

ESTUDO PARA MELHORAMENTO DA CAPACIDADE DE SUPORTE DE UM SOLO RESIDUAL COM ADIÇÃO DE AGREGADO PÉTREO BRITADO

Régis Pinheiro Maria ¹; Cezar Augusto Burkert Bastos ²

Resumo – Nos municípios que integram a região sul do Rio Grande do Sul é possível observar uma grande demanda por vias pavimentadas, sendo estas vias de grande fluxo e periféricas. Essa conjuntura formou-se, principalmente, devido a dois fatores: financeiro e técnico; o primeiro destaca-se a falta de investimentos em projetos de infraestrutura em vista da escassez de recursos públicos, já em relação ao fator técnico destacamos o baixo suporte dos materiais locais a serem utilizados como camadas de pavimentos disponíveis, fazendo-se necessário a utilização de materiais de empréstimo, com elevado custo de produção e transporte, o que por sua vez corrobora na questão financeira. Com isso o estudo em foco buscou avaliar materiais de empréstimo comercializados na região: saibro fino (SF), saibro britado (SB) e saibro fino misturado a material pétreo britado alterado. Foram avaliadas quatro misturas definidas por métodos de estabilização granulométrica. Três misturas (1, 2 e 3) foram orientadas pelo método empírico, com percentuais crescentes (25%) de material pétreo britado. A mistura 4 foi estabelecida pelo método estatístico e de Rochfuchs (60%SB+40%SF). Com a análise das propriedades físicas e mecânicas das misturas obteve-se melhor desempenho, conjugado ao menor teor de material britado, para a mistura 4, atendendo as especificações de projeto e a maioria dos editais de aquisição de materiais para pavimentação pelas prefeituras da região.

Abstract – In the municipalities that integrate the southern region of Rio Grande do Sul, it is possible to observe a great demand for paved roads, being these intensive traffic and peripheral roads. This situation was mainly due to two factors: financial and technical; the first one stands out the lack of investment in infrastructure projects in the face of the scarcity of public financing, in relation to the technical factor we highlight the low resistance of materials to be used as layers of pavements available, making it necessary to use external materials, which in turn have a high cost associated with the production and transport of these, which in turn corroborates in the financial question. With this, the study focused on evaluating loaned materials in the region, fine gravel (SF) and gravel (SB), fine gravel mixed with altered crushed stone material. Four blends defined by granulometric stabilization methods were evaluated. Three blends (1, 2 and 3) were oriented by the empirical method, with increasing percentages (25%) of crushed stone material. Mixture 4 was established by the Statistical Method and Rochfuchs (60% SB + 40% SF). With the analysis of the physical and mechanical properties of the mixtures, a better performance was obtained, conjugated to the lower content of crushed material, for the blend 4, taking into account the design specifications and the majority of the acquisition requirements by the prefectures of the region.

Palavras-Chave – Pavimentação, Materiais Alternativos, Estabilização Granulométrica, Solo-agregado.

¹ Acadêmico, Universidade Federal do Rio Grande - FURG: Rio Grande - RS, (53) 3293-5335, regis.pinheiro@furg.br
² Prof., Dr, Universidade Federal do Rio Grande - FURG: Rio Grande - RS, (53) 3233-6759, cezarbastos@furg.br

1. INTRODUÇÃO

Na Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul (Figura 1) os terrenos são caracterizados como sedimentares e com baixa capacidade de suporte, o que na maioria dos casos acaba inviabilizando sua aplicação de forma direta em camadas de base e sub-base de pavimentos. Geralmente esses solos são substituídos por materiais de empréstimo, como saibros e britas graduadas, que normalmente possuem capacidade de atender as exigências mínimas de suporte mecânico, previstas nas especificações de projeto de pavimentação da região.



Figura 1. Planície Costeira Sul do RS (segundo definido em Bastos, 2002).

No entanto esses materiais nobres acabam onerando as obras, uma vez que o custo de produção é relativamente alto, bem como existe a incidência de custos com transporte. Dessa forma, torna-se pertinente um estudo de técnicas de melhoramento de solos a fim de otimizar a aplicação desses materiais nobres em conjunto com aqueles de menor capacidade de suporte.

Nesse trabalho serão aplicados critérios de estabilização granulométrica para misturas de dois materiais de empréstimo disponíveis na região sul e conhecidos como saibro fino e material pétreo britado. Serão adotados três métodos de estabilização são eles: método empírico, estatístico e de Rochfuchs. O desempenho destes materiais (saibro fino e misturas deste com material pétreo) foi avaliado por ensaios convencionais empregados na qualificação de solos e agregados para pavimentação: ensaios de caracterização, ensaios para classificação MCT, ensaio de compactação Proctor, ensaio CBR e ensaio de abrasão Los Angeles.

Os materiais em estudo são oriundos de duas jazidas situadas no interior no município de Capão do Leão/RS. Cabe destacar que atualmente já são produzidas e comercializadas misturas destes dois materiais, entretanto sem um critério técnico de dosagem estabelecido. Este material, chamado de “saibro britado”, têm indicadores de qualidade, como valores de ISC (Índice de Suporte Califórnia), com grande variabilidade devido à dosagem intuitiva, onde não são obedecidos critérios técnicos de estabilização, bem como não são verificadas propriedades individuais de cada material e misturas frente a critérios de aceitação.

Apesar da variabilidade acima apontada, os saibros britados têm se constituído o único material que, somados aos materiais puramente pétreos (britas graduadas, macadames, etc...), atendem requisitos estabelecidos em editais de aquisição de materiais para pavimentação na região. Um exemplo é o edital para aquisição de saibro da Prefeitura de Pelotas/RS, de 2017, que exige um valor de ISC igual ou superior a 50%. Neste caso, materiais locais como areias, argilas e saibros (sem misturas pétreas) não alcançam tal indicador de desempenho mecânico.

Com o estudo ora apresentado buscou-se misturas de saibro britado que apresentem um desempenho capaz de melhor atender os projetos da região, assim como os requisitos de editais de licitação para aquisição de material constituinte de camadas de pavimentos de vias nos municípios da região.

2. MATERIAIS ESTUDADOS

2.1. Saibro fino

O material aqui chamado de saibro fino trata-se de solo extraído da jazida denominada Saibreira Barcelos 2 (coordenadas 31°47'39"S 52°31'08"W), situada Cerro do Estado, interior do município do Capão do Leão/RS, entre as rodovias BR 293 e BR 116 (figura 2).

De acordo com o mapa de solos da região, onde a jazida está situada existe a ocorrência de três unidades de mapeamento: PLS4, no entorno da rodovia BR 116, PVd7 e PVd11 (Figura 2). Esta última é onde ocorre a extração do saibro fino, que conforme a classificação pedológica é um Podzólico Vermelho-amarelo (Argissolo Vermelho-amarelo) distrófico Tb cascalhento A moderado, textura média/argilosa, associado a Solos Litólicos (Neossolos Litólicos) distróficos A moderado, textura média cascalhenta, substrato migmático, relevo ondulado e forte ondulado e afloramento de rocha (IBGE, 2002).

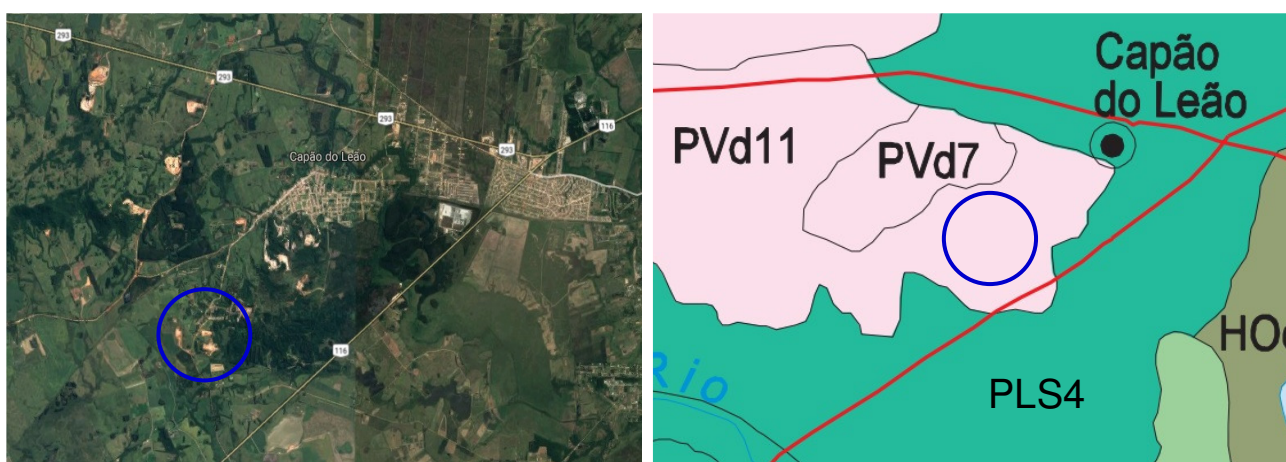


Figura 2. Localização da jazida em imagem de satélite e em mapeamento pedológico (IBGE, 2002).

São solos minerais, não hidromórficos, pouco profundos a profundos (50-200 cm), caracterizados pela presença de um horizonte B textural de coloração vermelho. Sobre este normalmente se apresenta um horizonte A moderado, de cor clara, reflexo da perda de argila e materiais corantes para o horizonte B. Quanto à textura, apresentam inúmeras variações texturais (A/B): arenosa/média, arenosa/argilosa, média/argilosa ou mesmo textura argilosa no A e B, comumente apresentando cascalho ao longo do perfil.

Quando apresentam mudança textural abrupta (dobro de argila no B em relação ao A), recebem a denominação de Podzólico Vermelho-amarelo Abruptico. Estas variedades são extremamente suscetíveis à erosão hídrica, devido ao fato de que a água, ao percolar de forma relativamente fácil no horizonte superficial, encontrando logo abaixo um horizonte naturalmente adensado, tem sua velocidade de infiltração drasticamente diminuída. Há assim, uma rápida saturação dos poros no horizonte superficial, aumento da lâmina de água na superfície, com conseqüente aumento do escoamento superficial e dos riscos de erosão, normalmente nas áreas mais declivosas, onde estes solos ocorrem. Este fato é normalmente agravado pelo baixo índice de agregação no horizonte A que apresentam.

Segundo Bastos (2004), os saibros em questão, que constituem o horizonte C nos perfis supra caracterizados, são solos de alteração de rochas graníticas do Escudo Sul-Riograndense (Figura 3). São materiais granulares, com grãos de variável friabilidade, comumente empregados em obras de pavimentação em toda a região, servindo como camada de base em pavimentação urbana e como revestimento primário em estradas rurais e nos bairros da periferia dos municípios da região.



Figura 3. Jazida de extração do saibro fino – solo de alteração exposto pela terraplenagem.

2.2. Material britado

A extração desse material ocorre principalmente para mistura ao saibro fino, buscando-se assim um material de maior capacidade de suporte, o que possibilitado o atendimento da demanda de projetos de pavimentação. A jazida denominada Saibreira Barcelos localiza-se também no interior do município do Capão do Leão/RS (coordenadas 31°44'50"S 52°31'11"W), próximo a BR 293 (Figura 4).

De acordo com o mapeamento geológico da região, a jazida está situada na parte compreendida pela Suíte Granítica Dom Feliciano – Domínio Oriental (Cinturão Dom Feliciano) (Figura 4), sub local 30, definido como granito Capão do Leão, com a ocorrência de sieno a monzogranitos róseos, de granulação média a grossa, ocasionalmente porfiríticos, praticamente isentos de máficos e contendo granada do tipo almandina como varietal.

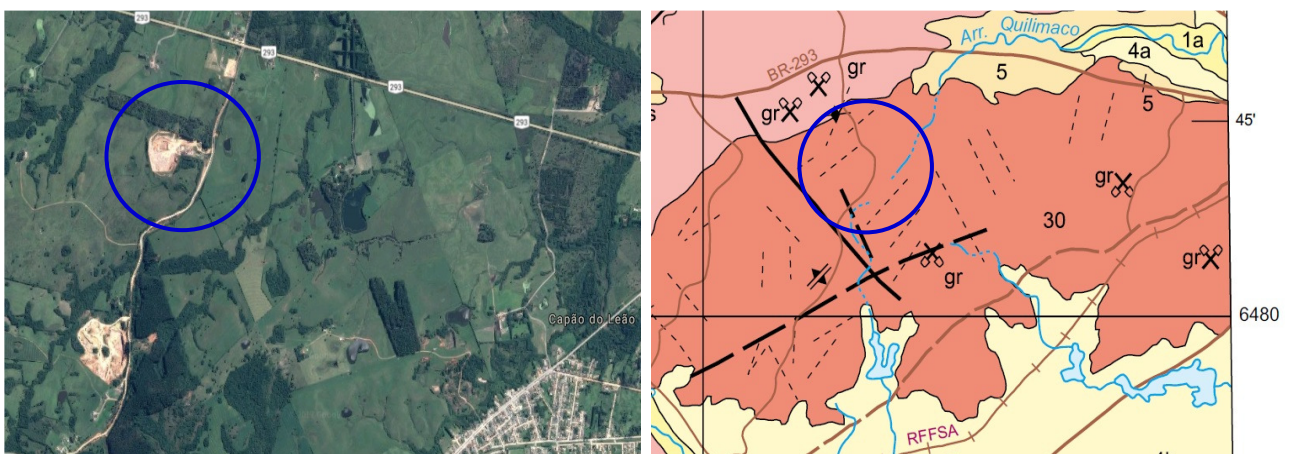


Figura 4. Localização da jazida em imagem de satélite e através de mapeamento geológico – CPRM (1999).

Na Figura 5 é apresentado o processo de obtenção do material pétreo britado, que ocorre inicialmente com a detonação do maciço rochoso, segregação dos blocos de maior dimensão para só então realizar o processo de britagem deste material. Cabe destacar que o tamanho de grão do agregado britado não obedece a um padrão uniforme, o que difere muito entre os agregados normalmente comercializados, variando de pedras de mão até britas.



Figura 5. Processo de beneficiamento da rocha para obtenção do material pétreo britado.

Cabe ressaltar também que a exploração do leito de rocha é também motivada pela exaustão de jazidas de saibro e da dificuldade de licenciamento de novas jazidas, em locais com material de melhor desempenho mecânico. O processo de mistura do material britado com o saibro fino não obedece a critérios normatizados, sendo realizado na base do empirismo, o que justifica o objeto de estudo desse trabalho.

3. METODOLOGIA APLICADA

O método de pesquisa adotada tem por base ensaios de laboratório nas amostras de solo (saibro fino) e agregado pétreo britado, bem como nas misturas compostas com percentuais variados de ambos os materiais. Foram realizados ensaios de caracterização e classificação geotécnica para cada mistura, ensaios da metodologia G-MCT, ensaios de caracterização física do agregado pétreo britado e determinação dos parâmetros de compactação e resistência para cada mistura.

A caracterização geotécnica do solo foi realizada a partir de ensaios de análise granulométrica por peneiramento e sedimentação (segundo NBR 7181/16), determinação do peso específico real dos grãos (segundo NBR 6508/84), e determinação dos limites de Atterberg, (segundo NBR 6459/16 e NBR 7180/16). Com os resultados dos ensaios foi obtida a classificação do solo segundo sistemas HRB-AASHTO e SUCS.

O material britado foi caracterizado através de ensaios usuais aplicados a agregados pétreos, dentre eles destacamos a determinação da composição granulométrica (conforme NBR NM 248/03), determinação da massa específica e absorção de água (de acordo com NBR NM 53/02), determinação da massa unitária (segundo NBR NM 45/02), e ensaio de abrasão Los Angeles (segundo NBR NM 51/01).

Foram executados, também, ensaios para classificação pela metodologia G-MCT, sendo eles compactação Mini MCV e Perda de Massa por Imersão. Estes ensaios foram realizados segundo as normas DNER-ME 258/1994 (Solos compactados em equipamentos miniatura – Mini MCV) e DNER-ME 256/1994 (Solos compactados em equipamentos miniatura – determinação da perda de massa por imersão).

De posse da caracterização individual dos materiais, foram propostas cinco misturas, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Proporções das misturas estudadas.

Mistura	Saibro Fino	Material Britado
0	100%	0%
1	75%	25%
2	50%	50%
3	25%	75%
4	40%	60%

Mistura 0: 100%SF; Mistura 1: 75%SF+25%SB; Mistura 2: 50%SF+50%SB;
 Mistura 3: 25%SF+75%SB; Mistura 4: 40%SF+60%SB.
 SF: saibro fino; SB: material pétreo britado

A mistura zero (0) é formada somente por saibro fino, posteriormente acrescentou-se 25% de material britado a cada uma das misturas seguintes (1, 2 e 3). Já na mistura quatro (4) o ideal percentual de cada um dos materiais foi determinado através dos métodos de estabilização granulométrica citados: algébrico, empírico e de Rochfuchs, onde foi definida a Curva de Talbot como distribuição granulométrica ideal, conforme a Figura 6.

curvas granulométricas

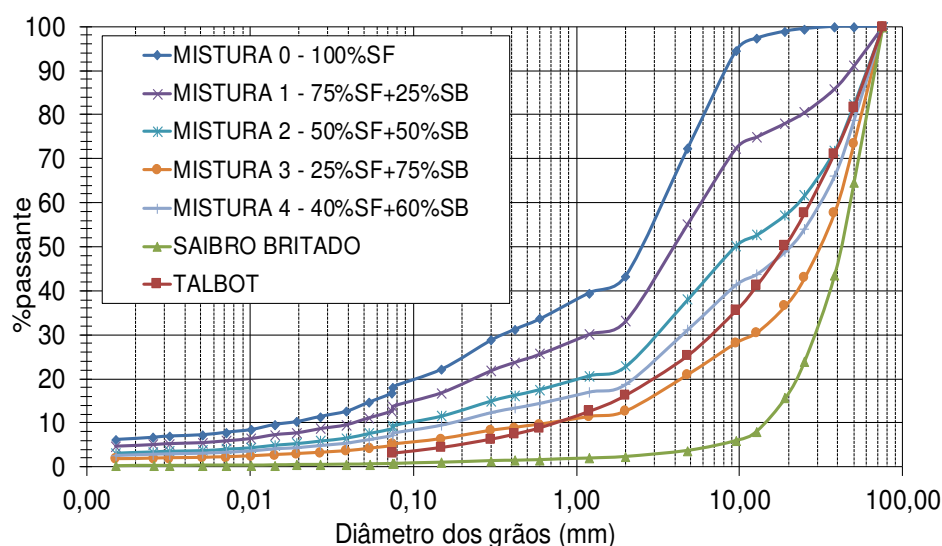


Figura 6. Curva granulométrica dos materiais e misturas.

Foram realizados ensaios Proctor de compactação, segundo a NBR 6457/16 e NBR 7182/16, no saibro fino e nas misturas do mesmo com rocha britada, conforme as proporções de mistura definidas anteriormente. Os ensaios buscam a determinação do teor de umidade ótima de compactação e do peso específico aparente seco máximo para cada uma das três energias de compactação padrões: Proctor Normal, Proctor Intermediário e Proctor Modificado.

Na sequência, foram realizados ensaios de determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC) ou ensaio CBR que tem por objetivo avaliar a capacidade de suporte de um solo compactado para sua utilização em bases, sub-bases e subleitos de pavimentos, bem como sua expansividade quando imerso em água. Os ensaios foram realizados segundo a NBR 9895/16. Cabe destacar que os corpos de prova resultantes de cada ponto do ensaio de compactação foram submetidos ao ensaio CBR e, portanto, tiveram determinados seus índices de suporte e expansão.

4. RESULTADOS

Na Tabela 2 são apresentados os percentuais de cada fração granulométrica das misturas bem como do agregado pétreo britado (SB), conforme definido na norma NBR 6502/95 e os resultados dos ensaios de determinação do limite de liquidez, limite de plasticidade e do Índice de Plasticidade. As amostras foram classificadas pelo Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS) e pelo sistema da HRB (Highway Research Board). A Figura 6 apresentou as curvas granulométricas.

Tabela 2. Frações granulométricas, limites de Atterberg e classificações geotécnicas.

Amostra	Pedr. (%)	AG (%)	AM (%)	AF (%)	Silte (%)	Argila (%)	wl (%)	wp (%)	IP (%)	SUCS	HRB
Mistura 0	57	9	9	10	9	6	33	21	12	SW	A-2-6(0)
Mistura 1	67	7	7	7	7	5	31	22	9	SP	A-2-4(0)
Mistura 2	77	5	5	5	5	3	28	21	7	GP	A-2-4(0)
Mistura 3	87	3	3	3	2	2	26	20	6	GP	A-1-a(0)
Mistura 4	82	4	4	4	4	2	29	22	7	GP	A-2-4(0)
SB	98		1			1	-	-	*NP	GP	A-1-a(0)

Pedr.: pedregulho; AG: areia grossa; AM: areia média, AF: areia fina.

wl: limite de liquidez; wp: limite de plasticidade; IP: Índice de Plasticidade; *NP: não plástico.

Mistura 0: 100%SF; Mistura 1: 75%SF+25%SB; Mistura 2: 50%SF+50%SB; Mistura 3: 25%SF+75%SB;

Mistura 4: 40%SF+60%SB.

SF: saibro fino; SB: material pétreo britado

Para a classificação G-MCT foram ensaiadas somente as três amostras que melhor representam os diferentes materiais estudados, de acordo com as classificações geotécnicas tradicionais obtidas, são elas: misturas 0 e 4 e material pétreo britado. As três amostras foram classificadas como NA' (solo arenoso de comportamento não laterítico), ou seja, os finos dos materiais constituintes e, por consequência, da mistura entre eles, apresentam comportamento não laterítico (Figura 7a).

Com os resultados da análise granulométrica das amostras são definidos os tipos granulométricos da classificação G-MCT, específicos dos solos de granulação grossa (Figura 7b), conforme proposto por Villibor e Alves (2017).

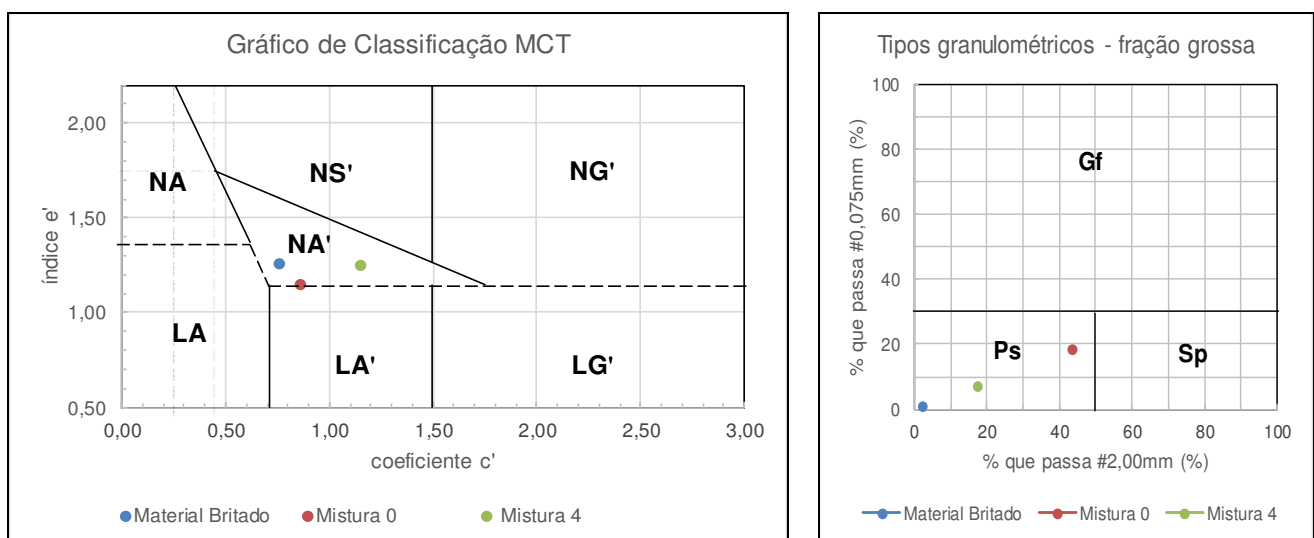


Figura 7. (a) Classificação MCT da fração fina das amostras (modificado de Nogami e Villibor, 1995);

(b) Tipos granulométricos dos solos de granulação grossa.

As amostras são todas classificadas como Ps, pedregulho com solo. De posse da classificação MCT dos finos e o tipo granulométrico define-se a classificação G-MCT das amostras: Ps-NA', ou seja, pedregulho com solo com finos arenosos de comportamento não laterítico. A classificação é coerente com a constituição granulométrica e natureza saprolítica dos materiais estudados.

Referente à caracterização do material pétreo podemos destacar o diâmetro máximo do agregado de 75 mm. Os critérios para materiais constituintes de camada de base estabilizada granulometricamente (DNIT – ES303/97) e de sub-base ou base de solo-brita (NBR EB2104/91) limita esse parâmetro em 50,8 mm. Na determinação da massa específica, absorção e massa unitária, foram obtidos os seguintes resultados: 2,629 g/cm³; 0,66% e 1,478 g/cm³, respectivamente. Com relação à determinação do desgaste por abrasão Los Angeles, o agregado pétreo apresentou uma perda de 15,2%.

Os resultados de teor de umidade ótimo (w_{ot}) e correspondente peso específico aparente seco máximo (γ_{dmax}) determinados nas energias do Proctor Normal, Proctor Intermediário e Proctor Modificado são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados de peso específico aparente seco máximo e teor de umidade ótima.

		PN	PI	PM
Mistura 0	w_{ot} (%)	14,20	13,60	12,80
	γ_{dmax} (kN/m ³)	17,62	17,86	19,06
Mistura 1	w_{ot} (%)	13,50	11,60	9,50
	γ_{dmax} (kN/m ³)	18,94	19,70	20,23
Mistura 2	w_{ot} (%)	12,40	10,00	8,60
	γ_{dmax} (kN/m ³)	19,42	19,84	20,36
Mistura 3	w_{ot} (%)	10,40	9,40	6,00
	γ_{dmax} (kN/m ³)	19,90	20,12	21,00
Mistura 4	w_{ot} (%)	12,20	9,70	7,50
	γ_{dmax} (kN/m ³)	19,60	19,93	20,61

Mistura 0: 100%SF; Mistura 1: 75%SF+25%SB; Mistura 2: 50%SF+50%SB; Mistura 3: 25%SF+75%SB; Mistura 4: 40%SF+60%SB.

SF: saibro fino; SB: material pétreo britado

A partir dos resultados acima é possível observar que para uma mesma energia de compactação, quanto maior for a parcela de agregado na mistura há uma tendência de aumento do peso específico aparente seco máximo e de redução do teor de umidade ótimo da mistura. Na Figura 8 são apresentados os resultados relativos à capacidade de suporte dos corpos de prova moldados no teor de umidade ótimo e peso específico aparente seco máximo.

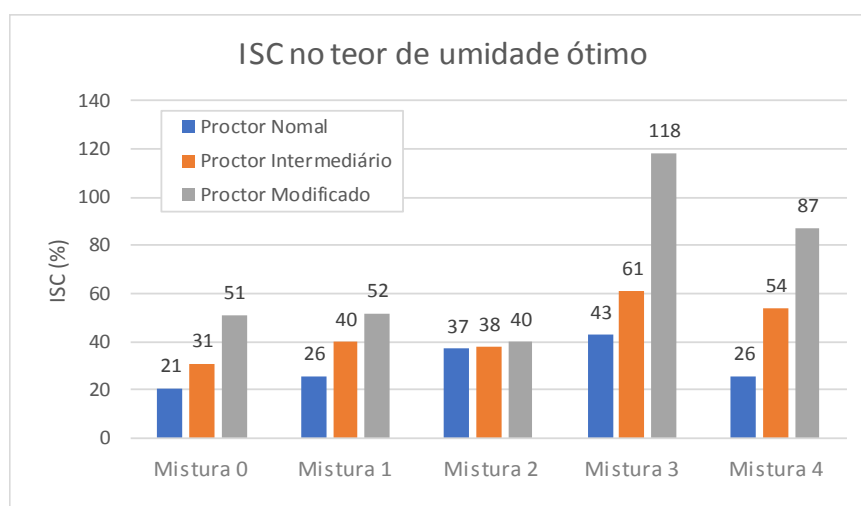


Figura 8. Índice de Suporte Califórnia no teor de umidade ótimo.

Durante o ensaio de compactação percebeu-se que na mistura 3, com 75% de agregado em sua composição, a medida que recebia o impacto do soquete sobre a amostra, os agregados fraturavam devido à ação direta do soquete sobre as partículas grosseiras, em função da pouca porcentagem de material fino. Esse fato acaba influenciando no comportamento do material compactado, tendo em vista que sua granulometria ao final acaba modificada em relação àquela do início do ensaio.

Além da capacidade de suporte, foi determinada a expansão de cada corpo de prova onde os resultados obtidos em ambas as energias de compactação são bastante satisfatórios, tendo em vista que não ultrapassam 1%, estando em conformidade com as normas do DNIT e DAER os quais recomendam que, para utilização como camada de reforço, a expansão não deve ultrapassar 1%, bem como para regularização de subleito não deve ser superior a 2%.

5. CONCLUSÕES

Foram propostas misturas de saibro fino com material pétreo alterado britado. Foram estudadas quatro misturas, as três primeiras aplicando o método empírico de estabilização granulométrica, onde foram acrescidos sucessivos percentuais (25%) de agregado pétreo ao material fino, com isso foram obtidas as misturas 1 (75%SF+25%SB), 2 (50%SF+50%SB) e 3 (25%SF+75%SB). A quarta mistura (4) foi obtida com base no método analítico e de Rochfucs, utilizando como distribuição granulométrica de referência a Curva de Talbot.

A análise granulométrica indicou serem pedregulhos arenosos todos os materiais estudados. Na classificação G-MCT as amostras ensaiadas (mistura 0, mistura 4 e material britado) são do tipo Ps-NA', ou seja, pedregulho com solo com finos arenosos de comportamento não laterítico. A classificação é inteiramente coerente com a constituição granulométrica e natureza saprolítica dos materiais estudados. Segundo Villibor e Alves (2017), solos com essa classificação apresentam Índice de Suporte Califórnia com valores de elevado a muito elevado, com baixa expansibilidade. Quanto ao emprego, é recomendado a aplicação de solos Ps-NA' como bases e sub-bases de pavimento e reforço ou subleito compactados. O uso atual destes materiais na região sul do estado e o desempenho apresentado corrobora a aptidão apontada pela classificação G-MCT.

Na caracterização do material britado, os parâmetros obtidos foram: diâmetro máximo do agregado de 75 mm, massa específica de 2,629 g/cm³, teor de absorção médio de 0,66%, massa unitária de 1,478 g/cm³ e desgaste por abrasão Los Angeles médio de 15,2%. Relativo ao diâmetro máximo, os valores aceitáveis em normas ficam aquém, entre 50,8 mm e 19 mm. Com relação à perda por abrasão Los Angeles, o referencial normativo é atendido, pois no geral apresenta uma faixa admissível para o desgaste com valores máximos entre 40% (base e sub-base de solo-brita) e 55% (base estabilizada granulometricamente).

Os ensaios de compactação realizados nas energias do Proctor Normal, Proctor Intermediário e Proctor Modificado, indicaram que, na medida em que era acrescentado material britado às misturas, o teor de umidade ótimo (w_{ot}) decresce, bem como o peso específico aparente seco máximo (γ_{dmax}) aumenta.

Em termos da capacidade de suporte das misturas, os resultados obtidos são considerados bastante satisfatórios, tendo em vista que as misturas 3 e 4 apresentam valores de ISC superior a 50% na energia do Proctor Intermediário e a 100% no Proctor Modificado, atendendo as usuais especificações de projeto e as exigências na compra de material de pavimentação pelas prefeituras da região. Melhor desempenho, conjugado ao menor teor de material britado, tem-se para a mistura 4.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Saibreira Márcio Barcelos, com sede em Pelotas/RS, em nome do seu homônimo proprietário, pelo fornecimento dos materiais à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. “NBR 6457: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização - Método de ensaio”. Rio de Janeiro-RJ. 2016. 9p.

_____. “NBR 6458: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água”. 2016. 10p.

_____. “NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez”. 2016. 5p..

_____. “NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade”. 2016. 3p.

_____. “NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica”. 2016. 12p.

_____. “NBR 7182: Solo - Ensaio de compactação”. 2016. 9p.

_____. “NBR 9895: Solo - Índice de Suporte Califórnia - Método de ensaio. 2016. 14p.

_____. “NBR 9895: Solo - Índice de Suporte Califórnia - Método de ensaio. 2016. 14p.

_____. “NBR EB 2104: Materiais para sub-base ou base de solo-brita - Especificação”. 1991. 3p.

_____. “NBR NM 53: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água”. 2003. 8p.

_____. “NBR NM 51: Agregado graúdo – Ensaio de Abrasão Los Angeles”. 2001. 6p.

_____. “NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica”. 2003. 6p.

BASTOS, C.A.B. (2002) “Caracterização geotécnica de solos da Planície Costeira Sul do RS visando o mapeamento geotécnico”. Relatório de pesquisa ARD/FAPERGS, 2002.

BASTOS, C.A.B. (2004) “Estudos recentes conduzidos na FURG sobre solos alternativos para pavimentação econômica e obras de terra na Planície Costeira Sul”. in *Teoria e Prática na Engenharia Civil*, Rio Grande/RS: Editora Dunas, 2004. v.4, n.4. p. 31-42.

CPRM. Folha SH.22-Y-C Pedro Osório (1999) “Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil: Carta geológica - escala 1:250.000”. Organizado por Gilberto Emílio Ramgrab [e] Wi son Wildner. Ministério de Minas e Energias, Brasília/DF.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (1997). “ES 303: Pavimentação – base estabilizada granulometricamente”. Rio de Janeiro-RJ. 7p.

_____. “ME 256: Solos compactados com equipamento miniatura – determinação da perda de massa por imersão”. 1994. 6p.

_____. “ME 258: Solos compactados com equipamento miniatura – Mini-MCV”. 1994. 14p.

IBGE – DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS (2002). “Mapa Exploratório de Solos do Rio Grande Sul – escala 1.000.000”. Ministério do Orçamento, Planejamento e Gestão. Rio de Janeiro/RJ.

NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. (1995) “Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos”. São Paulo-SP: Editora Villibor. 1995. 213p.

VILLIBOR, D.F.; ALVES; D.M.L. (2017) “Classificação de solos tropicais de granulação fina e grossa”. In *Revista Pavimentação*, nº43, jan/mar 2017. p. 16-37. ABPv.