

TRATAMENTO PERMANENTE EM SOLO ARGILOSO COM ADITIVO CON-AID® CBRPLUS® DA RUA JOSÉ BARTOCHACK LOCALIZADA EM IÇARA - SC

Douglas Estevam Tiscoski (1), Pedro Arns (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1) douglas_te@hotmail.com, (2) par@unesc.net

RESUMO

O presente trabalho têm por finalidade analisar o comportamento das propriedades físicas e mecânicas do solo argiloso, classificado como A-4, mediante a adição do aditivo Con-Aid® CBR-Plus®. Inicialmente foram feitos todos os ensaios do solo natural, que apresentou um Índice de Suporte Califórnia (ISC) de 33% ao ser compactado na Energia do Proctor Intermediária. Adicionou-se o aditivo nos percentuais 0,2%, 0,3% e 0,4%, conforme recomendações do fabricante para verificação qual deles resultasse o maior valor quanto a sua resistência. Todo processo foi executado conforme os prazos preestabelecidos pela fabricante. O aditivo Con-Aid têm a sua vantagem por não necessitar de um reagente, pois o seu produto vem pronto para sua aplicação. O melhor resultado encontrado foi a de 0,3%, que submerso teve uma redução do ISC de 43,5%. Porém, quando o corpo de prova fica no processo de cura por sete dias, na mesma concentração, o seu ISC teve um aumento de 383,6%. Os resultados demonstram uma grande vantagem na utilização do produto, tendo um aumento significativo do ISC e pouca variação nos limites de liquidez e plasticidade. Não é tóxico nem agride o meio ambiente, é um aditivo fiscalizado e de fácil manuseio. É uma solução prática e eficiente para utilização em camadas de um pavimento. Contudo, requer a necessidade dos ensaios físicos e mecânicos de cada tipo de solo para verificar-se a possibilidade de seu uso como parte de um pavimento, ou mesmo no uso em estradas vicinais não pavimentadas.

Palavras-Chave: Pavimento. Solo. ISC. Concentração. Con-Aid®.

1. INTRODUÇÃO

As patologias nas rodovias são fatores graves que atrapalham o transporte e o tráfego dos veículos, atrasam entregas, dificultam acesso a diversos locais e em algumas ocasiões resultam em acidentes. As principais causas destas patologias encontram-se na base e no dimensionamento da estrutura do pavimento. Com o avanço tecnológico, foram formulados diversos aditivos, cujas propriedades, quando adicionados e misturados aos solos, devido aos seus princípios reativos, aumentam a capacidade de resistência e, na sua maioria, baixam a expansão.

Dentre eles, foi escolhido o Con-Aid, por sua praticidade, facilidade na aplicação e por dispensar a adição de reagentes como cal, sulfato de alumínio, cimento e hidróxido de cálcio.

O Con-Aid® CBR-Plus® é um produto líquido complexo reativo ao cátion, fabricado para a estabilização permanente dos solos, mudando a natureza das propriedades de absorção da água dos solos de hidrófila para hidrófoba, especialmente das partículas de mineral de argila. Importante constar que não é prejudicial à saúde, nem tóxico e corrosivo, sendo solúvel em água sem agredir a natureza.

Chama-se estabilização de solos o processo pelo qual se confere ao solo uma maior resistência estável às cargas ou desgaste ou à erosão, por meio de compactação, correção de sua granulometria e de sua plasticidade ou de adição de substâncias que lhe confiram uma coesão proveniente da cimentação ou da aglutinação dos seus grãos. (VARGAS, 1977, p.93).

Segundo MARQUES (2005), alguns tipos de estabilização podem ser citados, dentre eles: mecânica, granulométrica, química, elétrica e térmica.

O transporte rodoviário no Brasil é equivalente a mais de 60%, segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT). Portanto quanto mais eficiente for um pavimento, menores serão as patologias, responsáveis pelos transtornos, desconfortos e segurança dos usuários, sendo a manutenção rodoviária realizada com custo final menor.

2. OBJETIVOS GERAIS

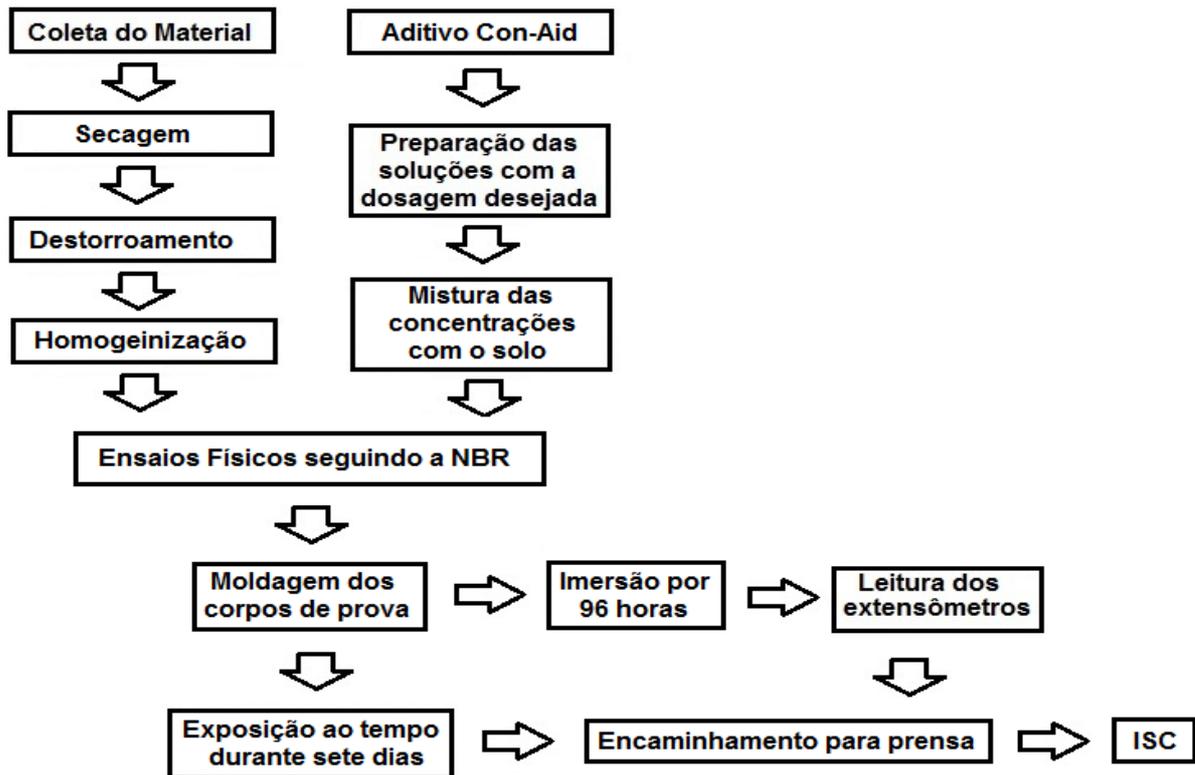
Estudo do comportamento do solo natural da Rua José Bartochack, localizada em Içara – SC, com o aditivo químico Con-Aid® CBR-Plus®.

3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Ensaios físicos e mecânicos do solo natural;
- Classificação o solo segundo Transpotation Research Board (TRB);
- Ensaios com adição do produto Con-Aid® nos percentuais diferentes utilizados conforme recomendação do fabricante;
- Análise do melhor resultado obtido de acordo com as normas e o fabricante;

- Realizar um ensaio sem seguir as recomendações buscando reproduzir em laboratório os procedimentos feitos em campo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS



4.1. DO SOLO NATURAL

Para realização do presente trabalho, coletou-se três amostras do material (solo natural) na Rua José Bartochack, localizada no bairro Jaqueline, no município de Içara – SC. O mesmo foi transportado para o Laboratório de Mecânica dos Solos (LMS), do Instituto de Desenvolvimento Tecnológico (IDT) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). No LMS, o solo foi seco em estufa, destorroado, homogeneizado, e preparado para realização dos ensaios do mesmo. Realizou-se o ensaio de granulometria, Limite de Liquidez (LL), Índice de Plasticidade (IP), o ensaio de compactação na energia do Proctor Intermediária (PI) e o do Índice de Suporte Califórnia (ISC).

De acordo com os ensaios físicos o mesmo foi classificado em um solo A-4, pela TRB. Pelo ensaio de compactação obteve-se a máxima densidade aparente seca e a umidade ótima. Com o valor da umidade ótima, moldou-se o corpo de prova para obtenção do ISC e o valor da expansão.

Figura 01: Coleta do material



Fonte: Do autor, 2016.

Após a preparação do material, realizou-se a granulometria de acordo com NBR 7181/84, o cálculo do limite de liquidez e da plasticidade, de acordo com as normas NBR 6459/84 e NBR 7180/84, respectivamente, e moldado o corpo de prova, deixando-o imerso durante 96 (noventa e seis) horas. Após o término do prazo especificado foi realizado o ensaio de ISC, conforme a NBR 9895/87.

Os principais materiais utilizados para realização dos ensaios foram uma placa de vidro, para o Limite de Plasticidade, e o Aparelho de Atterberg, para o Limite de Liquidez.

Figura 02: Limite de Liquidez



Fonte: Do autor, 2016.

Figura 03: Limite de Plasticidade



Fonte: Do autor, 2016.

4.2. ADITIVO CON-AID®

Segundo fabricante o Con-Aid® é um produto químico especificamente projetado para melhoramento de solos na construção de estradas, podendo elas serem naturais, ou como camadas estruturais de um pavimento. A utilização deste produto, serve para todo tipo de solo argiloso ou que tenha no mínimo 5% de argila. Após sua aplicação o produto melhorará as características físicas e químicas do solo, tendo como uma vantagem a redução do desprendimento de pó, aproximadamente 70%. Atualmente a questão ambiental é de grande importância. O produto Con-Aid® CBR-Plus® têm a certificação ambiental conhecida por “Selo Verde”, que atesta a qualidade ecológica e socioambiental. Além de não agredir a natureza, o aditivo pode ser misturado ao solo manualmente por não ser tóxico nem corrosivo.

4.3. PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO

A recomendação do fabricante é que utilize-se para cada litro d'água 3 (três) mls (mililitros) de aditivo Con-Aid®/CBR-Plus®. Para uma melhor avaliação realizaram-se três soluções com percentuais diferentes, para verificação qual o de melhor desempenho e que resultasse na maior economia.

As concentrações das dosagens foram: 0,2%, 0,3% e 0,4%, ou seja, para cada litro d'água, 2 mls, 3 mls e 4 mls, respectivamente. Como as soluções foram feitas em garrafas de dois litros, a quantidade total de produto utilizado foi 18 mls.

4.4. PROCEDIMENTO UTILIZADO

Feita a separação da fração de solo passante na peneira 4 (quatro) da amostra de solo original, adicionou-se a solução nas 6 (seis) amostras feitas.

Destes corpos de prova, três ficaram imersos quatro dias e os outros exposto ao tempo e intempéries por sete dias.

4.4.1. Mistura da solução no solo

Após os procedimentos da Norma DNER-ME 04994, misturou-se a solução (água + Con-Aid® CBR-Plus®) na proporção 10 ml por quilo de solo.

É necessário o repouso do solo com o produto, a temperatura ambiente, por um período de 48 horas. Adiciona-se água potável caso o solo esteja muito seco, para atingir entre 1% e 2% acima da umidade ótima, depois o solo é ensacado.

4.4.2. Realização dos ensaios de LL e LP de solo com aditivo

A realização destes ensaios, indicam a reação do produto no solo, onde a análise estará implícita na diminuição de 15 a 30% na média do L.L., e uma pequena variação do L.P. para maior ou menor percentual, segundo o fabricante.

4.4.3. Moldagem do corpo de prova

Seguindo todo procedimento de acordo com o fabricante, o solo é retirado do saco, colocado em uma bandeja, para depois realizar a moldagem dos corpos de prova de acordo com a norma DNER-ME 04994.

Como mostra a figura 04, foram separadas em três bandejas, cada qual com solo aditivado na sua respectiva concentração.

Figura 04: Separação do solo aditivado



Fonte: Do autor, 2016.

Inicialmente, com duzentas gramas de material, verificou-se a umidade inicial da amostra. Em seguida é calculada a quantidade de água necessária para atingir a umidade ótima. O solo estando na umidade ótima, são preparados os materiais necessários para moldar os corpos de prova.

O ensaio do ISC foi feito na Energia de compactação do Proctor Intermediária, de acordo com a NBR 7182/86.

A figura 05 mostra o uso de luvas na compactação por questão de segurança.

Figura 05: Moldagem do corpo de prova



Fonte: Do autor, 2016.

Após a compactação dos corpos de prova, é necessário desbastar o excesso dos mesmos conforme figura 06, para em seguida pesar e anotar os dados armazenando em local adequado.

Figura 06: Regularização do corpo de prova



Fonte: Do autor, 2016.

4.4.4. Expansão

São realizadas leituras da expansão do material durante o tempo de imersão. Os extensômetros foram zerados quando da imersão e após noventa e seis horas realizou-se a leitura final. Tudo feito de acordo com a Norma DNER-ME/049.

A figura 07 está representando os corpos de prova imersos no tanque totalmente encobertos pela água.

Figura 07: Corpos de prova imersos no tanque



Fonte: Do autor, 2016.

De acordo com Senço, não é tarefa fácil definir o solo, já que o mesmo é definido com conceitos diferentes, dependendo das atividades humanas ou científicas que o estudam.

“O estudo da expansividade dos solos geralmente é feito por meio de ensaios de compressão endométrica. Inunda-se o corpo de prova quando as deformações decorrentes de uma certa pressão já se estabilizaram e mede-se a expansão ocorrida. A expansão depende da pressão aplicada à amostra, sendo tanto menor quanto maior a pressão.” (PINTO, 2002, p.341).

4.4.5. Rompimento dos corpos de prova

Inicialmente os corpos de prova ficaram quinze minutos escorrendo o excesso de água. A seguir foram levados a prensa hidráulica para serem rompidos determinando-se o seu ISC.

Após o rompimento dos corpos de provas imersos, foram submetidos ao mesmo processo os corpos de prova que estavam expostos ao tempo durante sete dias, recebendo intempéries (chuva, sol e vento) e variação térmica natural.

A figura 08 mostra o corpo de prova sendo submetido ao ensaio de compressão por penetração.

Figura 08: Corpo de prova na prensa



Fonte: Do autor, 2016.

“O ISC é um ensaio que expressa à relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo de prova de solo e a pressão necessária para produzir a mesma penetração em um corpo de prova padrão” (DNIT, 2006).

A tabela 02 especifica as características dos materiais de cada camada do pavimento, quanto ao seu valor do Índice de Suporte Califórnia.

Tabela 02 – Limites de ISC:

Camada do pavimento	ISC
Subleito	≥2%
Reforço do Subleito	Maior que o ISC do subleito
Sub-base	≥20%
Base	≥80%

Fonte: DNIT, 2006, p. 142

Tabela 3 – Resumo do procedimento dos corpos de prova imersos

Material	Origem
1º DIA	Eleva-se o solo na umidade ótima, depois adiciona-se a solução com a concentração desejada. Logo após, ensacar por 24 horas.
2º DIA	Retira-se o saco plástico e deixa a amostra perder umidade em ambiente de laboratório.
3º DIA	Perda de umidade em ambiente de laboratório.
4º DIA	Eleva-se o solo a umidade ótima e o restante do solo para moldagem do corpo de prova para determinação do ISC.
5º DIA	Perda de umidade em ambiente de laboratório.
6º DIA	Eleva-se a amostra até a umidade ótima e ensaca por 24 horas.
7º DIA	Após retirada do saco plástico, moldar os corpos de prova de acordo com os resultados do ensaio de Proctor e leva-lo até o tanque para imersão.
8º DIA	Amostra continua no tanque.
9º DIA	Amostra continua no tanque.
10º DIA	Amostra continua no tanque.
11º DIA	Rompimento dos corpos de prova para obtenção do ISC e leitura da expansão do material.

Fonte: Do fabricante, 2010.

5. RESULTADOS

Primeiros resultados obtidos foram referentes ao solo no seu estado natural. O ensaio de compactação foi realizado de acordo com a NBR 7182/86, no Proctor Intermediária, chegando a uma umidade ótima de 19,3% e densidade absoluta seca máxima de 1,630 g/cm³. Já o ISC resultou em 33%, valor considerado como solo de sub-base. Constatou-se também, uma expansão de 0,78%.

Tabela 4 – Propriedades físicas do solo natural:

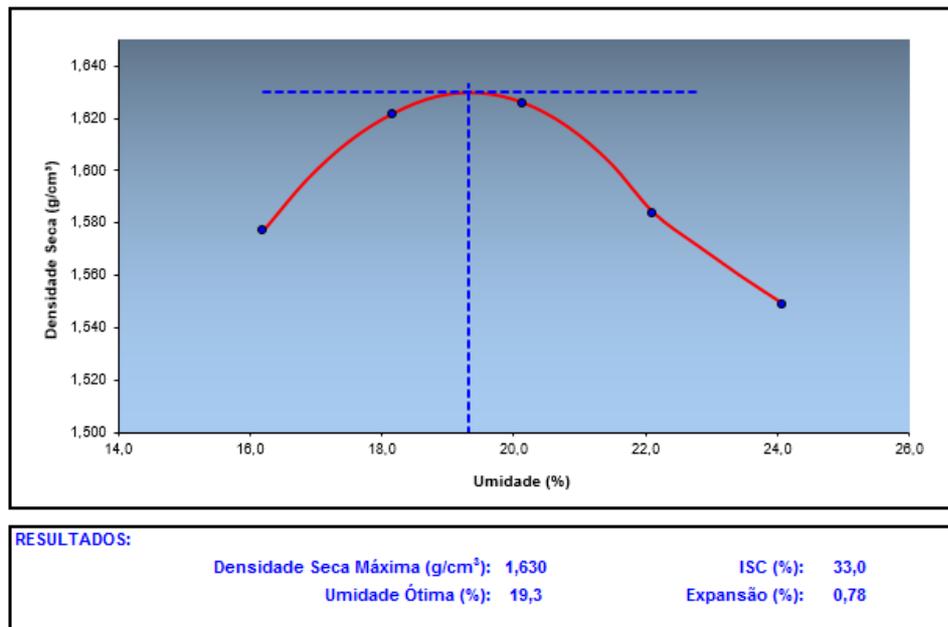
Propriedades	Resultados
TRB	A-4
LL	33%
LP	25%
IP	8%
IG	5

Fonte: Do autor, 2016.

Mediante os resultados e seguindo o sistema de classificação TRB, o solo foi classificado como A-4.

Na figura 09 encontra-se a curva de compactação do solo natural.

Figura 09: Curva de Compactação



Fonte: Laboratório de Mecânica dos Solos, 2016.

Com objetivo de reproduzir a pior situação, que têm a probabilidade de acontecer em campo, os três corpos de prova com aditivo permaneceram imersos por 96 horas, e feita a leitura da expansão antes de serem retirados do tanque.

Na tabela 05, consta os valores das expansões resultantes para cada concentração de aditivo.

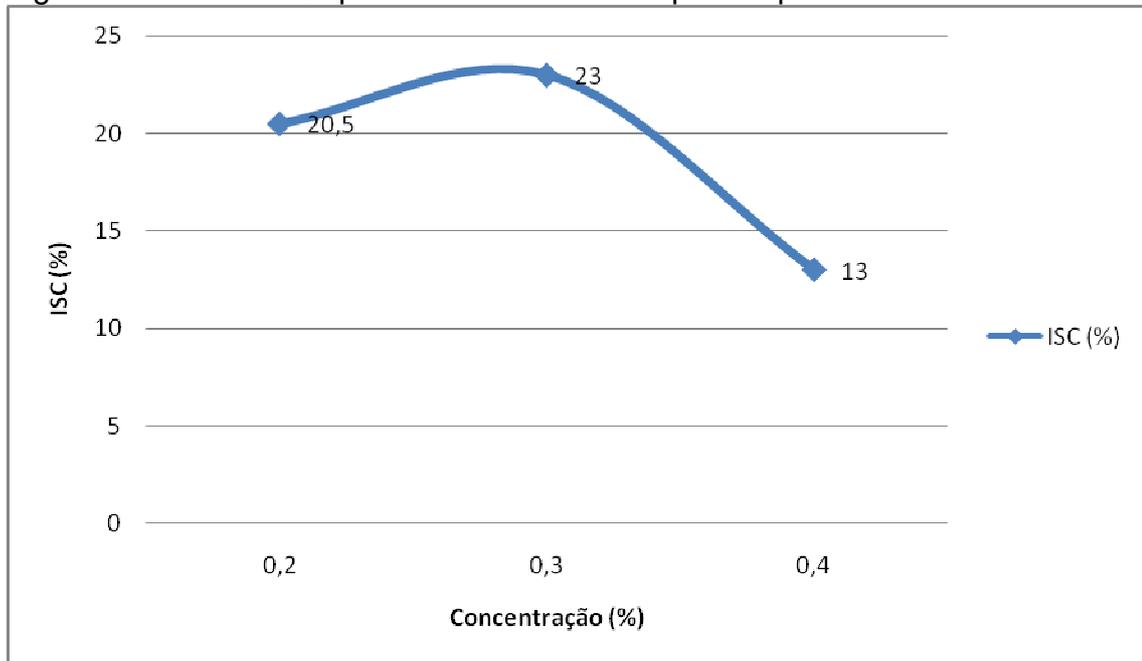
Tabela 05 – Expansão dos corpos de prova imersos por 96 horas:

Corpo de prova (CP)/ Concentração	Resultado da Expansão
CP 01/Concentração: 0,2%	0,57%
CP 02/Concentração: 0,3%	1,18%
CP 03/Concentração: 0,4%	2,15%

Fonte: Do autor, 2016.

Na figura 11, temos a curva dos valores dos ISC's, nas concentrações diferentes do aditivo, após 96 horas de imersão.

Figura 11: Índice de Suporte Califórnia dos corpos de prova imersos

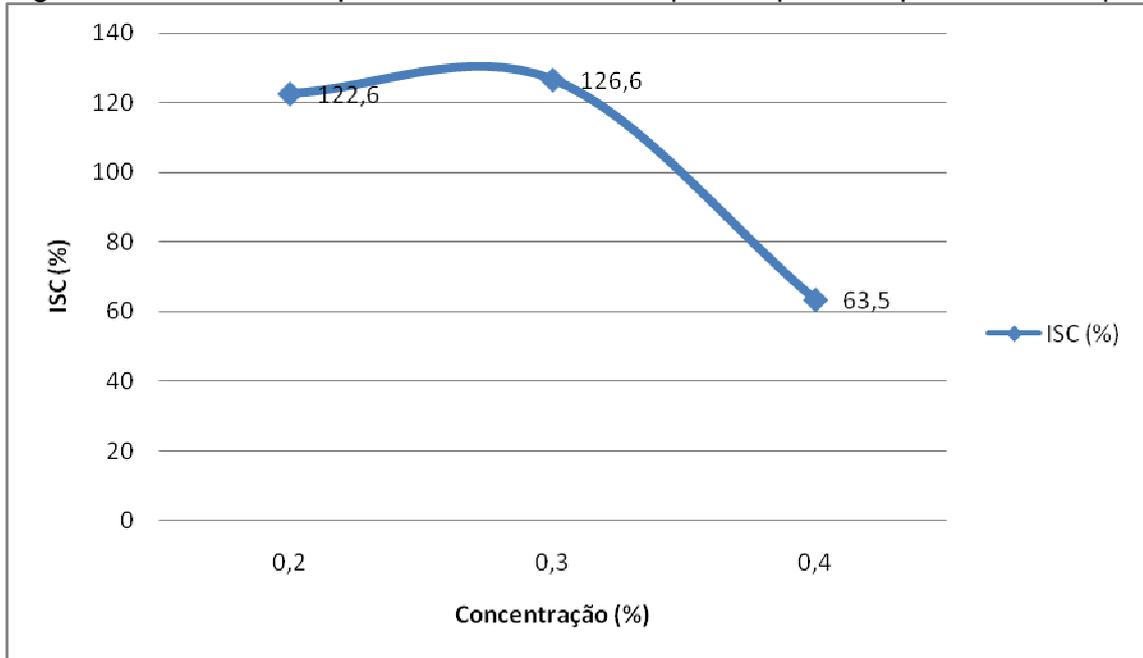


Fonte: Do autor, 2016.

Os corpos de prova que permaneceram por 7 (sete) dias, expostos ao tempo, sofrendo ação da chuva, sol, vento e outros fatores climáticos, foram levados a prensa hidráulica para rompimento e leitura dos respectivos ISC's, também nas concentrações de aditivo, utilizados anteriormente pré-determinados.

A figura 12 mostra a curva obtida dos valores dos ISC's, quando os corpos de prova permaneceram por 7 (sete) dias expostos ao tempo.

Figura 12: Índice de Suporte Califórnia dos corpos de prova expostos ao tempo

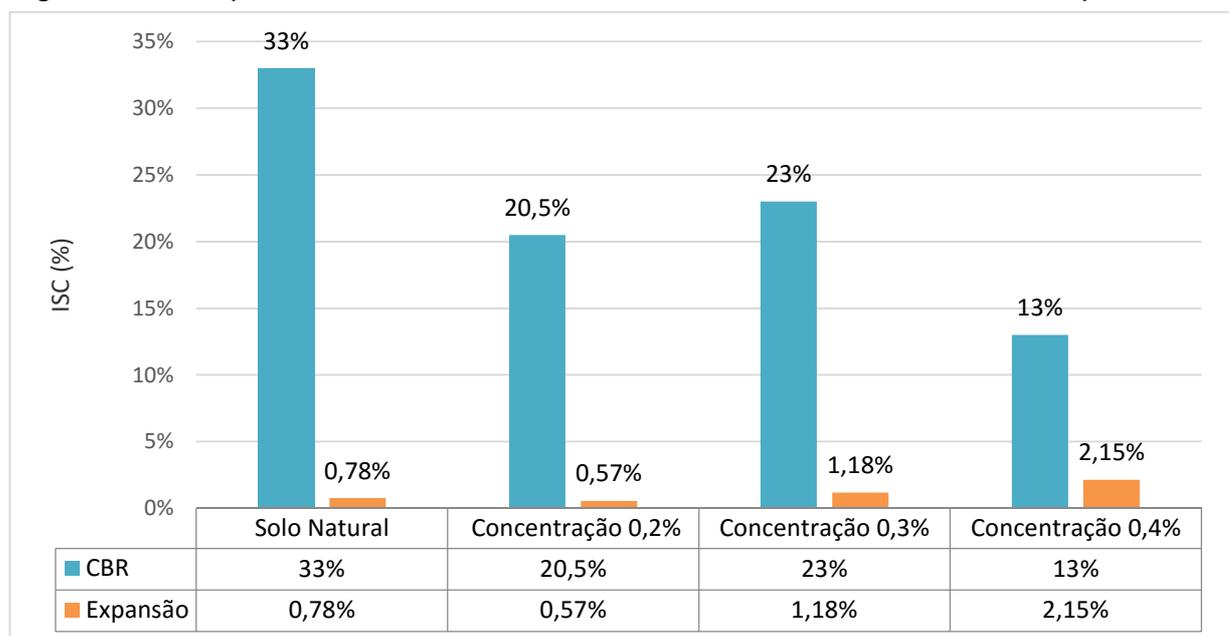


Fonte: Do autor, 2016.

Tendo os resultados, tanto das expansões, quanto dos Índices de Suporte Califórnia, foram analisados e comparados para verificação de seu desempenho funcional.

Na figura 13, tem-se um comparativo dos ISC's e expansões do solo natural com os aditivados nas suas concentrações, seguindo-se as recomendações do fabricante e a NBR.

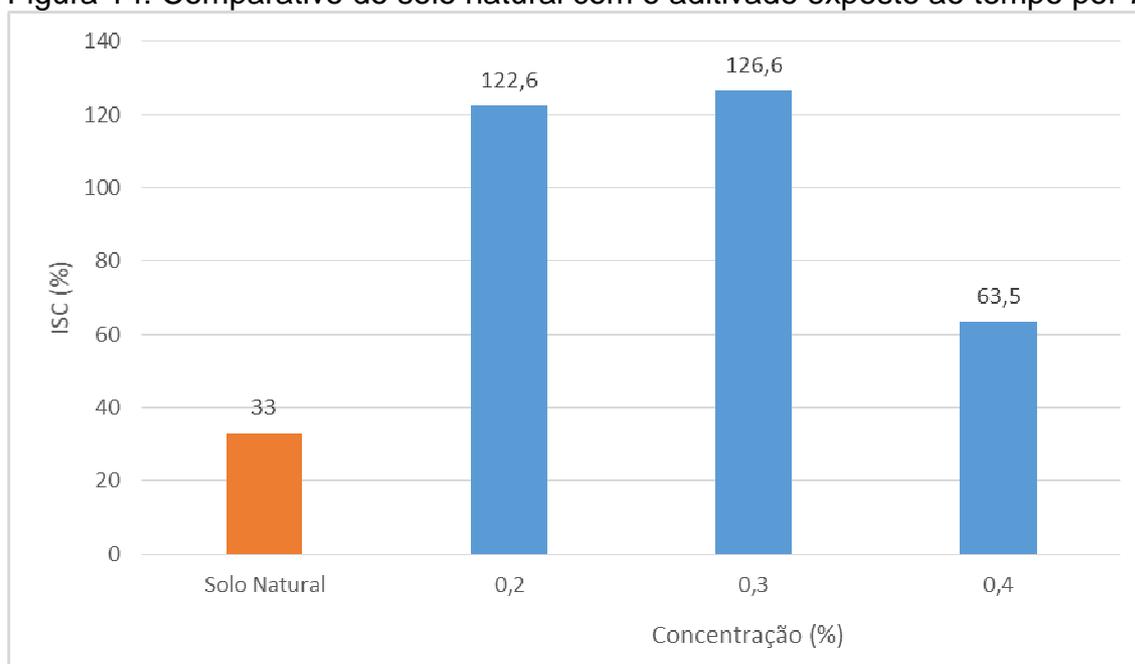
Figura 13: Comparativo do ISC do solo natural com o aditivado imerso e expansão



Fonte: Do autor, 2016.

O corpo de prova do solo natural ficou imerso por 96 horas. Contudo os corpos de provas moldados nos percentuais utilizados ficaram expostos ao tempo e rompidos sem serem submersos, cujos resultados constam na figura 14.

Figura 14: Comparativo do solo natural com o aditivado exposto ao tempo por 7 dias



Fonte: Do autor, 2016.

6. CONCLUSÕES

- De acordo com as especificações do DNIT, os resultados obtidos do solo natural garantem que ele pode ser utilizado como sub-base, pois seu ISC foi de 33%;
- Mesmo seguindo todas as especificações do fabricante, o solo apresentado no presente trabalho teve uma redução em seu Índice de Suporte Califórnia quando colocado na imersão por quatro dias;
- A queda provável do ISC sugere que não houve tempo suficiente da reação química do aditivo com o solo;
- A concentração ideal é aproximadamente 0,27%, ou seja, 2,7 mililitros para cada litro de água;

- Constatou-se uma elevação significativa da expansão no dosagem de 4 mls, ultrapassando os 2%, não atendendo as especificações do DNIT, pois o solo tornou-se expansivo;
- O Índice de Suporte Califórnia do solo misturado com 0,3% do aditivo e exposto ao tempo durante sete dias resultou num valor de 126,6%, porém sem permanecer submerso durante 96 horas;
- Sugere-se que os estudos prossigam com outros tipos de solos aumentando o tempo de repouso do solo com a solução por períodos superiores aos indicados pelo fabricante.
- Sugere-se que o solo natural também fique exposto pelo período de sete dias sem imersão e submerso para uma melhor avaliação.

7. REFERÊNCIAS

- _____. **NBR 7181**: Análise Granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- _____. **NBR 6459**: Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- _____. **NBR 7180**: Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- _____. **NBR 7182**: Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- _____. **NBR 9895**: Índice de Suporte Califórnia – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1987.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 1998. 6. ed. 341 p. il.
- CON-AID® BRASIL. **Características da estabilização química**. Disponível em <http://www.conaidbrasil.com.br>. Acesso em: abril 2016.
- Departamento Estadual de Infra Estrutura (2002). **Especificações Gerais para Obras Rodoviárias**. Santa Catarina, Brasil.
- MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. **Estabilização de Solos para Fins de Pavimentação**. Minas Gerais, 2005.

SANTOS, Adailton Antônio dos. **Determinação do CBR (ISC) de projeto**. Apostila da disciplina de Pavimentação. Criciúma, 2013.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação, volume I** – 1ª ed. São Paulo: Pini, 1997. 1. ed.

VARGAS, Milton. **Introdução à Mecânica dos Solos**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977. 93 p.