

# AVALIAÇÃO DO TEOR DE RAP NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE MISTURAS RECICLADAS COM ADIÇÃO DE CIMENTO

**Alexandre Filipe De Barba**  
**Gislaine Luvizão**  
**Fabiano Alexandre Nienov**  
**Lucas Quiocca Zampieri**  
Universidade do Oeste de Santa Catarina

## RESUMO

Este trabalho buscou simular em laboratório, misturas de base reciclada com adição de cimento Portland. Moldaram-se corpos de prova com misturas contendo 30%, 40% e 50% de RAP (Recycled/Reclaimed Asphalt Pavement), e BGS (Brita Graduada Simples). Utilizou-se adição de 20% de pó de pedra e 3% de cimento Portland. Foram realizados os ensaios de RCS (Resistência à Compressão Simples) e RTCD (Resistência à Tração por Compressão Diametral) para os 7 e os 32 dias de cura. Observou-se que nenhum dos corpos de prova atingiram a RCS estipulada pela norma ES-P-09/16 (DEINFRA, 2016) para os 7 dias, mas a mistura com 40% de RAP chegou muito próximo a este valor. Todos os corpos de prova atingiram a RTCD mínima estipulada pela norma para os 7 dias. Foram calculados os módulos de elasticidade tangente e secante. Por fim, concluiu-se o trabalho, avaliando o teor ótimo de RAP como 40%.

## ABSTRACT

This work sought to simulate in the laboratory, mixtures of recycled base with addition of Portland cement. ample bodies were molded with mixtures containing 30%, 40% and 50% RAP (Recycled/Reclaimed Asphalt Pavement), and BGS (Simple Graduated Gravel). Addition of 20% of stone powder and 3% of cement Portland was used. The RCS (Simple Compressive Strength) and RTCD (Diametral Compression Resistance) tests were performed for 7 and 32 days of cure. It was observed that none of the sample bodies reached the RCS stipulated by norm ES-P-09/16 (DEINFRA, 2016) at 7 days, but the mixture with 40% RAP was very close to this value. All test specimens have reached the minimum RTD stipulated by the standard for 7 days. Were calculated the tangent and secant modulus of elasticity. Lastly, the work was concluded, evaluating the optimal RAP content as 40% and contributing mainly to mixtures characteristics with RAP variation.

## 1. INTRODUÇÃO

O modal mais utilizado no Brasil é o rodoviário. A grande utilização deste meio aliado as condições climáticas gera a deterioração da infraestrutura das vias, trazendo insegurança e desconforto aos usuários. Com estas condições, surge a necessidade da restauração do pavimento.

Segundo a CNT (2017), 61,8% das rodovias brasileiras não apresentam boas condições, totalizando 105.814 km com condições inadequadas. Este fato aumenta o custo do transporte, reduz a segurança dos usuários e contribui negativamente para o crescimento econômico do país.

Alguns pavimentos apresentam patologias somente no revestimento, enquanto outros mais danificados apresentam problemas em outras camadas, como na base. Como solução para estas patologias, surgiu a reciclagem.

Para solucionar patologias, é possível realizar a reciclagem do pavimento deteriorado, sendo plausível a execução de uma nova camada de rolamento sobre a camada reciclada em casos onde há necessidade de aumento de suporte. Também há a possibilidade de incorporar outros materiais a mistura, estando entre eles agregados para a correção granulométrica e/ou cimento Portland (BERNUCCI et. al, 2007).

Este trabalho procurou analisar a influência que a variação da porcentagem de RAP (Recycled/Reclaimed Asphalt Pavement) tem sobre as bases de pavimento reciclado, tentando reproduzir o processo do campo em laboratório e visando o enorme benefício que a técnica pode ter em relação as questões ambientais. O relatório apresenta uma revisão bibliográfica, onde relacionou-se os conceitos da área e os estudos já realizados. É apresentado também um capítulo ressaltando os materiais e os métodos utilizados, bem como no capítulo seguinte são apresentados os resultados obtidos e pôr fim a conclusão da pesquisa.

Objetivou-se neste trabalho a definição de um teor ótimo de RAP, sendo realizada a caracterização dos materiais e o enquadramento granulométrico das misturas. Foram avaliadas a resistência à compressão simples e a resistência à tração por compressão diametral, bem como o módulo de elasticidade de cada mistura.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Pavimento**

Conforme relatado por Bernucci et al. (2007), pavimento consiste em várias camadas de diferentes espessuras, inseridas sobre a superfície da terraplanagem de forma a constituir uma estrutura. Estas camadas destinam-se a resistir aos esforços solicitados pelo tráfego, bem como dar segurança, conforto e economia aos usuários.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT 2006a, p. 95), reforça ainda que o “Pavimento de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito – a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito.”

Wirtgen (2012) salienta que podemos subdividir os pavimentos em três camadas. A capa consiste na camada de rolamento, apresentando como principal função condições de conforto, segurança e ambientais. As camadas estruturais são compostas por diversos materiais, tendo como emprego a transferência de cargas para o subleito. Para finalizar, o subleito consiste no solo natural sobre o qual a estrada é construída.

O pavimento é basicamente dividido em dois tipos. O pavimento rígido consiste em uma placa de concreto de cimento Portland, enquanto o pavimento flexível é constituído por agregados e ligante asfáltico (BERNUCCI et al.; 2007). Ainda há uma classificação que consiste na união dos dois tipos, denominando-se semi-rígido.

### **2.2. Restauração**

Os critérios limite adotados, bem como a classe da rodovia, definem a vida útil de um pavimento. Após este período, aparecem defeitos na superfície, comprometendo o desempenho funcional e não dando a devida segurança e conforto aos usuários. Estes fatos se dão devido ao grande número de aplicações de carga na vida útil do pavimento (MEDINA; MOTTA, 2015).

Wirtgen (2012) sustenta que existem diversas opções de recuperação de pavimentos, sendo muitas vezes difícil definir qual é a mais adequada. A opção que deve ser utilizada é a que apresenta melhor relação de custo e benefício.

### 2.3. Reciclagem de pavimentos

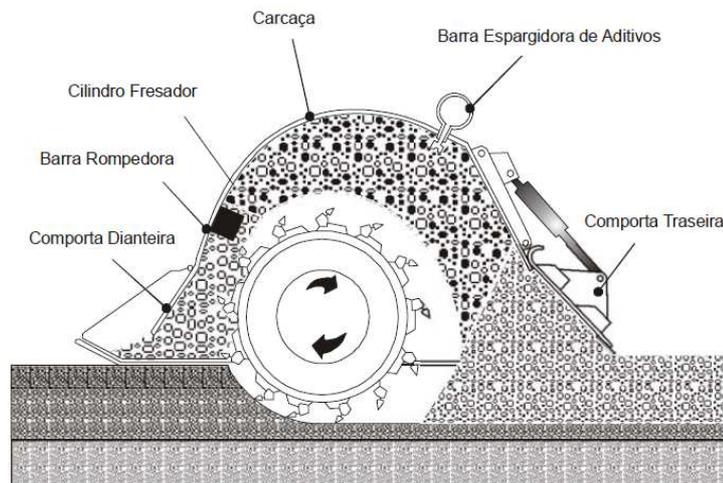
O DNIT (2006b) nos remete as diversas vantagens da reciclagem dos pavimentos, sendo solução para diversos problemas. A utilização deste sistema de recuperação reutiliza os agregados do pavimento antigo, evitando a criação de novas jazidas e preservando o meio ambiente. Quando a técnica é combinada com a adição de asfalto novo ou um agente rejuvenescedor, faz com que o pavimento necessite até 83% menos ligante asfáltico, devendo este fato a reutilização dos ligantes asfálticos constituintes. Outra vantagem é a possibilidade de manter a geometria da via, bem como podem ser evitados problemas com a altura livre em túneis e passagens.

#### 2.3.1. Reciclagem de pavimentos a frio no local

A Wirtgen (2012), identifica que as recicladoras evoluíram no decorrer dos anos, sendo que as mesmas possuem a capacidade de reciclar camadas espessas de pavimento em uma única passada. As máquinas atuais realizam diversas funções, fresando os materiais a frio, e realizando a estabilização dos mesmos. Ainda, é realizada a adição de no mínimo um fluido, como a água, apresentando uma dosagem precisa.

O DNIT (2006b), relata que existem inúmeras vantagens da reciclagem com mistura no local, visando que o material não necessita ser transportado, utilizando poucos equipamentos para a execução, bem como não é necessária uma longa interrupção do tráfego. A desvantagem em relação a mistura em usina, é o controle de qualidade do material.

Podemos observar o funcionamento de uma recicladora a frio no local na Figura 1, visando que podem ser realizadas múltiplas passadas da máquina, ou apenas uma. Após este processo, o acabamento se dá com a compactação do material (DNIT, 2006b).



**Figura 1:** Dispositivo de reciclagem a frio no local

Fonte: DNIT (2006b, p. 200).

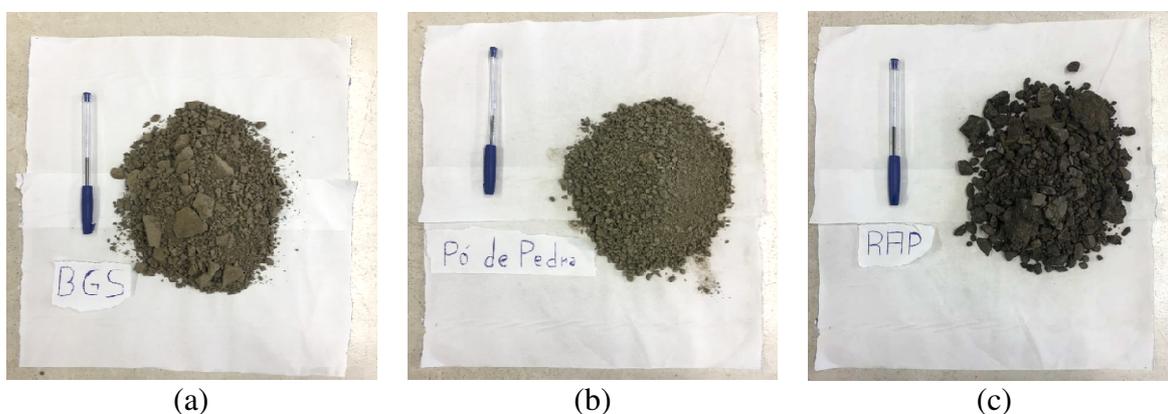
### 2.4. Recycled Asphalt Pavement

A Agência Nacional de Transportes Terrestres (2015), salienta que RAP (Recycled/Reclaimed Asphalt Pavement) é o termo que define o material fresado internacionalmente, ou seja, é o resíduo proveniente da fresagem de pavimentos.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, definiram-se os materiais utilizados na mistura. Dentre eles foram utilizados a BGS (Brita Graduada Simples), o RAP e o cimento Portland CP II – F32. Após a realização do ensaio granulométrico, observou-se a necessidade de utilização de pó de pedra para a correção granulométrica.

A BGS e o pó de pedra (Figura 2 (a) e Figura 2 (B)) foram fornecidos pela Pedreira Caldart, localizada no km 382 da Rodovia BR-282, no município de Herval D'Oeste/SC. Os materiais foram transportados até a Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc) e armazenados no Laboratório de Pavimentação. O RAP (Figura 2 (c)) coletado estava armazenado em frente ao Centro de Promoções Joaçaba (CPJ), localizado no km 395 da Rodovia BR-282. O material é oriundo a restauração da BR-282, trecho entre Joaçaba/SC e Catanduvas/SC.



**Figura 2:** Agregados utilizados na composição da base reciclada (a) BGS (b) pó de pedra (c) RAP

O cimento utilizado foi o CP II – F32 da marca Itambé, conforme especificado na norma ES-P-09/16 (DEINFRA, 2016), sendo adquirido no comércio de Joaçaba/SC. Este cimento contém adição de fíler calcário e gesso de 6% a 10% em sua composição, e apresenta uma secagem rápida.

#### 3.1. Caracterização dos materiais

Foram realizados ensaios de granulometria para a BGS, o RAP, o pó de pedra e para a mistura compactada, bem como realizaram-se ensaios de massa específica. Para o ensaio de granulometria, tomou-se como referência a norma DNER-ME 083 (DNIT, 1998). Para os ensaios de massa específica, as normas utilizadas foram a NBR NM 53 (ABNT, 2009) para agregados graúdos e a DNER-ME 084 (DNIT, 1995) para os agregados miúdos.

#### 3.2. Ensaio de compactação

Para a determinação da umidade ótima foi realizado o ensaio de compactação Proctor, seguindo o especificado na NBR 7182 (ABNT, 2016). A energia utilizada para a compactação foi a modificada, sendo que foi realizada em 5 camadas de 55 golpes, e a mistura utilizada foi a que continha 30% de RAP.

### 3.3. Enquadramento granulométrico

O enquadramento granulométrico foi realizado conforme a norma ES-P-09/16 (DEINFRA, 2016). Após observar a dimensão dos agregados obtidos no ensaio de granulometria, adotou-se a Faixa II indicada pelo Deinfra pelo fato da porcentagem passante nas peneiras estar mais condizente com a mesma.

### 3.4. Moldagem dos corpos de prova

Foram utilizados moldes cilíndricos conforme especificado na norma DNER–ME 181 (DNIT, 1994), com diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm. Para a compactação foi utilizada energia modificada, sendo realizada em 5 camadas com 41 golpes cada. Moldaram-se 36 corpos de prova.

Realizaram-se três misturas diferentes, sempre variando o teor de RAP. Em todas as misturas utilizou-se adição de 20 % de pó de pedra e um teor de cimento de 3%. O teor de cada material pode ser conferido na Tabela 1.

**Tabela 1:** Teores de cada mistura

RAP (%)	BGS (%)	Adição de pó de pedra (%)	Adição de cimento (%)
30	70	20	3
40	60	20	3
50	50	20	3

### 3.5. Rompimento dos corpos de prova

Foram rompidos corpos de prova nos ensaios de RCS e RTCD, sendo rompidos 3 para cada idade e mistura. Romperam-se 18 corpos de prova aos 7 dias e, devido a indisponibilidade da prensa do Laboratório de Materiais da Unoesc, 12 corpos de prova foram rompidos aos 32 dias e 6 aos 31 dias.

#### 3.5.1. Ensaio de resistência à compressão simples

O ensaio de RCS seguiu o estabelecido pela norma DNER–ME 201 (DNIT, 1994). Pelo fato de que os corpos de prova eram compostos por materiais pétreos foram colocadas borrachas entre o corpo de prova e os pratos da prensa, visando manter o carregamento uniforme. A RCS foi obtida pela razão entre a carga de ruptura e a seção transversal do corpo de prova.

#### 3.5.2. Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

Com os corpos de prova devidamente moldados e curados, foram obtidas as RTCD para os 7 e 32 dias, sendo rompidos 3 corpos de prova para cada idade e mistura. O processo seguiu o estabelecido pela DNER–ME 181 (DNIT, 1994).

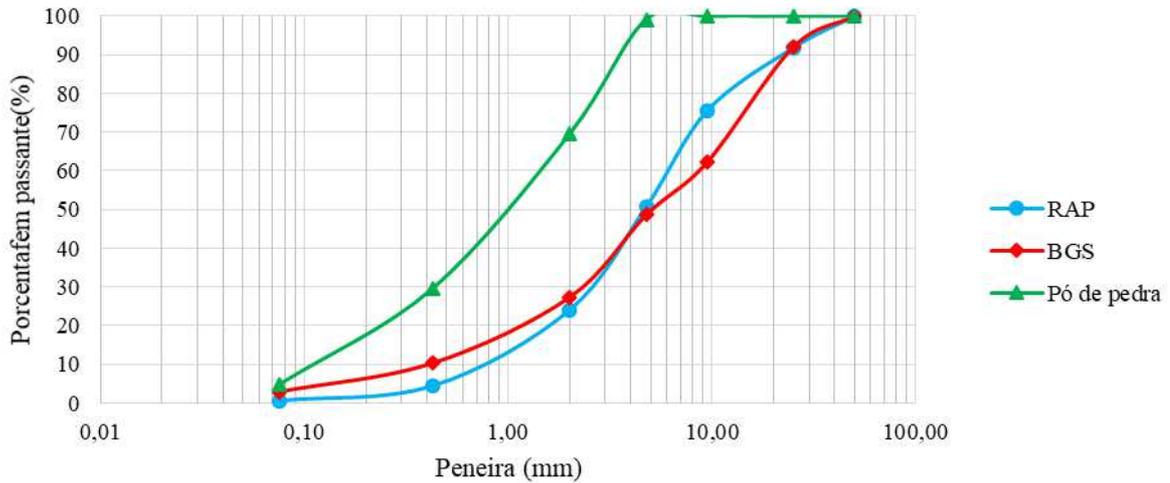
### 3.6. Módulo de elasticidade

Para a determinação do Módulo de Elasticidade, utilizaram-se dados obtidos através do ensaio de RCS. Após a obtenção dos dados, elaborou-se a curva tensão x deformação específica, obtendo-se o módulo tangente através de um intervalo de tensão e a sua respectiva deformação específica encontrada. Para o módulo de elasticidade secante, adotou-se como referência o valor de 80% da resistência a compressão simples.

## 4. RESULTADOS

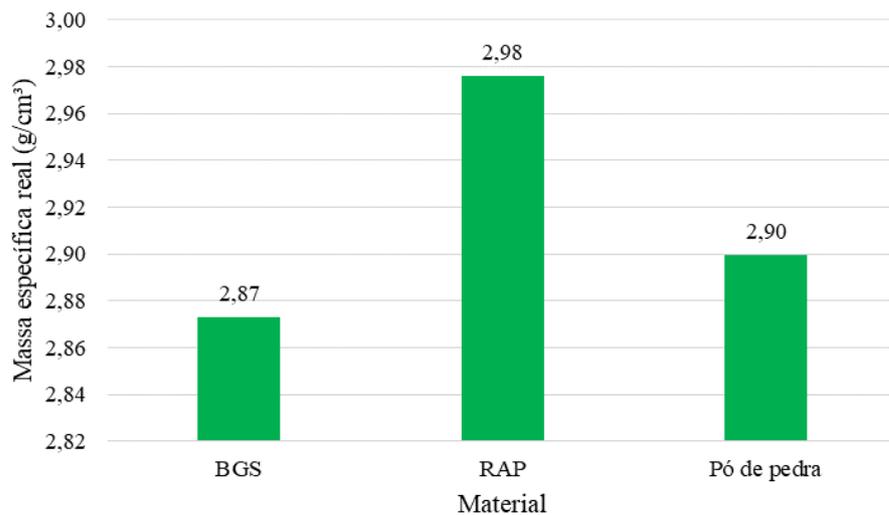
### 4.1. Caracterização dos materiais

Após a realização do ensaio granulométrico para o RAP e a BGS observou-se a pouca quantidade de materiais finos. Por este motivo, optou-se por realizar a adição de pó de pedra na mistura. A curva granulométrica de ambos os materiais citados acima pode ser observada no Gráfico 1.



**Gráfico 1:** Granulometria dos materiais utilizados na mistura

Com o ensaio de massa específica obtiveram-se bons resultados, sendo que os valores de cada material podem ser observados no Gráfico 2. Se tomarmos como base os dados citados por Balbo (2011), que considera para basaltos limites de massa específica entre 2,2 g/cm<sup>3</sup> e 3,0 g/cm<sup>3</sup>, podemos afirmar que os agregados utilizados na produção da base encontram-se com valores satisfatórios.



**Gráfico 2:** Massa específica dos materiais utilizados nas misturas

#### 4.2. Enquadramento na faixa granulométrica para a mistura reciclada

Com os resultados do ensaio de granulometria do RAP, da BGS e do pó de pedra, realizou-se a composição das misturas com os diferentes teores de cada material. Foi notório a pouca variação granulométrica entre as misturas, assim como nenhuma delas se enquadrou nas faixas granulométricas. Deduziu-se que o RAP se divide em diversas partes após a compactação, então foi realizado o ensaio de granulometria com a mistura após a compactação no ensaio Proctor, comprovando tal dedução. O resultado obtido pode ser observado no Gráfico 3.

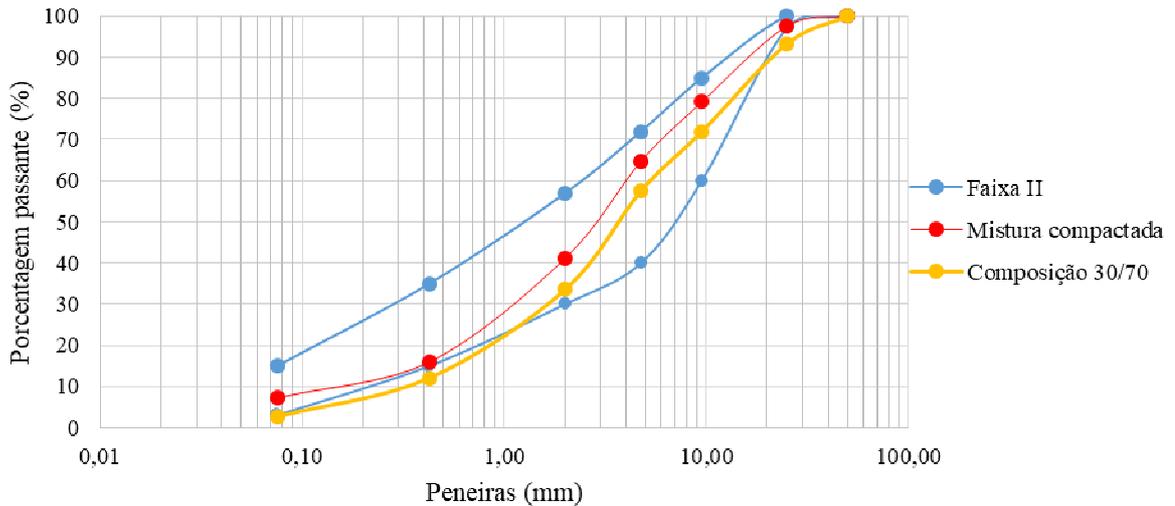


Gráfico 3: Granulometria da mistura antes e depois da compactação

#### 4.3. Ensaio de resistência à compressão simples

A ES-P-09/16 (DEINFRA, 2016) cita que aos 7 dias a mistura reciclada deverá apresentar resistência à compressão simples igual ou superior à 2,1 MPa. Após o rompimento dos corpos de prova, obteve-se os resultados que são observados no Gráfico 4, sendo possível comparar a RCS aos 7 e aos 32 dias.

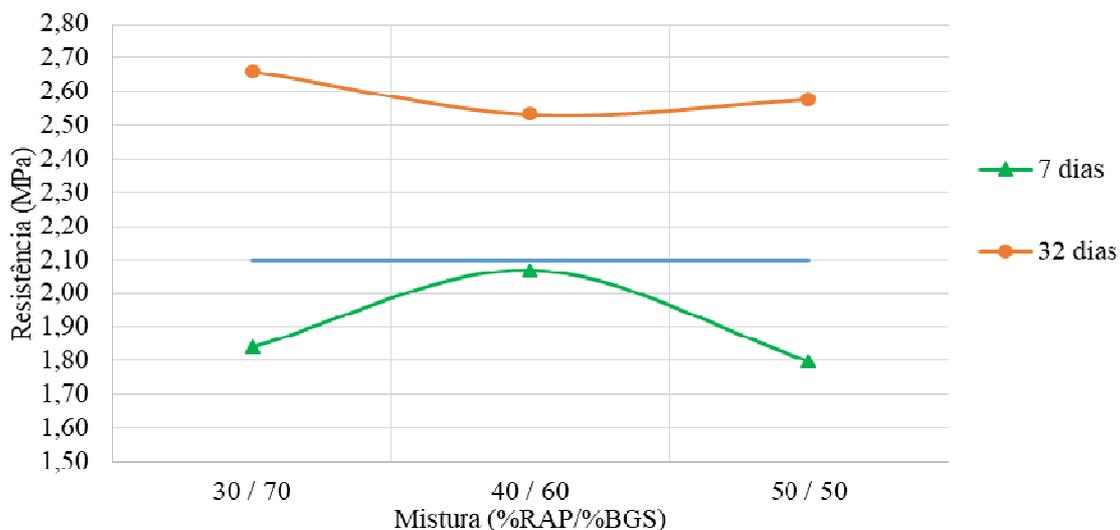
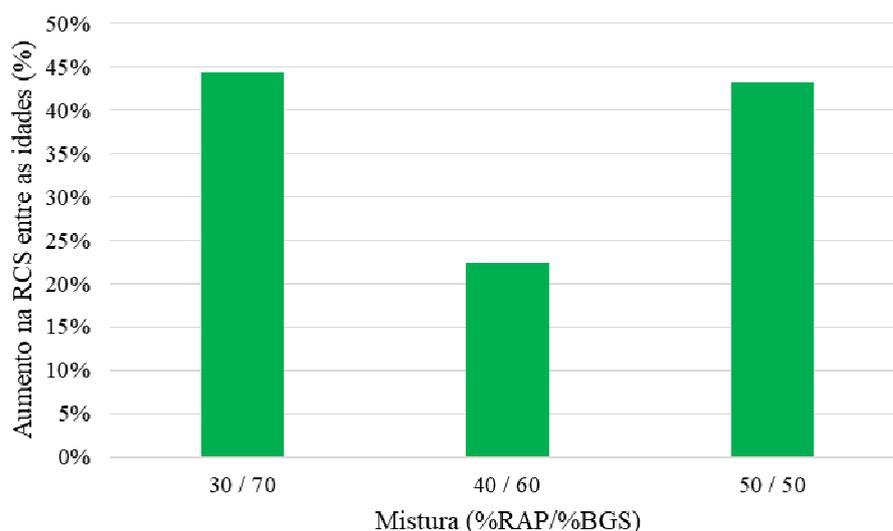


Gráfico 4: Comparação de resistência à compressão simples entre as idades

É notório que nenhum dos corpos de prova atingiu a resistência necessária aos 7 dias, porém observou-se que a mistura 40/60 apresentou corpos de prova com resistência muito próxima ao mínimo estipulado pela norma, apresentando resistência superior as demais (Gráfico 4).

As misturas 30/70 e 50/50 obtiveram um ganho de resistência muito próximo. A mistura 40/60, que apresentou maior RCS aos 7 dias, foi a que menos obteve aumento entre as idades. Com tais valores obtidos, elaborou-se o Gráfico 5, sendo possível observar de maneira mais clara o aumento, em porcentagem, da RCS entre as idades.



**Gráfico 5:** Variação na RCS entre as idades

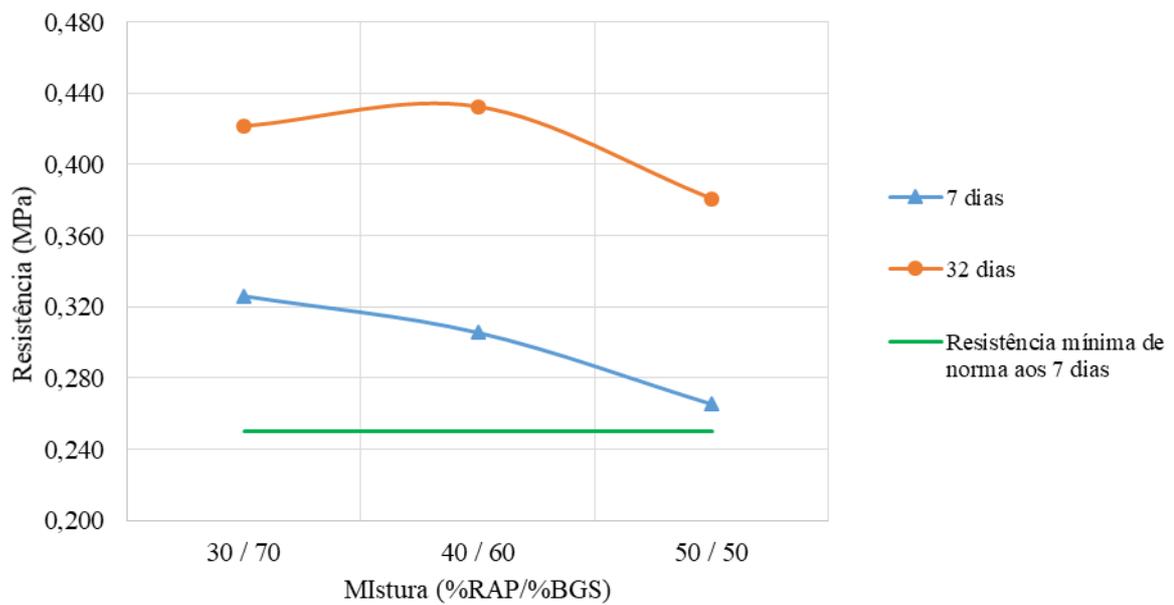
É notório que a mistura 40/60 apresentou maior resistência inicial que as demais misturas, porém, em idades mais avançadas obteve um menor aumento, conforme foi possível observar no Gráfico 5. Nas misturas 30/70 e 50/50, percebe-se maior proximidade entre a RCS de ambas. O aumento de RCS entres as idades também foi muito próximo.

O fato de que todas as misturas não atenderam a RCS estipulada pela ES-P-09/16 (DEINFRA, 2016) para os 7 dias pode ser atribuído ao teor de cimento não ser o ideal, sendo que o mesmo tem função aglomerante e confere maior resistência as misturas. A solução para tal condição é o aumento do teor de cimento nas misturas, sendo alvo de outros estudos individuais.

O teor ideal de RAP foi avaliado por diversas necessidades. Do ponto de vista econômico, após considerar que o cimento é o material mais caro das misturas, o teor ideal seria o com 40% de RAP, que foi o que mais se aproximou da resistência aos 7 dias estipulada pela ES-P-09/16 (DEINFRA, 2016) com 3% de cimento.

#### **4.4. Ensaio de resistência à tração por compressão diametral**

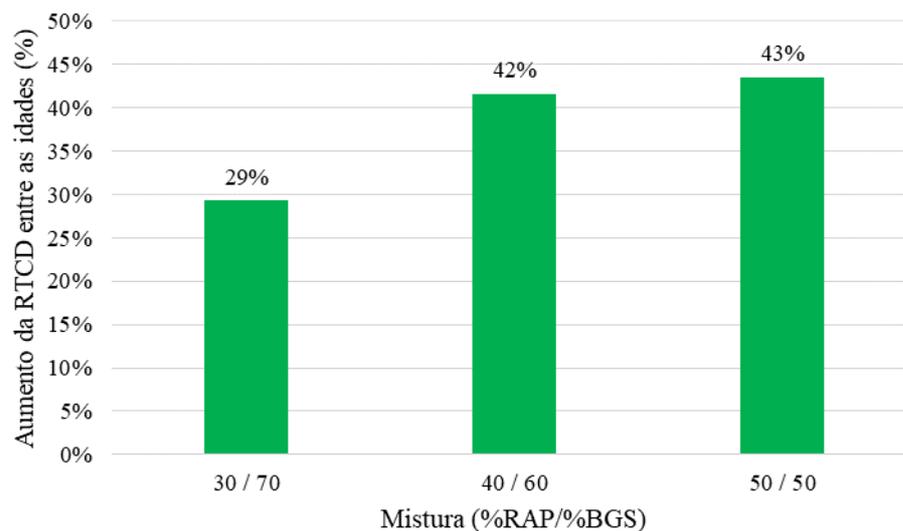
É salientado pela ES-P-09/16 (DEINFRA, 2016) que aos 7 dias a mistura reciclada deverá apresentar resistência à tração por compressão diametral igual ou superior a 0,25 MPa. Após a obtenção dos resultados, foi realizada a média e do desvio padrão de cada mistura, e elaborou-se o Gráfico 6 com os respectivos valores.



**Gráfico 6:** Comparação da resistência à tração por compressão diametral entre as idades

É possível observar no Gráfico 6, que todos os valores ficaram acima da resistência mínima requerida por norma aos 7 dias. As misturas comportaram-se muito bem quanto a resistência à tração por compressão diametral, apresentando valores satisfatórios.

As misturas 40/60 e 50/50 apresentaram aumento na RTCD muito próximos dos 7 para os 32 dias, enquanto a mistura 30/70 apresentou um ganho de RTCD um pouco menor. No Gráfico 7 é possível observar o aumento na RTCD entre as idades para cada mistura.



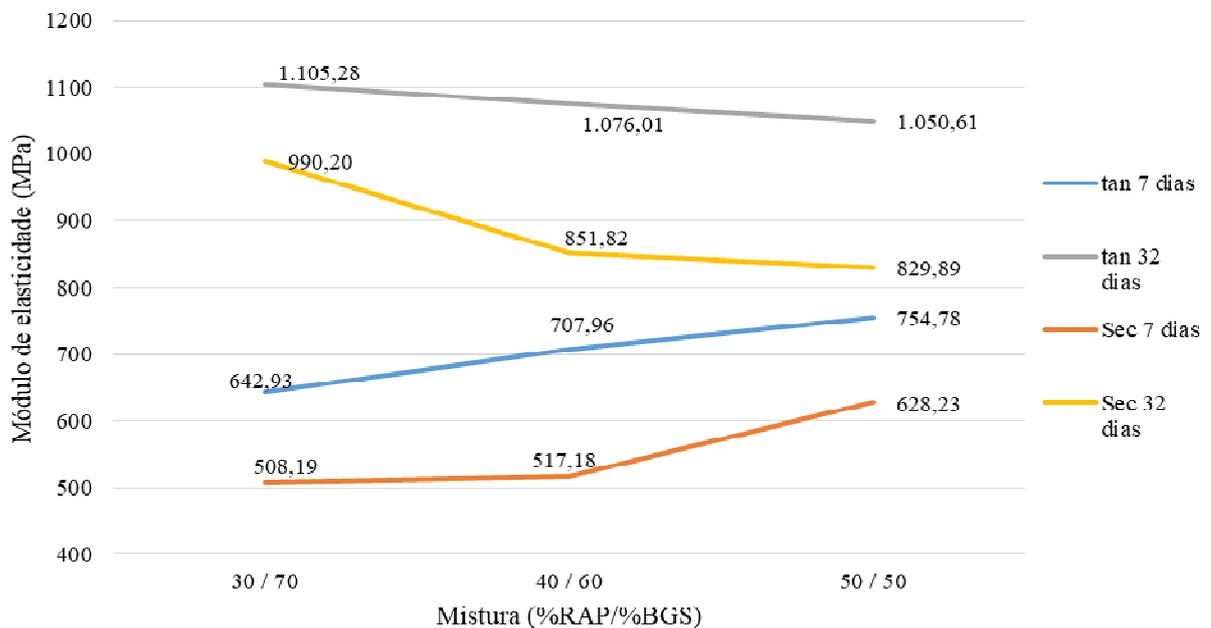
**Gráfico 7:** Variação da RTCD entre as idades

Com os resultados apresentados no Gráfico 6 e no Gráfico 7, foi possível observar o comportamento das misturas entre as idades, sendo que possível salientar que ambas as misturas podem ser empregadas em pavimentos quanto a resistência à tração por compressão diametral.

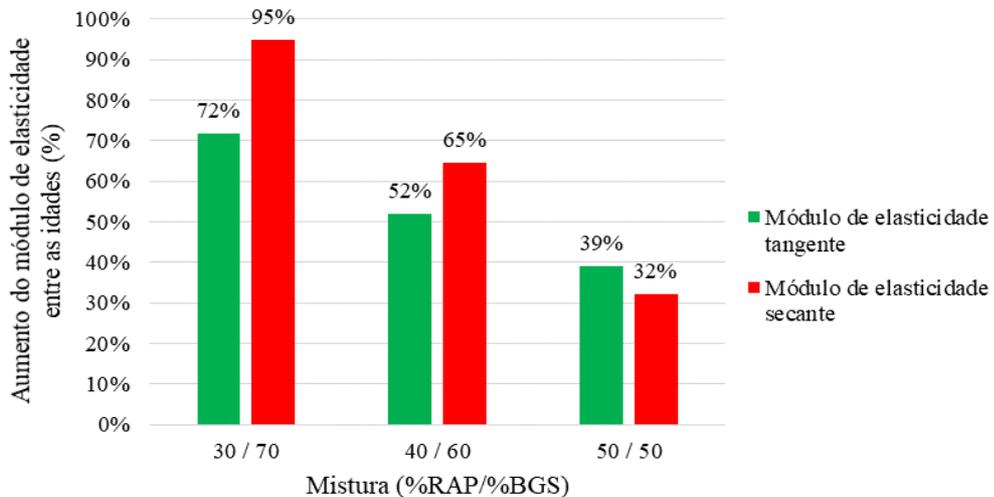
A mistura 30/70 apresentou valores satisfatórios aos 7 e aos 32 dias, obtendo um aumento de RTCD considerável entre as idades. As misturas 40/60 e 50/50 apresentaram aumento parecido, mas como a mistura 50/50 apresentou menor resistência dentre todas aos 7 dias, também obteve RTCD abaixo das demais aos 32 dias. A mistura 40/60 foi a que apresentou maior resistência na idade superior.

#### 4.5. Módulo de elasticidade

Com os resultados da RCS obtidos, foram calculados os módulos de elasticidade tangente e secante através da curva tensão x deformação. Após o cálculo do módulo de elasticidade dos corpos de prova elaborou-se a média e o desvio padrão para cada mistura e idade, sendo que os valores obtidos podem ser observados no Gráfico 8, assim como a variação do módulo de elasticidade entre as idades pode ser observada no Gráfico 9.



**Gráfico 8:** Comparação do módulo de elasticidade entre as idades e misturas



**Gráfico 9:** Variação do módulo de elasticidade entre as idades

Foi possível observar na mistura 30/70, que apresentava menor teor de RAP, menor módulo de elasticidades aos 7 dias comparado com a mistura com 50% de RAP, porém, obteve um aumento satisfatório entre as idades (Gráfico 9), ficando com os valores mais altos aos 32 dias, conforme observou-se no Gráfico 8. Este fator demonstra a ação do cimento entre as idades, fazendo com que os corpos de prova ganhem mais rigidez e deformem menos.

Quanto a mistura 50/50, aos 7 dias foi a que apresentou o maior módulo de elasticidade, sendo possível concluir que o RAP apresentou algum efeito benéfico neste teor. Aos 32 dias a mistura não foi a que apresentou maior módulo, porém continuou com um valor satisfatório.

A avaliação do módulo de elasticidade torna-se importante para pavimentos, pois a deformação excessiva não é desejada. Quanto maior o módulo, menor será a deformação, e por este motivo, os três teores podem ser considerados satisfatórios quanto a este fator, sendo que a mistura 50/50 apresentou um módulo elástico superior aos 7 dias e a mistura 30/70 aos 32 dias. Ainda, a mistura 40/60 apresentou valores adequados para a aplicação em ambas as idades.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Após a realização do trabalho, foi possível chegar a algumas conclusões quanto a variação do teor de RAP em misturas. Ficou evidente a importância da caracterização dos materiais no estudo, sendo que foi necessário a adição de finos para a realização do enquadramento granulométrico, bem como foi possível observar a quebra das partículas de RAP após a compactação.

É visível a influência da variação do teor de RAP nas misturas de base reciclada, sendo possível observar um comportamento variável entre as misturas e idades. Para a RCS, o melhor resultado obtido para os 7 dias de cura foi na mistura 40/60, porém nenhuma mistura atingiu o mínimo especificado pela norma, que era de 2,1 MPa. Quanto a resistência à tração por compressão diametral, todas as misturas obtiveram a resistência requerida para os sete dias, que era de 0,25 MPa.

Avaliou-se por diversos fatores, que a mistura com 40% de RAP apresentou-se com o teor ótimo. Quanto a RCS aos 7 dias, foi a que mais se aproximou da resistência estipulada por norma, necessitando assim de um menor teor de cimento comparado com as demais misturas e consequentemente sendo a mais econômica. Ao compararmos todos os fatores avaliados neste trabalho (RCS, RTCD e módulo de elasticidade), foi perceptível que, mesmo quando a mistura não apresentava-se maior dentre as demais, ficava com um valor satisfatório.

Este trabalho contribui principalmente com características de misturas recicladas que podem ser utilizadas para projetos de reciclagem de pavimentos, trazendo fatores que podem ser utilizados na adoção de uma mistura. Apesar da mistura 40/60 ter sido adotada como a que apresentava um teor ideal de RAP, principalmente pelo fator econômico, quando desejadas outras características para um pavimento podem ser adotadas outras misturas.

A possibilidade da utilização de todas as misturas se dá pelo fato de que todas tiveram alguma característica benéfica. Quanto as misturas 30/70 e 50/50, as mesmas apresentaram valores satisfatórios em ambos os aspectos, porém não destacaram-se tanto quanto a mistura 40/60. Ainda, a mistura 50/50 deteve o melhor módulo de elasticidade aos 7 dias.

Ao final deste trabalho, foi possível reforçar a possibilidade da utilização da reciclagem de pavimentos, sendo que esta técnica pode ser uma solução ambiental e até econômica para a recuperação de rodovias.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ANTT (2018) *Relatório técnico – pesquisa RDT CONCEPA/ANTT: reciclagem de pavimentos flexíveis: estudo da estabilização química e granulométrica de material fresado para uso como camada de pavimento*. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <[http://www.antt.gov.br/backend/galeria/arquivos/rdt\\_reciclagem\\_de\\_pavimentos\\_flexiveis\\_relatorio\\_final.pdf](http://www.antt.gov.br/backend/galeria/arquivos/rdt_reciclagem_de_pavimentos_flexiveis_relatorio_final.pdf)>. Acesso em: 27 fev. 2018.
- ABNT (2016) *NBR 7182 – Informação e Documentação – Solo – Ensaio de compactação*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- ABNT (2009) *NBR NM 53 – Informação e Documentação – Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- BALBO, J. T. (2011) *Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração*. Oficina de Textos, São Paulo. 558 p.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. (2007) *Pavimentação Asfáltica: Formação básica para engenheiros*. Petrobras, Rio de Janeiro.
- CNT (2017) *Pesquisa CNT de rodovias 2017: relatório gerencial*. Confederação Nacional dos Transportes, Brasília, DF.
- MEDINA, J.; MOTTA, L. M. G. (2015) *Mecânica dos pavimentos*. 3. ed. Interciência, Rio de Janeiro. 638 p.
- DEINFRA (2016) *DEINFRA SC – ES – P – 09 – Informação e Documentação – Pavimentação: reciclagem profunda de pavimentos*. Departamento Estadual de Infraestrutura, Florianópolis.
- DNIT (1998) *DNER – ME 083 – Informação e Documentação – Agregados – Análise granulométrica*. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte, Rio de Janeiro.
- DNIT (1995) *DNER – ME 084 – Informação e Documentação – Agregado Miúdo – Determinação da densidade real*. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte, Rio de Janeiro.
- DNIT (1994) *DNER – ME 181 – Informação e Documentação – Solos estabilizados com cinza volante e cal hidratada – determinação da resistência à tração por compressão diametral*. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte, Rio de Janeiro.
- DNIT (1994) *DNER – ME 201 – Informação e Documentação – Solo-cimento – compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos*. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte, Rio de Janeiro.
- DNIT (2006a) *Manual de pavimentação*. 3. ed. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte, Rio de Janeiro.
- DNIT (2006b) *Manual de restauração de pavimentos asfálticos*. 2. ed. Rio de Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte, Rio de Janeiro. 310 p.
- WIRTGEN Group (2012). *Manual de reciclagem a frio*. 1. ed. Windhagen, Alemanha.