

Revista Científica Indexada Linkania Júnior - ISSN: 2236-6652

Ano 2 - Nº 02 - Fevereiro/Março de 2012

---

## **ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES DA MISTURA SOLO CIMENTO PARA FINS RODOVIÁRIOS**

### **Resumo**

O presente trabalho tem como objetivo principal verificar a possível redução do teor de cimento necessário para atingir a resistência simples  $\geq 2,1$  MPa na mistura de solo-cimento, recomendada pela norma da ABNT NBR 12253 (Solo-cimento - Dosagem para Emprego como Camada de Pavimento). Os experimentos realizados em laboratório consistiram em ensaios de caracterização (análise granulométrica, limites de liquidez e limites de plasticidade) e classificação HRB do solo. No estudo foram utilizadas amostras de solo natural adicionando-se: 2%, 4%, 6%, 7% e 8%. Para cada um dos teores foram moldados 3 corpos-de-prova. A norma prescreve o rompimento com 7 dias. Para fins de pesquisa, rompeu-se ao final de 7, 14 e 21 dias. Após os dias de cura realizaram-se ensaios de resistência à compressão simples. Sendo que para cada tipo de mistura foram rompidos 3 corpos-de-prova, inundados em água por 4 horas conforme prescreve a norma. A análise dos resultados dos ensaios realizados demonstrou que as misturas de solo-cimento, não apresentaram valores mínimos exigidos pela norma, quanto à resistência à compressão simples. A mistura solo-cimento se mostrou ineficiente nas proporções estudadas, não atingindo a resistência à compressão simples de 2,1 MPa ao final de 7 dias o que determina que não serve para base, contudo pode ser utilizada para sub-base. Nem mesmo ao final dos 14 dias e 21 dias. Conforme a norma, pode-se usar teores menores de 5% desde que atingido 2,1 MPa aos 7 dias de cura.

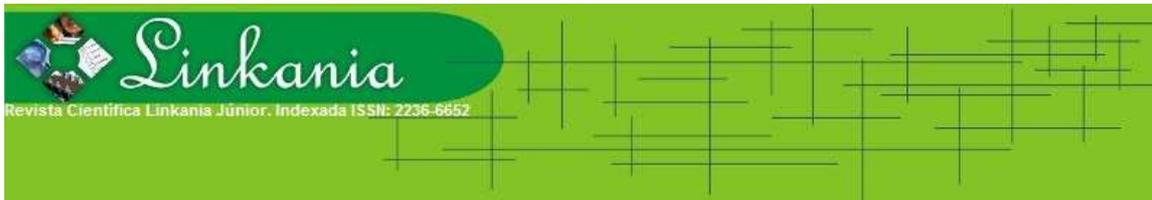
Palavras-chave: Solo-cimento; Pavimentação; Resistência à compressão.

### **Abstract**

The present work has as main objective to verify the possible reduction of cement content required to reach the simple resistance  $\geq 2.1$  MPa in soil-cement mixture, recommended by the ABNT NBR 12253 (Soil-cement - Dosage for Employment as Layer Floor). The laboratory experiments consisted of

---

[www.linkania.org](http://www.linkania.org)



**Revista Científica Indexada Linkania Júnior - ISSN: 2236-6652**

**Ano 2 - Nº 02 - Fevereiro/Março de 2012**

characterization tests (sieve analysis, liquid limit and plastic limit) and HRB soil classification. The study used samples of natural soil by adding 2%, 4%, 6%, 7% and 8%. For each of the three levels have been shaped bodies-of-proof. The standard prescribes the break with 7 days. For research purposes, broke up at the end of 7, 14 and 21 days. After days of healing assays were performed for compressive strength. And for each type of mixture were three broken bodies of the test piece, awash in water for 4 hours as the norm prescribes. The results of tests carried out showed that the soil-cement mixtures showed no minimum required by the standard, and the compressive strength. The soil-cement mixture proved inefficient in the proportions studied, not reaching the compressive strength of 2.1 MPa at the end of 7 days to determine what is good for basic, yet can be used for sub-base. Not even the end of 14 days and 21 days. As a rule, you can use lower levels of 5% since reaching 2.1 MPa at 7 days of healing.

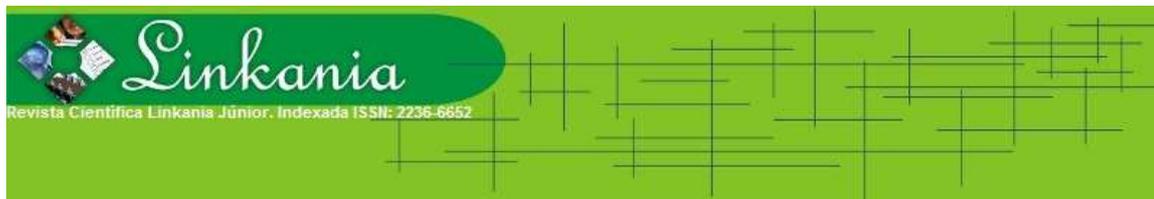
Keywords: Soil cement; Paving; Compressive strength.

## **INTRODUÇÃO**

O solo é um material cujas propriedades físico-mecânicas possuem uma grande variabilidade. Por serem empregados na engenharia, principalmente em obras rodoviárias, é de fundamental importância que essas propriedades atinjam o mínimo exigido para seu uso.

Existem, porém, solos que não atendem as especificações necessárias a um determinado uso. Logo, considera-se este solo como inadequado para ser utilizado, substituindo-o por outro material com melhores características. Este método é mais usado no setor rodoviário, responsável por grandes obras no país, que está sempre buscando novas jazidas de material natural, causando muitas vezes grandes problemas ambientais.

De maneira geral, considera-se adequado o solo que possuir as seguintes características: 100% dos grãos passando na peneira nº 04 (4,8mm); 15% a 100% dos grãos passando na peneira nº 40 (0,42mm); 10% a 50% dos



**Revista Científica Indexada Linkania Júnior - ISSN: 2236-6652**

**Ano 2 - Nº 02 - Fevereiro/Março de 2012**

---

grãos passando na peneira nº 200 (0,075mm); Limite de Liquidez  $\leq 45\%$ ; e Limite de Plasticidade  $\leq 18\%$ .

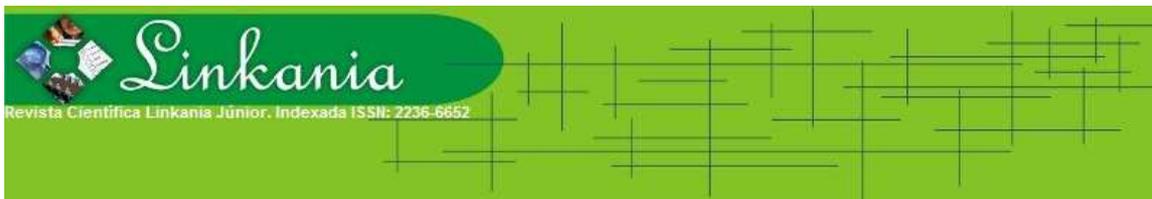
Para solucionar este problema existem algumas técnicas que tornam os solos inadequados em um material apropriado para ser usado na pavimentação. Assim o solo passa a ter as características melhoradas, como resistência e deformação, fazendo com que possa ser empregado no local previsto. O uso destas técnicas, apesar de diminuir a exploração dos depósitos contribuindo para a conservação do meio ambiente, é considerado relevante no que diz respeito ao desenvolvimento de pesquisas e emprego de novas tecnologias.

O presente trabalho visa responder, com base em ensaios de caracterização mecânica, o seguinte questionamento: o cimento atribuí ao solo estudado um enriquecimento suficiente em suas propriedades mecânicas, tornando-o capaz de ser empregado em obras de pavimentação nas camadas de base ou sub-base?

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Materiais**

O presente trabalho teve como objetivo principal a adição de cimento no solo no intuito de melhorar as características físicas e mecânicas de um solo em obras de pavimentação. O teor recomendado por norma para o tipo de solo pesquisado é de 6%. Para a presente pesquisa utilizou-se 2%, 4%, 6%, 7% e 8% de cimento na amostra de solo estudado. O início da pesquisa se deu, com a coleta das amostras de solo natural, na jazida J01 da empresa Construmil Construtora, em Anápolis. A amostra de solo foi levada para o Laboratório de



Revista Científica Indexada Linkania Júnior - ISSN: 2236-6652

Ano 2 - Nº 02 - Fevereiro/Março de 2012

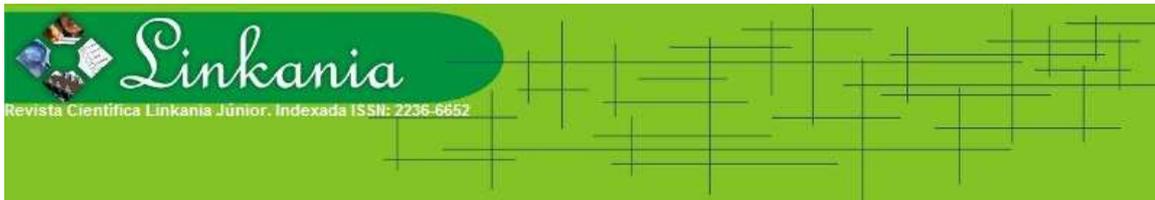
Engenharia de Solos, das Faculdades Objetivo (IUESO) e da empresa SOLOTEO Controle Geotécnico e Consultoria Ltda., onde foram submetidas aos ensaios de caracterização. Foram moldados corpos de prova, adicionando teores de cimento ao mesmo e posteriormente submetendo-os aos ensaios de compressão simples.

As amostras de solo estudadas foram coletadas do município de Anápolis que está localizado na Mesorregião Centro Goiano, Microrregião Anápolis, distando 57 km de Goiânia, a capital do estado e cerca de 160 km de Brasília, a capital federal. Limita-se ao norte/nordeste com os municípios de Pirenópolis e Abadiânia; ao sul com Goianópolis, Teresópolis de Goiás e Leopoldo de Bulhões; a leste com Silvânia, Gameleira de Goiás e Abadiânia; a oeste com Nerópolis, Petrolina de Goiás, Ouro Verde e Campo Limpo de Goiás. O município tem relevo ondulado, fazendo parte do planalto central brasileiro, podendo ser subdividido em cinco tipos, com características peculiares, sobretudo no que diz respeito à forma, ao espaçamento interfluvial e à potencialidade erosiva.

Os critérios de utilização deste material em solo-cimento, adotados no presente trabalho foram determinados pela HRB e são expostos na (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização do Solo

Características	Requisitos
Porcentagem passante na peneira nº 4 (4,8mm)	≥ 50%
Porcentagem passante na peneira nº 40 (0,42mm)	De 15% a 100%



Revista Científica Indexada Linkania Júnior - ISSN: 2236-6652

Ano 2 - Nº 02 - Fevereiro/Março de 2012

Porcentagem passante na peneira nº 200 (0,075mm)	≤ 40%
Índice de plasticidade	≤ 18%

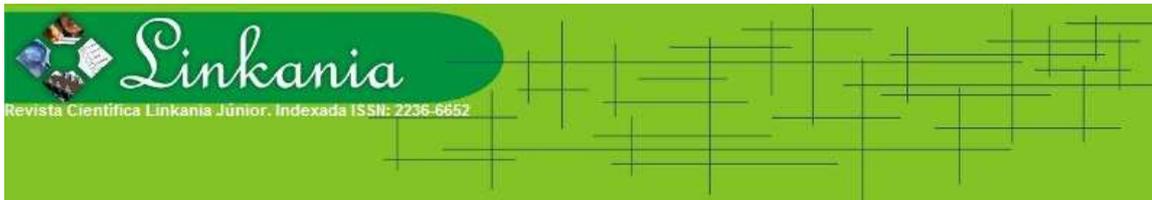
O tipo de cimento Portland utilizado no desenvolvimento da presente pesquisa foi o CP II - Z - 32 da marca Ciplan com data de fabricação em Junho/2011, sua composição: silicato de cálcio, alumínio, ferro, sulfato de cálcio, filer carbonático e material pozolânico.

Os teores de cimento adotados foram 2%, 4%,6%,7% e 8%, calculados em relação ao peso do solo seco.

## 2.2 Métodos

Os ensaios e etapas realizadas para caracterização das amostras são apresentadas a seguir:

- ✓ Ensaios para caracterização do solo por meio da granulometria por peneiramento NBR 7181/84, limite de liquidez (LL) NBR 6459 (1984), limite de plasticidade (LP) NBR 7180 (1984) e ensaio de compactação NBR 7182 (1986);
- ✓ Definição de dosagem para o CP's:
- ✓ Peneiramento na malha 4,8mm;
- ✓ Moldagem dos CP's com adição de 2%,4%,6%,7% e 8% de Cimento;
- ✓ Rompimento dos corpos de prova com 7,14 e 21 dias (solo-cimento)



**Revista Científica Indexada Linkania Júnior - ISSN: 2236-6652**

**Ano 2 - Nº 02 - Fevereiro/Março de 2012**

- 
- ✓ Análise dos resultados, verificação dos teores de cimento que atingiram resistência 2,1 MPa;
  - ✓ Comparação entre os resultados de resistência dos corpos de prova moldados com solo-cimento, e os corpos moldados sem cimento.

A escolha dos teores de cimento se deu em torno do teor mais indicado pela HRB que é de 6%, onde foram estudados dois teores abaixo e dois teores acima do teor indicado pelo órgão de pesquisa supra-referido. A quantidade de cimento depende do tipo de solo e da utilização pretendida para o material, com estudos preliminares chegou-se que seria para o solo estudado um teor próximo do mais indicado pela HRB e que neste caso, seria 7%. O intuito de variar para mais e para menos, também, foi de confirmar este percentual de concentração indicado como sendo uma boa proporção que atenda aos quesitos custo e benefício da utilização da mistura solo e cimento.

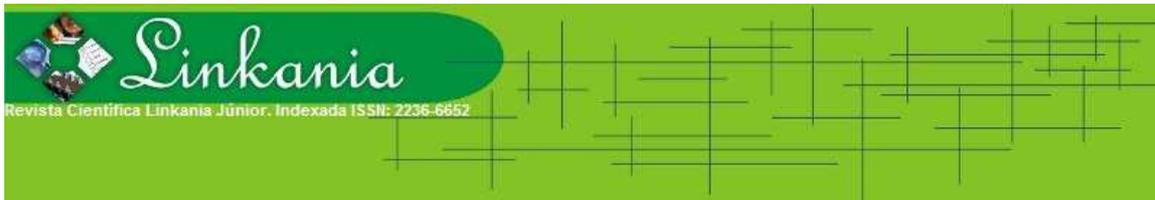
As amostras foram coletadas “in situ”, e colocadas em sacos que foram devidamente identificados e levados posteriormente para o Laboratório da Faculdade Objetivo e do laboratório da empresa SOLOTEO Controle Geotécnico e Consultoria Ltda

### 2.2.1 Caracterização do solo

A caracterização física do solo compreendeu os ensaios de granulometria, LL e LP, os cálculos do IP, IG (índice de grupo) e a classificação segundo a tabela HRB. Para a caracterização mecânica do solo foi feito o ensaio de compactação para se obter a densidade seca máxima e a umidade ótima, necessária para a moldagem do corpo de prova utilizados no ensaio de

---

[www.linkania.org](http://www.linkania.org)



Revista Científica Indexada Linkania Júnior - ISSN: 2236-6652

Ano 2 - Nº 02 - Fevereiro/Março de 2012

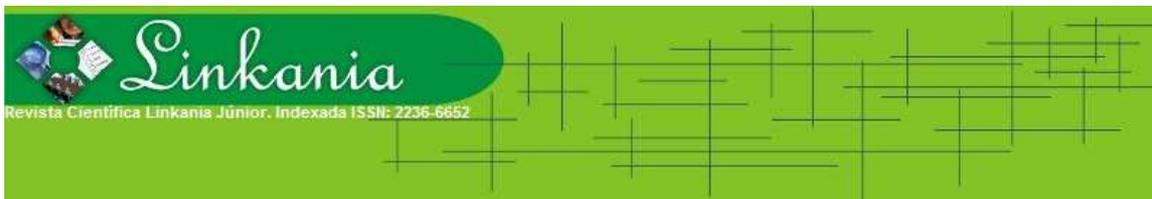
compressão simples.

Em relação à amostra coletada e caracterizada os resultados obtidos nos ensaios de caracterização física e mecânica estão apresentados na (Tabela 2).

Tabela 2 - Características físicas e mecânicas do solo

Características	Amostra
Passante na peneira nº 4 em (%)	40,5
Passante na peneira nº 10 em (%)	26,5
Passante na peneira nº 40 em (%)	24,6
Passante na peneira nº 200 em (%)	16,2
Limite de liquidez – LL (%)	38,4
Limite de Plasticidade – LP (%)	Não Plástico (NP)
Índice de Plasticidade – IP (%)	Não Plástico (NP)
IG	0,00
Classificação HRB	A-1-b
$\gamma_{\text{máx}}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,969
Hót. (umidade ótima) %	12,4

Pela classificação da HRB a amostra é do tipo A-1-b (Cascalho Laterítico arenoso amarelo). O Subgrupo A-1-b - inclui materiais constituídos, principalmente, de areia grossa, com ou sem aglutinante de solo bem



Revista Científica Indexada Linkania Júnior - ISSN: 2236-6652

Ano 2 - Nº 02 - Fevereiro/Março de 2012

---

graduado. de baixa compressibilidade, com pedregulhos, e  $IG = 0$ . O solo com esta classificação é considerado de excelente a bom para uso em sub-base de pavimentação.

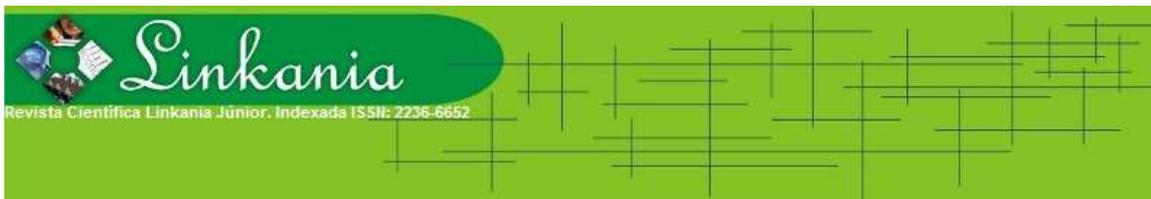
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência a compressão simples nas amostras de solo-cimento com os teores de 2%, 4%, 6%, 7% e 8%, e sem o solo-cimento do presente trabalho, estão apresentados em formas de Tabelas e gráficos.

A análise da (Tabela 3) permite concluir que nenhum dos teores alcançaram a resistência à compressão simples mínima exigida pela Norma ( $RCS \geq 2,1$  MPa) para a utilização como camada de base do pavimento. Contudo, pode-se utilizar para sub-base.

Destaca-se que o DER do Paraná, especifica para o emprego em bases e sub-bases, os seguintes limites, quando sua resistência à compressão simples for  $> 1,2$  MPa, só poderá ser empregado como sub-base, a partir de  $1,5$  MPa este solo já pode ser utilizado como base, contudo, DNIT (2010) preconiza que este solo só pode ser utilizado como camada de base se a sua resistência a compressão for  $> 2$  MPa.

Nota-se na Tabela 3 que para todas as amostras avaliadas os valores de resistência à compressão aumentam ao longo do tempo, porém não atingiram a resistência suficiente para possibilitar o emprego das misturas em camadas de base, uma vez que é necessário atingir aos 7 dias  $2,1$  MPa, no mínimo.



Revista Científica Indexada Linkania Júnior - ISSN: 2236-6652

Ano 2 - Nº 02 - Fevereiro/Março de 2012

Tabela 3 - Resistências em função do teor de cimento e idade dos Cp's

Teor de Cimento (%)	RESISTÊNCIA À COMPR. SIMPLES (MPa) Inundada 4 horas				DESVIO PADRÃO
	7 Dias	14 Dias	21 Dias	Média	
0	0,1	0,1	0,1	0,1	-
2	0,26	0,31	0,48	0,35	0,12
4	0,85	0,92	1,12	0,96	0,14
6	1,57	1,61	1,65	1,61	0,04
7	1,72	1,76	1,81	1,76	0,05
8	1,89	1,93	1,98	1,93	0,05

O gráfico abaixo expressa à linha de tendência da média de RCS em corpos de prova cilíndricos para cada teor de cimento (Figura 1).

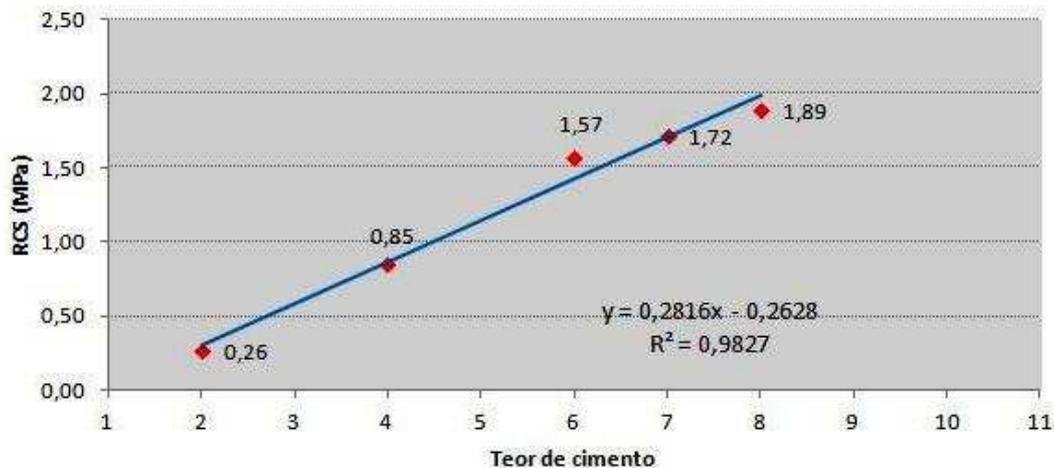
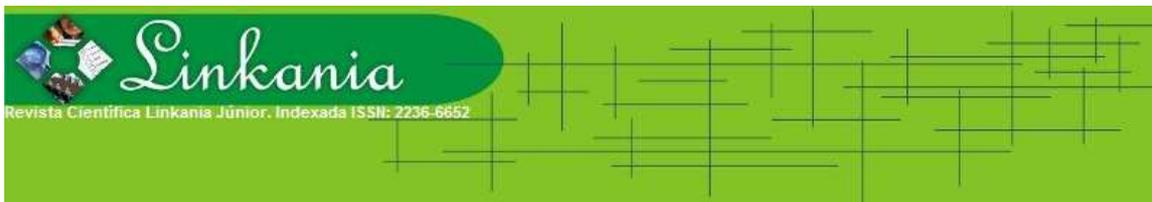


Figura 1 - Linha de tendência da média.

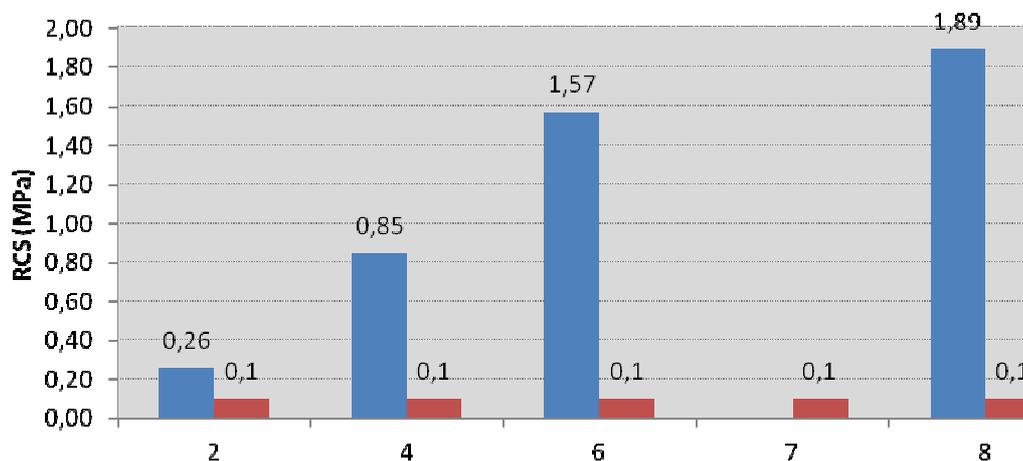
Com base na linha de tendência o teor de cimento necessário para atingir 2,1 MPa de resistência à compressão simples aos 7 dias, será de 10%.

No gráfico abaixo pode ser observado o aumento de resistência de acordo com o teor de cimento adicionado a mistura (Figura 2).



Revista Científica Indexada Linkania Júnior - ISSN: 2236-6652

Ano 2 - Nº 02 - Fevereiro/Março de 2012

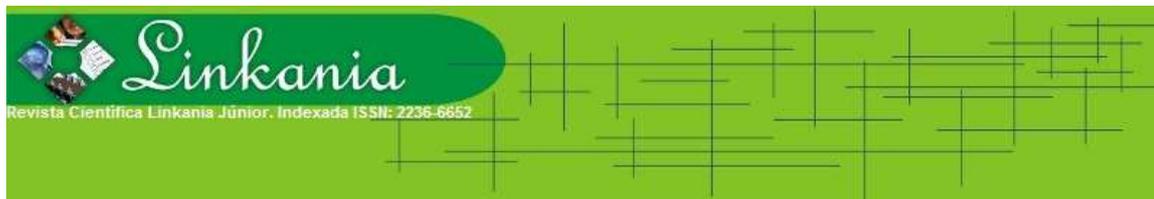


4. C Figura 2 - Aumento de resistência de acordo com o teor de cimento.

Os resultados permitem concluir que o solo da pesquisa é do tipo A-1b pela a classificação do sistema HRB. Pode-se afirmar a partir dos resultados obtidos, em laboratório e da análise conduzida que as misturas de solo analisadas possuem potenciais, para serem aplicadas em camadas de sub-base de pavimentos de vias rodoviárias, de baixo volume de tráfego.

Os resultados de ensaios à compressão, leva a considerar o material ensaiado não é recomendado para utilização do método solo-cimento. Pois para alcançar o mínimo exigido pela ABNT, o teor de cimento adotado, do ponto de vista econômico, seria alto. No entanto considera-se, que é uma solução importante do ponto de vista ambiental, e salienta-se a necessidade de se avaliar por esse âmbito essa opção, pela dificuldade nos dias de hoje de se encontrar materias que atendam as especificações, para o uso do solo em pavimentação.

É importante ressaltar que as conclusões aqui tratadas, são relativas aos resultados obtidos, no solo estudado nesta pesquisa.



Revista Científica Indexada Linkania Júnior - ISSN: 2236-6652

Ano 2 - Nº 02 - Fevereiro/Março de 2012

---

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): NBR 6459-  
Determinação do limite de liquidez , 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): NBR 7180 -  
Determinação do limite de plasticidade, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): NBR 7181 -  
Análise granulométrica dos solos, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): NBR 12253 –  
Solo-cimento: Dosagem para o emprego como camada de  
pavimento.Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

DNIT. Pavimentação – Base do solo cimento especificação de Serviço. Rio de  
Janeiro 2010.