

Análise das características tecnológicas de agregados de composição granítica provenientes de três minas no Estado do Rio Grande do Sul

Haline Dugolin Ceccato

Geóloga, Doutoranda, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, haline.ceccato@gmail.com

Chaveli Brondani

Eng. Civil, Doutora em Engenharia Civil, chavelib@gmail.com

Rinaldo José Barbosa Pinheiro

Eng. Civil, Dr. Geotecnia, Professor, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, rinaldo@ufsm.br

Andréa Valli Nummer

Geóloga, Dra. Geotecnia, Professora, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, a.nummer@gmail.com

RESUMO: A análise das propriedades tecnológicas dos agregados, como a granulometria, absorção de água e composição mineralógica, entre outras propriedades, é fundamental para garantir que esses materiais atendam aos requisitos de segurança e desempenho necessário para sua aplicação. Nesse contexto, a mineração de agregado é uma atividade econômica importante em diversas regiões, incluindo o Estado do Rio Grande do Sul, e compreender as características dos agregados locais pode contribuir para o desenvolvimento econômico regional, mantendo os padrões de qualidade necessários. Este estudo concentra-se na análise das formações rochosas ígneas plutônicas pertencentes ao Batólito de Pelotas na região centro-sul do estado do Rio Grande do Sul. O objetivo é investigar as relações entre as propriedades dos agregados pétreos e os compósitos que os envolvem. Os procedimentos metodológicos incluem a avaliação geológica dos maciços rochosos, a confecção de lâminas petrográfica e ensaios de caracterização dos agregados britados. Com base nas análises realizadas, observou-se que as rochas graníticas provenientes do batólito de Pelotas/RS exibem um padrão comportamental típico das rochas ígneas plutônicas. No entanto, a variação na localização das rochas em diferentes Suítes resultou em características e desempenho distintos do material rochosos, explicados pela diferenciação mineralógica e pelas características petrográficas específicas de cada localidade.

PALAVRAS-CHAVE: Agregados, rochas graníticas, caracterização tecnológica, pavimentação.

ABSTRACT: The analysis of the technological properties of aggregates, such as particle size distribution, water absorption, and mineralogical composition, among other properties, is essential to ensure that these materials meet the safety and performance requirements necessary for their application. In this context, aggregate mining is a significant economic activity in various regions, including the state of Rio Grande do Sul, and understanding the characteristics of local aggregates can contribute to regional economic development while maintaining necessary quality standards. This study focuses on the analysis of plutonic igneous rock formations belonging to the Pelotas Batholith in the central-southern region of the state of Rio Grande do Sul. The objective is to investigate the relationships between the properties of the stone aggregates and the composites that surround them. Methodological procedures include geological assessment of rock masses, preparation of petrographic slides, and characterization tests of crushed aggregates. Based on the analyses conducted, it was observed that the granitic rocks from the Pelotas Batholith exhibit a typical behavioral pattern of plutonic igneous rocks. However, variation in the location of the rocks in different suites resulted in distinct characteristics and performance of the rock material, explained by mineralogical differentiation and specific petrographic characteristics of each locality.

KEYWORDS: Aggregates, granitic rocks, technological characterization, pavement.

1 INTRODUÇÃO

Devido às diversas particularidade geológicas que permeiam o vasto território brasileiro, observa-se uma vasta diversidade de rochas utilizadas como agregados. A escolha do tipo de rocha a ser empregada está intimamente relacionada à sua disponibilidade local ou regional. Nesse contexto, o processo de caracterização geológica-geotécnica emerge como o ponto inaugural para a obtenção de dados essenciais, os quais, após uma análise metódica, embasam a segmentação e classificação geomecânica dos maciços, visando projetos de engenharia como construção de taludes, barragens e exploração de jazidas rochosas.

A avaliação das propriedades tecnológicas dos agregados, como granulometria, absorção de água e composição mineralógica, é crucial para assegurar que esses materiais atendam aos requisitos de segurança e desempenho necessários para sua utilização. Nesse contexto, a atividade de mineração de agregados desempenha um papel econômico significativo em várias regiões, incluindo o Estado do Rio Grande do Sul. Compreender as características dos agregados locais pode contribuir para o desenvolvimento econômico regional, mantendo os padrões de qualidade essenciais. Este estudo se concentra na análise das formações rochosas ígneas plutônicas do Batólito de Pelotas, localizado na região centro-sul do estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de investigar as relações entre as propriedades dos agregados pétreos e os compostos que os envolvem.

2 PANORAMA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

A região sul do Brasil é caracterizada por sua composição geológica, com destaque para as Províncias do Paraná e Mantiqueira. No Estado do Rio Grande do Sul, embora a Formação da Província do Paraná seja predominante, também se observa a influência da Província Mantiqueira, especialmente na margem sul da região estudada. Apesar da predominância dos basaltos que cobrem grande parte do território gaúcho, as rochas graníticas são cruciais, correlacionadas ao magmatismo neoproterozoico pós-colisional. O Batólito Pelotas, situado no Escudo Sul-Riograndense, é o foco desta pesquisa. Este complexo plutônico multi-intrusivo abriga o Granito Capão do Leão e estende-se por aproximadamente 400 km de comprimento e 80 a 120 km de largura, com continuidade em direção norte, em Santa Catarina, e sul, no Uruguai. Formado ao longo de cerca de 70 milhões de anos, entre 630 e 570 milhões de anos atrás, o Batólito Pelotas é subdividido em seis Suítes graníticas distintas.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia adotada nesta pesquisa compreendeu as seguintes etapas: (a) fase de campo, na qual foi conduzida a avaliação geológica dos maciços rochosos, além da coleta de amostras in situ e amostras britadas destinadas aos ensaios laboratoriais; (b) fase de laboratório, realizada nas instalações da Universidade Federal de Santa Maria, nos laboratórios de Petrografia e Materiais de Construção Civil (LMCC) e, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, no Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE).

A Tabela 1 apresenta as três pedreiras selecionadas, juntamente com os respectivos autores dos dados de caracterização dos materiais rochosos. Para informações mais detalhadas sobre as pedreiras, consulte os trabalhos de Faccin (2018), Back (2018), Brondani (2019) e Ceccato (2021).

Tabela 1. Identificação das jazidas estudadas.

Autor	Código	Fm. Geológica	Localização	Coordenadas (UTM)
Faccin (2018), Back (2018), Brondani (2019), Ceccato (2022)	P5 ou SBS	Suíte Granítica Dom Feliciano	Capão do Leão/RS	22J 357512.68 mE 6483591.23 mS
	P10 ou ELD	Suíte Granítica Eral	Eldorado do Sul/RS	22J 422516.14 mE 6670215.12 mS
Ceccato (2022)	MIN	Suíte Granítica Dom Feliciano	Pelotas/RS	22J 356218.47 mE 6481377.01 mS

A segunda fase metodológica envolveu a caracterização do material rochoso por meio da realização de ensaios laboratoriais, com o objetivo de identificar seu comportamento em relação aos índices físicos, classificação rochosa, desempenho mecânico e índice de forma das diferentes rochas. A Tabela 2 apresenta os ensaios realizados, acompanhados de suas respectivas normas.

Tabela 2. Ensaios laboratoriais e suas respectivas normativas.

Ensaios Laboratoriais	Normas
Análise Petrográfica	DNER-EI 06/94
Agregado Graúdo – determinação da absorção e massa específica	DNER-ME 195/98
Agregado – determinação da Abrasão Los Angeles	DNER-ME 35/98
Agregado – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de Sulfato de Sódio ou de Magnésio	DNER-ME 89/94
Agregado Graúdo – determinação do índice de forma (Crivo Redutor)	DNER-ME 86/2020
Agregado graúdo – determinação do índice de lamelaridade (placa DAER)	DAER – EL 108/01
Agregados – Determinação das propriedades de forma por meio do Processamento Digital de Imagens (PDI)	DNIT 432/2020 - ME
Adesividade	DNER-ME 78/94

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, são apresentadas informações provenientes das avaliações geológicas dos maciços rochosos, abrangendo a classificação e identificação dos tipos de formações, seus padrões de ocorrência, graus de alterações e as distinções entre as quatro jazidas.

O sienogranito da pedreira SBS (Back, 2018) ou P5 (Faccin 2018, Brondani 2019), situada no município de Capão do Leão-RS, caracteriza-se por uma textura fanerítica média a grossa, com grãos predominantemente mais grossos, variando de 0,5 a 2 cm de diâmetro. Sua estrutura é maciça, com a presença de fraturas ao longo de toda a extensão da pedreira. Observa-se também a ocorrência de rochas em processos de alteração nas zonas de falhas e fraturas, onde a percolação de água é facilitada devido à permeabilidade dessas estruturas.

A pedreira MIN, estudada por Ceccato (2021), situada aproximadamente a 8 km da pedreira SBS, é caracterizada predominantemente pela presença de sienogranito, exibindo tonalidade brancas e rosadas. Entretanto, em certas regiões do maciço, foi detectada uma sutil variação na composição, evidenciando a presença de uma rocha granítica com coloração cinza mais escura, classificada como monzogranito. A transição entre as bancadas é demarcada por estruturas de juntas de alívio. Além disso, a presença de rochas com características de alteração intemperica na parte superior das bancadas está associada a áreas mais fraturadas do maciço, facilitando a percolação de água por essas estruturas. Em certos setores da pedreira, foi observada a existência de foliação magmática no maciço rochoso, evidenciando pelo alinhamento dos minerais. Ao considerar todas as informações mencionadas, conclui-se que as pedreiras SBS e MIN estão localizadas na borda do Batólito de Pelotas, e as fraturas e falhas presentes nos afloramentos derivam do posicionamento desta região na margem do granito.

A pedreira ELD, objeto de estudo de Faccin (2018), Brondani (2019) e Ceccato (2021), está situada no município de Eldorado do Sul-RS. Este local é caracterizado por ser predominantemente composto por sienogranito, no entanto, apresenta uma expressiva incidência de processos intempericos em comparação com a pedreira SBS. Notavelmente, a porção superior da bancada exibe uma zona mais propensa à alteração, manifestada pela coloração amarelada da rocha. Por outro lado, a bancada inferior é marcada por zonas de fraturas, onde, em determinados pontos, foram observadas fraturas preenchidas por argilominerais, originados da própria alteração da rocha matriz, bem como a oxidação de minerais primários em resposta à percolação de água por essas estruturas. O sienogranito identificado na pedreira ELD exibe uma textura fanerítica inequigranular porfirítica, caracterizada pela presença de grãos grosseiros, aproximadamente com 1 cm de diâmetro, e uma estrutura maciça, evidenciando a ocorrência de foliação de natureza magmática. A Figura 1 proporciona uma visão panorâmica das jazidas estudadas. E as informações pertinentes à interpretação e preparação das lâminas delgadas para a correta classificação dos materiais rochosos são fornecidos na Tabela 3.



Figura 1. Vista Geral das pedreiras estudadas.

Tabela 3. Classificação Petrográfica das amostras de rocha e porcentagens de minerais encontrados.

Pedreiras	% dos minerais principais	Classificação Petrográfica
P5 ou SBS	Feldspato (45%), Quartzo (25%); Plagioclásio (15%), Óxidos e biotita (15%).	Sienogranito
P10 ou ELD	Feldspato Alcalino (40%), Quartzo (30%), Plagioclásio (20%).	Sienogranito
MIN	Feldspato (45%), Quartzo (25%), Plagioclásio (22%), Biotita (3%).	Sienogranito

Os resultados obtidos nos testes laboratoriais relativos aos índices físicos e à integridade das diferentes rochas estão representados na Figura 2. É notável a consistência dos valores de absorção dos agregados, onde rochas plutônicas geralmente apresentam níveis relativamente inferiores em comparação com suas contrapartes vulcânicas, conforme mencionado por Back et al (2021).

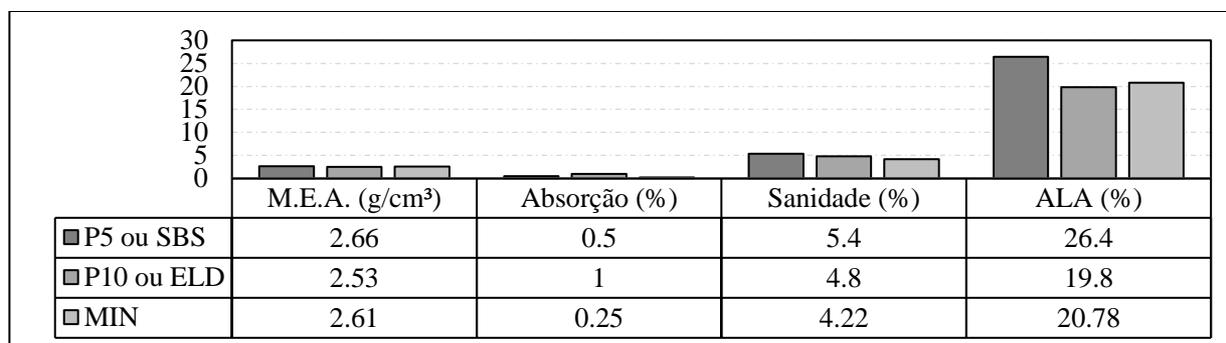


Figura 2. Desempenho do material rochoso.

Os agregados provenientes da pedreira P10 ou ELD apresentam uma absorção superior quando comparados aos agregados das demais pedreiras. Este fenômeno está em consonância com as observações de Frazão (1993), que destacou o aumento da absorção em paralelo ao grau de alteração, enquanto a massa específica tende a diminuir. Essa diferenciação nos índices físicos entre as jazidas pode ser justificada por tais variações. Ademais, a absorção mais elevada da pedreira P10 ou ELD, também pode estar associada à presença de microfraturas em certos minerais, conforme evidenciado na análise petrográfica.

O processo físico envolvido no ensaio de sanidade não foi capaz de induzir esforços significativos ao agregado da pedreira P10 ou ELD, devido à predominância de microfraturas fechadas, o que dificulta a penetração do fluido. Isso explica a baixa perda de sanidade em comparação com as pedreiras P5 ou SBS. A elevada perda de sanidade observada na pedreira P5 ou SBS em comparação com as outras pode ser atribuída à elevada presença de biotita (15%). Conforme discutido por Ceccato (2021) e Back et al. (2021), devido à clivagem perfeita desse mineral, seu hábito lamelar facilita a penetração do fluido entre as lamelas (folhas) do mineral, resultando em uma maior perda de sanidade durante as etapas deste ensaio. Em relação ao controle tecnológico de materiais rochosos, a norma DNIT ES 31/06 estabelece um limite máximo de degradação de 12%, enquanto as normas DAER ES-P 15/91 e DAER ES-P 16/91 estipulam um limite máximo de 10% para

o ensaio de sanidade. Dessa forma, todas as rochas apresentaram resultados dentro dos parâmetros aceitáveis para o controle de alterabilidade.

No ensaio de Abrasão Los Angeles (ALA), as rochas de origem ígnea plutônicas costumam apresentar uma maior perda de massa devido à sua composição mineralógica e textura grosseira. Essa observação é consistente com as informações fornecidas por Kazi e Al-Mansour (1980), Keikha e Keikha (2013), Alves (2014), Back (2018), Curtis (2019), Back et al (2021) e Ceccato (2021). Especificamente, o material proveniente da pedra P5 ou SBS demonstrou o pior desempenho mecânico, isso pode ser atribuído à composição mineralógica do sienogranito, à presença de estruturas de foliação do tipo magmática observada no maciço rochoso, bem como às características das partículas. Adicionalmente, a presença da estrutura mineral da biotita, encontrada tanto na pedra SBS quanto na MIN, em forma de folhas, facilita a sua desagregação quando submetido às solicitações impostas nos ensaios. Isso pode explicar a maior perda de resistência observada em ambas as pedreiras em comparação com a pedra ELD. No entanto, é importante destacar que, para o ensaio de resistência mecânica, todas as pedreiras analisadas demonstraram ser adequadas para utilização como agregado em pavimentação, atendendo aos limites exigidos pelas especificações vigentes, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Limites vigentes no desempenho de agregados para o ensaio de ALA utilizados na pavimentação.

Norma	Limite
DNIT ES 31/06	≤ 50%
DNIT ES 152/10	≤ 50 %
DAER ES-P 16/91	≤ 40 %
DAER ES-P 15/91	≤ 40 %

A configuração dos agregados está intimamente ligada às características intrínsecas da rocha matriz e ao método de fragmentação adotado, ou seja, aos parâmetros empregados durante o processo de britagem (BERN, 1997; BOUQUETY et al., 2007; DIÓGENES, 2018). Considerando essa temática, na Figura 3 são apresentados os resultados do índice de forma e lamelaridade obtidos por meio do crivo redutor e placa DAER, respectivamente. Para o ensaio crivo redutor, valores próximo de 1 indicam uma alta cubicidade.

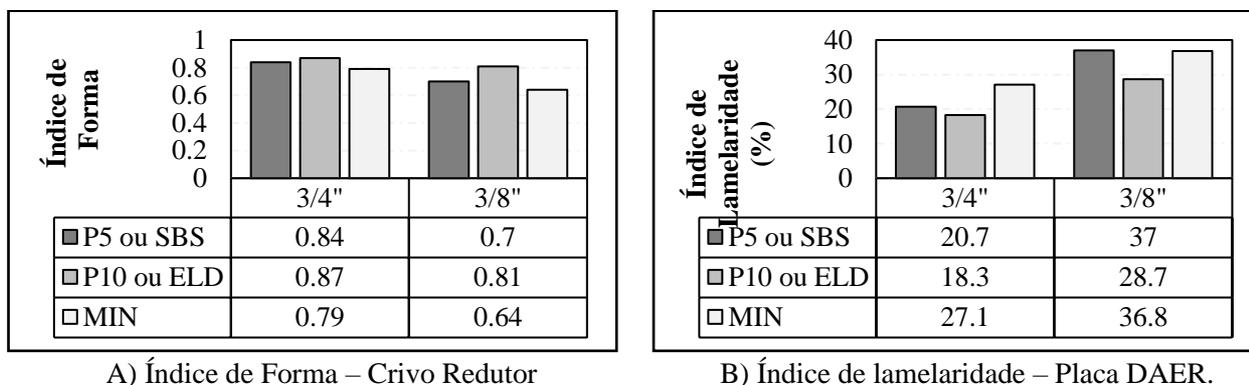


Figura 3. Resultado dos ensaios de forma e lamelaridade.

Os agregados da pedra MIN, seguida pela pedra P5 ou SBS, demonstraram uma forma mais lamelar em comparação com a pedra P10 ou ELD, conforme pode ser observado pelos resultados apresentados nos ensaios índice de forma e índice de lamelaridade. A forma dos agregados está correlacionada com a estrutura e textura do maciço rochoso. No caso das duas primeiras pedreiras, que se encontram geologicamente mais próximas da borda do Batólito, foi observada a presença de foliação do tipo magmática durante o mapeamento de campo. Essas características provavelmente estão influenciando na tendência de quebra das partículas dos agregados. No entanto, as etapas de britagem e rebitagem têm potencial de ajustar e controlar esse comportamento, como discutido por Rajan e Singh (2017) e Diógenes (2018).

Na Figura 4, são apresentados os resultados de forma obtidos por meio do processamento digital de imagens, utilizando o ensaio AIMS. É importante destacar que, todas as discussões e interpretações a seguir serão fundamentadas na classificação proposta por Ibiapina et al. (2018).

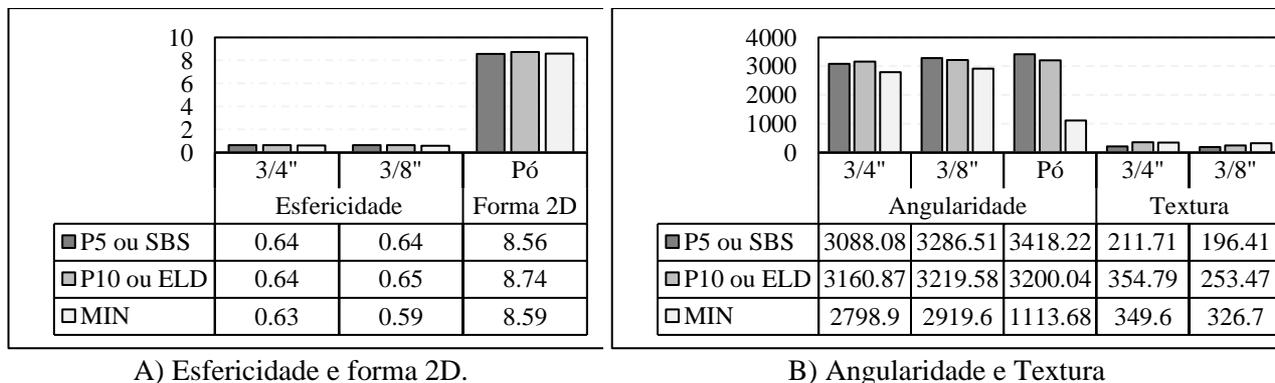


Figura 4. Resultado dos ensaios de forma obtido pelo AIMS.

O ensaio de Forma 2D é conduzido para os agregados com tamanho inferior a 4,75 mm, enquanto o ensaio de esfericidade é realizado com os agregados acima de 4,75 mm. Neste contexto, observa-se que, mais uma vez, em ambos os ensaios, as pedreiras P5 ou SBS e MIN apresentaram valores inferiores à pedreira P10 ou ELD. No entanto, a pequena discrepância entre os dados não influencia na classificação. Portanto, para a esfericidade, as três pedreiras são classificadas como de baixa esfericidade, e para o índice de forma 2D, como semialongado.

Por sua vez, o ensaio de angularidade é conduzido com todos os tamanhos de agregados (grossos e finos), enquanto o ensaio de textura é realizado apenas com os agregados com tamanho superior a 4,75 mm (grossos). Em relação à angularidade, observa-se que cada pedreira apresentou comportamentos distintos. Na pedreira P5 ou SBS, nota-se que, à medida que o tamanho do agregado diminui, maior é o valor de angularidade. Essa tendência não foi observada para as pedreiras P10 ou ELD e MIN, exceto entre as frações 3/4" e 3/8", onde os valores foram mais elevados. No entanto, para a fração de pó, os valores foram inferiores. Esse resultado contradiz o ensaio de lamelaridade apresentado anteriormente. No entanto, com exceção da fração de pó para a pedreira MIN, as demais pedreiras apresentam classificação de subarredondado e arredondado, respectivamente.

Em relação à textura, observa-se uma tendência em que, à medida que a fração diminui, ocorre uma diminuição nos valores obtidos. Neste ensaio, quanto maior o valor, mais rugoso é o agregado. Portanto, na análise inicial, parece haver uma diminuição na rugosidade do agregado. Além disso, a pedreira P5 ou SBS é classificada como polida, enquanto as demais, são classificadas como macias.

Para avaliar o agregado em relação à sua aplicação em pavimentação, é realizado um ensaio que analisa a adesividade entre o ligante asfáltico e o agregado. Este ensaio, considerado qualitativo, releva que rochas básicas tendem a apresentar melhor adesividade em comparação com rochas com elevada acidez, devido à afinidade composicional com o ligante asfáltico. Além disso, fatores como o estado de alteração do material rochoso, grau de absorção e a frequência de ocorrência dos poros, influenciam na adesividade. A Figura 5 exemplifica visualmente os resultados insatisfatórios obtidos neste ensaio com o material de estudo. Para uma análise mais abrangente, foram empregados os conceitos desenvolvidos por Brondani et al. (2022), que propõem um índice conceitual e numérico para a classificação visual da adesividade dos agregados ao ligante CAP 50/70, considerando a composição mineralógica.

Conforme a classificação de Brondani et al. (2022), a adesividade das pedreiras P10 ou ELD e MIN são classificadas como "Ruim" (índice 15), enquanto a pedreira P5 ou SBS é categorizada como "Muito Ruim" (índice 10). Apesar de a análise petrográfica revelar uma porcentagem mais significativa de quartzo na pedreira P10 ou ELD, durante o processo de britagem, a proporção de minerais no agregado pode variar, possivelmente influenciando na acidez do material e, conseqüentemente, na interação agregado-ligante. Além disso, na Figura 4, destaca-se a forma como ocorre a interação: nas três pedreiras estudadas, observa-se que o ligante aparece na face do agregado em forma de "gotículas", conforme discutido por Ceccato et al (2023), indicando uma considerável repulsão entre o agregado e o ligante.

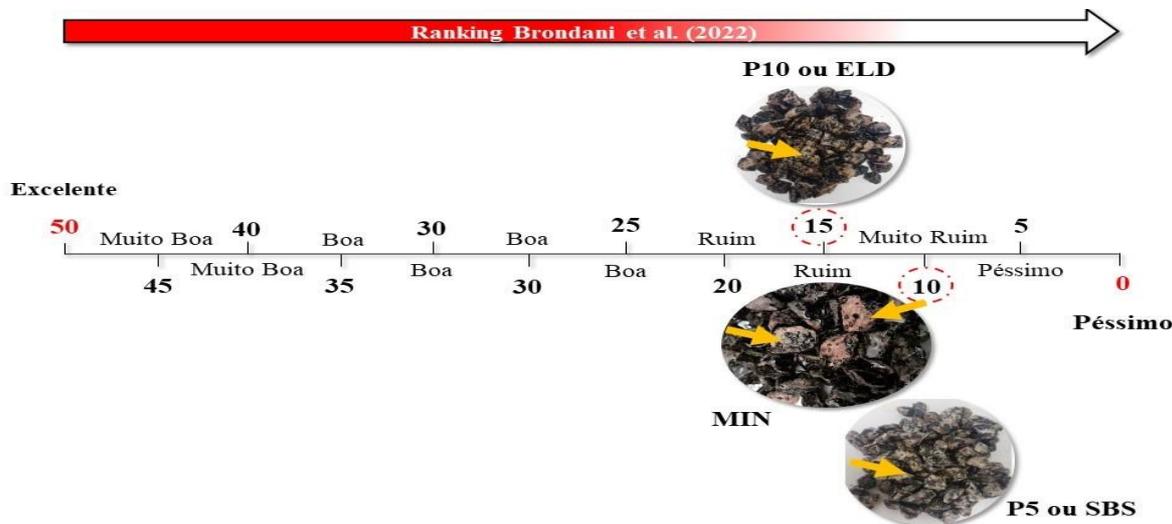


Figura 5. Resultado da adesividade com o ligante convencional CAP 50/70, as setas indicam os locais com má adesividade.

4 CONCLUSÕES

Com base nas análises realizadas, observou-se que as rochas graníticas provenientes do Batólito de Pelotas/RS apresentaram um padrão comportamental típico de rochas ígneas plutônicas, caracterizado por densidade intermediárias, baixos índices de absorção e menor resistência mecânica, em comparação as rochas vulcânicas, que está associada a textura grosseira deste tipo de rocha. No entanto, a localização das rochas em diferentes Suítes agregou características distintas ao material rochoso, evidenciadas pela variação mineralógica e características petrográficas específicas.

Por estar situada na borda do Batólito, uma região geológica com menor estabilidade, a pedreira SBS e MIN apresentaram desempenho laboratorial inferior em comparação a pedreira ELD, manifestando maior degradação mecânica e lamelalidade. A estrutura de foliação magmática possivelmente contribuiu para a formação de agregados mais lamelares em comparação com outras pedreiras analisadas.

Portanto, com esse trabalho, conclui-se que o acompanhamento da exploração mineral por meio de avaliações geológicas do maciço rochoso é fundamental para manter a qualidade do agregado a ser comercializado, garantindo o controle de qualidade ao longo das operações de britagem e assegurando o correto controle tecnológico das propriedades dos maciços. Além disso, vale ressaltar que, a análise petrográfica emerge como uma ferramenta essencial na identificação inicial das características comportamentais das rochas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, V.A.H.S (2014). *Avaliação da Resistência à Degradação Mecânica de Agregados da Região Metropolitana do Rio de Janeiro por Técnicas Digitais de Imagens*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro.
- Back, A.H (2018). *Avaliação das propriedades químicas e geomecânicas de agregados oriundos de jazidas de rochas de diferentes litologias do estado do RS*. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Dissertação de Mestrado, 179p.

- Back, A.H.; Ceccato, H.D.; Pinheiro, R.J.B.; Nummer, A.V. e Sagrilo, A.V. (2021). Avaliação do Comportamento Característico de Rochas Vulcânicas da Formação Serra Geral e sua Implementação em Obras Rodoviárias. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 40, n. 4, p. 1125 – 1136.
- BERN, R. Agregados Cúbicos – Produção de Agregados de Alta Qualidade com Impactores e Britadores Cônicos. Areia e Brita, v. 1, p. 13 – 20, ANEPAC, 1997.
- Bouquety, M.N, descantes, Y., Barcelo, L., F de Larrad, D. Clavaud. Experimental Study of Crushed Aggregate Shape. *Construction and Building Materials*, v. 21, n. 4, p. 865-872, 2007.
- Brondani, C. (2019). *Estudo do efeito deletério da água em misturas asfálticas a quente produzidas no Rio Grande do Sul*. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Dissertação de Mestrado.
- Brondani, C.; Faccin, C.; Kraemer, K.; Boeira, F. D.; Nummer, A. V. e Specht, L. P. (2020). Asphalt aggregate adhesion: study of the influence of the morphological, chemical and mineralogical properties of different aggregates from southern Brazil. In: RILEM - International Symposium on Bituminous Materials, Lyon, France. RILEM ISBM Lyon 2020. Lyon: *RILEM*, v. 1. p. 1.
- Brondani, C; Faccin, C.; Specht, L. P.; Nummer, A. V.; Da Silva Pereira, D.; Vestena, P. M. Baroni, m. Evaluation of Moisture Susceptibility of Asphalt Mixtures: Influence of Aggregates, Visual Analysis, and Mechanical Tests. *Journal of materials in civil engineering*, v. 35, p. 1-13, 2022.
- Ceccato, H. C. (2021). *Avaliação e caracterização do comportamento geomecânico de agregados oriundos de jazidas da região sudeste do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Dissertação de Mestrado, 284p.
- Ceccato, H. C.; Sagrilo, A. V.; Pacheco, L. C.; Pinheiro, R. J. B.; Nummer, A. V. Análise comparativa de adesividade entre diferentes tipos de ligantes asfálticos e diferentes litologias. 25º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) e 48º Reunião Anual de Pavimentação (RAPv). Foz do Iguaçu-PR, 2023.
- Curtis, J.A.N. (2019). *Estudo tecnológico de rochas da intrusão de Limeira, visando aplicação como agregados em obras de engenharia*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos Departamento de Geotecnia, São Carlos.
- Diógenes, L. M. (2018). *Avaliação das relações entre propriedades de agregados minerais com base nas características do processo de britagem da rocha de origem*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, 146p.
- FACCIN, C. *Concretos asfálticos em utilização no Rio Grande do Sul: comportamento mecânico e desempenho em campo quanto à deformação permanente*. Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, 2018.
- Frazão, E. B. (1993). *Metodologia para Avaliação da Alterabilidade de Rochas a Partir de Estudo Experimental em Amostras de Basalto da UHE de Três Irmãos*. Tese (doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Ibiapina, D. S., Castelo Branco, V. T. F., Diógenes, L. M., et al. Proposição de um sistema de classificação das propriedades deforma de agregados caracterizados com o uso do processamento digital de imagens a partir de materiais oriundos do Brasil, *Transportes*, v. 26, n. 4, p. 21–32, 2017. DOI: 10.14295/transportes.v2i4.1510
- Kazi, A. e Al-Mansour, Z.R (1980). Influence of geological factors on abrasion and soundness characteristics of aggregates. *Engineering Geology*, vol 15, pag. 195 a 203
- Keikha, T., keykha, H. A. (2013) Correlation between mineralogical characteristics and engineering properties of granitic rocks, *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, v. 18 S, p. 4055– 4065.
- Rajan, B.; Singh, D. (2017) Comparison of Shape Parameters and Laboratory Performance of Coarse Aggregates Produced from Different Types of Crushing Operations. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 29, n. 7, p. 04017044.