

Ribeiro, A.C.<sup>1</sup>; Costa, V. M.O.<sup>2</sup>

*Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

Nishi, Edson.<sup>3</sup>

*Professor, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

<sup>1</sup>[ambersoncarvalho123@gmail.com](mailto:ambersoncarvalho123@gmail.com); <sup>2</sup>[vitoriamarianafior@hotmail.com](mailto:vitoriamarianafior@hotmail.com); <sup>3</sup>[nishiedson@gmail.com](mailto:nishiedson@gmail.com)

**RESUMO:** O estudo e análise de soluções de materiais de pavimentação faz-se cada vez mais necessário devido ao aumento das obras e distância das jazidas de cascalho. O material granulométrico (cascalho) é um produto finito, por isso o uso constante torna-se esse material cada vez mais escasso. Pode-se afirmar que a urbanização é um dos fatores que mais influenciam e impactam na escassez do cascalho de uma região. Assim, este projeto de pesquisa tem como objetivo analisar a aplicação de soluções para substituir o material na execução do pavimento. Para isso, foram realizados estudos laboratoriais para garantir que as soluções atendem as exigências de projeto. Uma vez atendida, foram realizados comparativos de orçamentos para definição da solução levando em consideração a viabilidade financeira.

*Palavras-chaves: Granulometria, Pavimento flexível, Ensaios.*

**Área de Concentração:**05 – Infraestrutura de transporte

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil o principal modal de transporte é o rodoviário, utilizados pelos veículos de cargas que transportam mercadorias e pessoas, como caminhões e ônibus. De acordo com pesquisa realizada em 2014 pela Confederação Nacional dos Transportes (CNT), a maioria das cidades brasileiras possui mais da metade de sua malha de estradas não pavimentadas. Um dos principais fatores agravantes dessa situação é o impacto financeiro para a realização de obras de pavimentação, tendo em vista que há um alto custo com investimentos que não proporcionam retornos viáveis para as empresas e municípios. Sendo assim, é notória a necessidade de que estudos demonstrem a melhor maneira de execução e, principalmente econômica que deverá contribuir para a otimização da qualidade de vida da população.

Segundo Bernucci et al (2006), o pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas com espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários conforto, economia e segurança. O pavimento flexível é o mais utilizado no Brasil e, em sua maioria, usa-se uma mistura de agregados minerais de vários tamanhos. O pavimento flexível deve ser dimensionado para o tráfego para um período de projeto e condições climáticas da região, suas camadas são dimensionadas para resistir a diversas solicitações de cargas para seu período de projeto.

O presente estudo, compararam-se os resultados dos diferentes cenários, indicando qual melhor material para utilizar no pavimento, analisando o melhor custo-benefício. A área estudada foi definida como um loteamento, em Aparecida de Goiânia, que ainda continha características do terreno natural, até o desenvolvimento do estudo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Um pavimento pode ser definido como um sistema de múltiplas camadas semi-infinitas destinadas a: distribuir os esforços verticais e horizontais oriundos do tráfego, proteger as camadas inferiores das intempéries e garantir aos usuários uma superfície segura e regular de maneira a permitir o deslocamento com segurança e economia (MEDINA e MOTTA 2005; PAPAGIANNAKIS e MASSAD, 2008).

### 2.1 Pavimento flexível

Segundo Souza (1981), o pavimento flexível é formado por um conjunto de camadas compostas por revestimento, base, sub-base, reforço de subleito e subleito. No entanto, para constituir um pavimento é necessário dimensionar cada camada, levando em consideração o tráfego, para cálculo de suas espessuras. Ressalta-se que, no pavimento asfáltico o revestimento é composto por uma mistura constituída de agregados e ligantes asfálticos. Como exemplo típico, citam-se os pavimentos constituídos por um revestimento betuminoso delgado sobre camadas puramente granulares.

**Regularização do subleito** – camada de espessura variável, executada quando se torna necessário preparar o subleito da estrada para receber o pavimento; a regularização não constitui, propriamente, uma camada de pavimento, pois tem espessura variável, podendo ser nula em um ou mais pontos da seção transversal.

O reforço do subleito é executado sobre o subleito regularizado. As características do material a ser utilizado devem ser superiores ao do subleito e largura de execução dessa camada é igual à da regularização, ou seja, pista + acostamento.

**Reforço do subleito** – camada existente, no caso de pavimentos muito espessos, executada com o objetivo de reduzir a espessura da própria sub-base.

**Sub-base** – é a camada corretiva do subleito, ou complementar a base, quando por qualquer circunstância não seja aconselhável construir o pavimento diretamente sobre o leito obtido pela terraplenagem.

**Base** – camada que tem por função aliviar a tensão nas camadas inferiores, permitir a drenagem das águas que

se infiltram no pavimento (por meio de drenos) e resistir às tensões e deformações atuantes.

**Revestimento** – camada destinada a resistir diretamente às ações do tráfego, a impermeabilizar o pavimento, a melhorar as condições de rolamento, no que se refere ao conforto e à segurança e a transmitir, de forma atenuada, as ações do tráfego às camadas inferiores.

Neste trabalho as soluções de materiais estudados são para execução das camadas de sub-base e base do pavimento do empreendimento.

### 2.2 Materiais de Pavimentação

Os pavimentos flexíveis são compostos em sua grande maioria de mistura artificial entre os solos, agregados ou dos solos com os agregados e aditivos. Os agregados devem ser isentos de materiais orgânicos ou de quaisquer outras substâncias nocivas que prejudiquem a mistura e sua vida útil. Abaixo a descrição de alguns materiais/definições que são utilizados:

**Cascalho** de solo com uma alta proporção de pedregulho, que pode ter várias origens fluviais, glaciais e residuais.

O **BGS** (Brita Graduada Simples) é a composição de diferentes faixas de granulometria de pedras, a serem misturadas conforme exigência do fornecedor. É uma mistura em usina, de produtos de britagem de rocha sã que, nas proporções adequadas, resulta no enquadramento em uma faixa granulométrica contínua que, corretamente compactada, resulta em um produto final com propriedades adequadas de estabilidade e durabilidade. (DNIT 2006 – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). O BGS utilizado como Base de pavimentos deve estar enquadrado em uma faixa granulométrica ou esqueleto granulométrico que vai de A à E. Sendo a faixa A mais “grossa” e a faixa F mais “fina”, de acordo com a especificação do projetista.

**Cimento** é o aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland, ao qual durante a operação é adicionada a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem, podem ser adicionados materiais pozolânicos, escória granulada de alto forno e/ou material de carbonato a esta mistura.

**Solo-Cimento** é uma mistura de solo, cimento Portland e água, devidamente compactada, resultando um material duro, cimentado e de elevada rigidez à flexão. A porcentagem de cimento varia de 2 a 13% e depende do tipo de solo utilizado. Solos argilosos exigem porcentagens maiores de cimento. O resultado da dosagem é a definição da quantidade de solo, cimento e água de modo que a mistura apresente características adequadas de resistência e durabilidade. A dosagem requer a realização de alguns ensaios de laboratório, sendo a resistência à compressão axial o parâmetro mais utilizado.

**BGS Reciclado (RCC)** é formado de resíduos de construção civil e apresenta diversos potenciais de uso na construção. Gómez (2016) lista algumas de suas possíveis aplicações: agregados de concreto de baixa resistência; material para drenos ou estruturas de contenção; pavimentação de rodovias. Quando usado em pavimentação, diversas variáveis internas e externas influenciam no processo produtivo. São eles: composição do RCC, intensidade das cargas mecânicas impostas pelo tráfego rodoviário, temperatura do ambiente, a umidade e a capacidade de reação a certos reagentes são alguns parâmetros que condicionam a aplicação do material. Entretanto, tem-se na abundância e no baixo custo do transporte desse material os pontos que viabilizam seu uso para esse fim (GÓMEZ, 2016).

**CBR** é o índice de suporte Califórnia (ISC), também conhecido como CBR (California Bearing Ratio), é um teste de penetração para verificar as características mecânicas de um solo. Foi desenvolvido pelo Departamento de Transporte da Califórnia antes da Segunda Guerra Mundial. O valor do índice de suporte Califórnia, é a relação, em porcentagem, entre a pressão obtida na penetração de um pistão padronizado, à velocidade de 0,05 pol/min, em um corpo-de-prova de solo preparado de modo padronizado e uma pressão tomada como padrão.

A energia de compactação é função da massa e altura de queda do soquete, do número de golpes do soquete por camada, do número de camadas compactadas e do volume de solo compactado. Na Compactação de Proctor Intermediário o número de golpes por camada é de 26 golpes.

### 3 METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho foi avaliar as soluções de materiais para serem usados na sub-base e base do pavimento estudado, levando em consideração o melhor custo benefício. Como é de costume, o projetista definiu as diretrizes necessárias para atender a demanda do projeto (quantidade de camadas, alturas de camadas e CBR necessário de cada camada).

Para o desenvolvimento deste artigo foram realizados procedimentos baseados nas referências bibliográficas apresentadas, levantamento de campo, ensaios laboratoriais e simulações de cenários de soluções para melhor viabilidade, com suporte de planilhas de orçamento.

A seguir é apresentado a descrição dos cenários propostos:

1. Cascalho, sendo que a cascalheira mais próxima está com DT de 35km.
2. Solo cimento (Cascalho + 2% cimento), sendo que a cascalheira mais próxima está com DT de 35km.
3. BGS sendo que a pedreira mais próxima está com DT de 10 km;
4. BGS Reciclado sendo que a recicladora mais próxima está com DT (Distância de Transporte) de 5 km;

Os procedimentos para montagem dos cenários requerem levantamentos de dados para serem utilizados como premissas e estes foram obtidos conforme descrito abaixo:

1. Ensaios laboratoriais para determinação do CBR das misturas;
2. Determinação do custo do material utilizado na mistura;
3. Determinação do custo com transporte;
4. Determinação do custo para aplicação das misturas no local.

Partindo da necessidade de se comparar alternativas econômicas a fim de se obter o melhor investimento

este estudo usou como parâmetros a média calculado de orçamentos. Foram orçados os 3 cenários propostos com 3 empresas do mercado e calculado a média dos valores para definição do resultado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Definição da área estudada

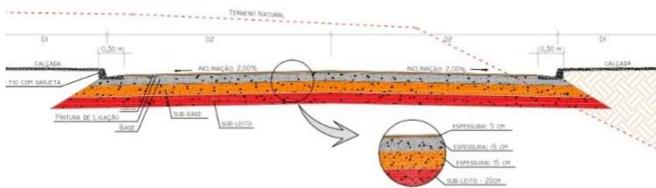
A área estudada foi definida como um loteamento, na região de Aparecida de Goiânia no Estado de Goiás.

Figura 1 – Imagem do loteamento adotado (2020).



Como características do projeto: área considerada da pavimentação igual a 167.988,00m<sup>2</sup>, camada da sub-base com 15cm e CBR >20 e a camada da base com 15cm e CBR>60.

Figura 2 – Detalhamento das camadas (2020).



Para definição do volume necessário de material para execução do pavimento, tem-se que a área de pavimento é igual a 167.988,00 e camada de base e sub-base são de 15cm, resultando no volume de 25.198,20m<sup>3</sup> de material para cada camada.

Figura 3 – Imagem do quadro de faixa do CBR (2020).

PAVIMENTO-TIPO	
REVESTIMENTO DE CBUQ – FAIXA C	= 5,0cm
PINTURA DE LIGAÇÃO	
IMPRIMAÇÃO	
BASE DE SOLO ESTABILIZADO GRANUL. S/ MISTURA CBR ≥ 60%, EXP. ≤ 0,5%	= 15,0cm
BASE DE SOLO ESTABILIZADO GRANUL. S/ MISTURA CBR ≥ 20%, EXP. ≤ 0,5%	= 15,0cm
SUBLEITO ESCARIFICADO E COMPACTADO, GC ≥ 100%, CBR ≥ 10%, EXP. < 2,0%	= 20,0cm

Ht=35,0cm

Assim, seguindo as diretrizes do projetista, as amostras dos 4 cenários foram submetidas para laboratórios especializados em solos validar se atendiam as necessidades de projeto.

Figura 4 – Imagem do projeto do loteamento adotado (2020).



### 4.2 Resultado de ensaios laboratoriais

As amostras foram coletadas na cascalheira e pedreiras mais próximas com intuito de viabilizar o processo, levando em consideração o alto custo do transporte do material.

Figura 5 – Imagem da coleta dos materiais (2020).



As amostras em laboratório foram secas ao ar, destorroada e quarteada conforme procedimento utilizado para preparação para o ensaio de

caracterização, indicado na norma NBR 6457/2016. O material retido na peneira 19,1 mm foi menor que 10% e assim o mesmo foi desprezado conforme norma, adotando o material passante para o ensaio de compactação. Como o ensaio não adotou reuso de material e adotou cilindro grande, foram separados 35 kg para o ensaio.

**Figura 6 – Imagem do material após passar na peneira (2020).**



Moldaram-se cinco (05) corpos de prova em cilindro grande, já que este continha material retido na peneira 4,8 mm. Às amostras foram adicionadas água a partir da umidade higroscópica, para obter duas amostras no ramo seco, duas no ramo úmido e uma correspondente a umidade ótima.

Adotou-se energia de compactação intermediária, seguindo norma NBR 7182. Assim sendo, utilizou-se soquete grande, disco espaçador de 63,5 mm de altura, compactando a amostra em cinco (05) camadas, sendo 26 golpes por camada, anotando-se o peso das amostras após moldagem. De cada corpo de prova obteve-se a umidade de compactação e o peso da amostra (desconsiderando o peso do cilindro de molde). Com esses valores e o volume do corpo de prova calculou-se a massa específica aparente seca e obteve-se o gráfico (umidade versus massa específica aparente seca), sendo a umidade ótima, o ponto de inflexão da parábola do gráfico conforme anexo.

**Figura 7 – Imagens obtida em laboratório: Detalhe das amostras.**



O ensaio de expansão e ISC/CBR foram realizados com três amostras de cada ensaio de compactação, sendo estas: a amostra moldada na umidade ótima e as duas primeiras mais próximas a umidade ótima no ramo seco e no ramo úmido. Sobre as amostras colocaram-se dois discos anelares com massa aproximada de  $4.540 \text{ g} \pm 20 \text{ g}$ , acoplando o relógio comparador (deflectômetro) na borda superior do cilindro. As amostras foram imersas em água por quatro (04) dias, conforme norma, e medindo os valores de expansão a cada 24h. Após o período de imersão deixou-se a água escoar por 15 min.

**Figura 8 – Imagens obtida em laboratório: Detalhe das amostras.**



A amostra foi colocada na prensa com os discos usados no ensaio de expansão aplicando aproximadamente 45-KN. Zerou-se o relógio comparador aplicando velocidade de 1,27 mm/min. As leituras do relógio e da célula de carga foram realizadas em intervalos de tempo detalhados em norma.

**Figura 9 – Imagem da prensa utilizada para o ensaio.**



Com os valores medidos obteve-se a curva pressão aplicada versus penetração do pistão e calculou-se o Índice de suporte Califórnia (ISC).

**Tabela 1 – Resultados dos ensaios de CBR.**

AMOSTRA	Material	CBR
1	Cascalho	54,0
2	Cascalho + 2% de cimento	83,6
3	BGS Pedreira	80,0
4	BGS Reciclado	86,4

Levando em consideração os CBR exigidos em projeto (SUBBASE > 20 e BASE > 60) o cenário com aplicação de cascalho em natura não pode ser usado, uma vez que não atingiu o valor mínimo de projeto.

#### 4.3 Resultados dos orçamentos

A tabela 2 apresenta o valor por m<sup>2</sup> para execução das camadas do pavimento em questão.

**Tabela 2 – Valores por m<sup>2</sup>.**

CENÁRIO	VALOR M <sup>2</sup> SUBBASE	VALOR M <sup>2</sup> BASE
1	R\$9,19	-
2	R\$9,19	R\$12,82
3	R\$10,05	R\$11,18
4	R\$17,25	R\$18,38

Os valores destacados na tabela são as soluções mais em conta para execução do loteamento em questão. Vale ressaltar que a solução de aplicação de cascalho in natura para BASE foi descartada, pois o material não atingiu o CBR de projeto, por isso o cenário 1 está zerado na coluna da BASE.

**Tabela 2 – Comparativo de preços.**

SOLUÇÕES PARA PAVIMENTAÇÃO				
CAMADAS	SOLO CIMENTO	BGS RECICLADO RCC	BGS PEDREIRA	MENOR CUSTO
SUBBASE	R\$ 1.653.752,83	R\$ 1.808.144,21	R\$ 3.104.543,22	R\$ 1.653.752,83
BASE	R\$ 2.307.888,83	R\$ 2.011.745,67	R\$ 3.308.144,68	R\$ 2.011.745,67
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 3.961.641,65</b>	<b>R\$ 3.819.889,88</b>	<b>R\$ 6.412.687,90</b>	<b>R\$ 3.665.498,50</b>
DIFERENÇA	R\$ 296.143,16	R\$ 154.391,39	R\$ 2.747.189,41	
	8,1%	4,2%	74,9%	

Adotando essa solução mista, subbase da obra sendo executada com cascalho sem mistura e base com o BGS RCC temos uma economia de R\$296.143,16 (8,1%) do valor previsto para execução inicial com solo cimento.

## 5 CONCLUSÕES

Diante do alto investimento para execução do pavimento do loteamento em questão, este estudo tinha como objetivo demonstrar, via comparativos de orçamentos, melhores soluções de materiais visando a viabilidade econômica do negócio.

Diante das dificuldades de localizar cascalho próximo a obra foi levantado a possibilidade de estudar outras soluções. Foi constatada a importância da análise individual de cada projeto, diante das peculiaridades de cada região. Dentre elas, vale ressaltar que a localização da execução da obra interfere completamente na solução adotada, uma vez que essa obra pode estar mais bem localizada e o DT (distância de transporte) inviabilizar algumas soluções.

Com a montagem dos cenários, foi possível demonstrar que: a junção das soluções do cenário 1 (cascalho sem mistura) e cenário 3 (BGS RCC) proporciona uma economia de R\$:296.143,16 (8,1%) se comparado com a solução de solo cimento inicialmente proposta pela empreiteira.

O estudo demonstrou que apesar do DT de outros materiais serem até 80% menor, ainda assim o custo do material inviabiliza a aplicação. Vale ressaltar que existem outras variáveis que não foram abordadas no estudo, como por exemplo o prazo para o transporte do cascalho, dificuldades com a qualidade das estradas e burocracias para licenciamento da cascalheira. Essas variáveis podem ser determinantes para seguir com a solução do cenário 3.

Vale ressaltar que além de melhorar a viabilidade do negócio é de suma importância a utilização de materiais reciclados contribuindo com o meio ambiente.

Outro item relevante para ser ponderado é a importância do acompanhamento de laboratório de solos para atestar o material que será aplicado, pois o

solo é um material homogêneo e durante a extração é comum a mudança de características do solo como manchas de silte o que altera completamente a resistência do material, por isso é indispensável o acompanhamento profissionais na extração/aplicação. O mesmo acontece com as misturas adquiridas em pedreiras e recicladoras, como se trata de misturas de vários materiais com dosagens específicas para cada traço, portanto os materiais precisam ser inspecionados e ensaiados para garantir a resistência exigida em projeto.

Para finalizar, fazendo uma comparação com a obra de duplicação da GO-020, onde foram pavimentados 47,9km, aplicando o % de economia que obtemos neste estudo, totaliza o valor R\$709.000,00 de economia. É uma estimativa, porem demonstra a importância de sempre estudar outras soluções para execução do pavimento, visto que os investimentos neste ramo de pavimentação são onerosos.

## 6 AGRADECIMENTOS

Para o bom desempenho desta pesquisa, agradecemos o apoio e as ótimas contribuições de nosso orientador Edson Nishi, tanto nos aspectos acadêmicos quanto no profissional e pessoal, de nossas famílias, que tanto nos deram apoio e suporte, e à instituição Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC, por toda estrutura e pelas possibilidades de acesso às fontes de pesquisas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE (DNIT). Rio de Janeiro, 2006.

PAPAGIANNAKIS, A.T. E MASSAD, E.A (2008). **Pavement design and materials**. Hoboken: John Wiley & Sons. 2008. 542p.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS/ADEBA, 2006.

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES DA UFPR. **Transportes B- Tipos de pavimentos**. 2009. Disponível em: <[http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/mod1Introduc](http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/mod1Introduc%20ao.pdf) ao.pdf.> Acesso em: 25 maio.2020

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006. **MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO**, 3a. ed. Rio de Janeiro, 2006.

Pesquisa CNT de rodovias 2019. – Brasília : CNT : SEST SENAT, 2014. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/pesquisas>

## 8 ANEXOS E APÊNDICES

Para fundamentação e esclarecimentos do estudo executado foram anexados os seguintes materiais:

- Resultado dos ensaios laboratoriais;
  - CBR CASCALHO;
  - CBR SOLO CIMENTO;
  - CBR BGS RCC;
  - CBR BGS PEDREIRA.
- Tabela de comparativos dos orçamentos e cálculo da média.

**RESULTADOS DE ENSAIOS - SOLUÇÕES PARA PAVIMENTO  
LABORATÓRIO DE SOLOS**

<b>CENÁRIO</b>	<b>Nome da Amostra</b>	<b>CBR</b>	<b>Densidade</b>	<b>Umidade</b>
1	Cascalho Quartzo Arenoso	54,0	1.899	9,9
2	Solo Cimento (Cascalho Quatzo Arenoso + 2,0% de Cimento)	83,6	1.873	11,0
3	BGS RECICLADO RCC (Resíduos de construção civil)	86,4	1.839	13,3
4	BGS Pedreira	80,5	2.206	4,9

## ENSAIO DE CBR I.S.C

CLIENTE:	EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO BETÃO - SPE			REGISTRO:	2 / 4
OBRA:	LOTEAMENTO GLOBAL PARK			FUO Nº:	AM-01
LOCAL:	APARECIDA DE GOIÂNIA - GO	PROCEDÊNCIA:	OBRA	AMOSTRA Nº:	1
ESTUDO:	SOLO NATURAL	SEGMENTO:	-	PROF. (m):	-
MATERIAL:	CASCALHO QUARTZO ARENOSO			DATA:	17/02/2020

### ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

#### EXPANSÃO

DATA	HORA	DIAS	Molde nº	166	Exp. Final	Molde nº	168	Exp. Final	Molde nº	169	Exp. Final
			Leitura	Diferença	%	Leitura	Diferença	%	Leitura	Diferença	%
17/02/2020		1	2,00			2,00			2,00		
18/02/2020		2	2,00			2,00			2,00		
19/02/2020		3	2,00			2,00			2,00		
20/02/2020		4	2,00	0	0,00	2,00	0	0,00	2,00	0	0,00

#### DNER ME 049

#### ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

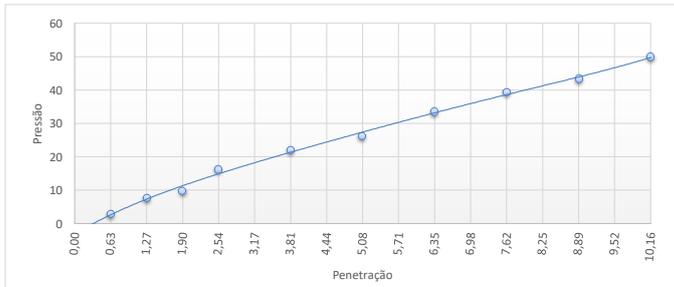
Constante do Anel

0,0863

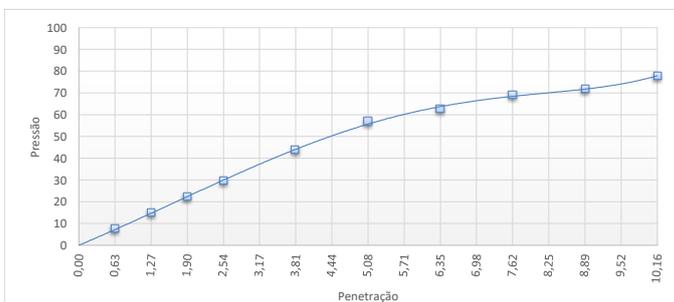
Penetração	Pressão Padrão	Tempo	Molde nº	166			Molde nº	168	ÓTIMO			Molde nº	169	SATURADO		
				Pressão		CBR			Pressão		CBR			Pressão		CBR
				Calculada	Corrigida				Calculada	Corrigida				Calculada	Corrigida	
Pol.	Pal	minutos	Leitura do Anel	Calculada	Corrigida	%	Leitura do Anel	Calculada	Corrigida	%	Leitura do Anel	Calculada	Corrigida	%		
0,000		0,0	0	0			0				0					
0,025		0,5	32	2,8			90	7,8			10	0,9				
0,050		1,0	88	7,6			170	14,7			17	1,5				
0,075		1,5	112	9,7			260	22,4			35	3,0				
0,100	1,000	2,0	189	16,3	70,31	23,2	340	29,3	70,31	41,7	50	4,3	70,31	6,1		
0,150		3,0	254	21,9			510	44,0			60	5,2				
0,200	1,500	4,0	303	26,1	105,46	24,8	660	57,0	105,46	54,0	83	7,2	105,46	6,8		
0,250		5,0	387	33,4			723	62,4			122	10,5				
0,300	1,900	6,0	456	39,4			798	68,9			145	12,5				
0,350		7,0	502	43,3			832	71,8			187	16,1				
0,400	2,300	8,0	578	49,9			902	77,8			234	20,2				

### ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - GRAFICOS

**SECO**



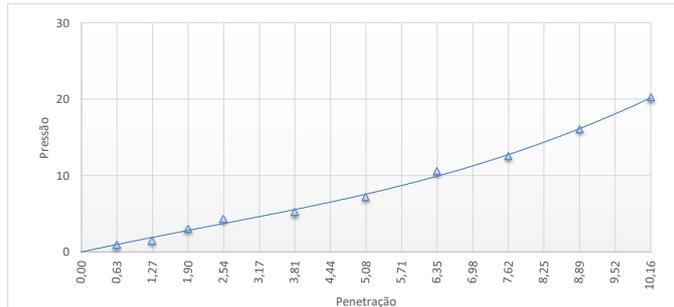
**ÓTIMO**



**CBR**

**54,0**

**SATURADO**



Ismael Borges de Souza

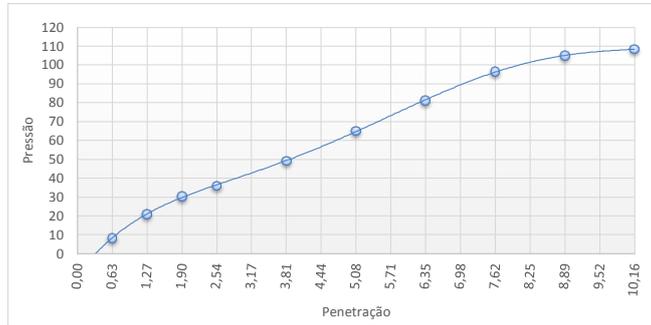
Laboratorista

Engenheiro Responsável

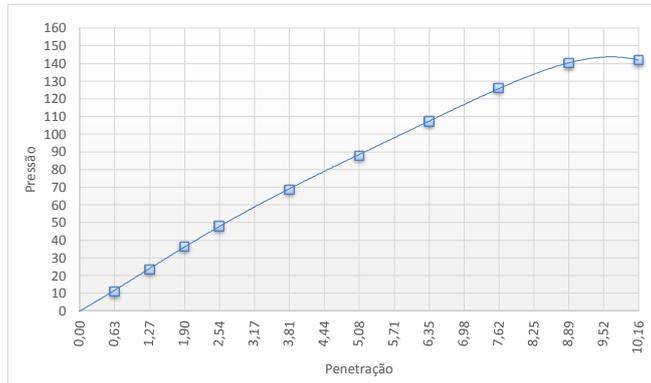
CLIENTE:	EMPREENHIMENTO IMOBILIÁRIO BETÂNIA - SPE		REGISTRO:	3/5	
OBRA:	LOTEAMENTO GLOBAL PARK		FURO Nº:	3	
LOCAL:	APARECIDA DE GOIANIA	PROCEDÊNCIA:	INTERMEDIÁRIO	AMOSTRA Nº:	AM-C
TRECHO:	-	SEGMENTO:	2% DE CIMENTO	PROF. (m):	-
ESTACA:		ESTUDO:		DATA:	30/07/2019

**INDICE DE SUPORTE CALIFORNIA - GRAFICOS**

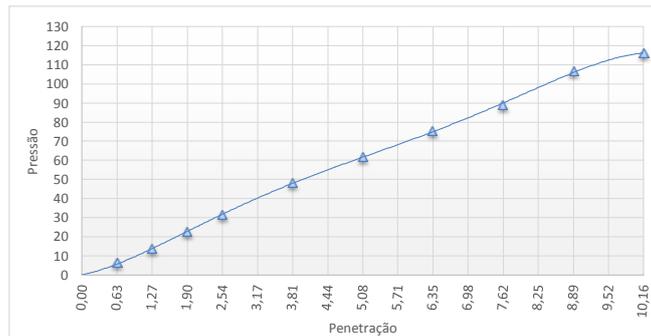
**SECO**



**ÓTIMO**



**SATURADO**



**CBR**

**83,6**

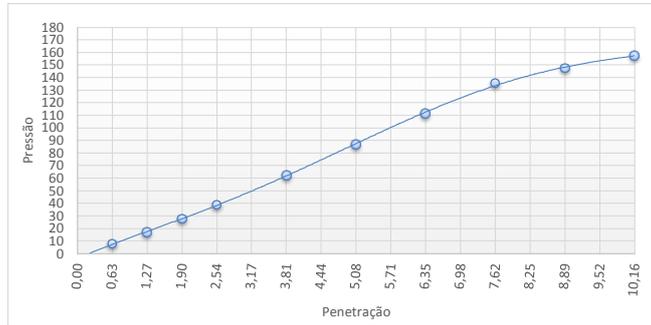
\_\_\_\_\_  
Laboratorista

  
 Engenheiro Responsável.

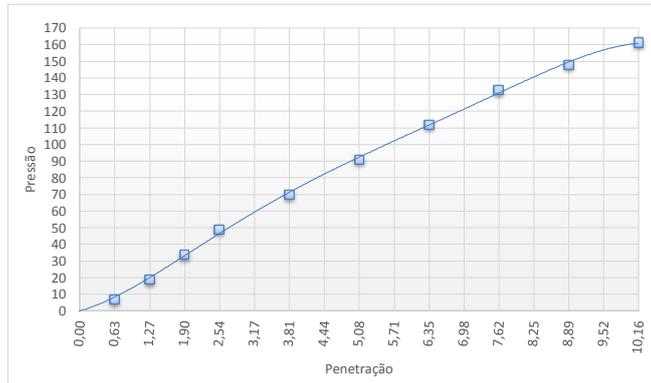
CLIENTE:	EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO BETÂNIA - SPE		REGISTRO:	3/5
OBRA:	LOTEAMENTO GLOBAL PARK		FURO Nº:	3
LOCAL:	APARECIDA DE GOIANIA	PROCEDÊNCIA:	OBRA	AMOSTRA Nº:
TRECHO:	-	SEGMENTO:	BGS RESÍDUOS	PROF. (m):
ESTACA:		ESTUDO:		DATA:
				04/08/2019

**INDICE DE SUPORTE CALIFORNIA - GRAFICOS**

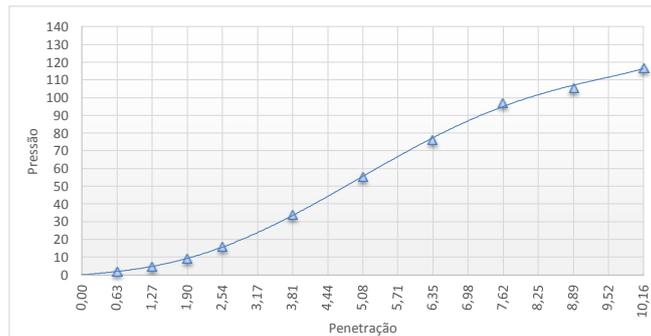
**SECO**



**ÓTIMO**



**SATURADO**



**CBR**

**86,4**



\_\_\_\_\_  
Laboratorista

\_\_\_\_\_  
Engenheiro Responsável.

## ENSAIO DE CBR I.S.C

CLIENTE:	EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO BETÃO - SPE			REGISTRO:	2 / 4
OBRA:	LOTEAMENTO GLOBAL PARK			FUO Nº:	AM-04
LOCAL:	APARECIDA DE GOIÂNIA - GO	PROCEDÊNCIA:	PEDREIRA IZAIRA	AMOSTRA Nº:	1
ESTUDO:	-	SEGMENTO:	COLETA IN LOCO	PROF. (m):	-
MATERIAL:	BGS (BRITA GRADUADA SIMPLES)			DATA:	17/02/2020

### ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

#### EXPANSÃO

DATA	HORA	DIAS	Molde nº	166	Exp. Final	Molde nº	168	Exp. Final	Molde nº	169	Exp. Final
			Leitura	Diferença	%	Leitura	Diferença	%	Leitura	Diferença	%
17/02/2020		1	2,00			2,00			2,00		
18/02/2020		2	2,00			2,00			2,00		
19/02/2020		3	2,00			2,00			2,00		
20/02/2020		4	2,00	0	0,00	2,00	0	0,00	2,00	0	0,00

#### DNER ME 049

#### ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

Constante do Anel

0,0863

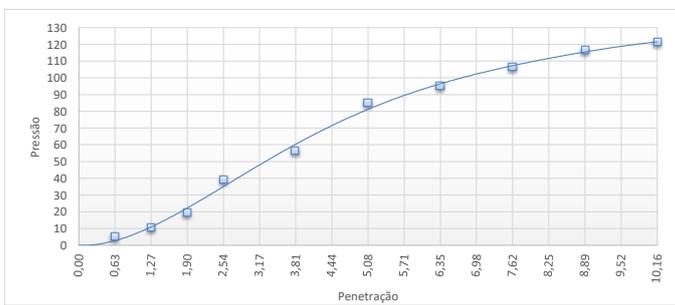
Penetração	Pressão Padrão	Tempo	Molde nº	166			Molde nº	168	ÓTIMO			Molde nº	169	SATURADO			
				Pressão		CBR			Pressão		CBR			Pressão		CBR	
				Calculada	Corrigida				Calculada	Corrigida				Calculada	Corrigida		
0,000		0,0	0	0		0		0		0		0					
0,025		0,5	33	2,8		56	4,8		24	2,1							
0,050		1,0	80	6,9		120	10,4		45	3,9							
0,075		1,5	150	12,9		221	19,1		90	7,8							
0,100	1,000	2,0	211	18,2	70,31	25,9	454	39,2	70,31	55,7	145	12,5	70,31	17,8			
0,150		3,0	433	37,4		655	56,5		233	20,1							
0,200	1,500	4,0	662	57,1	105,46	54,2	984	84,9	105,46	80,5	344	29,7	105,46	28,2			
0,250		5,0	754	65,1		1102	95,1		465	40,1							
0,300	1,900	6,0	802	69,2		1233	106,4		567	48,9							
0,350		7,0	895	77,2		1349	116,4		605	52,2							
0,400	2,300	8,0	956	82,5		1405	121,3		693	59,8							

### ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - GRAFICOS

**SECO**



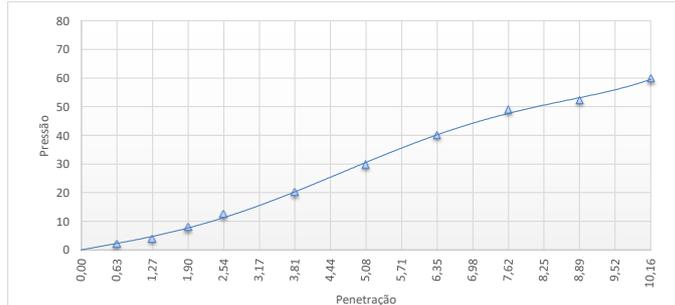
**ÓTIMO**



**CBR**

**80,5**

**SATURADO**



Ismael Borges de Souza

Laboratorista

Engenheiro Responsável

## ANEXO V

### COMPARATIVO DE ORÇAMENTOS - SOLO CIMENTO (CASCALHO + 2% CIMENTO)

ORÇAMENTO EMPREENDIMENTO ESTUDADO				GRUPO TERRA		CCL		TERRABRASILIS		MÉDIA DE ORÇAMENTOS	
Descrição do Serviço	DMT	Unid.	Quant.	Preço Unitário	Preço Total	Preço Unitário	Preço Total	Preço Unitário	Preço Total	Preço Unitário	Preço Total
<b>SUB-BASE E BASE</b>					<b>R\$ 3.552.064,26</b>		<b>R\$ 3.975.006,78</b>		<b>R\$ 4.756.463,24</b>		<b>R\$ 3.961.641,65</b>
Escavação e Carga de Material de Jazida, COM indenização (Pav. Urbana)		m3	65.515,32	R\$ 14,60	R\$ 956.523,67	R\$ 15,00	R\$ 982.729,80	R\$ 13,68	R\$ 896.249,58	R\$ 14,60	R\$ 956.523,67
Transporte de Mat. de Jazida - Cascalho (Pav. Urbana)	35,00	m3xkm	2.293.036,20	R\$ 0,70	R\$ 1.595.035,98	R\$ 0,69	R\$ 1.582.194,98	R\$ 0,89	R\$ 2.040.802,22	R\$ 0,70	R\$ 1.595.035,98
Estabilização Granulométrica Sem Mistura (Sub-Base) - 15cm		m3	25.198,20	R\$ 14,10	R\$ 355.294,62	R\$ 15,00	R\$ 377.973,00	R\$ 27,85	R\$ 701.769,87	R\$ 15,00	R\$ 377.973,00
Estabilização Granulométrica com adição de 2% cimento (Base) - 15cm		m3	25.198,20	R\$ 16,92	R\$ 426.353,54	R\$ 25,00	R\$ 629.955,00	R\$ 28,05	R\$ 706.809,51	R\$ 25,00	R\$ 629.955,00
Fornecimento de CIMENTO - 2% BASE		sc	21.166,00	R\$ 10,34	R\$ 218.856,44	R\$ 19,00	R\$ 402.154,00	R\$ 19,41	R\$ 410.832,06	R\$ 19,00	R\$ 402.154,00

### COMPARATIVO DE ORÇAMENTOS - BGS RECICLADO RCC

ORÇAMENTO EMPREENDIMENTO ESTUDADO				GRUPO TERRA		CCL		TERRABRASILIS		MÉDIA DE ORÇAMENTOS	
Descrição do Serviço	DMT	Unid.	Quant.	Preço Unitário	Preço Total	Preço Unitário	Preço Total	Preço Unitário	Preço Total	Preço Unitário	Preço Total
<b>SUB-BASE E BASE</b>					<b>R\$ 3.768.485,56</b>		<b>R\$ 3.768.743,58</b>		<b>R\$ 4.211.727,94</b>		<b>R\$ 3.819.889,88</b>
Aquisição de BGS RECICLADO (RCC)		m³	35.277,48	R\$ 35,00	R\$ 1.234.711,80	R\$ 34,30	R\$ 1.210.017,56	R\$ 33,50	R\$ 1.181.795,58	R\$ 34,30	R\$ 1.210.017,56
Aquisição de BGS RECICLADO (RCC)		m³	35.277,48	R\$ 35,00	R\$ 1.234.711,80	R\$ 34,30	R\$ 1.210.017,56	R\$ 33,50	R\$ 1.181.795,58	R\$ 34,30	R\$ 1.210.017,56
Transporte de Mat. da Recicladora - BGS	7,00	m3xkm	493.884,72	R\$ 0,70	R\$ 343.546,21	R\$ 0,69	R\$ 340.780,46	R\$ 0,89	R\$ 439.557,40	R\$ 0,70	R\$ 343.546,21
Estabilização Granulométrica Sem Mistura (Sub-Base) - 15cm		m3	25.198,20	R\$ 16,92	R\$ 426.353,54	R\$ 15,00	R\$ 377.973,00	R\$ 27,85	R\$ 701.769,87	R\$ 16,92	R\$ 426.353,54
Estabilização Granulométrica (Base) - 15cm		m3	25.198,20	R\$ 21,00	R\$ 529.162,20	R\$ 25,00	R\$ 629.955,00	R\$ 28,05	R\$ 706.809,51	R\$ 25,00	R\$ 629.955,00

### COMPARATIVO DE ORÇAMENTOS - BGS PEDREIRA

ORÇAMENTO EMPREENDIMENTO ESTUDADO				GRUPO TERRA		CCL		TERRABRASILIS		MÉDIA DE ORÇAMENTOS	
Descrição do Serviço	DMT	Unid.	Quant.	Preço Unitário	Preço Total	Preço Unitário	Preço Total	Preço Unitário	Preço Total	Preço Unitário	Preço Total
<b>SUB-BASE E BASE</b>					<b>R\$ 6.329.029,88</b>		<b>R\$ 6.358.211,41</b>		<b>R\$ 7.044.610,38</b>		<b>R\$ 6.437.886,10</b>
Aquisição de BGS RECICLADO (Brita Graduada Simples)		m³	45.356,76	R\$ 49,50	R\$ 2.245.159,62	R\$ 50,70	R\$ 2.299.587,73	R\$ 51,45	R\$ 2.333.605,30	R\$ 50,70	R\$ 2.299.587,73
Aquisição de BGS (Brita Graduada Simples)		m³	45.356,76	R\$ 49,50	R\$ 2.245.159,62	R\$ 50,70	R\$ 2.299.587,73	R\$ 51,45	R\$ 2.333.605,30	R\$ 50,70	R\$ 2.299.587,73
Transporte de Mat. da Pedreira - BGS	12,00	m3xkm	1.088.562,24	R\$ 0,70	R\$ 757.203,89	R\$ 0,69	R\$ 751.107,95	R\$ 0,89	R\$ 968.820,39	R\$ 0,70	R\$ 757.203,89
Estabilização Granulométrica Sem Mistura (Sub-Base) - 15cm		m3	25.198,20	R\$ 16,92	R\$ 426.353,54	R\$ 15,00	R\$ 377.973,00	R\$ 27,85	R\$ 701.769,87	R\$ 16,92	R\$ 426.353,54
Estabilização Granulométrica (Base) - 15cm		m3	25.198,20	R\$ 26,00	R\$ 655.153,20	R\$ 25,00	R\$ 629.955,00	R\$ 28,05	R\$ 706.809,51	R\$ 26,00	R\$ 655.153,20