

ESTUDO DO COMPORTAMENTO SOLO ARGILOSO COM ADIÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO¹

Cíntia Paola Kleinpaul²; Adriani Reichel Zilli³; Bóris Casanova Sokolovicz⁴; Gabriela Girardi Grass⁵; Daniel Recalcati de Melo⁶; Jeovana Marli Welter⁷; Maiara Jaquelini Wendland⁸

¹Artigo Científico

²Diretora do Projeto, Acadêmica de Engenharia Civil, cintiap02@hotmail.com.

³Integrante do Projeto, Acadêmica de Engenharia Civil, adrianizilli@hotmail.com,

⁴Integrante do Projeto, Engenheiro Civil, boriseng@hotmail.com,

⁵Integrante do Projeto, Acadêmico de Engenharia Civil, danielrecalcati@gmail.com,

⁶Integrante do Projeto, Engenheira Civil, gabrielagirardigrass@gmail.com,

⁷Integrante do Projeto, Acadêmica de Engenharia Civil, jeo.welter@hotmail.com,

⁸Integrante do Projeto, Acadêmica de Engenharia Civil, maiarawendland@gmail.com.

Resumo

A areia de fundição fenólica (ADFF) é um resíduo proveniente da desmoldagem de metais, a qual existe em abundância no noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, devido ao grande número de indústrias de metais existentes na região. O presente trabalho visa encontrar meios sustentáveis para a reutilização da ADFF, avaliando o seu comportamento ao ser incorporada ao solo argiloso. Para este estudo, foram realizados os ensaios de Compactação, Índice de Suporte Califórnia, Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, buscando caracterizar o solo da região tanto em sua forma pura, como também com substituição de 50% do solo pela ADFF. Os resultados obtidos possibilitaram a realização de comparativos entre as diferentes amostras do solo. A análise desses resultados demonstrou que a incorporação da ADFF ao solo é satisfatória, e que provoca um aumento na densidade aparente seca e redução da expansão do solo quando saturado, características que são interessantes para o solo em determinadas aplicações.

Palavras Chave: Solo – Resíduo – Areia de Fundição – Sustentabilidade.

Introdução

A disposição adequada de resíduos sólidos, gerados em indústrias, é um desafio em termos ambientais por possuir alto índice de materiais poluentes advindos de diferentes processos industriais. Em destaque estão às indústrias de fundição, que são responsáveis por gerar grandes quantidades de areias residuais, tendo em vista que empresas de médio porte produzem aproximadamente 2000 ton/mês. O material, quando descartado de forma inadequada, pode trazer contaminantes para a área onde está concentrada, causando impactos ambientais não desejados, que no caso da areia de fundição, pode ter agravantes devido à possibilidade de haver metal em sua composição.

A classificação da areia de fundição, conforme a legislação brasileira, de acordo com a NBR 10004 (2004), é classificada como um resíduo não perigoso de classe I ou Classe II-A. Porém, a mesma pode conter metais como ferro, alumínio, zinco, níquel e cromo, além de resinas fenólicas oriundas do processo de moldagem. Essas resinas podem conter materiais não inertes que afetam o meio ambiente, diante disso, o seu depósito deve ocorrer em aterros industriais. Entretanto, há muitos casos nos quais as empresas geradoras não utilizam esse meio apropriado, descartando os resíduos em locais impróprios, como lixões e aterros clandestinos, o que ocasiona graves pontos de poluição (OKIDA, 2006).

Levando em conta que a preservação do meio ambiente é de suma importância, a procura pelo desenvolvimento sustentável é uma forma de reduzir a poluição que advém dos seres humanos, sendo possível buscar novas formas para o reaproveitamento de resíduos sólidos. Através de ameaças ambientais e restrições, podem surgir oportunidades, as quais tem a capacidade de desenvolver tecnologias mais limpas para o meio ambiente, reaproveitando materiais para desenvolver novos produtos, gerar novos materiais e aplicar os resíduos em um novo contexto, trazendo benefícios para o meio ambiente (DONAIRE, 1999).

O presente trabalho traz um estudo que instiga a sustentabilidade, através da utilização de areia de descarte de fundição fenólica (ADFF) que é o principal resíduo das indústrias de fundição, com o solo argiloso. Essa aplicação tem o intuito de encontrar uma forma alternativa para empregar a ADFF na construção civil, utilizando a areia que seria descartada, para estudar seu comportamento quando misturada ao solo da região. Para que o estudo fosse realizado, foram desenvolvidos ensaios em laboratório, de duas diferentes formas, sendo uma com solo puro e outra com 50% de cada material. Foram realizados ensaios de Compactação, Índice de Suporte Califórnia, Limite de Liquidez e Plasticidade, os quais serão apresentados a seguir.

Material e Métodos

A areia de fundição fenólica utilizada neste trabalho foi coletada em uma empresa de fundição de pequeno porte localizada na região de Santa Rosa/RS, e o solo foi coletado na região de São Miguel das Missões/RS e preparado de acordo com a NBR 6457 (ABNT 1986) para posterior realização dos ensaios.

Neste trabalho foi estudada uma mistura de solo+ADFF com substituição do solo por 50% de ADFF. Para a caracterização física da amostra de solo e da mistura de solo+ADFF foram realizados ensaios do Índice de Suporte Califórnia (NBR 9895, ABNT 1987), limite de liquidez (NBR 6459, ABNT 1984) e limite de plasticidade (NBR 7180, ABNT 1984). Para a caracterização mecânica do solo e da mistura de solo+ADFF foram aplicados ensaios de compactação pelo método de Proctor (NBR 7182, ABNT 1986).

- Compactação (Proctor Normal)

É um método utilizado para determinar a relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca de solos quando compactados. Por meio dele é possível obter a densidade máxima do maciço terroso, condição que aperfeiçoa o empreendimento com relação ao custo e ao desempenho estrutural e hidráulico.



Figura 1: Amostras resultantes do processo de compactação.

Fonte: Autores

- Índice de Suporte Califórnia

Este ensaio é utilizado no intuito de determinar a expansão de solos em laboratório, utilizando amostras deformadas. Através dele é possível conhecer qual será a expansão de um solo sob um pavimento quando este estiver saturado. Utilizado como base para o dimensionamento de pavimentos flexíveis de rodovias.



Figura 2: Amostra de solo imersa em água.

Fonte: Autores

- Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade

Limite de liquidez é o estado do solo em que a umidade está abaixo do percentual em que ele se comporta como plástico. Em laboratório corresponde ao teor de umidade que o solo fecha algumas ranhuras sob impacto de 25 golpes do aparelho Casagrande. Já o limite de plasticidade é tido como o teor de umidade em que o solo deixa de ser plástico e passa a ficar quebradiço. Em laboratório esse limite é obtido determinando-se o teor de umidade no qual um cilindro de um solo com 3 mm de diâmetro apresenta fissuras.

Em estudos geotécnicos, a correlação entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade, tem grande aplicação em avaliações de solo para uso em fundações, construções de estradas e estruturas para armazenamento e retenção de água (Mbagwu&Abeh, 1998).

A consistência do solo é determinada pelos ensaios dos limites de Atterberg, e determina o comportamento do solo ante determinadas tensões e deformações. O grau de consistência do solo exerce considerável influência sobre o regime de água no mesmo, afetando a condutividade hidráulica e permitindo fazer-se dedução sobre a curva de umidade. Além disso, é determinante na resistência do solo à penetração e na compactação e seu conhecimento possibilita a determinação do momento adequado do uso de técnicas que favoreçam um bom manejo do solo, propiciando melhor conservação do mesmo, além de diminuir a demanda energética nas operações mecanizadas.



Figura 3: Amostra de solo no aparelho Casagrande.

Fonte: Autores

Resultados e Discussões

- Ensaio Laboratoriais

Os resultados obtidos a partir do ensaio de compactação do proctor (energia normal) são apresentados na sequência (Fig. 4).

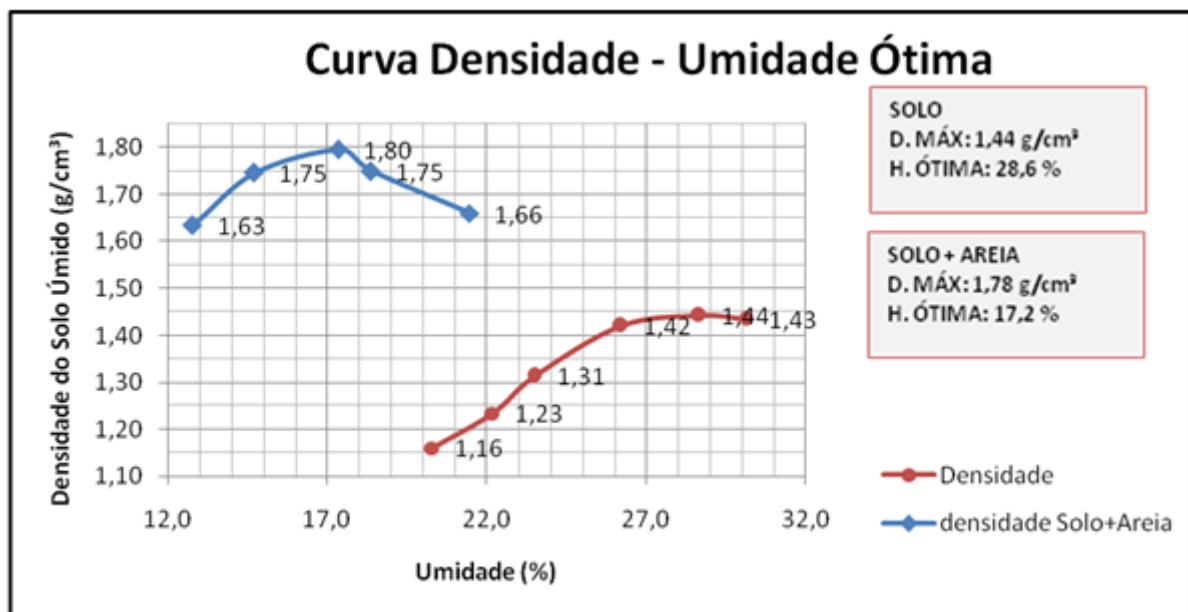


Figura 4: Amostra de solo no aparelho Casagrande.

Fonte: Autores

O gráfico que relaciona a umidade com a densidade do solo úmido demonstrou resultados satisfatórios da amostra de areia + solo quando comparada à amostra com solo puro. A adição da areia ao solo proporciona um melhor preenchimento dos vazios da amostra, onde os grãos mais finos do solo ocupam os vazios deixados pelos grãos de areia. Isso resulta

em uma amostra com maior densidade, sem precisar de uma umidade muito significativa, em comparação ao solo puro.

Em relação à consistência do solo, os ensaios dos limites Atteberg demonstraram um comportamento diferente de cada amostra, como está resumido na Tabela 1.

Tabela 1 - Índices obtidos através do ensaio dos limites de Atteberg.

Ensaio	Resultado solo puro (%)	Resultado solo + areia (%)
Límite de Liquidez	62,80	32,60
Límite de Plasticidade	31,33	15,25
Índice de Plasticidade	31,47	17,35

Fonte: Autores

Baseado nos parâmetros de classificação dos solos em função do índice de plasticidade e limite de liquidez da CRATERre, o solo utilizado se classifica como argiloso ($IP > 20$). Com a adição da ADFE o índice de plasticidade encontrado foi menor, de forma que seu comportamento em relação a esse aspecto é semelhante ao solo siltoso ($5 < IP < 25$). A amostra de solo+areia apresentou nos ensaios de limite de liquidez e de plasticidade, valores de umidade menores em comparação aos resultados dos ensaios com solo puro. Com base no comportamento demonstrado por essa amostra de solo com incorporação de ADFE seu uso deve ser restrito em algumas aplicações.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos através do ensaio do Índice de Suporte Califórnia.

Tabela 2 - Índices obtidos através do ensaio CBR.

Resultados	Solo puro	Solo + areia	Unidade
Expansão	10,90	1,75	%
Densidade Aparente Seca	1389,8	1716	Kg/m ³

Fonte: Autores

Os resultados obtidos através do ensaio CBR apontam uma discrepância entre as amostras, sendo que a amostra contendo solo+ADFE apresenta uma expansão muito reduzida, se comparada ao resultado compreendido no ensaio com solo puro. Assim como a densidade aparente seca da composição de solo e areia se apresenta maior que a de solo puro. Tais resultados podem ser considerados satisfatórios para a amostra composta, já que possuindo características como redução da expansão e aumento da densidade aparente seca, pode ser útil na construção civil, com a possibilidade de ser empregada em rodovias, seguindo os limites do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes).

Conclusão

Analisando os aspectos abordados, foi factível observar que através da mistura solo+ADFE são obtidos resultados satisfatórios se relacionados com o solo puro. Verificou-se que a

utilização da areia de fundição foi importante, pois em teores de umidade baixos obteve-se densidade aparente seca na mistura de solo com areia bem superior quando comparada com o solo em estado puro. Ambientalmente é muito importante em função de utilizar o resíduo na compactação tanto para aterros industriais como para rodovias.

Com o objetivo de determinar a expansão do solo, foi utilizado o CBR, sendo que o resultado foi de 10,9 para o solo puro, e 1,75 para solo+areia. Este fato comprova que a mistura binária, de solo e areia, além de promover um incremento de densidade aparente seca, reduziu a expansão do solo, podendo ser aplicado em rodovia de alto tráfego, de acordo com os limites estabelecidos pelo DNIT.

Além disso, este trabalho permitiu uma visão diferenciada para a disposição da areia de fundição, sem que haja danos ambientais, além de trazer resultados satisfatórios quando incorporada ao solo, com possibilidades de adequar a funções da construção civil. Tendo em vista os resultados obtidos nesse estudo, os autores darão continuidade a pesquisas mais avançadas utilizando esse resíduo.

Referências

DONAIRE, D. Gestão ambiental na empresa. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.

NBR 6457 – Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização.

NBR 6459 – Solo – Determinação do Limite de Liquidez.

NBR 7180 – Solo – Determinação do Limite de Plasticidade.

NBR 7182 – Solo – Ensaio de compactação.

NORMA DNIT – Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Métodos de ensaio.

OKIDA, J. R. Estudo para minimização e reaproveitamento de resíduos sólidos de fundição. Paraná, 2006.