



# Melhoramento do solo rosa da formação Gabirotuba com materiais alternativos, cal e pó de vidro

## *improvement of the pink soil of the Gabirotuba formation with alternative materials, lime and glass powder*

Nicole Graeff Farias Muchinski      Dr. Ronaldo Luís dos Santos Izzo<sup>†</sup>,  
Paula Caroline Alves Pudell

### RESUMO

Nem todos os solos disponíveis para a construção civil são adequados para tal finalidade. Os solos argilosos e orgânicos são mais trabalhosos para a construção civil. A tendência é cada vez mais a engenharia civil se deparar com estes desafios geotécnicos. O melhoramento do solo é realizado com cimento Portland e Cal, principalmente pela fácil disponibilidade destes materiais. Porém, por conta do custo e dos efeitos nocivos ao meio ambiente, uma das alternativas é a substituição do cimento Portland por resíduos, como o vidro. O solo da formação Guabirotuba está presente em Curitiba e região metropolitana e possui inúmeras camadas de solo diferenciados pela cor e composição. Será analisado neste trabalho o ganho de resistência mecânica de diversas misturas de solo, cal e pó de vidro através dos ensaios de compressão simples e de tração por compressão diametral de corpos de prova com 28 dias de cura úmida. A adição de cal e pó de vidro interferem mecanicamente no solo, porém o impacto desses materiais no solo será devido a proporção adotada, visto que o solo com 3% de cal não apresentou ganhos de resistência, diferentemente do solo com 10% de cal e 2% e 5% de pó de vidro.

**Palavras-chave:** Resíduos de vidro. Mecânica do solo. Solo.

### ABSTRACT

Not all soils available for construction are suitable for this purpose. Clay and organic soils are more difficult for civil construction. The trend is increasingly for civil engineering to face these geotechnical challenges. The soil improvement is carried out with Portland cement and lime, mainly due to the availability of these materials. However, due to the custom and the harmful effects on the environment, one of the alternatives is the replacement of Portland cement by residues, such as glass. The soil of the Guabirotuba formation is present in Curitiba and its metropolitan region and has specific soil characteristics differentiated by color and composition. In this work, the gain of mechanical strength of various mixtures of soil, lime and glass powder will be analyzed through simple compression and traction tests by diametrical compression of specimens with 28 days of wet cure. The addition of lime and glass powder mechanically interferes with the soil, but the impact of these materials on the soil due to the proportion adopted, since the soil with 3% lime does not present resistance, unlike the soil with 10% lime and 2% and 5% glass dust

**Keywords:** Waste glass. Soil engineering. Soil.

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de construção de novas edificações e da construção de novas vias públicas, rodovias e modernização de vias rurais ocorre por conta da expansão das cidades, ou seja, por conta da urbanização. Um



dos fatores importantes das construções civis tem sido o local e suas características geotécnicas. Os solos argilosos e orgânicos são mais trabalhosos para a construção civil e podem aparecer nos locais de interesse. Portanto, a tendência é cada vez mais a engenharia civil se deparar com estes desafios geotécnicos: como compatibilizar o solo e construção.

De forma geral, o melhoramento do solo é realizado com cimento Portland e Cal, principalmente pela fácil disponibilidade destes materiais. Porém, por conta do custo e dos efeitos nocivos ao meio ambiente, uma das alternativas é a substituição do cimento Portland por resíduos industriais e domésticos. Uma das características desejáveis dos resíduos é a atividade pozolânica e a alcalinidade. Neste trabalho será abordado o melhoramento do solo pela adição do pó de vidro, material com atividade pozolânica (MASSAZA, 2004). Segundo Saldanha et al (2018), a Cal se enquadra como ativador alcalino na mistura entre resíduo e solo, permeando as reações pozolânicas.

A utilização de um resíduo, como o pó de vidro, vidro traz benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a área onde o resíduo será reutilizado (SCHEUERMANN, 2019). O resíduo do vidro, especificamente, o pó de vidro será analisado na mistura de solos juntamente com a cal, visando o melhoramento do solo da Formação Guabirota que está majoritariamente em Curitiba e Região Metropolitana (FELIPE, 2011).

A formação geológica Guabirota possui inúmeras camadas de solo e estruturalmente cada camada está situada entre zonas de cisalhamentos rúpteis. As camadas são diferenciadas primeiramente pela coloração e pelos minerais presentes em cada uma (SALAMUNI, 2001)

Este trabalho tem por objetivo analisar o comportamento mecânico do solo rosa da formação Guabirota quando misturado com cal e pó de vidro em diferentes proporções.

## **2 MÉTODO**

Este trabalho será desenvolvido a partir de uma amostra de solo da região de Curitiba, caracterizado visualmente por Solo Rosa. A compactação dos corpos de prova acontecerá por meio da energia intermediária. Serão produzidos 8 corpos de prova por composição. E os resultados desta pesquisa serão determinados a partir de ensaios de compressão simples e de tração por compressão diametral.

### **2.1 Curva de compactação**

O ensaio de Compactação de Proctor foi realizado conforme a Norma NBR 7182 utilizando a energia intermediária. Como resultado do ensaio obteve-se a curva de compactação, que são os resultados plotados em um gráfico que contém: Teor de umidade x Massa específica seca. Feito isso, é possível extrair do gráfico os valores do peso específico seco máximo e o teor de umidade ótimo do solo. Esses valores determinarão a quantidade água para cada composição da mistura solo, cal e pó de vidro.

### **2.2 Preparação das amostras**

As amostras foram preparadas conforme a Norma ABNT NBR – 6457. Foi realizado a secagem da amostra, o destorroamento e o peneiramento que foi realizado na peneira nº 8 visando melhor interação da Cal com o solo.

Utilizou-se uma amostra de 2500 g para a preparação de 6 corpos de prova para cada mistura, além das quantidades de cal e pó de vidro. A quantidade de água foi determinada conforme os resultados da curva de compactação. Na Tabela 1 pode-se observar a composição de cada mistura.



**Tabela 1 – Composição de cada amostra**

<b>Traço</b>	<b>Composição</b>
1	Solo
2	Solo + 3% de Cal + 2% Pó de vidro
3	Solo + 3% de Cal + 5% Pó de vidro
4	Solo + 7% de Cal + 2% Pó de vidro
5	Solo + 7% de Cal + 5% Pó de vidro
6	Solo + 10% de Cal + 2% Pó de vidro
7	Solo + 10% de Cal + 5% Pó de vidro

**Fonte: Autoria própria (2021).**

Os corpos de prova possuem 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura. O tempo de cura úmida para a análise foi de 28 dias.

### 3 RESULTADOS

Para a análise de resultados os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de compressão simples e de tração, sendo 4 cp's de cada traço para cada ensaio. Após os cp's ficarem 28 dias na câmara úmida, eles foram pesados, medidos e levados aos ensaios.

#### 3.1 Ensaio de compressão simples

O Ensaio de compressão simples ocorreu normalmente com os 42 cp's. Os resultados obtidos estão dispostos no Quadro 1.

**Quadro 1 – Resultados ensaio de compressão simples.**

<b>Tração por Compressão Simples</b>			
<b>Mistura</b>	<b>Tempo</b>	<b>Resistência (kPa)</b>	<b>Média (kPa)</b>
<b>Solo</b>	1	946,809	934,451
	2	916,390	
	3	958,217	
	4	916,390	
<b>Mistura 1 3%cal 2%vidro</b>	1	927,797	890,723
	2	842,876	
	3	889,773	
	4	902,448	
<b>Mistura 2 3%cal 5%vidro</b>	1	818,794	824,181
	2	812,456	
	3	830,201	
	4	835,271	
<b>Mistura 3 7%cal 2%vidro</b>	1	1621,110	1708,883
	2	1744,056	
	3	1867,002	
	4	1603,366	
<b>Mistura 4 7%cal 5%vidro</b>	1	1877,142	1901,858
	2	1868,269	
	3	1921,504	
	4	1940,516	



<b>Mistura 5</b> <b>10%cal</b> <b>2%vidro</b>	1	2100,219	2118,597
	2	1927,841	
	3	2176,268	
	4	2270,061	
<b>Mistura 6</b> <b>10%cal</b> <b>5%vidro</b>	1	2443,707	2595,805
	2	2532,431	
	3	2604,677	
	4	2802,404	

Fonte: Autoria própria (2021).

Na Figura 1 pode-se observar o padrão de rompimentos nos corpos de prova quando submetidos à compressão simples. A ruptura tende a ser perpendicular ao plano de aplicação da força.

Figura 1 – Corpo de prova submetido ao ensaio de compressão simples



Fonte: Autoria própria (2021).

Após analisar comparativamente as médias obtidas do ensaio, pode-se observar que houve um ganho de resistência com o aumento da quantidade de Cal e Pó de Vidro. A diferença mais expressiva é entre a amostra de solo e as misturas 5 e 6.

### 3.2 Ensaio de tração por compressão diametral

O Ensaio de tração por compressão diametral ocorreu normalmente com os 42 cp's. Os resultados obtidos estão dispostos no Quadro 2.

Quadro 2 – Resultados ensaio de compressão simples.

Tração por Compressão Diametral			
Mistura	Tempo	Resistência (kPa)	Média (kPa)
Solo	1	126,505	112,199
	2	97,335	
	3	106,434	
	4	118,522	
Mistura 1 3%cal 2%vidro	1	134,716	121,473
	2	108,259	
	3	118,978	
	4	123,940	

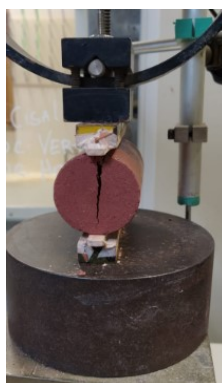


Mistura 2 3%cal 5%vidro	1	100,048	103,999
	2	110,692	
	3	105,015	
	4	100,241	
Mistura 3 7%cal 2%vidro	1	302,232	280,106
	2	243,863	
	3	286,765	
	4	287,565	
Mistura 4 7%cal 5%vidro	1	338,057	306,277
	2	311,025	
	3	319,030	
	4	256,997	
Mistura 5 10%cal 2%vidro	1	346,916	338,969
	2	354,932	
	3	323,685	
	4	330,341	
Mistura 6 10%cal 5%vidro	1	451,014	440,020
	2	464,209	
	3	467,923	
	4	376,935	

**Fonte: Autoria própria (2021).**

Na Figura 2 pode-se observar o padrão de rompimentos nos corpos de prova quando submetidos à compressão simples. A ruptura tende a ser perpendicular ao plano de aplicação da força.

**Figura 2 – Corpo de prova submetido ao ensaio de tração por compressão diametral**



**Fonte: Autoria própria (2021).**

Após analisar comparativamente as médias obtidas no ensaio, pode-se observar que houve um ganho de resistência com o aumento da quantidade de Cal e Pó de Vidro. A diferença mais expressiva é entre a amostra de solo e as misturas 6. Entre o Solo e as misturas 1, 2 e 3 não houve ganhos de resistências consideráveis, que poderiam ser relacionados a adição da cal ou do pó de vidro.

#### **4 CONCLUSÃO**



Os resultados foram analisados estatisticamente através da média aritmética e da comparação numérica dos corpos de prova que ficaram 28 dias na câmara úmida. Nos ensaios de compressão simples observa-se um ganho de resistência a medida em que o teor de cal e pó de vidro aumentam, exceto para as misturas com 3% de Cal. A mistura com melhor desempenho mecânico, foi a amostra 6, como esperado. O mesmo ocorreu com os corpos de prova destinados ao ensaio de tração por compressão diametral, a mistura 6 obteve o melhor desempenho mecânico. E as misturas 1 e 2 não apresentaram diferenças consideráveis na resistência mecânica quando comparado ao solo.

Em relação ao solo, nos ensaios de compressão simples a mistura 3 apresentou um ganho de 83% de resistência, foi a primeira mistura com um ganho expressivo. Comparando o solo com a amostra 6, obteve-se um ganho de 178% de resistência mecânica. No ensaio de tração a compressão, a mistura 3 apresentou um ganho de resistência de 150%. Já a amostra com o valor mais elevado de resistência é a amostra 6 que possui 292% a mais de resistência em relação ao solo.

Portanto, a adição de cal e pó de vidro interferem mecanicamente no solo, porém o impacto será devido a proporção adotada, visto que o solo com 3% de cal não apresentou ganhos de resistência, diferentemente do solo com 10% de cal e 2% e 5% de pó de vidro.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a UTFPR pela oportunidade e pelo apoio na realização desta pesquisa, assim como ao meu orientador Dr. Ronaldo dos Santos Izzo e a minha colega de trabalho Paula Pudell.

## REFERÊNCIAS

- MASSAZA, F. **Pozzolana and pozzolanic cements**. In: HEWLETT, P. C. (Org.). *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*. 4 ed. Amsterdam: Butterworth Heinemann, 2004. Disponível em: <<https://www.researchgate.net>> Acesso em: 23 abr. 2021
- SALDANHA, R. B.; SCHEUERMANN FILHO, H. C.; MALLMANN, J. E. C.; CONSOLI, N. C.; REDDY, K. R. **Physical-mineralogical-chemical characterization of carbide lime: an environment-friendly chemical additive for soil stabilization**. Disponível em: <<https://www.researchgate.net>> Acesso em: 05 mar. 2021
- FILHO, Hugo Scheuermann. **Estabilização de um solo dispersivo com pó de vidro moído e cal de carbureto**. Dissertação de pós-graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019
- FELIPE, R. S. **Características Geológico-Geotécnicas na Formação Guabirotuba**. Mineropar, Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://www.documentador.pr.gov.br>> Acesso em: 21 abr. 2021
- SALAMUNI, E.; SALAMUNI, R., EBERT, H. D.. **Contribuição à geologia da bacia sedimentar de Curitiba (PR)**. Boletim Paranaense de Geociências, n. 47, p. 123-142, 1999.