



## Análise da possibilidade de substituição de Britas Minerais por Corpos de Prova (CP) em camadas drenantes de aterros sanitários

**Davi de Souza Bezerra<sup>1</sup>, Gabriela Rousi Abdón da Silva<sup>2</sup>, Risete Maria Q. Leão Braga<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pará (davibezerra2006@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Pará (gabiabdón@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal do Pará (risetemaria@yahoo.com.br)

### **Resumo**

A quantidade exorbitante de corpos de prova produzidos pelas empresas da construção civil para análise de resistência dos tipos de concretos utilizados nas obras, fato que não pode ser alterado, haja vista que as empresas são orientadas a realizar esse tipo de controle tecnológico pela NBR 12.655 (ABNT, 2006), e, tendo em vista também que, após essas análises, os corpos de prova não são destinados corretamente ou dispostos adequadamente, e sim estocados em lugares inadequados e abandonados faz-se necessária a aferição de uma finalidade possível a esses corpos de provas após suas análises, uma das possíveis finalidades é a utilização desse material em substituição das britas nas camadas drenantes de aterros sanitários, para isso, foi realizado ensaios de granulometria, resistência a compressão e permeabilidade, com corpos de prova de 15 e 35 MPa. Após analise dos resultados, foi constatado a viabilidade da utilização de corpos de prova britados como substitutos de britas minerais em camadas drenantes de aterros sanitários.

**Palavras-chave:** Corpos de Prova. Aterros Sanitários. Britas Minerais.

**Área Temática:** Resíduos Sólidos

## **Analysis of the possibility of substitution of mineral gravel for specimen in drainage layers of sanitary landfills**

### **Abstract**

*The exorbitant amount of specimen produced by construction companies for resistance analysis of the types of concrete used in the works, a fact that can't be changed, considering that companies are oriented to perform this type of technological control by NBR 12,655 (ABNT, 2006), and knowing that, after these analyzes, the specimens are not properly destined or adequately disposed, this material are stored in inadequate and abandoned places, it is necessary to measure a possible purpose to these specimen after its analysis. One of the possible purposes is the use of this material in substitution of the gravel in the drainage layers of sanitary landfills, for that, was carried out tests of granulometry, resistance to compression and permeability, with specimens of 15 and 35 MPa. After analyzing the results, it was verified the feasibility of the use of this material as substitutes for mineral gravel in drainage layers of sanitary landfills.*

**Key words:** Specimen. Sanitary Lansfills. Mineral Gravel.

**Theme Area:** Solid Waste



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

### 1 Introdução

Segundo o Sindicato da Indústria da Construção de Minas Gerais, a indústria da construção civil teve um crescimento de 52,10% na última década, obtendo um crescimento médio anual de 4,28%. Esse crescimento gera, consequentemente, uma necessidade maior de utilização da matéria prima essencial nessa indústria, o concreto. Essa matéria prima deve passar por verificação, como retrata HELENE (1986):

“O controle da resistência à compressão do concreto das estruturas de edificações e obras de arte é parte integrante da construção, sendo indispensável sua permanente comprovação. Avaliar se o que está sendo produzido é corresponde a o que foi adotado previamente por ocasião do dimensionamento da estrutura, faz parte da própria concepção do processo construtivo como um todo.” (HELENE, 1998).

Segundo o Instituto Nacional de Geografia Estatística (IBGE), no ano de 2014, o estado do Pará possuía 955 empresas no ramo da construção civil em atividade. Considerando que, a cada ano, metade dessas empresas realizassem uma obra, seriam realizadas 478 obras por ano só no Estado do Pará. Analisando esse fato em conjunção com a NBR 12.655 (ABNT, 1996), que dispõe que cada obra deve apresentar no mínimo seis corpos de prova, tem-se que seriam gerados no mínimo 2.868 corpos de prova por ano.

Essa quantidade de corpos de prova é encaminhada para análise, e posteriormente, nada é feito para que haja uma destinação adequada para esse material, o que pode ser observado dentro da Universidade Federal do Pará (UFPA), onde fica localizado o Laboratório de Engenharia Civil (LEC), responsável por realizar uma parte significativa das análises de corpo de prova tanto para empresas de fora da universidade, quanto para trabalhos científicos da própria universidade.

Em vista da problemática acima relatada, foi idealizada uma forma de reciclar esses corpos de prova, visando à redução do volume desses materiais dispostos inadequadamente na Universidade Federal do Pará. O tipo de reciclagem adotado foi a utilização desses resíduos em camadas drenantes de aterros sanitários.

### 2 Materiais e métodos

O projeto foi dividido em seis (6) etapas, são elas:

Pesquisa bibliográfica acerca do tema trabalhado, sempre objetivando o quantitativo de corpos de prova e suas composições.

Coleta dos materiais a serem estudados, corpos de prova e a Brita. Importante ressaltar que os corpos de prova coletados na Cidade Universitária Profº José Silveira Netto, foram divididos em dois grupos, os de 15 MPa e os de 35 MPa.

Realização da Britagem do material no Laboratório de Engenharia Química da Universidade Federal do Pará (UFPA) (Imagen 1)

Imagen 1- Brita utilizada para britagem do material.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018



Fonte: Autores, 2016.

Realização do ensaio de granulometria para os corpos de prova de 15 MPa e 35 MPa e para a Brita, de acordo com a NBR 7217 (ABNT, 1987) (Imagen 2).

Imagen 2- Peneiras utilizadas para a realização do ensaio de granulometria.



Fonte: Autores, 2016.

Realização do ensaio de compressão simples para os corpos de prova de 15 MPa e 35 MPa e para a Brita, seguindo o recomendado pela NBR 5739 (ABNT, 2007) (Imagen 3).

Imagen 3- Ensaio de compressão.





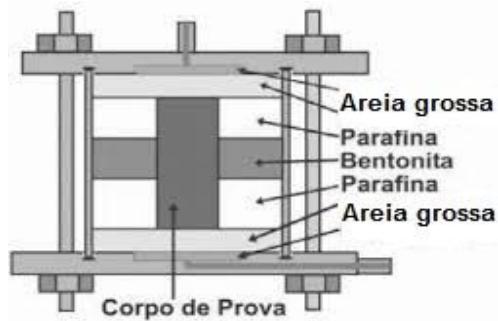
## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Fonte: Autores, 2016.

Realização do ensaio de permeabilidade com a Brita e os Corpos de prova de 15 MPa e 35 MPa, segundo a NBR 14545 (ABNT, 2000). O permeametro utilizado foi o de carga constante e teve que sofrer adaptações. (Figura 1 e imagem 4).

Figura 1- Desenho esquema de montagem do corpo-de-prova do ensaio de permeabilidade.



Fonte: Adaptado de JESUS (2013)

Imagen 4- Permeametro utilizado para realização do ensaio.



Fonte: Autores, 2016.

Foi realizada em conjunto com as análises laboratoriais uma análise econômica da viabilidade da utilização de corpos de prova, considerando que o ponto de vista econômico é um fator importantíssimo para a aplicabilidade sugerida.

### 3 Resultado e discussões

A pesquisa acerca dos quantitativos gerados de corpos de prova resultou em 955 empresas ativas no mercado de construção civil no estado do Pará, realizando 478 obras por ano no estado. Segundo a NBR 7.525 (ABNT, 1993), cada obra produzirá no mínimo seis corpos de prova para análise de resistência e no máximo 20, resultando em um valor mínimo de 2.688 corpos de prova por ano no estado do Pará (Tabela 1).

Tabela 1- Quantitativo de corpos de prova por ano no Estado do Pará.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Quantidade de obras ano	Quantidade mín. CP p/ obra	Quantidade máx. CP p/ obra	Quantidade média Cp p/obra
478	6	20	13
	Quantidade mín. CP P/ ano	Quantidade média CP p/ ano	
	2868	6214	

Fonte: Autores, 2016

Com essa geração e considerando o padrão de um corpo de prova que, segundo Macêdo (2014), é de 15 cm de diâmetro por 30 cm de altura, tem-se a quantidade em volume de corpos de prova produzido por ano no estado do Pará, em torno de no mínimo 15, 20 m<sup>3</sup> (Tabela 2).

**Tabela 2- Quantificação volumétrica de corpo de provas produzida por ano no estado do Pará.**

Quantidade mín. CP P/ ano	Quantidade média CP p/ ano	vol cp M <sup>3</sup>
2868	6214	0,00530
Vol (m <sup>3</sup> ) mínimo de cp em um ano	Vol (m <sup>3</sup> ) médio de cp em um ano	
15,20	32,93	

Fonte: Autores, 2016.

Considerando que, segundo da SILVA (2016), um aterro de pequeno porte necessita em média de 18,8 m<sup>3</sup> de material para camada drenante, em um ano, recolhendo todos os corpos de prova produzidos pelas empresas de engenharia civil no estado do Pará, é possível obter quase o valor necessário, ou até mesmo mais que o valor necessário para suprir a demanda do aterro.

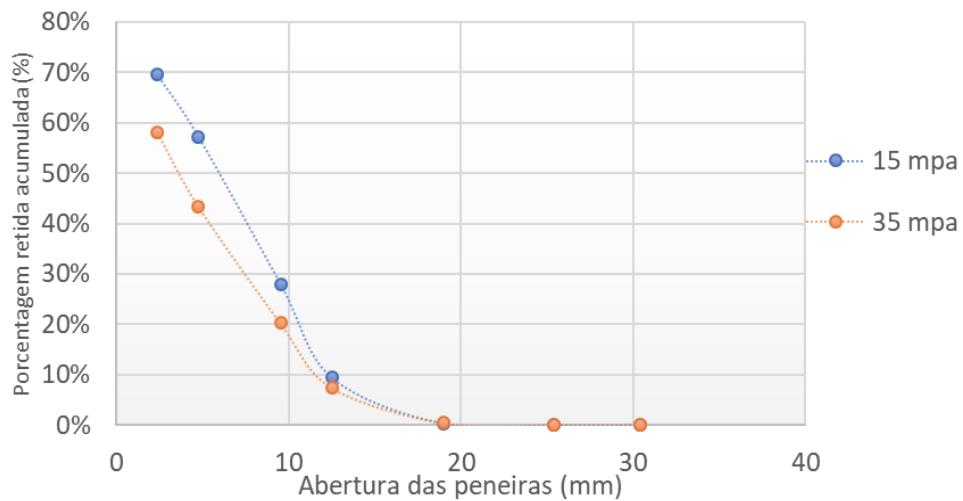
Os ensaios de granulometria realizada para os corpos de prova de 15 MPa e 35 MPa, apresentaram como diâmetro máximo o valor de 19 mm, como mostra o gráfico 1.

**Gráfico 1- Curva granulométrica referente aos corpos de prova de 15 e 35 MPa.**



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

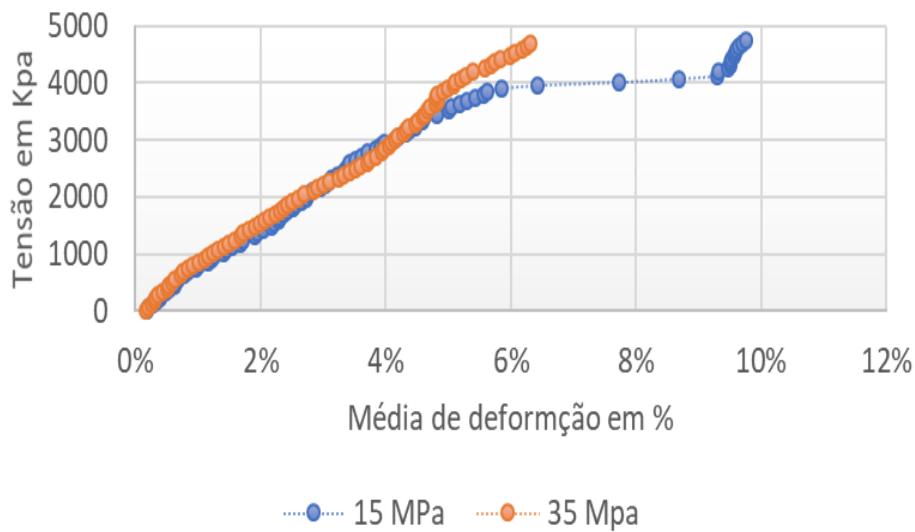


Fonte: Autores, 2016.

Segundo a NBR 7.525 (ABNT, 1993), com o diâmetro máximo de 19 mm os corpos de prova ficam num intervalo referente à brita nº 0 e brita nº1. Segundo Afonso (2005) para a implantação em camadas drenantes de aterros sanitários, as britas devem ser maiores do que as de nº 0 e apresentar uma boa graduação, neste caso, para a finalidade desejada a porcentagem com diâmetro menor de 12 mm deverá ser descartada.

Os ensaios de resistência à compressão realizados com os corpos de prova de 15 e 35 MPa, apresentaram deformações não tão diferentes. Entretanto, foi possível analisar que, para os corpos de prova de 35 MPa, ocorreu uma deformação mais estável, quando comparado aos corpos de prova de 15 MPa, como pode ser observado no gráfico 2.

Gráfico 2- Resultado do ensaio de resistência à compressão simples, realizado com os corpos de prova.



Fonte: Autores, 2016.

É necessário que o material utilizado nas camadas drenantes de aterros sanitários apresente uma resistência à compressão elevada, haja vista que essa camada se situa embaixo de todo o aterro, ou seja, terá que suportar o peso de todas as camadas de resíduos sem apresentar uma grande deformação.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Analisando desta forma, os corpos de prova utilizados se apresentaram como um material bastante resistente, ou seja, possíveis de utilização nas camadas drenantes.

Com relação ao ensaio de permeabilidade, ambos os tipos de corpos de prova apresentaram coeficientes de permeabilidade na casa de  $10^{-2}$  (Gráfico 3) , um coeficiente considerado bom, tendo em mente que, para camadas drenantes, a permeabilidade do material deve ser elevada, para que o transporte do percolado de chorume seja com velocidade maior do que a sua velocidade de formação, para que o transporte do percolado ocorra sem nenhum, ou com o mínimo de empecilhos possíveis. Considerando esses fatores, os corpos de prova encontram-se de acordo com o necessário.

Para a realização da comparação com a brita, foi elaborada a tabela 3 com os resultados de ambos os materiais para todos os ensaios realizados.

Tabela 3- Tabela de comparação entre materiais para todos os ensaios realizados.

Ensaio	Material	Quantidade	Resultados
PERMEABILIDADE	Brita	261,33 cm <sup>3</sup>	2,10 10 <sup>-2</sup>
COMPRESSÃO	Brita	17681,459 mm <sup>3</sup>	4583,66 Kpa- 4,82 %
GRANULOMETRIA	Brita	2,07 kg	30,4 mm
PERMEABILIDADE	CP 15	261,33 cm <sup>3</sup> .	2,04 10 <sup>-2</sup>
COMPRESSÃO	CP 15	17681,459 mm <sup>3</sup>	4801,52 Kpa- 09,76%
GRANULOMETRIA	CP 15	1,705 kg	19mm
PERMEABILIDADE	CP 35	261,33 cm <sup>3</sup>	2,55 10 <sup>-2</sup>
COMPRESSÃO	CP 35	17681,459 mm <sup>3</sup>	4733,62 Kpa- 6,31%
GRANULOMETRIA	CP 35	1,840 kg	19 mm

Fonte: Autores, 2016.

A comparação entre os resultados dos ensaios realizados com a brita e com os corpos de prova evidenciaram que o diâmetro máximo apresentado pela Brita, de 30,4 mm, foi maior do que o apresentado pelos corpos de prova de 19 mm, isso afere que a brita apresentou uma melhor distribuição e que ela se apresenta como brita nº 3, sendo um pouco maior e mais expressiva que os grãos dos corpos de prova.

Quanto ao resultado de compressão, é possível observar que a brita apresenta uma resistência muito maior, e que, entre os corpos de prova, o mais aconselhável para uso é o de 35 MPa, já que esse, com quase a mesma tensão (aproximadamente 4700 KPa), apresentou uma deformidade 3% menor que o de 15 MPa.

Quando analisados os resultados do ensaio de permeabilidade, foram encontrados valores de coeficientes bem próximos e na casa decimal de  $10^{-2}$ , o que pode ser traduzido como uma permeabilidade alta, que certifica, neste quesito, a possibilidade da utilização dos corpos de prova na substituição da brita.

## 4 Conclusão

Observando os resultados obtidos através das análises realizadas em laboratório, foi concluído que, por parâmetros físicos e econômicos, os corpos de provas britados podem ser utilizados como material drenante de aterros sanitários.

É importante que alguns pontos sejam esclarecidos: o primeiro é que é importante que o material seja britado, já que é necessário que ocorra uma boa graduação para ser utilizado em camadas drenantes de aterro e não seja mantida sua forma cilíndrica original. Outro ponto importante é a realização dos ensaios em escalas maiores que se aproximem da escala real,



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

para que os resultados sejam os mais efetivos possíveis.

### Referências

HELENE, Paulo RL. Controle de qualidade do concreto. São Paulo, 1980.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Anual da Indústria da Construção – PAIC, 2014. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pa&tema>>

SINDICATO DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DO PARÁ (SINDUSCON-PA). Boletim econômico construção civil em análise. Disponível em <[http://www.sindusconpa.org.br/site/Novo\\_Boletim\\_ECO\\_Nov\\_Dez2015.pdf](http://www.sindusconpa.org.br/site/Novo_Boletim_ECO_Nov_Dez2015.pdf)> Acesso em 27 de novembro de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS . Agregados - Determinação da composição granulométrica: NBR 7217. Agosto de 1987.

\_\_\_\_\_.Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos: NBR 5739. Junho de 2007.

\_\_\_\_\_.Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável: NBR 14545. Agosto de 2000.

\_\_\_\_\_. Materiais de pedra e agregados naturais: NBR 7525. Junho de 1993.

\_\_\_\_\_. Construção civil- Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes-Aterros-diretrizes para projeto, implantação e operação: NBR 15113.Janeiro de 2004

\_\_\_\_\_.Concreto, preparo, controle e recebimento: NBR 12655. Maio de 1996.

MACÊDO, S. ESTUDO SOBRE A CORRELAÇÃO ENTRE AS DIMENSÕES DO CORPO DE PROVA E O DIÂMETRO MÉDIO DO AGREGADO GRAÚDO PARA CONCRETO. Monografia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido- UFERSA. Mossoró,2014.=paic2014> Acesso em 10 de setembro de 2016.