solo, o mesmo destorroado deverá passar na peneira 2,00 mm, de acordo com a DNER-ME 041/94. Já para os ensaios de compactação, ISC e Compressão Simples a amostras depois de destorroadas, deverá passar na peneira 4,75 mm. Para todos os ensaios é recomendado realizar a determinação do teor de umidade de cada amostra.

4.2 Densidade Real do Solo

De acordo com Bueno e Vilar (1997) a faixa de variação da massa específica dos sólidos para solos argilosos é de 2,750 a 2,900 g/cm.

4.3 Classificação do Solo

Se o W_L no ensaio de limite de liquidez for menor que 50% o solo é considerado fino, inorgânico argiloso, conforme Classificação Unificada de Solos – SUCS. O sistema SUCS (ou U.S.C.) é o aperfeiçoamento da classificação de Casagrande para utilização em aeroportos, adaptada para uso no laboratório e no campo pelas agências americanas "Bureau of Reclamation" e "U.S. Corps of Engeneers", com simplificações que permitem a classificação sistemática. Foi proposto por Arthur Casagrande no início da década de 40, (NER-ME 041/94).

Também se verifica que o Índice de Plasticidade (IP) >7 e situa-se na linha A ou acima no gráfico dos limites de consistência, assim chega-se a conclusão que o solo é do tipo CL (argila siltosa), (DNER-ME 041/94).

4.4 Limite de Liquidez

Na determinação do limite de liquidez, os valores do teor de umidade de cada amostra e o número de golpes necessário para fechar a ranhura feita no solo. A partir desses pontos, traça-se a reta que melhor se ajustava sobre os mesmos e verifica-se o teor de umidade correspondente ao número de golpes igual a 25, obtendo-se um limite de liquidez de 32%, (DNER-ME 041/94).

4.5 Limite de Plasticidade

Para a determinação do Limite de Plasticidade, a através do teor de umidade medido nas seis amostras coletadas e é calculada uma média dos valores. O Índice de Plasticidade (IP) é definido como a diferença entre o Limite de Plasticidade e de Liquidez, (DNER-ME 041/94).

Segundo Caputo (1987), a classificação dos solos baseada no IP quando este se encontra entre 1 a 7%, são ditos solos fracamente plásticos, de 7 a 15%, solos medianamente plásticos, e maior que 15 %, altamente plásticos, (DNER-ME 041/94).

4.6 Sedimentação do Solo

A partir da amostra preparada para os ensaios de caracterização, também separa-se 70g para a realização do ensaio de sedimentação. Esta quantidade de solo será colocada em um frasco com defloculante, deixando a mistura repousar durante 12h, antes de iniciar o ensaio, (DNER-ME 041/94). Passado este tempo, esta mistura coloca-se em um dispersor mecânico, onde fica em agitação durante 15min. Retirando este material do dispersor, o mesmo coloca-se em uma proveta e completado até 1000ml com água destilada e agitando esta durante 1min para homogeneização da mistura, (DNER-ME 041/94).

A partir da agitação da proveta, dá-se o início da sedimentação e feita as leituras com o densímetro após 30s, 1 e 2min. Após a leitura de 24h, a suspensão foi passada na peneira 0,075 mm, efetuando a pesagem do que ficou retido, (DNER-ME 041/94).

4.7 Granulometria do Entulho

A análise granulométrica das amostras de entulho deverá ser realizada segundo a NBR 7217/87 (Agregado - Determinação da Composição Granulométrica), que prescreve o método para determinação da composição granulométrica de agregados miúdos e graúdos. Para a análise do solo será realizada segundo a NBR 7181/1984 que descreve como fazer o ensaio

granulométrico do solo, realizada por peneiramento ou pela combinação de sedimentação e peneiramento.

4.8 Densidade Real dos Resíduos

Os procedimentos do ensaio para a determinação da densidade real dos resíduos é a relação entre a massa de uma amostra de solo e o volume ocupado pelas suas partículas sólidas. Refere-se ao volume de sólidos de uma amostra de terra, sem considerar a porosidade, (NBR 7181/1984).

4.9 Classificação do Entulho

A granulometria do entulho deverá ser realizada da mesma maneira que do solo. Duas amostras deverão ser separadas, amostra A com 1000 gramas e Amostra B com 1000 gramas, (NBR 7181/1984).

4.10 Compactação do Solo/Entulho

O ensaio de compactação deverá ser com o solo natural e com a mistura de solo e cada porcentagem de resíduo, totalizando quatro ensaios. A quantidade de água adicionada nas amostras deverá ser diminuída com o aumento de agregado de resíduo, tendo em vista que este não absorve água, (NBR 7181/1984).

5 Resultados

5.1 Limite Liquidez

Na determinação do limite de liquidez, os valores do teor de umidade de cada amostra e o número de golpes necessário para fechar a ranhura feita no solo, foram aplicados a um gráfico de eixos abscissas e ordenadas, observa-se na tabela 1.

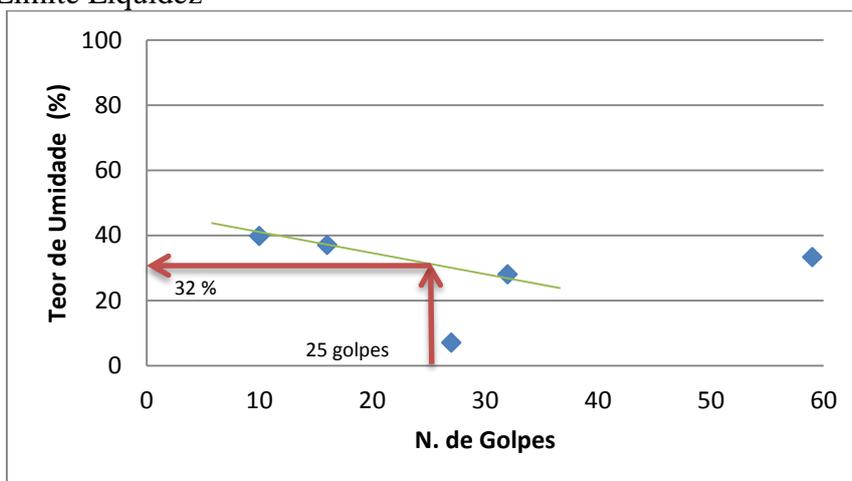
Tabela 1: Limite de Liquidez

SOLO NATURAL						
LIMITE DE LIQUIDEZ						
Determinação n°:	1	2	3	4	5	6
Cápsula n°:	33	44	6	32	22	36
Solo + Tara + Água g	16,340	20,710	19,910	15,380	18,110	21,570
Solo + Tara g	20,910	28,390	21,300	21,500	23,680	28,750
Tara g	8,370	8,900	7,950	6,720	8,910	8,510
Água g	4,570	7,680	1,390	6,120	5,570	7,180
Solo g	12,540	19,490	13,350	14,780	14,770	20,240
Teor de Umidade %	27,970	37,080	6,980	39,790	30,760	33,290
Número de golpes:	32	16	27	10	22	59

Fonte: Simoni, 2013. p. 17.

A partir destes pontos, traçou-se a reta que melhor se ajustava sobre os mesmos e verificou-se o teor de umidade correspondente ao número de golpes igual a 25, obtendo-se um limite de liquidez de 32%, conforme figura 1.

Figura 1: Limite Liquidez



Fonte: Simoni, 2013. p.26.

5.2 Limite de Plasticidade

Para a determinação do Limite de Plasticidade, a através do teor de umidade medido nas seis amostras coletadas e foi calculada uma média dos valores, observa-se na tabela 5. O Índice de Plasticidade (IP) é definido como a diferença entre o Limite de Plasticidade e de Liquidez. Nos ensaios realizados foi obtido Limite de Plasticidade de 5,39 %, portanto o IP ficou igual a 26,61%.

Segundo Caputo (1987), a classificação dos solos baseada no IP quando este se encontra entre 1 a 7%, são ditos solos fracamente plásticos, de 7 a 15%, solos medianamente plásticos, e maior que 15%, altamente plásticos. A partir disso pode-se concluir que o solo estudado é altamente plástico conforme tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Limite Plasticidade

LIMITE DE PLASTICIDADE							
Determinação nº:		1	2	3	4	5	6
Cápsula nº:		16	18	35	24	37	30
Solo + Tara + Água	g	9,060	9,590	9,130	8,090	9,580	9,780
Solo + Tara	g	9,460	10,170	9,690	8,570	10,080	10,230
Tara	g	8,360	8,470	8,140	7,270	8,580	8,800
Água	g	0,400	0,580	0,560	0,480	0,500	0,450
Solo	g	1,100	1,700	1,550	1,300	1,500	1,430
Teor de Umidade	%	4,420	6,050	6,130	5,930	5,220	4,600

Fonte: Simoni, 2013. p.19

5.3 Sedimentação do solo

A partir da amostra preparada para os ensaios de caracterização, também foi separado 70 g para a realização do ensaio de sedimentação.

Esta quantidade de solo foi colocada em um frasco com defloculante, deixando a mistura repousar durante 12 h, antes de iniciar o ensaio. Passado este tempo, esta mistura foi colocada em um dispersor mecânico, onde ficou em agitação durante 15min.

Retirando este material do dispersor, o mesmo foi colocado em uma proveta e completado até 1000 ml com água destilada e agitando esta durante 1min para homogeneização da mistura.

A partir da agitação da proveta, deu-se o início da sedimentação e feita as leituras com o densímetro após 30s, 1 e 2 min. Era realizada a leitura do densímetro imerso na suspensão e em água, e também era anotada a temperatura da água durante o ensaio. Após a leitura de 24 h, a suspensão foi passada na peneira 0,075 mm, efetuando a pesagem do que ficou retido. Os procedimentos realizados para a análise granulométrica por sedimentação foram executados de acordo com DNER-ME 051 (1994), conforme tabela 3.

Tabela 3: Granulometria

Resumo Granulometria (%)	
Pedregulho (>4,8mm)	2,68
Areia Grossa 4,8 - 2,0mm	3,64
Areia Média 2,0 - 0,42mm	1,85
Areia Fina 0,42 - 0,074mm	3,40
Silte+Argila(<0,074mm)	88,44
Total	100,00

Fonte: Simoni, 2013. p.20.

5.3.3 Densidade real dos resíduos

Os procedimentos do ensaio para a determinação da densidade real dos resíduos foram prescritos anteriormente e, a partir dos dados obtidos com o mesmo, chegou-se a um resultado de 1,945 g/cm³.

5.3.4 Granulometria Entulho

A granulometria do entulho foi realizada da mesma maneira que do solo. Sendo realizada com duas amostras, amostra A com 1000.8 gramas e Amostra B com 1003.8 gramas. A granulometria foi de 4 mm, migrando para pedregulho.

5.3.5 Ensaios de Compactação – Solo/Entulho

De acordo com DNER-ME 129 (1994), as energias de compactação especificadas neste método são normal, intermediária e modificada, respectivamente, com 12, 26 e 55 golpes por camada, num total de cinco camadas, de acordo com o método de ensaio. A energia utilizada na pesquisa foi normal, com 12 golpes. O ensaio de compactação foi realizado conforme a DNER-ME 129 (1994).

Primeiramente foram separadas amostras de 2000 g de solo passante na peneira 4,75 mm, e determinado o teor de umidade de cada amostra, para determinar a quantidade de água a adicionar. Para separar as amostras com as porcentagens de resíduo, a quantidade do mesmo em cada amostra de 2000 g, foi em relação a amostra de solo seco, ou seja, com a determinação do teor de umidade, calculava-se a quantidade de solo seco da amostra, e a partir desta quantidade, adicionava-se então a porcentagem de resíduo.

Com a primeira amostra, foi adicionada uma quantidade de água até que a mistura se aproximasse à umidade aparentemente ótima, ou seja, era feito um torrão de solo com a mão e deixado este cair, se este não fragmentasse a umidade era adequada para iniciar o ensaio, senão a mistura necessitava de mais água. Após isto foi então montado o cilindro na base metálica com o fundo falso (Figura 09) e iniciado a compactação das camadas de solo, sendo aplicados 12 golpes em cada camada, completando o cilindro com três camadas.

Figura 09: Compactação



Fonte: Simoni, 2013. p.37.

Depois de compactado a amostra de solo era retirada do molde metálico através de uma prensa hidráulica e, de acordo com a norma, foram retiradas amostras centrais do cilindro, necessitando fazer a quebra ao meio do mesmo, com posterior determinação do teor de umidade

da amostra. Foram confeccionados aproximadamente seis corpos de prova para cada ensaio de compactação, com a adição de uma quantidade fixa de água entre uma amostra e outra, aumentando gradativamente o teor de umidade de cada corpo de prova.

O ensaio de compactação foi realizado com o solo natural e com a mistura de solo e cada porcentagem de resíduo, totalizando quatro ensaios. A quantidade de água adicionada nas amostras foi diminuindo com o aumento de agregado de resíduo, tendo em vista que este não absorve água.

A partir dos ensaios de compactação, foram obtidas as curvas de compactação através de um gráfico de eixos abscissas e ordenadas, sendo as ordenadas a massa específica aparente seca e as abscissas o teor de umidade. A máxima massa específica aparente seca corresponde ao teor de umidade ótimo. A massa específica aparente seca máxima equivale, segundo Craig (2007), a massa específica aparente seca de um solo compactado com aproximadamente todo o ar expulso pela compactação, obtendo assim o teor de umidade ótima de compactação.

A seguir apresenta-se os gráficos, referente a compactação do solo com devida porcentagem de entulho:

Gráfico 1: Solo Natural

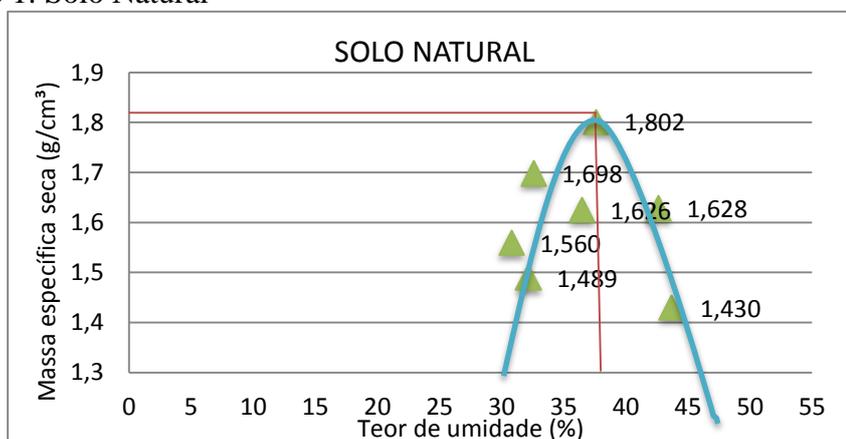
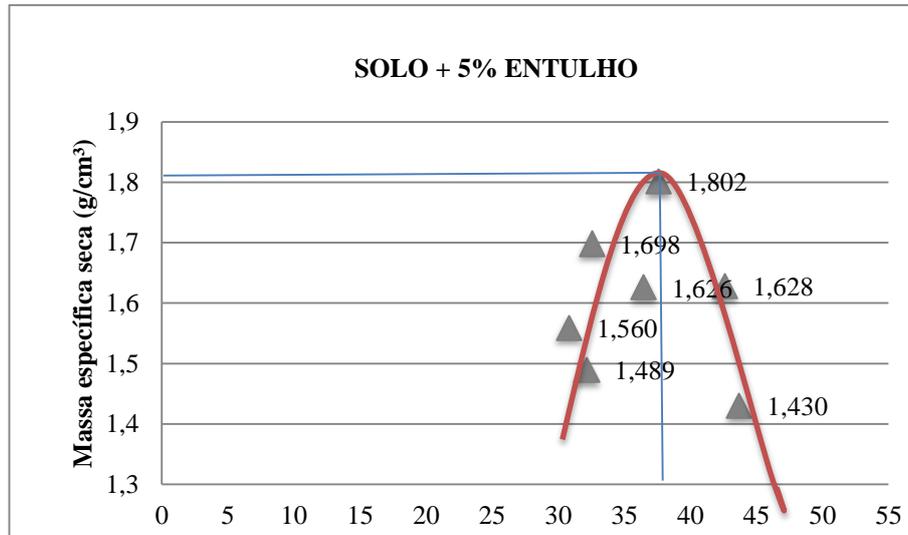


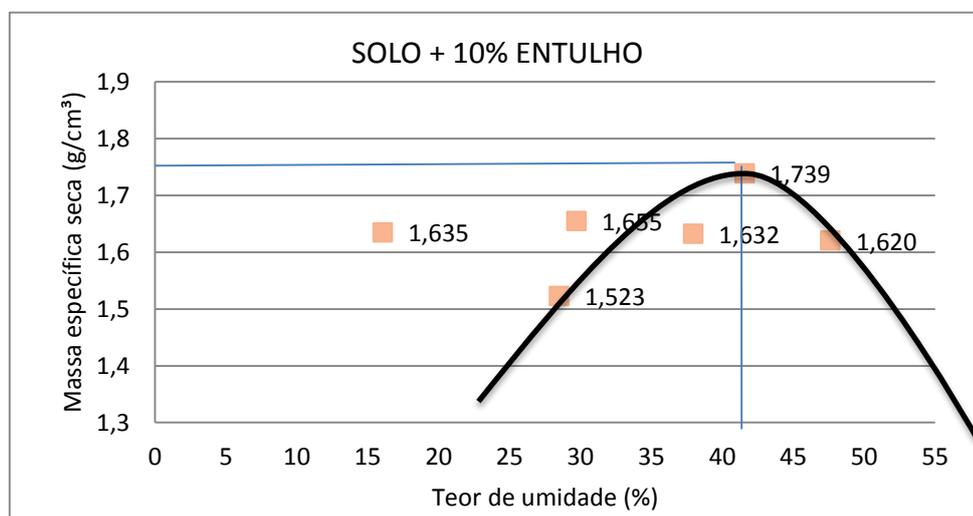
Gráfico 2 : Solo + 5%



Ω_{otimo} : 37 %
 $\gamma_{sm\acute{a}x}$: 1,81 g/cm³

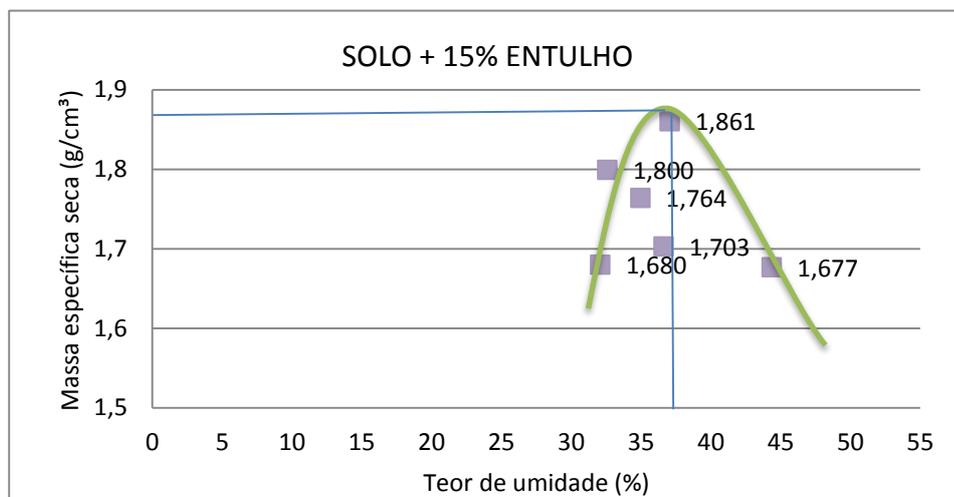
Fonte: Fonte: Simoni, 2013. p.36.

Gráfico 3: Solo + 10%



Fonte: Fonte: Simoni, 2013. p.40.

Gráfico 4: Solo + 15%



Fonte: Fonte: Simoni, 2013. P. 42.

5.4 Índice de Suporte a Califórnia – ISC

Os procedimentos para a determinação do Índice de Suporte Califórnia e Expansão foram realizados conforme a DNER-ME 049 (1994). Esta norma determina o valor relativo do suporte de solos, utilizando amostras deformadas não trabalhadas, correspondente à umidade ótima e massa específica aparente seca.

A partir do ensaio de compactação, foi determinado o teor de umidade ótima do solo natural (sem mistura) e com as porcentagens de resíduo, e confeccionados os cilindros com este teor de umidade para o ensaio de CBR, no total de quatro (um para cada porcentagem de resíduo). Os procedimentos para a confecção dos cilindros foram 5 camadas com 12 golpes cada.

Depois da compactação do solo dentro do cilindro metálico, retirava-se a base e o fundo falso e era feita a pesagem do conjunto cilindro metálico / solo. Após isto, o cilindro era reposto na base, agora invertido, de modo que o solo ficasse em contato com a base perfurada e sobre a outra extremidade do solo, foi colocada uma carga, determinada por norma e o extensômetro para medir a expansão. Os cilindros então foram imersos na água e deixados durante quatro dias (Figura 03).

Figura 2: Cilindro Imerso



Fonte: Simoni, 2013. p.42.

Terminado este período, foi medida a expansão do solo e iniciado o ensaio de penetração, para a determinação da capacidade de suporte dos mesmos.

O ensaio de penetração foi executado através de uma prensa, onde um pistão faz a penetração no solo através da aplicação de uma carga controlada. Este controle se deu através do deslocamento medido no extensômetro. As leituras eram feitas no extensômetro do anel da prensa, de acordo com uma penetração e tempo prescritos no ensaio, fazendo assim um controle de velocidade de aplicação da carga.

Através da obtenção do teor de umidade ótima pelos ensaios de compactação, foram confeccionados os corpos de prova de solo para os ensaios de Índice de Suporte Califórnia. A seguir apresentam-se os cálculos do ISC para cada amostra:

Tabela 3: Ensaio de Penetração

Ensaio de penetração - SOLO NATURAL						
Constante anel: 0,1010						
Tempo (min)	Penetração (mm)	Pressão Padrão (Kgf/cm ²)	Leitura extens.	Pressão Kgf/cm ²		ISC(%)
				Lida	Corrigida	
0,5	0,67	-	9	0,91		
1,0	1,27	-	10	1,01		
2,0	2,54	70	12	1,21	1,21	1,73
4,0	5,08	105	16	1,62	1,62	1,54
6,0	7,62	132	19	1,92		
8,0	10,16	161	21	2,12		

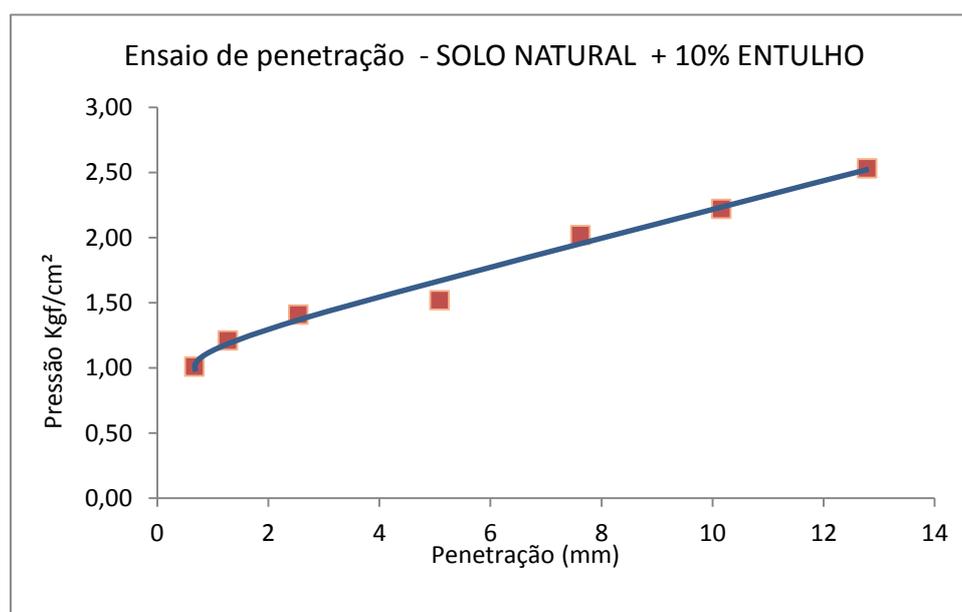
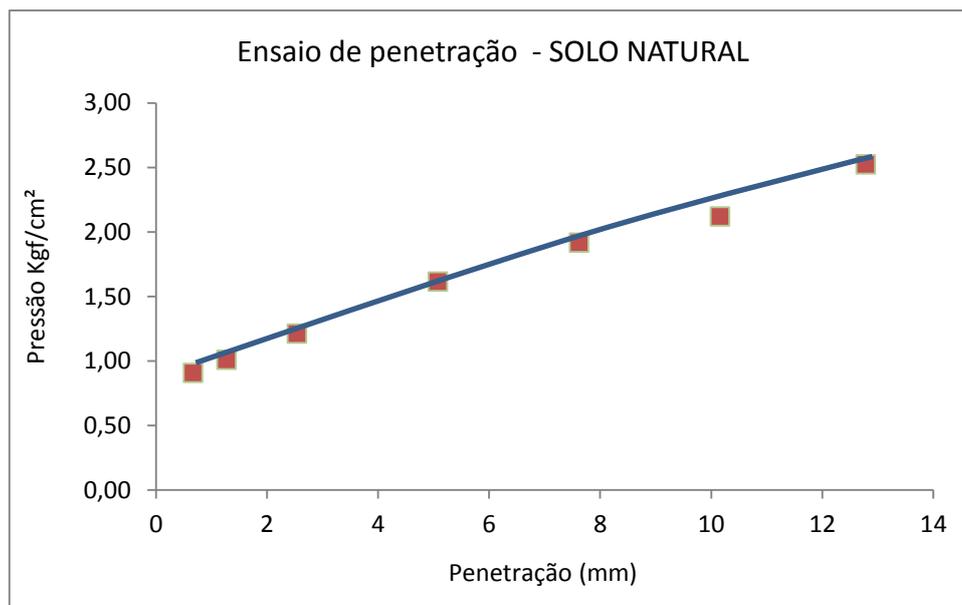
10,0	12,78	182	25	2,53		
Ensaio de penetração - SOLO NATURAL +5% ENTULHO						
Constante anel: 0,1010						
Tempo (min)	Penetração (mm)	Pressão Padrão (Kgf/cm ²)	Leitura extens.	Pressão Kgf/cm ²		ISC(%)
				Lida	Corrigida	
0,5	0,67	-	8	0,81		
1,0	1,27	-	9	0,91		
2,0	2,54	70	9	0,91	0,91	1,30
4,0	5,08	105	10	1,01	1,01	0,96
6,0	7,62	132	12	1,21		
8,0	10,16	161	12	1,21		
10,0	12,78	182	15	1,52		
Ensaio de penetração - SOLO NATURAL + 10% ENTULHO						
Constante anel: 0,1010						
Tempo (min)	Penetração (mm)	Pressão Padrão (Kgf/cm ²)	Leitura extens.	Pressão Kgf/cm ²		ISC(%)
				Lida	Corrigida	
0,5	0,67	-	10	1,01		
1,0	1,27	-	12	1,21		
2,0	2,54	70	18	1,82	1,41	2,60
4,0	5,08	105	18	1,82	1,52	1,73
6,0	7,62	132	20	2,02		
8,0	10,16	161	22	2,22		
10,0	12,78	182	25	2,53		
Ensaio de penetração - SOLO NATURAL + 15% ENTULHO						
Constante anel: 0,1010						
Tempo (min)	Penetração (mm)	Pressão Padrão (Kgf/cm ²)	Leitura extens.	Pressão Kgf/cm ²		ISC(%)
				Lida	Corrigida	
0,5	0,67	-	35	3,54		
1,0	1,27		45	4,55		
2,0	2,54	70	72	7,27	4,44	10,39
4,0	5,08	105	75	7,58	5,66	7,21
6,0	7,62	132	77	7,78		
8,0	10,16	161	81	8,18		
10,0	12,78	182	94	9,49		

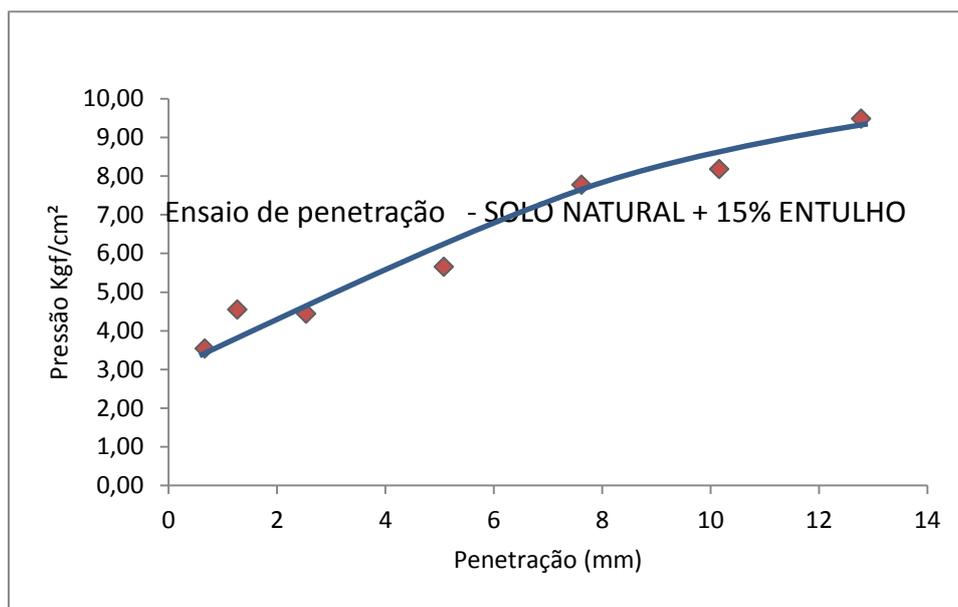
Fonte: Simoni, 2013. p.43.

Realizando a comparação dos resultados com os prescritos NBR 15115, que descreve a execução de camadas de pavimentação com utilização de resíduos sólidos da construção civil, a amostra de 15% entulho pode ser utilizada como reforço de subleito, já que conforme a norma o ISC deve ser maior ou igual a 12 % e expansibilidade menor ou igual a 1,0 % e, os resultados obtidos foi de 10,39% (tabela 8). O resultado mais próximo de 12% foi da

adição de 15% de entulho, então conclui-se que esta pesquisa deverá ser continuada futuramente para porcentagens maiores de entulhos. A seguir apresentam-se os gráficos do ensaio a ISC:

Gráfico 4: Gráficos Penetração





Fonte: Fonte: Simoni, 2013. p.36.

5.5 Compressão simples

A resistência a compressão simples dos corpos de provas foi determinada de acordo com o ensaio prescrito na DNER-ME 004(1994), que prescreve a determinação da resistência a compressão não confinada de amostras indeformadas na umidade natural.

Porém o ensaio não pode ser realizado, pois quando o entulho é adicionado nas porcentagens 5%, 10%, 15% ao solo, dificulta a acomodação dos seus grãos, fazendo com que os vazios da mistura aumentem e conseqüentemente sua resistência diminua esfaleando o solo, como pode observar na figura 05.

Figura 4: Solo para ensaio de compressão simples



Fonte: Simoni, 2013. p.46.

6 Considerações Finais

Através dos levantamentos bibliográficos realizados, tem-se uma preocupação com a preservação do ambiente e que ‘preservar é preciso’, e surge a possibilidade de se dar um destino correto aos entulhos gerados pela construção civil. A deposição incorreta destes entulhos causa problemas ambientais, sociais e públicos, que podem ser minimizados com o correto destino dos entulhos produzidos.

O Brasil já evoluiu bastante no assunto gerenciamento de resíduos, mas ainda se encontra atrasado em relação a países como a Espanha. Se não houver incentivos por parte dos empresários e governo e se todos não fizerem a sua parte, não será possível obter melhores resultados no campo de gestão de resíduos na construção civil que se revela muito interessante e com boas possibilidades de se desenvolver.

A mistura que apresentou os melhores resultados foi de 15 % em relação à massa seca de solo, conferindo o melhor ISC (10,39 %), a melhor compactação foi de solo + 10% e, a resistência a compressão simples não foi possível realizar pois o solo depois de quatro dias em emersão em água devido ao ensaio de ISC apresentou muitos vazios entre os materiais, não podendo formar o cilindro para este.

Realizando a análise pela NBR 15115 (2004) e pelo DNER-PR-ES (2005), o entulho adicionado no solo apresenta resultados e características satisfatórias para obras de pavimentação, de acordo com as especificações da utilização como reforço de subleito para estradas urbanas e rurais.

THE MANAGEMENT OF SOLID WASTE FROM CIVIL CONSTRUCTION: AS SUBSTRATE REINFORCEMENT FOR ARGILOUS SOIL

Abstract: In the present day, we still see the presence of residues in the environment as: tires, plastics, pet bottles thrown in wasteland, river banks, roadside, rubble works, among others. One of the major problems facing humanity today is how to properly allocate the waste produced. Among these residues stand out: the rubble of works. In this context, this article aims to present adequate disposal of construction waste in order to minimize the problem of inadequate disposal of rubble generated by the Civil Construction sector. It is proposed to use this residue as a raw material to reinforce paving structures, both for asphalt and rural roads. For, with the scarcity of quarries and sometimes no release of the environmental organs, these

residues can generate a new material to be used in this sector, and can be characterized as a form of a returnable source.

Keywords: Management. Waste. Environment.

7 Referências

BODI, J. Experiência Brasileira com Entulho Reciclado na Pavimentação. **In: Reciclagem na Construção Civil, Alternativa Econômica para Proteção Ambiental**. São Paulo. Anais. São Paulo: PCC - USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1997.

BRANDY, Nyle C. **Natureza e Propriedades dos Solos**. Ed. Freitas Bastos, 2001. Rio de Janeiro.

BUENO, Benedito de S.; VILAR, Orêncio M. **Mecânica dos solos**. São Carlos, EESC-USP, 2007.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. Ed. rev. e ampl. LCT, Rio de Janeiro, 1987.

CASTRO, X. Cristina. **GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG**, 2012.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução Nº 431, de 2011.

DANTAS DE LIMA, José. **Sistemas Integrados de Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos**. Ed. ABES, 2006.

DER/PR - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná. Pavimentação: camadas estabilizadas granulometricamente. DER-PR-ES-P 07/05.

DNER-ES 300/97. Pavimentação – reforço subleito. Rio de Janeiro, Julho de 2002.

DNER-ME 041. Solos – preparação de amostras para ensaio de caracterização, 1994.

DNER-ME 080. Solos – análise granulométrica por peneiramento, 1994.

DNER-ME 082. Solos - determinação do limite de plasticidade, 1994.

DNER-ME 122. Solos - determinação do limite de liquidez - método de referência e método expedito, 1994.

GIAMPAGLIA, Heitor Roberto. **Manual de Pavimentação Urbana**. Ed. IPT, 1992. São Paulo.

GONSALES, Mayara. Uso de PET - Poli (Tereftalato de Etileno) reciclado no reforço de solos para a utilização em estruturas de pavimentos. 2011. **Monografia - Graduação de**

Engenharia Civil, Universidade Comunitária da região de Chapecó, UNOCHAPECO, Chapecó, 2011.

HOLZ, Raquel da Fonseca. Unidade III - ESTABILIDADE DOS SOLOS E REFORÇO DOS SUBLEITOS. **Departamento de Materiais e Construção – DMC, Curso de Engenharia Civil. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, 2007.** Disponível em: <http://www.dmc.furg.br/disp04091/apostila/UNIDADE%20III.pdf>. Acessado em: 04/04/17.

MELO, A. B. **Análise da dosagem para reciclagem do resíduo da construção civil na fabricação de blocos de vedação. Brasil - João Pessoa, PB. 2003.**

NBR 10.004/2004. Classificação dos Resíduos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

NBR 15115/2004. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação -Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

NBR 7250/1982. Identificação e descrição de amostras de solo obtidas em sondagem de reconhecimento dos solos. Rio de Janeiro, 1982.

NBR-7182. Solo - ensaio de compactação – procedimento. Rio de Janeiro, 1986.

SIMONI, Odiane. Uso de entulho no reforço de solos para a utilização em estruturas de pavimentos. 2013. **Monografia - Graduação de Engenharia Civil, Universidade Comunitária da região de Chapecó, UNOCHAPECO, Chapecó, 2013.**

PROGRAMA CBIC CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – **CBIC (Câmara Brasileira da indústria da Construção),** <http://www.cbic.org.br/sites/default/files/Programa-Construcao-Sustentavel.pdf>. Acessado em 04/04/2017.

RIBEIRO, Marcelle. Publicado em 17/07/2011.

Disponível em:<http://oglobo.globo.com/politica/brasil-ainda-tem-87-das-estradas-sem-pavimentacao>. Acessado em 04/04/2017.

ROSSONI, P. Adição de Entulho e Resíduo e Borracha como Agregados na Fabricação de Argamassa e Concreto. 2009. **Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Comunitária Regional de Chapecó - Unochapecó, Chapecó, 2009.**
SENSO, WLASTERMILER de. Manual de Técnicas de Pavimentação. Ed. Pini, 2001. São Paulo.

SCIELO, Revista. <http://www.scielo.br/pdf/ce/v61n358/0366-6913-ce-61-358-00178.pdf>. Acesso dia 24 de abril de 2017.

VARGAS, Milton. **Introdução à mecânica dos solos. São Paulo, MCgraw-Hill do Brasil, Ed. da Universidade de São Paulo, 1997.**