



## SUMÁRIO

<b>34162 - AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE ARGAMASSAS COLANTES INDUSTRIALIZADAS COM INSERÇÃO DE RETARDADORES DE PEGA E ESTABILIZADORES DE HIDRATAÇÃO</b> Gabriel Cemin, Tchesare Andreas Keller, Rodrigo Rickrot Rosner, Elaine Manenti Soares, Elaine Guglielmi Pavei Antunes.....	2
<b>35162/35163 - ESTUDO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR FELDSPATO</b> Ariádny C. Cardozo, Rodrigo Rosner, Elaine Guglielmi Pavei Antunes.....	13
<b>35270 - ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE MISTURAS ASFÁLTICAS COM ADIÇÃO DA CINZA DE CASCA DE ARROZ</b> Mariana Scheffer, Carlos A. Scheffer, Pedro Arns, Ângela C. Piccinini.....	25
<b>35296 - O ENSINO DE GEOLOGIA NA ENGENHARIA CIVIL</b> Christiane Ribeiro da Silva.....	42



## Trabalho completo de pesquisa

### 34162 - AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE ARGAMASSAS COLANTES INDUSTRIALIZADAS COM INSERÇÃO DE RETARDADORES DE PEGA E ESTABILIZADORES DE HIDRATAÇÃO

**Gabriel Cemin, Tchesare Andreas Keller, Rodrigo Rickrot Rosner, Elaine Manenti Soares, Elaine Guglielmi Pavei Antunes**

Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Brasil

As manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos estão se tornando mais frequentes na construção civil, sendo que os destacamentos são considerados os problemas mais sérios, devido ao alto custo de reparo e aos riscos de acidentes. O revestimento cerâmico deve ser tratado como um sistema, composto pelo conjunto do revestimento cerâmico (placa cerâmica, argamassa colante e argamassa de rejuntamento) e por todas as camadas anteriores até a base, para assim possuir capacidade de aderência, resistência mecânica, capacidade de absorver deformações entre outros. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a aderência de placas cerâmicas assentadas com argamassa colante industrializada com inserção de diferentes porcentagens de aditivo retardador de pega e estabilizador de hidratação. Foram avaliadas no estudo duas variáveis, um tipo de placa cerâmica e uma argamassa colante industrializada tipo I (ACI). Para a avaliação do sistema (substrato/argamassa/placa cerâmica) foi realizado o ensaio de determinação da resistência de aderência à tração em cura normal para o tempo em aberto de 15min, 20min e 25min para o traço de argamassa com a inserção de retardador de pega e o tempo em aberto de 20min, 25min e 30min para o traço com acréscimo de estabilizador de hidratação. Os resultados obtidos indicaram que é inviável a inserção de aditivos retardadores e estabilizadores na argamassa industrializada para o tempo em cura normal.

**Palavras-chave:** argamassa colante, retardador de pega, aderência à tração, estabilizador de hidratação.

## 1 INTRODUÇÃO

Com grande utilidade devido a sua funcionalidade e praticidade, o revestimento cerâmico é comumente utilizado em ambientes internos e externos, principalmente devido as suas características de resistência as intempéries e também pela estética agradável à edificação. No entanto, para que o sistema de revestimento cerâmico possa desempenhar suas funções de impermeabilidade, resistência e facilidade de manutenção, por exemplo, faz-se necessário que a placa cerâmica esteja bem aderida ao substrato (ROSCOE, 2008). Para tal, é importante que se tenha controle tecnológico com os componentes e execução



do sistema, e assim, atenuar os riscos de ocorrerem fissuras ou deslocamentos posteriormente.

Segundo Pereira (2010) a proteção dos revestimentos está associada a questões de durabilidade dos elementos estruturais e de vedação, pois evita a ação direta dos agentes agressivos sobre as superfícies dos edifícios. A proteção promovida pelos revestimentos tem o caráter básico de melhor conservar as propriedades estruturais e de vedação de paredes.

Para que o conjunto possa exercer adequadamente as suas propriedades mecânicas, ambos precisam ser definidos antes do projeto mediante um estudo do ambiente local em que irão ser assentados, para que assim sejam apropriados e atendam às necessidades requeridas de aplicação à edificação, além de prevenir futuras patologias oriundas da incompatibilidade dos materiais entre si (ROSCOE, 2008).

O Brasil é o segundo maior consumidor mundial de revestimentos cerâmicos e o segundo maior produtor. A cada dia a qualidade e a variedade desse material aumentam. Na mesma medida, cresce a utilização da cerâmica no Brasil para revestir pisos e paredes de todos os espaços internos da casa, assim como espaços externos.

Os revestimentos cerâmicos, além das vantagens e da durabilidade provada através dos séculos, possuem as qualidades que uma avançada tecnologia lhes confere. Eles se mostram apropriados para pequenos detalhes, ambientes interiores ou para grandes escalas ao ar livre. São oferecidos de maneira a satisfazer os mais variados gostos e texturas diversas.

Um dos pontos que se deve ter rigoroso controle durante a execução do sistema de revestimento cerâmico é o monitoramento do tempo em aberto das argamassas colantes industrializadas, pois a ultrapassagem desse tempo pode ser uma possível causa de menor resistência de aderência, e assim, ocasionar deslocamentos.

O estudo apresentado tem como objetivo avaliar a influência de argamassas colantes industrializadas, aditivadas com retardador de pega e estabilizador de hidratação, na resistência de aderência de um sistema de revestimento cerâmico, depois de ultrapassado o tempo em aberto.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO



A principal exigência do desempenho de uma argamassa é a sua habilidade de colar permanentemente o revestimento cerâmico na posição desejada. Isso é atingido se a argamassa desenvolve propriedades adesivas suficientes durante o tempo disponível (tempo em aberto) para aplicação do revestimento cerâmico e o período subsequente para a cura do cimento. Uma vez que a argamassa é espalhada no substrato, a perda de água ocorre pela evaporação para o ambiente e pela migração para o substrato. O mesmo ocorre para o revestimento cerâmico, onde, após assentado sobre a argamassa, a água migra para os seus poros (BREA, 2003).

Na prática, entretanto, azulejos porosos absorvem muita água da argamassa e o cimento em contato com o azulejo pode não hidratar corretamente. Sob tais circunstâncias, a adesão será prejudicada. Os éteres de celulose contribuem para a retenção da água dentro da massa adesiva e diminuem substancialmente a migração da água para os azulejos porosos (PÓVOAS, JOHN e CINCOTTO 1999).

Ainda, segundo BREA (2003), sabe-se que os éteres de celulose retardam a hidratação do cimento. Se a hidratação do cimento é retardada, as chances de uma perda adicional de água são maiores. Uma distribuição não uniforme da água pode ocorrer e em algumas áreas a água disponível será muito baixa para a hidratação apropriada. Com tais observações, conclui-se que a taxa na qual ocorre a hidratação do cimento é um fator que possui uma forte influência no desenvolvimento da resistência de aderência.

### **3 METODOLOGIA**

Para a realização de estudo, foram ensaiados um tipo de argamassa colante, mais especificadamente ACI e um tipo de placa cerâmica. A placa cerâmica pertence ao grupo BIIb, classificação segundo a ABNT NBR 13817: 1997, de acordo com o grupo de absorção das placas cerâmicas. O aditivo retardador utilizado tem como composição principal o lignosulfonato de sódio e cálcio, com concentração de 32%, e, seu principal uso é como plastificante redutor de água para concreto com efeito retardador de pega. Já o aditivo estabilizador possui em sua composição cerca 40% de açúcares e sais orgânicos.

O ensaio de resistência de aderência à tração é realizado conforme as especificações da ABNT NBR 14081-4: 2012, e para tal, utilizam-se três proporções de argamassa. A primeira refere-se à argamassa referência (AREF) sem aditivo e outras duas

proporções referem-se às proporções com inserção do aditivo retardador de pega, chamadas de A3 e A6 (0,3 e 0,6%, respectivamente, da quantia acrescida), e também às proporções de 0,5% (A5) e 0,8% (A8) da inserção do aditivo estabilizador de hidratação. O ensaio de resistência de aderência à tração faz-se para três tempos em aberto, o primeiro aos 15 minutos, o segundo com 20 minutos e o terceiro com 25 minutos para o traço acrescido do retardador de pega, e aos 20 minutos, 25 minutos e 30 minutos para o traço com o acréscimo do estabilizador.

### 3.1 SUBSTRATO PADRÃO

O substrato padrão foi adquirido da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), apresentando as características informadas pelo fornecedor de acordo com indicações da norma técnica NBR 14082:04.

**Tabela 1 - Características do Substrato Padrão**

Parâmetros	Volume de água absorvido em 4 horas	Resistência de aderência à tração superficial (MPa)
Especificação da NBR 14082:04	<0,5cm <sup>3</sup>	≥2,0MPa
Valor médio	0,45cm <sup>3</sup>	2,0MPa

### 3.2 ARGAMASSA

A argamassa foi preparada no laboratório com o acréscimo de água indicado pelo seu fabricante, seguindo a prescrição da norma para o preparo do mesmo.

### 3.3 PLACA CERÂMICA

A placa cerâmica utilizada é classificada conforme o percentual de absorção de água, sendo a placa do tipo semi-poroso (Grupo BIIb).

**Tabela 2 – Característica da Placa Cerâmica**

Tipo de Placa	Absorção de Água (%)	Espessura (mm)	Resistência Mecânica à Flexão (MPa)	Expansão por Umidade (mm/m)
BIIb	6 a 10	7,4	>18	≤0,6

### 3.4 PREPARO DA ARGAMASSA

O preparo das argamassas seguiu o procedimento adotado pela norma técnica NBR 14082:04.

As condições do laboratório durante o preparo eram de temperatura de 23°C e umidade relativa do ar de 58%.

**Figura 1** – Preparo da Argamassa – Criciúma SC.



**Fonte:** Do autor

Após a mensura quantitativa dos materiais a serem utilizados ter sido finalizada, o início da mistura foi realizado com o despejar da água no misturador e em seguida o material seco adicionado, de modo contínuo, em 30s. O misturador foi ligado em velocidade baixa para a mistura dos componentes por mais 30s. O aparelho foi desligado e feito à raspagem da pá do misturador e do seu recipiente no intervalo de tempo de 60s. O recipiente foi colocado novamente no misturador por mais 30s. A mistura foi deixada em tempo de maturação por 15 minutos, com pano úmido em cima, sendo que antes do uso da argamassa, o aparelho foi ligado novamente para que a mesma fosse misturada por mais 15s, obtendo-se assim uma pasta homogênea.

**Figura 2** – Índice de Consistência – Criciúma SC.



**Fonte:** Do autor

Posteriormente, o ensaio de índice de consistência foi realizado conforme a norma NBR 13276:2005. A argamassa de referência, aditivada com 0,3% e aditivada com 0,6% de retardador obtiveram, respectivamente, o índice de consistência de 24 cm, 23 cm e 24 cm. E para as argamassas aditivadas com 0,5% e 0,8% de estabilizador de hidratação obtiveram o índice de 23 cm e 24 cm, respectivamente.

### 3.5 ASSENTAMENTOS DAS PLACAS CERÂMICAS

O assentamento das placas cerâmicas seguiu os procedimentos estipulados pela NBR 14084:04.

**Figura 3** – Preparo dos Cordões – Criciúma SC.



**Fonte:** Do autor

As placas cerâmicas, com dimensões de 50 mm x 50 mm foram assentadas sobre a argamassa colante, no qual a mesma foi distribuída antes em cordões na parte superior do substrato padrão, onde foram posicionadas dez placas cerâmicas limpas e secas sobre os cordões de argamassa estendida, de modo que haja uma distância de 5 cm entre elas e de 2,5cm entre as arestas das placas e a borda mais próxima do substrato padrão.

Após estender os cordões, cada placa foi carregada sobre a argamassa e centralizada com peso padrão de 2 kg durante o tempo máximo de 30s.

### 3.6 CONDIÇÕES DE CURA

Durante 28 dias, os substratos ficaram em cura normal em laboratório, com temperatura média de 22°C e 58% de umidade relativa do ar.

As peças metálicas de arrancamento, que possuem as mesmas dimensões das placas cerâmicas, foram coladas em cada placa que foi distribuída sobre o substrato, realizando-se isto três dias (72h) antes da data do ensaio de arrancamento, fazendo a colagem com adesivo epóxi afim de que as suas superfícies ficassem sobrepostas.

### 3.7 ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Com a utilização de um dinamômetro com capacidade de 5 kN e velocidade de  $250 \pm 50$  N/s foi realizado o ensaio de arrancamento por tração, seguindo está etapa de acordo com a norma técnica NBR 14084/04. No ensaio o valor indicado é referente à força de tração máxima exercida para arranca a placa, ou seja, no momento da ruptura.

Onde a tensão de aderência (A) é obtida perante a expressão:

$$f_t = \frac{T}{A} \quad ((A))$$

Onde temos,  $f_t$  como a tensão de aderência, em N/mm<sup>2</sup>; T como a força de tração máxima, em N; e A é a área de ruptura da placa cerâmica, em mm<sup>2</sup>.

Durante o ensaio também foram avaliadas as rupturas, que são classificadas conforme a sua tipologia, sendo elas: A, ruptura na interface placa cerâmica / argamassa colante; B, ruptura no interior da argamassa colante; C, ruptura na interface argamassa colante / substrato; D, ruptura no interior da argamassa do substrato; E, ruptura na interface substrato / base; F, ruptura no interior da base; G, ruptura na interface pastilha / cola; e H, ruptura na interface cola / placa cerâmica.

## 4 RESULTADOS

Para uma melhor análise dos resultados, ou seja, de cada traço, eles serão abordados e discutidos individualmente, para que posteriormente, na conclusão, sejam tratados e analisados como um conjunto num tudo.

**Tabela 3 – Dados dos Ensaio**

Argamassa Ensaada	Índice de Consistência (cm)	Tempo em Aberto (min)	Resistência Média (MPa)
Argamassa de Referência	24	15	0,561
		20	0,487
		25	0,431
Argamassa 0,3% aditivada c/ retardador	23	15	0,337
		20	0,392
		25	0,247
Argamassa 0,6% aditivada c/ retardador	24	15	0,350
		20	0,358
		25	0,329
	23	20	0,290



Argamassa 0,5% aditivada c/ estabilizador		25	0,318
		30	0,192
Argamassa 0,8% aditivada c/ estabilizador	24	20	0,168
		25	0,252
		30	0,214

A argamassa de referência foi o traço, entre todas as ensaiadas, que obteve o maior desempenho para as resistências mínimas exigidas em norma ( $\geq 0,5$  MPa), porém, em contrapartida, a sua resistência foi reduzindo drasticamente quanto maior foi a extensão do tempo em aberto dela. Um dos motivos para essa redução de resistência mecânica se dá pela hidratação do clínquer presente na argamassa colante, quando em contato com a água, é o responsável pelas reações químicas que desenvolvem a sua resistência, sendo assim, um dos fatores que influenciam drasticamente neste processo é o prolongamento do tempo em aberto dos cordões, sendo que este irá proporcionar uma taxa maior de evaporação da água presente na argamassa e também um tempo maior de absorção de água da tardo do revestimento cerâmico e da superfície do substrato padrão, onde são situações que afetam diretamente a quantia de água necessária para a hidratação. Levando em considerações as rupturas obtidas, onde houve predominância do tipo A, podemos dizer que ocorreu uma boa hidratação dos componentes químicos da argamassa, e que a absorção de água da placa foi o responsável pela presença desta tipologia de ruptura neste traço.

A inserção de 0,3% de retardador de pega na argamassa já denotou uma grande variação de informações se comparada a anterior. Em qualquer um dos tempos em aberto não foram obtidas resistências mínimas suficientes que atendessem a norma, porém, o tipo de ruptura mais presente neste traço foi a B, deduz-se então que a incorporação do aditivo afetou drasticamente a hidratação da argamassa, estendendo a sua hidratação, mas proporcionando um tempo maior para que a água presente no interior da argamassa evaporasse, reduzindo-se a sua quantia necessária para hidratação.

Já o traço com 0,6% de aditivo segue o mesmo padrão do traço aditivado anterior, com baixas resistências a tração e predominância da ruptura do tipo B.

Quanto às argamassas aditivadas com estabilizador de hidratação seguiram o mesmo padrão as dosadas com retardador de pega, com predominância da ruptura do tipo B. Tal redução de resistência pode ser considerada pela composição química do aditivo, no qual possuem em sua composição altas concentrações de açúcares e sais orgânicos,



sendo que esses compostos afetam a hidratação do cimento, retardando-o pelo fato de ser um aditivo plastificante e resultando num tempo maior para a evaporação da água contida na argamassa e assim reduzindo a resistência mecânica e incorporação de ar.

## 5 CONCLUSÃO

Com os dados e valores obtidos neste trabalho, podemos concluir que a evaporação da água, a variação de absorção da mesma em uma placa cerâmica e a quantidade significativa acrescentada de aditivos químicos de retardamento e estabilização durante o preparo de uma argamassa colante influenciam nos valores das resistências à tração de cada argamassa no tempo de cura normal.

Existem outros fatores que influenciam na alteração da resistência da argamassa de acordo com o ambiente, material e modo que é preparado, como, por exemplo, a expansão por umidade do revestimento, a presença de água, as alterações de temperaturas, a concentração e o tipo de aditivo acrescentado à argamassa, a umidade do ar, a velocidade do vento, e entre outras variáveis.

No estudo realizado, percebeu-se que o acréscimo do retardador de pega e estabilizador de hidratação tornou inviável a sua aplicabilidade, reduzindo drasticamente as resistências mecânicas à tração pela hidratação tardia e a redução de água para a mesma por evaporação.

Assim, entende-se que existem diversas variáveis que influenciam nas propriedades físicas-químicas de uma argamassa. Sendo necessários então estudos complementares do assunto discutido em abordagens diferentes, a fim de que sejam obtidas medidas alternativas e produtivas, para que assim sejam aplicáveis nas construções civis conforme a necessidade da edificação e o ambiente em seu entorno.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para Assentamento de Paredes e Tetos: Preparo da mistura e Determinação do Índice de Consistência. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas: Especificação. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14082**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – execução do substrato padrão e aplicação da argamassa para ensaios. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14084**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação da resistência de aderência. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação - Referências – Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

OLIVEIRA, Juliana. **Estudo das propriedades de argamassas colantes submetidas a saturação e secagem**. 2004. 180p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Univ. Fed. Santa Catarina, Florianópolis.

ROSCOE, Marcia Taveira. **Patologia em Revestimentos Cerâmicos de Fachadas**. 2008. 81p. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil). Escola de Engenharia da UFMG.

SARAIVA, Ana G. BAUER, Elton. BEZERRA, Luciano M. **Análise das Tensões entre Argamassa Colante e Placas Cerâmicas Submetidas a Esforços de Natureza Térmica**. Ambiente Construído. Porto Alegre. V.2, n.2, p.47-56, abr./jun. 2002.

PÓVOAS, Yeda V.; JOHN, Vanderley; CINCOTTO, Maria Alba. **A influência do HEC e do PVA na perda de água por sucção das argamassas colantes**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 3<sup>o</sup>, Vitória - ES, 22 e 23 de abril de 1999.

BREA, Fernando M. **Resistência de aderência e tempo em aberto de argamassas colantes com adição de éteres de celulose**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 5<sup>o</sup>, São Paulo – SP, 11 a 13 de junho de 2003.

PEREIRA, Solano Alves. **Procedimento Executivo de Revestimento Externo em Argamassa**. UFMG: Belo Horizonte, 2010.

FIORITO, Antonio J.S.I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. São Paulo: PINI, 1994. 223 p.

UCHOA, João Carlos B. **Procedimento Numérico e Experimental para Avaliação da Resistência a Fadiga de Sistemas de Revestimentos Cerâmicos**. 2007. 181<sup>o</sup>. Tese (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília.

## Trabalho completo de pesquisa

### **35162/35163 - ESTUDO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR FELDSPATO**

**Ariádny C. Cardozo, Rodrigo Rosner, Elaine Guglielmi Pavei Antunes**

Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Brasil.

A argamassa de revestimento atua diretamente na durabilidade e preservação da obra, desde que exerça suas funções de forma eficaz. No entanto, quando o revestimento apresenta falhas, surgem patologias como fissuras e infiltrações. Portanto, é importante estudar-se materiais que buscam diminuir o surgimento dessas patologias. Neste seguimento, a presente pesquisa tem como objetivo estudar composições que utilizam o pó de feldspato, como substituição parcial do agregado miúdo nos teores de 0%, 20%, 23%, 26% e 30%. Para tal, são realizados os ensaios de absorção de água por capilaridade, coeficiente de capilaridade, resistência à tração na flexão e resistência à compressão axial, módulo de elasticidade, resistência de aderência à tração. Os resultados obtidos demonstram vantagens relativas à utilização do pó de feldspato em argamassas de revestimento quando comparadas a argamassa convencional, sendo um fator considerável para fins de redução de fissuras e infiltrações.

**Palavras-chave:** argamassa, patologia, feldspato.

**Fonte financiadora:** PIBIC/ CNPQ

## **1 INTRODUÇÃO**

A indústria da construção civil faz grande uso da argamassa, podendo ser encontrada, geralmente, como argamassa de assentamento e de revestimento de paredes e tetos. A mesma pode ser descrita como: “Mistura de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedade de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada)” (ABNT NBR 13281, 2005). Possui grande importância na construção, já que atua de forma direta na durabilidade e preservação da obra. Conforme, Recena (2011) as principais funções da argamassa de revestimento são: proteger os elementos de vedação da ação de agressivos, auxiliar no isolamento acústico e térmico, ajudar na impermeabilização à água, entre outros. É necessário que haja um conjunto de propriedades específicas, para que o revestimento argamassado ocorra de forma eficaz. Quando há falhas nesse processo, podem ocorrer problemas patológicos, sejam eles relacionados à umidade e principalmente ao aparecimento de fissuras, que podem comprometer o desempenho da edificação. Com o intuito de evitar tais patologias, estudam-



se materiais que contribuam no desempenho das argamassas. Constituído por silicato de alumínio, e proporções de potássio, bário, cálcio e sódio, o feldspato pode ser encontrado em rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. O feldspato é um mineral muito utilizado em cerâmicas e em pó, possui características que podem potencializar a argamassa e possivelmente suprir algumas necessidades da edificação, como a diminuição de infiltração e fissuração. A presente pesquisa tem como objetivo estudar composições que utilizam o pó de feldspato, como substituição parcial do agregado miúdo nos teores de 0%, 20%, 23%, 26% e 30%. Para tal, realizou-se os ensaios de absorção de água por capilaridade, coeficiente de capilaridade, resistência à tração na flexão e resistência à compressão axial.

## 2 METODOLOGIA

Esta pesquisa dividiu-se em etapas, na qual a primeira consistiu em um levantamento bibliográfico acerca dos assuntos relacionados a argamassas, principalmente de revestimento e ao pó de feldspato. Por meio deste levantamento, buscaram-se informações relevantes a respeito do traço que seria mais adequado para realização deste estudo. A argamassa não dispõe de métodos racionais de dosagem como o concreto, assim como Gomes & Neves (2002) destacam, no entanto, os traços (1:5), (1:6) e (1:7) são utilizados com mais frequência na construção civil. Na segunda etapa o objetivo a definição da relação água/cimento (a/c) encontrada através de uma análise experimental a partir da realização do ensaio de determinação do índice de consistência conforme disposto na ABNT NBR 13276:2005. Ainda, realizaram-se os ensaios de capilaridade conforme ABNT NBR 15259:2005 e de tração na flexão e compressão, de acordo com a ABNT NBR 13279:2005 como terceira e quarta etapas, respectivamente. A quinta e última etapa, aborda à análise dos resultados obtidos.

Neste estudo, avaliou-se o coeficiente de capilaridade, a absorção de água por capilaridade, resistência à tração na flexão e resistência à compressão axial, substituindo parcialmente o agregado miúdo por pó de feldspato, nos teores de 0%, 20%, 23%, 26% e 30%. Para o estudo, o traço referência utilizado foi de 1:5

Para a dosagem das misturas, utilizou-se cimento CPIV-32 e areia média, como módulo de finura 2,2.

### 2.1 PÓ DE FELDSPATO

O pó de feldspato utilizado na presente pesquisa, foi obtido numa empresa da região sul de Santa Catarina. O feldspato possui granulometria menor a 0,075 mm, passante na peneira 75 micras, retido 0 a 5% e sua massa específica é de 2,1 g/cm<sup>3</sup>. As características químicas do material estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1** – Características químicas do pó de feldspato.

Composição Química	(%) Feldspato
Óxido de Silício	72,49
Óxido de Alumínio	14,95
Óxido de Ferro	0,08
Óxido de Cálcio	0,13
Óxido de Sódio	3,57
Óxido de Potássio	6,93
Pentóxido de Fósforo	0,37
Perda ao fogo	0,10

## 2.2. ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

Para determinar o índice de consistência, utilizou-se a quantidade de água que respeitasse a determinação da ABNT NBR 13276:2005, na qual recomenda um índice de consistência de (260 ± 5) mm, executado através da mesa de índice de consistência.

A partir da determinação da relação água/cimento (a/c), foram definidos os traços para realização da pesquisa. As misturas foram chamadas de F0, F20, F23, F26 e F30, para representar a substituição do agregado miúdo por pó de feldspato em 0%, 20%, 23%, 26% e 30%, respectivamente.

A relação água/cimento (a/c) não foi alterada em nenhum dos traços, utilizaram-se porcentagens de aditivo para manter o índice de consistência determinado na norma. Os traços definidos estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2** – Traço em volume para a fabricação de argamassa.

Traço	Cimento: Areia: Feldspato	Relação (A/C)	Aditivo (%)
F0	1:5:0	0,76	0
F20	1:4:1	0,76	0,3
F23	1:3,85:1,15	0,76	0,43
F26	1:3,7:1,3	0,76	0,57



---

F30	1:3,5:1,5	0,76	0,70
<b>Fonte:</b> Do autor			

---

## 2.3 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE E DO COEFICIENTE DE CAPILARIDADE.

Para este ensaio, foram utilizados três corpos de prova prismáticos para cada mistura de traço, executado conforme a ABNT NBR 15259:2005.

Determinou-se a massa inicial ( $m_0$ ), em gramas, de cada corpo de prova e em seguida os corpos de prova foram depositados com a face quadrada sobre o recipiente utilizado no ensaio. O nível de água no recipiente permaneceu constante a  $(5 \pm 1)$  mm acima da face posicionada sobre a água, determinando-se em seguida, a massa aos 10 minutos ( $m_{10}$ ) e 90 minutos ( $m_{90}$ ).

### 2.3.1 Absorção de água por capilaridade

A absorção de água por capilaridade é definida pela razão entre a variação de massa pela área da seção transversal do corpo de prova que está em contato com a água, de acordo com a equação 1. A mesma deve ser expressa em gramas por centímetros quadrados ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ).

$$At = \frac{mt - m_0}{16} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde :

At: absorção de água por capilaridade, para cada tempo, aproximada ao centésimo mais próximo, em gramas por centímetro quadrado;

mt: massa do corpo de prova em cada tempo, aproximada ao centésimo mais próximo, em gramas;

t: corresponde aos tempos de 10 min e 90 min, em segundos;

16: área do corpo de prova, em centímetros quadrados.

### 2.3.2 Coeficiente de capilaridade

Por definição, segundo a ABNT NBR 15259:2005, o coeficiente de capilaridade é igual ao coeficiente da reta que passa pelos pontos que representam as determinações obtidas aos 10 e 90 min, onde a abscissa representa a raiz do tempo em minutos e a ordenada, a absorção de água por capilaridade, expresso em gramas por centímetro quadrado.

O coeficiente de capilaridade obtido, possui valor aproximado a média das diferenças de massa aos 10 min e 90 min.

## 2.4 ENSAIO DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO.

O ensaio de determinação da resistência à tração na flexão foi realizado com base na ABNT NBR 13279:2005. Para execução do ensaio foram moldados três corpos de prova prismáticos de 4 cm x 4 cm x 16 cm para cada mistura de traço. Para romper os corpos, foi aplicada uma carga de  $(50 \pm 10)$  N/s.

Para calcular a resistência à tração na flexão, utiliza-se a equação 2:

$$R_f = \frac{1,5 F_f \cdot L}{40^3} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

R<sub>f</sub>: resistência à tração na flexão, em megapascals;

F<sub>f</sub>: carga aplicada verticalmente no centro do prisma, em newtons;

L: distância entre os suportes, em milímetros;

## 2.5 ENSAIO DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL.

Para este ensaio utilizou-se a ABNT NBR 13279:2005 como base. Para executar o ensaio, utilizaram-se as metades dos três corpos de prova, para cada mistura de traço, foram usados no ensaio de tração à flexão. Na ruptura, foi exercida uma carga de  $(500 \pm 100)$  N/s.

Para calcular a resistência à compressão axial, utiliza-se a Equação 3:

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

R<sub>c</sub>: resistência à compressão, em megapascals;

F<sub>c</sub>: carga máxima aplicada, em newtons;

1600: área da seção quadrada do dispositivo de carga 40mm x 40 mm, em milímetros quadrados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de analisar a influência do feldspato substituindo parcialmente o agregado miúdo na argamassa, o F0 será utilizado como referência para análise dos ensaios, já que o mesmo não possui pó de feldspato na sua composição.

#### 3.1 DETERMINAÇÃO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE E COEFICIENTE DE CAPILARIDADE.

Para obtenção dos valores, é necessário medir em gramas cada corpo de prova dividido em três etapas, primeiro a massa inicial ( $m_0$ ), aos 10 min ( $m_{10}$ ) e aos 90 min ( $m_{90}$ ), conforme mostra a Tabela 3.

**Tabela 3** – Massa dos corpos de prova em gramas.

Traço	CP	Massa (gramas)	0 min	10 min	90 min
F0		1	502,40	505,90	511,00
		2	512,70	515,10	519,20
		3	511,50	514,50	519,70
		Média	508,87	511,83	516,63
		Desvio Padrão	8,20	8,10	8,47
F20		4	533,50	535,50	537,90
		5	563,70	565,40	567,10
		6	539,00	540,60	543,00
		Média	545,40	547,47	549,33
		Desvio Padrão	4,27	4,00	4,07
F23		7	560,00	561,20	562,70
		8	564,00	565,20	566,00
		9	561,80	563,00	564,20
		Média	561,93	563,13	564,30
		Desvio Padrão	2,20	1,00	1,53
F26		7	561,20	562,50	564,00
		8	554,70	555,80	557,10
		9	560,30	561,40	562,50
		Média	558,73	559,90	561,20
		Desvio Padrão	2,20	1,10	1,77
		7	553,40	554,50	555,40
		8	567,90	568,80	569,60



---

F30	9	537,90	539,10	540,30
	Média	553,07	554,13	555,10
	Desvio Padrão	2,20	1,80	1,77

---

Fonte: do autor.

### 3.1.1 Resultados de absorção água por capilaridade

A partir dos valores, faz-se uma comparação entre os traços com porcentagens de feldspato e o traço F0 observou-se que a absorção de água por capilaridade no traço referência F0, que não possui substituição de areia por feldspato, aos 10 minutos de ensaio é de 0,185 g/cm<sup>2</sup> e aos 90 minutos é de 0,485 g/cm<sup>2</sup>. No entanto, no traço F30, que possui uma substituição parcial da areia por feldspato em 30%, demonstrou uma diminuição na absorção de água em 64,19% aos 10 min e 73,84% aos 90, sendo que foi o traço que apresentou uma redução maior na absorção de água por capilaridade comparado ao traço F0, evidenciando que o traço F30 é mais impermeável que os demais.

À medida que a porcentagem de substituição do agregador miúdo por feldspato foi aumentando, houve uma diminuição da absorção de água por capilaridade na argamassa. Logo, as porcentagens de 20%, 23%, 26% e 30% se mostraram eficazes na diminuição da percolação da água por capilaridade na argamassa, sendo menos permeáveis que o traço referência.

### 3.1.2 Resultados de Coeficiente de Capilaridade.

Os resultados encontrados para o coeficiente de capilaridade de cada traço estão expressos na Tabela 4.

A Figura 1 apresenta a classificação das argamassas segundo a ABNT NBR 13281:2005 para o coeficiente de capilaridade.

**Figura 1:** Classificação segundo ABNT NBR 13281:2005 – Coeficiente de capilaridade.



Classe	Coeficiente de capilaridade $\text{g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$	Método de ensaio
C1	$\leq 1,5$	ABNT NBR 15259
C2	1,0 a 2,5	
C3	2,0 a 4,0	
C4	3,0 a 7,0	
C5	5,0 a 12,0	
C6	$> 10,0$	

**Fonte:** ABNT NBR 13281:2005

Com os resultados obtidos, observou-se que o traço referência F0 classifica-se como C5, sendo que foi o maior com coeficiente de capilaridade  $5,37 \text{ g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$ . Já o F20, classifica-se como C3, com coeficiente de  $2,85 \text{ g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$ , o maior além do traço referência. No entanto, os traços F23, F26 e F30, se classificaram como C5, sendo que o menor foi no traço F30, com coeficiente de capilaridade médio  $1,55 \text{ g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$ .

**Tabela 4 – Coeficiente de Capilaridade**

Traço	CP	Coeficiente de capilaridade $(\text{gdm}^2 \cdot \text{min}^{1/2})$	Coeficiente de capilaridade médio $(\text{g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2})$
F0	1	6,05	5,37
	2	4,45	
	3	5,60	
F20	4	3,20	2,85
	5	2,55	
	6	2,80	
F23	7	1,95	1,76
	8	1,60	
	9	1,73	
F26	10	2,05	1,82
	11	1,75	
	12	1,65	
F30	13	1,55	1,55
	14	1,30	
	15	1,80	

**Fonte:** Do autor

### 3.2 ANÁLISE DA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO.

Após o ensaio de capilaridade, foi executada a determinação da resistência à tração na flexão. Os valores encontrados para cada traço na determinação da resistência à tração na flexão estão descritos na Tabela 5.

A partir da Tabela 5, pode-se verificar que o traço que apresentou maior resistência foi o F26, na qual se substituiu em 26% a areia pelo pó de feldspato, superando em 88,77% o traço referência F0, reduzindo as chances de uma possível fissuração na argamassa de revestimento, onde os esforços à tração são mais constantes que à compressão.

**Tabela 5** – Resultados de tração à flexão da argamassa

Traço	CP	Tração à flexão (Mpa)	Média (Mpa)
F0	1	3,72	3,92
	2	3,70	
	3	4,35	
F20	4	6,46	6,41
	5	6,34	
	6	6,43	
F23	7	5,37	5,99
	8	6,60	
	9	5,99	
F26	10	7,75	7,40
	11	7,39	
	12	7,06	
F30	13	6,23	6,37
	14	6,60	
	15	6,27	

**Fonte:** do autor.

### 3.3 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL.

Os resultados obtidos para determinação da resistência à compressão axial estão expressos na Tabela 6.

A partir dos valores descritos na Tabela 6, entende-se que a porcentagem que resultou em uma resistência maior foi a de 23% representada pelo traço F23, que aumentou em 85,48% a resistência da argamassa à compressão axial. Os traços F23, F26 e F30 também apresentaram um aumento na resistência à compressão axial se comparados ao

traço F0 em 59,56%, 64,80% e 83,46%. No entanto, o traço que apresentou menor eficácia no quesito de aumento de resistência foi o F20.

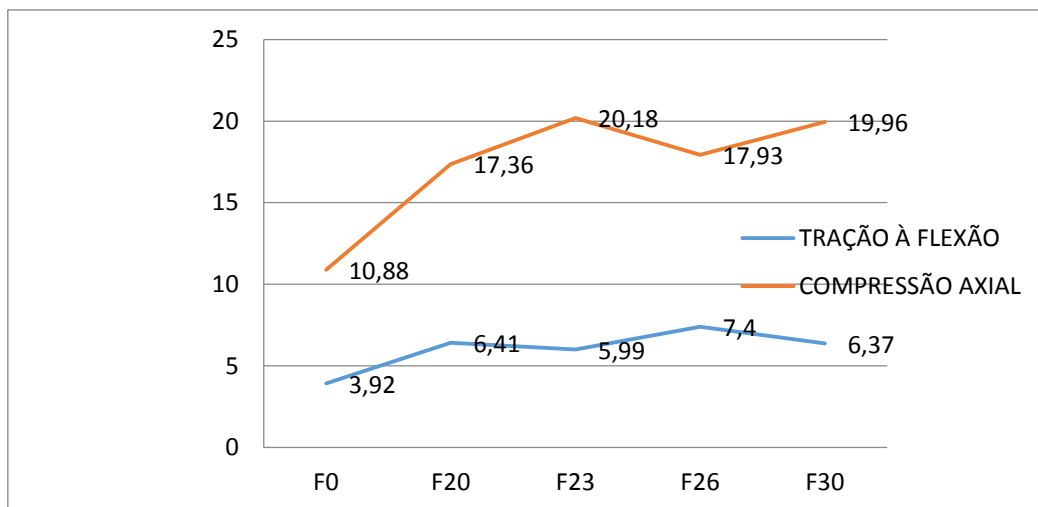
**Tabela 6:** Resultados de Compressão Axial da argamassa.

Traço	CP	Compressão Axial (Mpa)	Média(Mpa)
F0	1	10,50	10,88
	2	10,99	
	3	11,16	
F20	4	15,58	17,36
	5	16,41	
	6	20,09	
F23	7	20,13	20,18
	8	21,71	
	9	18,71	
F26	10	16,15	17,93
	11	20,27	
	12	17,38	
F30	13	19,61	19,96
	14	22,37	
	15	17,90	

Fonte: Do autor

Para melhor compressão, a Figura 2 mostra os valores obtidos para a tração à flexão e compressão axial:

**Figura 2:** Resultados de tração à flexão e compressão axial.



Fonte: Do autor



## 4 CONCLUSÃO

Por meio da pesquisa realizada, pode-se constatar que a utilização do pó de feldspato potencializou a argamassa em todos os ensaios, mostrando um desempenho superior quando comparado ao traço referência. No entanto, os traços que apresentaram melhores resultados variaram entre F23 e F26. O traço F26, aumentou significativamente sua resistência à tração na flexão se comparado ao traço referência. Já o F23, demonstrou um bom resultado na resistência à compressão axial. O traço com 30% por sua vez, apresentou uma diminuição de absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade. Outro ponto a ser destacado, é que para manter o índice de consistência dos traços, foi necessário utilizar maior quantidade de aditivo para não modificar a relação água/cimento ( $a/c$ ), já que à medida que o teor de feldspato aumenta, a quantidade de água é alterada para suprir a necessidade de manter a argamassa de acordo com o ensaio de índice de consistência.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE FILHO, Jerônimo et al. **Análise do desempenho das argamassas de revestimento empregadas nos novos empreendimentos de engenharia da região de Mossoró-RN.** In: CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 7, 2012, Palmas. **Anais eletrônicos...** Tocantins: IFTO. 2012. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/view/4819/2197>. Acesso em 08 de Junho de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15259: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade.** Rio de Janeiro, 2005.



---

GOMES, Adailton de Oliveira; NEVES, Célia Maria Martins. **Proposta de método de dosagem racional de argamassas contendo argilominerais.** Ambiente Construído, v. 2, n. 2, p. 19-30, 2002.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Conhecendo Argamassa.** Ambiente Costruído, v.1, p. 35-36, Porto Alegre, 2011.



## Trabalho completo de pesquisa

### 35270 - ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE MISTURAS ASFÁLTICAS COM ADIÇÃO DA CINZA DE CASCA DE ARROZ

**Mariana Scheffer, Carlos A. Scheffer, Pedro Arns, Ângela C. Piccinini**

Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Brasil.

A cinza da casca de arroz é subproduto do processo de beneficiamento do arroz para consumo humano, esse material não possui um fim pré-determinado, mas tornou-se um grande aliado das inovações em vários setores como gerador de energia entre outras finalidades, devido seu elevado teor de sílica. Analisando as propriedades químicas e os benefícios que a cinza pode favorecer, esse estudo visou uma nova aplicação para esse resíduo, sendo essa uma nova alternativa para a melhoria dos grandes problemas enfrentados diariamente nas rodovias. Essa nova utilização propõe a adição do material nas misturas asfálticas com o intuito de atingir um aumento na resistência à tração. Foram confeccionados corpos de provas cilíndricos, com diâmetro de 101,6 mm e altura de 63,5 mm, moldados sem e com adição de 1, 2, 4 e 6% da cinza. Foram realizados ensaios de caracterização de todos os materiais que compõem a mistura. As misturas foram dosadas seguindo a metodologia Marshall (DNER-ME 043/95) para obtenção da quantidade ideal a ser adicionada da cinza da casca de arroz. Após essa determinação, foram moldados corpos de provas seguindo essa porcentagem, para a definição do teor ótimo de ligante asfáltico e, posteriormente, a realização do ensaio de tração diametral. Com esses dados, tornou-se possível a análise de um comparativo com corpos de prova de referência. Os resultados mostraram que a utilização da cinza nos pavimentos flexíveis é uma boa alternativa, pois além de melhorar as características mecânicas da mistura asfáltica, permite, também, a correta destinação deste subproduto da indústria.

**Palavras-chave:** pavimentos flexíveis, baixo custo, cinza de casca de arroz, reaproveitamento de resíduo.

## 1 INTRODUÇÃO

A camada superficial da estrutura do pavimento flexível é denominada de revestimento asfáltico. A função principal do revestimento asfáltico é suportar os esforços impostos diretamente pelo tráfego de veículos e transmiti-los às camadas subjacentes. As tensões e deformações sofridas na camada asfáltica pelas cargas do tráfego estão associadas às patologias de deformação permanente e fadiga. Este revestimento é produzido a partir da usinagem, a altas temperaturas, de agregados minerais e ligante asfáltico; o material final assim produzido é chamado de mistura asfáltica.

A variedade de agregados passíveis de utilização nos revestimentos asfálticos é muito grande. Contudo, cada utilização em particular requer agregados com características



específicas e isso inviabiliza muitas fontes potenciais (BERNUCCI et al., 2006). A preocupação com a possibilidade de esgotamento dos recursos naturais e os efeitos que a extração dos agregados pode causar sobre o meio ambiente torna indispensável o estudo de materiais alternativos empregados na pavimentação. Estes materiais podem ser de origem natural (pedregulhos, britas, etc), artificial (escorias, subprodutos da indústria do aço, cinzas, etc) e reciclados (provenientes do reuso de materiais diversos).

O uso de subprodutos da indústria torna-se atrativo devido ao baixo custo destes materiais e à possibilidade de reutilização dos mesmos, podendo-se atingir, ao mesmo tempo, um benefício técnico e ambiental. O uso de cinzas, provenientes do beneficiamento do carvão mineral, foi objeto de estudo por parte de DIAS (2004), WEBER et al. (2012) e PAVEI (2014), entre outros. Em todas estas pesquisas o uso de cinza pesada em substituição do agregado mineral constituinte das misturas asfálticas foi satisfatório.

Outro tipo de cinza que poderia ser utilizada na produção de misturas asfálticas é a cinza de casca de arroz. Esta cinza é resultado da combustão da casca de arroz com a finalidade de geração de energia, para o beneficiamento do cereal. A casca de arroz é formada por uma capa lenhosa, dura e altamente silicosa, composta por cerca de 50% de celulose, 30% de lignina e 20% de sílica. A celulose e a lignina podem ser removidas por combustão controlada, deixando para trás a sílica numa forma vítrea e microporosa de altíssima superfície específica (DAFICO, 2001).

No caso da safra de 2014, a produção brasileira de arroz chegou a 12 milhões de toneladas no ano (IBGE, 2014), o que significa dizer que a produção de cinza chegou a 480 mil toneladas. No caso do sul do Estado de Santa Catarina, a produção no ano 2014 foi de mais de 1 milhão de toneladas de arroz. Baseando-se na hipótese que toda a casca gerada fosse queimada, pode-se admitir que mais de 40 mil toneladas de cinza de casca de arroz foram geradas no ano, ficando assim, evidente o seu aproveitamento adequado resultaria em benefício ao processo de conservação ambiental (BONFANTE, 2015).

Muitos estudos vêm sendo feitos para a reutilização da cinza da casca de arroz. A ideia é conciliar melhorias, através de um baixo recurso financeiro, “com a diminuição dos problemas ambientais e econômicos, causados pela sua disposição, tais como: ocupação de espaço, custo do recolhimento, processamento e degradação dos recursos ambientais” (MEDEIROS 2010).



A utilização de recursos sustentáveis na pavimentação pode ser uma das soluções para a redução de problemas ambientais que estão nos atingindo, segundo PAVEI (2014), “a preocupação com a possibilidade de esgotamento dos recursos naturais e os efeitos que a extração dos agregados pode causar sobre o meio ambiente, torna indispensável o estudo de materiais alternativos empregados na pavimentação, que muitas vezes tem sido subutilizados ou mesmo descartados de maneira não sustentável ambientalmente”. Assim, torna-se de extrema importância o estudo de materiais alternativos, principalmente os resíduos, pois além de um baixo custo, a utilização desses materiais pode trazer muitos benefícios, como exemplo a cinza da casca de arroz na pavimentação, além de reduzir o acúmulo desse material em lugares desapropriados, ela favorece o setor rodoviário. A cinza casca de arroz é um material de fácil acesso, que possui boas propriedades físicas, com base no que revela DELLA et al. (2001), “durante o processo de beneficiamento do arroz, resulta como subproduto a casca de arroz, que representa cerca de 23% do peso do arroz. Esta casca devido a sua alta dureza, fibrosidade e natureza abrasiva, leva a obtenção de produtos de baixa propriedade nutritiva, boa resistência ao desgaste e muita cinza”. Segundo essa afirmação de Della, destaca-se, a principal propriedade que levou a utilização desse resíduo para a elaboração dessa pesquisa, a resistência ao desgaste. Devido essa propriedade “a cinza pode ser utilizada em diversas áreas, como na fabricação de vidros, isolantes térmicos, tijolos prensados e materiais refratários, bem como na produção de cimento Portland e na forma de agregado em argamassas e concretos” (FONSECA, 1999).

Para a realização da pesquisa, a casca de arroz foi incinerada com o propósito de diminuição do seu volume e, assim, a formação de um novo resíduo, a cinza da casca de arroz. A utilização dessa cinza vem crescendo muito nos últimos tempos como por exemplo, na produção de energia.

Estudos anteriores realizados com cinza de termoelétricas demonstraram um bom desempenho em misturas asfálticas. A cinza pesada preenche os vazios compostos na mistura que como consequência gera um aumento na sua resistência à tração. O presente estudo tem como objetivo analisar a resistência à tração de misturas asfálticas com adição da cinza da casca de arroz.

## 2 METODOLOGIA



A realização da pesquisa, dividiu-se em várias etapas. Primeiramente, foram realizadas as caracterizações de todos os materiais utilizados na composição das misturas. Logo após a caracterização dos materiais, foi realizada a moldagem de corpos de prova cilíndricos, com diâmetro de 101,6 mm e altura de 63,5 mm, cujas granulometrias deveriam se encaixar na faixa “C” do Departamento Estadual de Infraestrutura (DEINFRA). A primeira mistura foi realizada sem adição de cinza e com percentagens de 4%, 4,5%, 5%, 5,5% de ligante asfáltico. Após a moldagem, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de Estabilidade Marshall. Com a determinação do teor ótimo de ligante, através dos parâmetros Marshall, analisou-se a resistência à tração dos corpos de prova sem cinza, para obtenção de um referencial. Com a utilização do teor de ligante obtido, através dos corpos de prova de referência, foram realizadas novas misturas, com adição de percentuais crescentes de cinza da casca de arroz (1%, 2%, 4% e 6%) em substituição parcial do agregado mineral. Com essa segunda mistura, foi escolhido o teor desejado de cinza através do melhor desempenho, e com isso realizada uma terceira mistura. Com a percentagem escolhida de cinza, para a terceira mistura, foram moldados corpos de provas com diferentes percentagens de ligantes asfáltico, e assim determinou-se o teor ótimo da mistura com a cinza, e, posteriormente, a submissão ao ensaio de resistência à tração diametral, para fazer um comparativo com o corpo de prova de referência.

## 2.1 MATERIAIS

### 2.1.1 Agregados

Os agregados utilizados, foram de origem basáltica de diferentes tamanhos, compostos por: brita  $\frac{3}{4}$ , pedrisco e pó de pedra, como mostra a Figura 1. Foram fornecidos pela empresa Cedro Engenharia, Comércio e Mineração, do município de Maracajá, Santa Catarina.

**Figura 1** – Agregado graúdo, miúdo e o fino



Fonte: Autora, (2016).

### 2.1.2 Ligante asfáltico

O ligante asfáltico é um material betuminoso derivado do petróleo. Possui função de fazer a ligação entre todos os componentes da mistura asfáltica, sendo o principal responsável pela trabalhabilidade. O ligante betuminoso utilizado foi um Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) 50/70, fornecido pela empresa GRECA asfaltos, situada no município de Esteio, Rio Grande do Sul.

**Figura 2** – Ligante asfáltico



Fonte: Autora, (2016).

### 2.1.3 Cinza da Casca de Arroz

A Cinza da Casca de Arroz é resultante da queima da casca de arroz com combustível para produção de derivados. O material foi fornecido pela empresa Cereais Célia, localizada no município de Meleiro, em Santa Catarina. A cinza é gerada através da queima sem controle de temperatura, devido a isso ela pode ser considerada resíduo. A queima realizada, provavelmente, não exerceu temperaturas superiores a 800°C, devido ao tamanho dos grãos. Se a temperatura fosse superior os grãos maiores não resistiriam e a área específica seria menor. A figura 3 demonstra o resultado da casca de arroz após ser incinerada.

**Figura 3** – Cinza da Casca de Arroz



Fonte: Autora, (2016).

## 2.2 MÉTODOS

Primeiramente todos os materiais envolvidos na mistura foram submetidos a ensaios de caracterização, para obtenção de parâmetros como, massa específica, densidade, absorção e dimensão.

### 2.2.1 Caracterização dos agregados

A caracterização dos agregados foi realizada no Laboratório de Mecânica de Solo e Asfalto (LMSA), do Instituto de Engenharia e Tecnologia (IDT), da Universidade do



Extremo Sul Catarinense (UNESC), cujos ensaios obedeceram cronologicamente a seguinte ordem:

- Granulometria (DNER-ME 083/98);
- Densidade e Absorção (DNER-ME 081/98);
- Equivalente de Areia (DNER-ME 054/97);
- Densidade Real, Aparente e Efetiva dos grãos (DNER-ME 084/95 e DNERME 085/94);

### **2.2.2 Caracterização do ligante**

Para analisar as propriedades do ligante asfáltico foram realizados os seguintes ensaios:

- Densidade e massa específica (DNER-ME 193/96);
- Viscosidade Saybolt-Furol (NBR 14950/2003);
- Penetração (NBR 6576/2007).

### **2.2.3 Caracterização da Cinza da Casca de Arroz (CCA)**

Os ensaios de caracterização da cinza foram realizados no laboratório LMSA, com exceção da granulometria a laser que foi realizada no Laboratório de Caracterização dos Materiais (CECAM), da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). A caracterização da cinza foi baseada nos ensaios:

- Granulometria (DNER-ME 083/98);
- Densidade Real (DNER-ME 093/94);
- Granulometria a Laser.

Para a moldagem dos corpos de provas e uma posterior utilização da mistura nos revestimentos asfálticos é necessária a determinação do teor ótimo de ligante. Esse parâmetro foi realizado através da Metodologia de Dosagem Marshall (DNER-ME 043/95). Através desse procedimento torna-se possível a obtenção da dosagem da mistura adequada para sua estabilidade, onde o valor determinado varia conforme as características dos materiais compostos.

Para obtenção da Dosagem Marshall deve-se seguir os seguintes passos:

1. Determinação das massas específicas reais do cimento asfáltico de petróleo (CAP) e dos agregados;
2. Seleção da faixa granulométrica a ser utilizada de acordo com a mistura asfáltica;
3. Escolha da composição dos agregados, de forma a enquadrar a sua mistura aos limites da faixa granulométrica escolhida [...]. Ou seja, é escolhido o percentual em massa de cada agregado para formar a mistura. Neste momento não se considera ainda o teor de asfalto [...].
4. Escolha das temperaturas de mistura e compactação, a partir da curva viscosidade-temperatura do ligante escolhido [...]. A temperatura do ligante na hora de ser misturado ao agregado deve ser tal que sua viscosidade esteja situada entre 75 e 150SSF (segundos Saybolt-Furol), de preferência entre 75 e 95SSF ou 0,17 +/- 0,02 Pa. s. se medida com viscosímetro rotacional. A temperatura do ligante não deve ser inferior a 107°C e nem superior a 177°C. A temperatura dos agregados deve ser de 10°C a 15°C acima da temperatura definida para o ligante, sem ultrapassar 177°C. A temperatura de compactação deve ser tal que o ligante apresente viscosidades na faixa de 125 a 155SSF ou 0,28 +/- 0,03 Pa.s.;
5. Adoção de teores de asfalto para diferentes grupos de corpos de prova a serem moldados. Cada grupo deve ter no mínimo três corpos de prova. Conforme experiência do projetista, para a granulometria selecionada, é sugerido um teor de asfalto (T, em %) para o primeiro grupo de corpos de prova. Os outros grupos terão teores de asfalto acima (T+0,5% e T+10%) e abaixo (T-0, 5% e T-1, 0%).
6. Após o resfriamento e a desmoldagem dos corpos de prova, obtêm-se as dimensões dos mesmos (diâmetro e altura). Determinam-se para cada corpo de prova suas massas secas ( $M_s$ ) e submersa em água ( $M_{s\text{sub}}$ ). Com estes valores é possível obter a massa específica aparente dos corpos de prova ( $G_{mb}$ ), que, por comparação com a massa específica máxima teórica (DMT), vai permitir obter as relações volumétricas típicas de dosagem;  
Volume dos corpos de prova,  $V = M_s - M_{s\text{sub}}$ ;  
Massa específica aparente da mistura,  $G_{mb} = M_s/V$ ;  
Volume de vazios,  $V_v = DMT - G_{mb}/DMT$ ;
7. A partir do teor de asfalto do grupo de corpos de prova em questão (%a), ajusta-se o percentual em massa de cada agregado, ou seja,  
 $\%n = \%n^* \times (100 - \%a)$ , onde  $\%n$  é o percentual em massa do agregado "n" na mistura asfáltica já contendo o asfalto. Note-se que enquanto  $\Sigma \%n^* = 100\%$ , após o ajuste,  $\Sigma \%n = 100\% - \%a$ , [...];  
Vazios do agregado mineral  $VAM = 100 - (G_{mb} \times \Sigma \%n / G_{sb})$ ;  
Relação betume /vazios  $RBV = 100 \times (VAM - V_v / VAM)$ ;
8. Após as medidas volumétricas, os corpos de prova são submersos em banho-maria a 60°C por 30 a 40 minutos, [...]. Retira-se cada corpo de prova colocando-o imediatamente dentro do molde de compressão [...]. Determinam-se, então, por meio da prensa Marshall, [...], os seguintes parâmetros mecânicos, estabilidade e fluência. (Bernucci *et al.* 2008, p.218).

## 2.2.4 Estabilidade Marshall

O ensaio de Estabilidade Marshall, é realizado para obter a resistência máxima suportada pelo corpo de prova antes de sua ruptura. É realizado através de corpos de provas cilíndricos com dimensões de 101,6 mm de diâmetro e 63,5 mm de altura, que possuem aproximadamente 1200g, permanecidos anteriormente em uma estufa com temperatura em média de 145°C. O ensaio consiste na aplicação de uma força constante



sobre os corpos de prova de 50,8 mm/min, a uma temperatura de 60°C até o rompimento. Após o término do ensaio o aparelho demonstra a carga aplicada em Kgf, e com isso obtém-se a Estabilidade Marshall.

### 2.2.5 Resistência à Tração

Esse ensaio é realizado com 3 (três) corpos de provas cilíndricos moldados com os teores ótimos definidos através da Estabilidade Marshall. Para iniciar o ensaio os corpos de prova devem ser submetidos a 2 horas de banho maria em uma temperatura de 25°C.

A determinação da resistência à tração, ocorre devido a aplicação de uma força na vertical, contrária diametralmente da compressão, até seu rompimento. O rompimento acontece em duas metades e a máquina realiza o ensaio com uma velocidade de 0,8 +/- 0,1 mm/s. Através disso, é registrada a carga de ruptura para posteriormente calcular-se a resistência à tração.

## 3 RESULTADOS

Segue abaixo os resultados obtidos dos ensaios realizados para análise da utilização da cinza da casca de arroz em pavimentos flexíveis.

### 3.1 AGREGADOS

A Tabela 1 demonstra os resultados obtidos através do ensaio de granulometria simples dos agregados pétreos utilizados no trabalho.

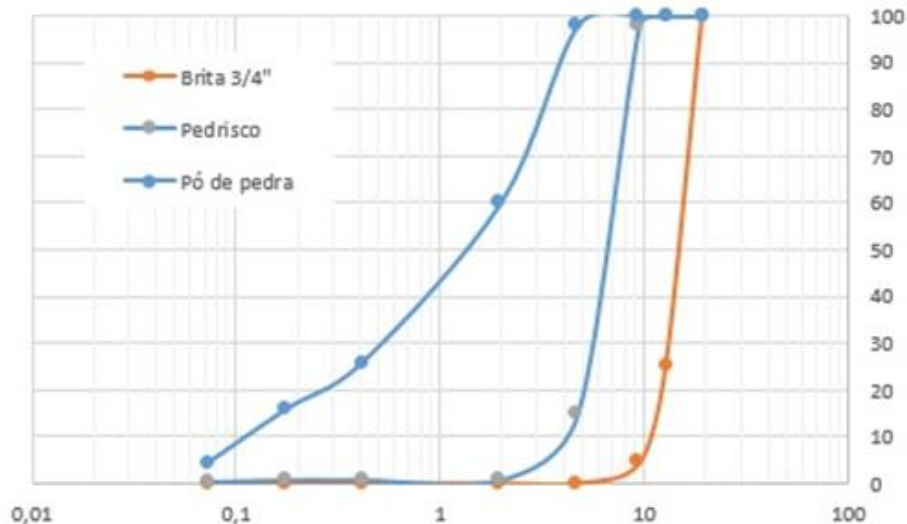
**Tabela 1** –Granulometria dos agregados

Peneiras		Aberturas		
Malha	Abertura (mm)	Brita 3/4	Pedrisco	Pó de Pedra
3/4"	19,1	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,7	25,17	100,00	100,00
3/8"	9,5	4,67	98,07	100,00
#4	4,75	1,25	15,17	97,93
#10	2	1,34	4,2	60,13
#40	0,42	0,87	1,3	25,97
#80	0,18	0,85	0,93	16,07
#200	0,075	0,23	0,51	4,53

Fonte: Autora, (2016).

Na figura 4, estão representadas as curvas granulométricas dos resultados constatados na Tabela 1

**Figura 4** – Gráfico realizado através da Granulometria obtida



Fonte: Autora, (2016).

A Tabela 2 demonstra os resultados obtidos através dos ensaios de caracterização dos agregados:

**Tabela 2** – Ensaios realizados para a caracterização dos agregados

Ensaios	Brita 3/4	Pedrisco	Pó de Pedra	Métodos
Densidade Real média	2,99	--	--	DNER-ME 081/98
Densidade Aparente média	2,92	--	--	DNER-ME 081/98
Absorção média (%)	0,82	--	--	DNER-ME 081/98
Equivalente de Areia (%)	--	--	0,8	DNER-ME 054/97
Densidade Real média	--	3,01	--	DNER-ME 084/98
Massa Específica média	--	--	3,16	DNER-ME 085/94

Fonte: Autora, (2016).

### 3.2 LIGANTE BETUMINOSO

Além das especificações fornecidas pela empresa GRECA asfaltos, foram realizados alguns ensaios para caracterizar melhor as propriedades do ligante asfáltico. Os ensaios podem ser analisados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Especificação do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) 50/70**

Ensaio	Unidades	Especificação	Resultados	Métodos
Penetração (100g, 5s, 25°C)	0,1 mm	50 a 70	60	NBR 6576
Massa Específica a 25°C	Kg/m <sup>3</sup>	-	1,07	NBR 6296
Viscosidade Saybolt-Furol				
135		141	165	NBR 15184
150	s	50	86	
177		30	36	

Fonte: Autora, (2016).

### 3.3 CINZA DA CASCA DE ARROZ

A determinação da Densidade real da casca de arroz foi realizada pelo ensaio do picnômetro, certificando de que a mesma tem baixo valor. Os resultados do ensaio constam na Tabela 4.

**Tabela 4 – Densidade Real Média da Cinza**

Ensaio	Valor obtido	Método
Densidade Real média	2,15	DNER-ME 084/98

Fonte: Autora, (2016).

A granulometria da CCA (cinza da casca de arroz), foi determinada de duas formas, primeiro por peneiramento simples como mostra a Tabela 5 e para uma análise mais precisa foi realizada a granulometria a laser.

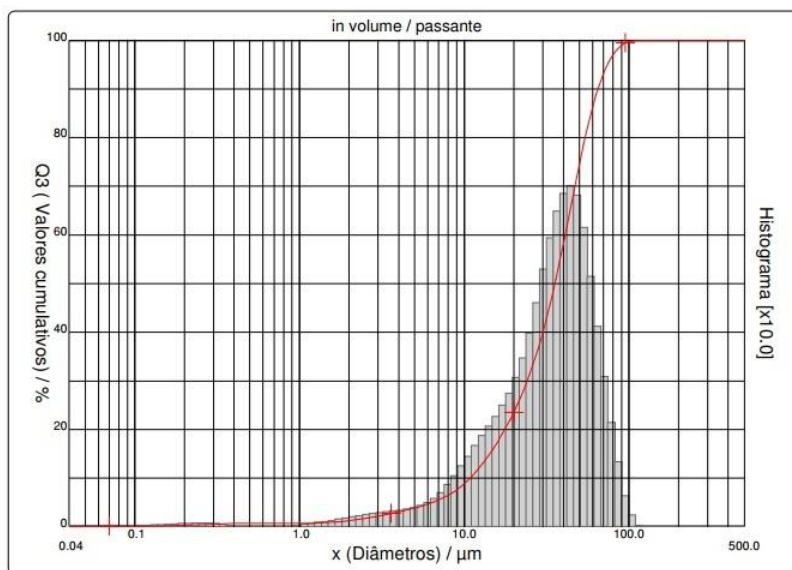
**Tabela 5 – Granulometria da Cinza da Casca de Arroz**

Peneira	Retida	% Retida	% Acumulada
3/4"	0	0	100,00
1/2"	0	0	100,00
3/8"	0	0	100,00
4	0	0	100,00
10	3,87	1,31	98,69
40	122,77	41,70	56,99
80	108,93	37,00	19,98
200	48,37	16,43	3,56
Fundo	10,47	3,56	0,00

Fonte: Autora, (2016).

A Figura 5 demonstra o gráfico obtido através da granulometria a laser da cinza, onde através dela podemos observar a percentagem de finos passantes na peneira 200 presentes no material.

**Figura 5 – Granulometria a Laser da Cinza**



Q3 = Porcentagem acumulada de cinza  
x = Diâmetros em micrômetros

**Fonte:** Laboratório de Caracterização dos Materiais (CECAM), (2016).

Neste gráfico da Figura 5, pode-se observar que até 70% dos 3,56% de cinza passante na peneira 200, possui partículas com aproximadamente 45 micrômetros.

### 3.4 COMPOSIÇÃO DA MISTURA

A mistura foi composta pelas britas  $\frac{3}{4}$ , pedrisco e pó de pedra, em percentagens de 4%, 4,5%, 5%, 5,5% de ligante asfáltico. Com a determinação da Estabilidade Marshall o teor ótimo de ligante asfáltico foi encontrado em 5,6% para os corpos de prova de referência. Os corpos de provas com adição de cinza foram moldados com o teor ótimo obtido, mas com percentagens de 1%, 2%, 4% e 6% de cinza, assim obteve-se a melhor quantidade de cinza para ser utilizada. A Tabela 6, demonstra detalhadamente a composição de cinza e agregados para cada corpo de prova, utilizando 5,6% de ligante.

**Tabela 6 – Composição dos corpos de prova**



Peneiras	0%		1%		2%		4%		6%	
	Agregados	Cinza	Agregados	Cinza	Agregados	Cinza	Agregados	Cinza	Agregados	Cinza
¾	0	--	0	0	0	0	0	0	0	0
½	126,9	--	125,5	0	124,2	0	121,5	0	118,8	0
3/8	36,2	--	35,9	0	35,5	0	34,7	0	33,9	0
4	91,8	--	90,8	0	89,8	0	87,9	0	85,9	0
10	345,5	--	341,8	0,2	338,2	0,3	330,9	0,6	323,5	0,9
40	301,3	--	298,1	5	294,9	10	288,6	20	282,2	30
80	88,4	--	87,4	4,4	86,5	8,9	84,6	17,8	82,7	26,6
200	102,0	--	100,9	2	99,8	4	97,6	7,9	95,5	11,9
Fundo	40,8	--	40,3	0,4	39,9	0,8	39,1	1,7	38,2	2,5

Fonte: Autora, (2016).

A Tabela 7, demonstra parâmetros analisados nos corpos de provas moldados com as composições apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 7 – Misturas com 5,6% de CAP**

Misturas	0% CCA	1% CCA	2% CCA	4% CCA	6% CCA	Especificações
Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2,56	2,32	2,47	2,49	2,51	
Relação Betume Vazios (RBV), %	76,52	64,50	63,41	61,63	60,21	Mín 75/Máx 85
Estabilidade Marshall (Kgf) 75 golpes	1294	1004	996	894	889	Mín 500
Volume de Vazios (VV), %	4,12	6,54	6,95	7,20	8,13	

Fonte: Autora, (2016).

Pela Tabela 7, torna-se possível a análise de que com o aumento da percentagem de cinza nas misturas, os valores da Estabilidade Marshall decaíram. Isso ocorreu porque a quantidade de ligante incorporada na mistura (5,8%), não foi o suficiente para vincular a quantidade de cinza adicionada. Assim pode se determinar que a composição que apresenta melhor estabilidade, comparando com os resultados de referência, está entre os teores de 1 a 2% de cinza.

Após essa análise, com a utilização de 2% da cinza, percentagem essa escolhida por estar entre as que apresentam melhor desempenho, foram feitas novas composição de corpos de provas com percentagens crescente de ligante asfálticos 5%, 5,5%, 6%, 6,5% e 7%, para uma posterior determinação do teor ótimo. Após a definição dos parâmetros Marshall obteve-se o teor de 5,8% como ótimo.

Com a utilização dos 2% de cinza da casca de arroz, os teores ótimos definidos (5,8%), juntamente com os agregados, foram moldados 3 novos corpos de prova para a realização do ensaio de resistência à tração diametral. Na Tabela 8, consta a composição de cada material adicionada na mistura.

**Tabela 8** – Composição dos corpos de prova com 5,8% de ligante e 2% de cinza

Peneiras	Agregados	Cinza
3/4"	0	0
1/2"	123,9	0
3/8"	35,4	0
#4	89,6	0
#10	337,5	0,3
#40	294,5	10
#80	86,3	8,9
#200	99,6	4
Fundo	39,8	0,8

Fonte: Autora, (2016).

Com os corpos de prova moldados, conforme a composição apresentada na Tabela 7, foram observados alguns parâmetros para caracterizá-los. Esses dados podem ser observados na Tabela 9.

**Tabela 9** - Caracterização dos corpos de prova com 2% de cinza e 5,8% de ligante.

Parâmetros	Resultado	Especificações
Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2,42	
Estabilidade Marshall (Kgf) 75 golpes	1720,6	Mín. 500
Relação Betume Vazio (RBV), %	64,2	Min. 75/Máx. 85
Volume de Vazio (VV), %	5,92	

Fonte: Autora, (2016).

Pela Tabela 9, pode-se analisar que os corpos de prova com adição de 2% de cinza a um teor de 5,8% de ligante asfáltico se enquadrou nos limites de máximo e mínimos de Estabilidade, obteve um aumento de 426,6 em relação aos corpos de prova sem adição de cinza, porém sua Relação Betume Vazio ficou um pouco abaixo dos limites, isso ocorreu devido à quantidade de finos presente na cinza que acabou preenchendo mais os vazios e por consequência diminuindo essa relação.

Analisando os valores apresentados na Tabela 10, pode-se verificar que a utilização da cinza da casca de arroz na mistura asfáltica apresentou resultados significativos, ela revelou um aumento de 0,61MPa na resistência à tração em relação à mistura de referência.



**Tabela 10** - Comparativo entre a resistência à tração dos corpos de prova

Comparativo Resistência a Tração (Mpa)	
Referência	2% CCA
1,07	1,68

Fonte: Autora, (2016).

## 4 CONCLUSÃO

Os resultados dos ensaios mostraram que a cinza de casca de arroz apresenta viabilidade técnica para ser utilizada como agregado na composição de misturas asfálticas. As conclusões mais relevantes dos estudos são as seguintes:

- A adição de cinza promove o aumento da resistência à tração das misturas asfálticas. Este incremento ocorreu devido o refinamento da granulometria decorrente do material mais fino adicionado na mistura (CCA), isso fez com que aumentassem os pontos de contato entre os grãos pelo empacotamento dos agregados. A produção de misturas com maior resistência à tração permite o dimensionamento de pavimentos flexíveis mais duráveis e, inclusive, com menor espessura;
- Muitos fatores podem fazer com que a granulometria da cinza sofra modificações. Através do peneiramento manual, apresentado na Tabela 5, pode-se observar que a cinza possui mais 40% de seus grãos retidos na peneira #40. Isso ocorre devido o tempo de queima do material ou até mesmo a temperatura em que ele é submetido. Se a cinza fosse queimada por mais tempo, ou então, fosse moída em moinhos, ela teria um refinamento maior. Com um refinamento maior, a área específica da cinza seria reduzida, com isso seria mais aproveitada;
- A porcentagem de cinza estudada, adequou-se satisfatoriamente aos requisitos de Estabilidade, porém com relação aos requisitos de RBV e Volume de vazios, os resultados obtidos não se encaixaram nos limites desejáveis, isso ocorreu devido aos procedimentos de cálculo desses parâmetros;
- O aumento do teor ótimo de ligante na mistura com o incremento da cinza da casca de arroz foi devido ao aumento de materiais finos adicionados, se a quantidade de cinza utilizada fosse superior a 2%, o teor ótimo da mistura seria superior a 5,8%.

Dessa forma conclui-se que a utilização da cinza nos pavimentos flexíveis é uma boa alternativa desse resíduo, pois além de melhorar as características mecânicas da mistura asfáltica, permite também, a correta destinação deste subproduto da indústria que, atualmente, não tem uma política adequada de gestão.

## REFERÊNCIAS

- BERNUCCI L. B., MOTTA L. M. G., CERATTI J. A. P., SOARES J. B., **Pavimentação Asfáltica. Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro. Petrobras. Abeda, 2006. 501p.
- BONFANTE, M. **Estabilização de um solo arenoso com cinza da casca de arroz e cal para utilização em camadas de pavimento**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2015.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 043/95: Misturas betuminosas a quente – ensaio Marshall**. Rio de Janeiro, 1995.
- DAFICO, D. A. **Estudo da dosagem do concreto de alto desempenho utilizando pozolanas provenientes da casca de arroz**. Tese de doutorado, PEMC UFSC Santa Catarina, 2001.
- DELLA, Viviana Possamai; KÜHN, Ingeborg; HOTZA, Dachamir. Caracterização de cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima para a fabricação de refratários de sílica. **Quim. Nova**, Florianópolis, v.1, n.6, p.5, set/mai 2000/2001.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 136/2010-ME: Pavimentação asfáltica - Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2010.
- FONSECA, M.R.G.; **Tese de Doutorado**. 1999. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6576/2007: Materiais asfálticos - Determinação da penetração**. Rio de Janeiro, 2000.
- \_\_\_\_\_. **NBR 14950/2003: Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade Saybolt Furol**. Rio de Janeiro, 2003.
- Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 054/97: Equivalente de areia**. Rio de Janeiro, 1997.



\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.  
**DNER-ME 081/98:** Agregados - determinação da absorção e da densidade do agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.  
**DNER-ME 083/98:** Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.  
**DNER-ME 084/95:** Agregado miúdo – determinação da densidade real. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.  
**DNER-ME 085/94:** Material finamente pulverizado – determinação da massa específica real. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.  
**DNER-ME 093/94:** Solos – determinação de densidade real. Rio de Janeiro, 1994.

PAVEI, Evelice. **Resistência a tração de misturas asfálticas com adição de cinza pesada.** 2014. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

WEBER, R. C.; NAKAHARA, S. M.; ROHDE, L.; CERATTI, J. A. P. **Uso de cinzas pesada em misturas asfálticas a quente.** Sindicato da Indústria da Construção Pesada do Estado de São Paulo. Boletim Técnico. Edição nº 11, 2012.



## Trabalho completo de Relato de ensino

### 35296 - O ENSINO DE GEOLOGIA NA ENGENHARIA CIVIL

**Christiane Ribeiro da Silva**

Engenheira de Minas. Mestre e atualmente doutoranda em Engenharia de Minas na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professora da Universidade do Extremo Sul Catarinense.

O presente artigo tem como objetivo apresentar a importância do ensino da disciplina de geologia para acadêmicos de engenharia civil, em nível de graduação. À medida em que o acadêmico consegue fazer uma conexão entre as relações exatas e humanas presentes nesta ciência, ela se torna parte integrante e fundamental aos conhecimentos do mesmo. Da mesma forma que a Geologia é a ciência que estuda a Terra, desde a sua origem, seus materiais (as rochas), suas alterações e sua gênese, a Engenharia lida com transformações, sejam elas tanto no meio em que vivemos quanto nos tipos de materiais aplicados, e uma coisa não vive sem a outra. Integrar nosso acadêmico em uma conversa cultural e histórica sobre o nosso Planeta Terra, apresentando os mesmos conceitos abordados em resistência dos materiais, cuja área de geotecnia é totalmente dependente, é de extrema importância. Aulas práticas são fundamentais. A diferença de integração e conhecimento agregado quando encostamos, sentimos texturas, cheiro e observamos características, é surpreendente. Engenheiros civis precisam saber geologia e para saber geologia, é preciso amá-la. Efeitos positivos deste ensino têm sido observados ao longo da disciplina, sendo também relatados pelos próprios acadêmicos.

**Palavras-chave:** Planeta terra, rochas, geologia, engenharia civil, geotecnia.

**Fonte financiadora:** UNESC.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com James Hutton, “o presente é a chave do passado”. Compreender os processos passados auxilia no entendimento da dinâmica da Terra e, também, a criar modelos para futuras alterações no cenário do planeta. As constantes transformações da Terra produzem materiais e fenômenos naturais que têm influência direta ou indireta em nosso cotidiano. Ignorar a natureza é “quase” como ignorar nossas próprias vidas.

Atualmente, vivemos uma era de licenciamentos ambientais, além de estudos de viabilidade técnica e econômica que vivem “casados” com o menor custo e com os menores impactos. Isto faz com que o profissional seja mais “exigido”, de forma que tenha conhecimento pleno de suas atribuições ou do tipo de profissional que precisará buscar para compor sua equipe de trabalho.

Do ensino de geologia para cursos de engenharia civil espera-se uma conceituação bastante abrangente, no que tange a orientação dos futuros profissionais



atuantes no mercado de trabalho, bem como as necessidades impostas pela sociedade com relação ao meio físico. Isto é reforçado já que todas as obras de Engenharia Civil estão assentadas sobre terrenos, exigindo que o comportamento dos solos seja devidamente considerado e previsto.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Geologia é a ciência que estuda a Terra, desde a sua origem, seus materiais (as rochas), suas transformações e sua gênese. O registro geológico contém as informações preservadas na formação das rochas originadas ao longo da história da Terra. Segundo a Associação Internacional de Geologia de Engenharia, IAEG (1992), “a Geologia de Engenharia pode ser definida como a ciência dedicada à investigação, estudo e solução de problemas de engenharia e meio ambiente, decorrentes da interação entre a geologia e os trabalhos e atividades do homem, bem como à previsão e desenvolvimento de medidas preventivas ou reparadoras de acidentes geológicos”.

De acordo com Filho & Gandolfi (2012 p. 119), “a geologia de engenharia é uma ciência dedicada à investigação, ao estudo e à solução de problemas de engenharia e meio ambiente, decorrentes da interação entre a ciência da Terra e os trabalhos e atividades do homem, bem como à previsão e desenvolvimento de medidas preventivas ou reparadoras de acidentes geológicos”. Quando os alunos chegam à sala de aula sem nenhum conhecimento básico geológico, espera-se da disciplina de Geologia que esta apresente um conteúdo sobre Geologia para que este futuro engenheiro seja capaz de entender a influência que o meio físico terá sobre obras de engenharia. Desta forma, segundo Filho & Gandolfi (2012 p. 121), “os objetivos da disciplina de geologia em um curso de engenharia civil são: interpretar a linguagem e os métodos geológicos; conhecer a influência da geologia no projeto, construção e conservação de obras de engenharia civil bem como o impacto dessas obras de engenharia no ambiente geológico”.

A disciplina de Geologia vem sendo ensinada em cursos de Engenharia mesmo antes da criação de cursos de Geologia, porém foi nas décadas de 60 e 70 que a Geologia de Engenharia teve seu crescimento considerável, conforme Filho & Gandolfi. As disciplinas de Geologia Aplicada ou Geologia de Engenharia e Mecânica dos Solos desenvolveram-se juntas, sendo que, naturalmente, as escolas de engenharia civil se aprofundaram nas áreas de mecânica dos solos e fundações.



“Karl Terzagui é considerado o “pai” da mecânica dos solos” (Filho & Gandolfi (2012 p. 118). Terzagui relata que um ponto enfático nos ensinamentos de mecânica dos solos está atrelado às feições geológicas. Tais feições são consideradas origem dos problemas e precisam ser utilizadas como guia de soluções, já que a geometria do modelo geotécnico provém da geologia. Para complementar os estudos de Geologia Geral, Geologia Aplicada, Mecânica dos Solos e Fundações, por volta de 1950 foi desenvolvida a disciplina de Mecânica de Rochas para compor o grande grupo da Geotecnia.

De acordo com *US National Committee of Rock Mechanics* (1974), “Mecânica de Rochas é a ciência aplicada e teórica que estuda o comportamento mecânico das rochas e massas rochosas; é um braço da mecânica relacionado com as respostas das rochas e maciços rochosos aos campos de força do seu ambiente físico”. A Mecânica de Rochas compreende uma grande quantidade de problemas como mecanismos de deformação, comportamento triaxial e uniaxial de rochas, estabilidade de revestimentos, mecanismos de movimento da crosta terrestre, estabilidade de taludes rochosos e energia necessária para fragmentação. As características geomecânicas de um maciço dependem da litologia e estruturas, sendo que as propriedades mecânicas de uma amostra inalterada são diferentes em relação ao maciço como um todo. Assim, temos que o comportamento mecânico de um maciço rochoso depende das propriedades mecânicas do próprio material, do número e da natureza das descontinuidades e, com isso, percebemos a necessidade de conhecer e entender a geologia.

### **3 METODOLOGIA**

A disciplina tem como objetivo fornecer um aprendizado teórico e prático na área de geologia, com discussões a respeito dos fatores geológicos condicionantes aos estudos, métodos de investigação, projetos e obras de engenharia.

Busca, ao longo de suas aulas teórico expositivas e práticas, estudar as características e a dinamicidade do interior e da superfície terrestre, compreender os processos físicos que levam o planeta a ser como é, pesquisar matérias-primas e estabelecer critérios para o seu aproveitamento racional e sustentável, compreender a influência dos processos geológicos e de transformação do meio ambiente, auxiliar na proposição de soluções, a partir de métodos investigativos, para a realização de projetos e



construções de obras de engenharia, de maneira sustentável e com o menor prejuízo ao ambiental natural.

A atividade acadêmica é desenvolvida em consonância com a proposta pedagógica do curso. São ministradas aulas teóricas expositivas semanais que fundamentam o estudo dos princípios básicos que regem a disciplina de Geologia Geral, buscando associar teoria com a prática a partir de exemplos reais. Também são realizadas aulas práticas e trabalhos em equipe. As aulas são realizadas com suporte de projeção de imagens e textos, além de amostras de minerais e rochas.

#### **4 EXPERIÊNCIA DE ENSINO**

Lecionar a disciplina de geologia em cursos de engenharia civil pode ser visto como um desafio. Este desafio se dá em virtude do estilo dos acadêmicos matriculados no curso. Acadêmicos de cursos de engenharia civil são adoradores de cálculos, ciência denominada exata. Enquanto isso, a geologia, apesar de considerada uma ciência exata, tem características de ciências humanas, já que está baseada em estudos históricos, pois estuda a evolução do Planeta Terra. Desta forma, a necessidade de estudos teóricos sobre a formação de nosso planeta possui grande relevância.

Ao acadêmico de engenharia civil, é importante despertar um interesse em como funciona o chão sob o qual, além de pisar, sustentará suas obras. Não existe engenharia sem geologia. Não existe história do Planeta Terra sem entender a Teoria da Deriva Continental nem a Teoria de Tectônica de Placas.

Conectar os tipos de forças incidentes nos limites entre placas tectônicas com aquelas aprendidas ao longo da disciplina de Resistência dos Materiais promove a aplicação de conceitos de engenharia já aprendidos dentro da geologia. Apresentar ao acadêmico que um solo rompe por um tipo determinado de esforço, aguça a sua curiosidade. Paralelamente aos movimentos, temos as questões relacionadas a formação de rochas e suas estruturas que caracterizam falhas ou deformações.

Vale salientar, também, que não existe extração de recursos minerais sem entender de geologia. Apresentar a riqueza mineral de nosso país com exemplos aplicados à área de engenharia civil também se faz interessante. Um exemplo é o caso do metacaulim, utilizado para alterar a resistência do concreto, insumo de extrema importância



para a área de construções. E de que é formado o concreto? É uma mistura de areia, cimento, brita e água, porém como conseguimos estes materiais? Qual o tipo de rocha geradora de brita? E como?

Querer mais geologia é, de certa forma, buscar mais cultura para nós mesmos. É buscar alternativas, é ler, é assistir documentários, é acima de tudo, conhecimento e conhecimento sempre agrega. Sobre geologia podemos conversar sempre, então, no nosso momento de aula, o que precisamos, como docentes desta privilegiada disciplina, é mostrar o quão interessante e o quão fascinante ela pode se tornar aos olhos de quem, naquele momento, estaria pensando em somente mais uma aula. É integrar nosso acadêmico em uma conversa cultural, histórica e de suma importância para sua profissão, pois se decidir continuar na área de geotecnia, esta é completamente dependente de todos esses conhecimentos.

Aulas práticas são fundamentais. A diferença de integração e conhecimento agregado quando encostamos, sentimos texturas, cheiro, observamos características é surpreendente. Engenheiros civis precisam saber geologia e para saber geologia, é preciso amá-la. No entanto, para amá-la, é preciso ter tido um dia a oportunidade de recebê-la com entusiasmo e com aplicabilidade, pois, como dito anteriormente, engenheiros são exatos, e se eles não entenderem suas aplicações, dificilmente se apaixonarão.

## 5 CONCLUSÃO

Seguindo a linha de pensamento de Filho & Gandolfi (2012, p. 121), “não se deseja que o futuro engenheiro seja um geólogo ou realize atividades de competência deste, mas que esteja capacitado a contatar em nível adequado de compreensão tal profissional, sabendo requisitar seus serviços. Para isso, é necessário conhecimento geológico”.

Sabemos que a engenharia lida com transformações, então é possível dizer que, para auxiliar a engenharia civil, está a geologia, geociência aplicada a serviço da transformação da natureza. Cabe dizer que não somente para a engenharia civil, mas também para a engenharia ambiental, engenharia de agrimensura, engenharia de minas, engenharia química, engenharia de materiais, mesmo que não diretamente, todas dependem ou derivam de recursos que mesmo depois de beneficiados, um dia foram



naturais. Desta forma, neste artigo é possível perceber que o estudo da geologia se mostra de extrema importância para nossas profissões além de nossa própria evolução.

## REFERÊNCIAS

FILHO, C. L. F. e GANDOLFI, N. **O Ensino da Geologia de Engenharia nos Cursos de Engenharia Civil do Brasil**. Revista Brasileira da Geologia de Engenharia e Ambiental. 2012 páginas 117-123.

GEOLOGIA de engenharia. São Paulo: ABGE, ABGE. 586 p. ISBN 85-7270-002-1

PRESS, F; SIEVER R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para Entender a Terra**. Tradução Rualdo Menegat, 4ed. Porto Alegre: Bookman, 2006, 656 p.

TEIXEIRA, Wilson (Org.). **Decifrando a terra**. 2.ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. 623 p. ISBN 9788504014396