



MISTURA ASFÁLTICA TIPO AAUQ COM USO DE PÓ DE PEDRA BASÁLTICA COMO FÍLER

Byatriz Cordeiro Lédo byaledo@gmail.com UFRR
Joel Carlos Moizinho joel.moizinho@ufrr.br UFRR

Resumo

O setor rodoviário representa o principal modo de transporte no Brasil, apesar disto, muitas das rodovias do país apresentam algum tipo de deficiência em sua infraestrutura. Em regiões com chuvas abundantes, a construção e a manutenção de rodovias enfrentam diversos desafios. Devido à dificuldade de acesso a determinadas localidades, a obtenção de materiais de boa qualidade pode vir a tornar a obra onerosa e inviável. As misturas do tipo Areia Asfalto Usinada à Quente (AAUQ) têm sido o objeto de estudo de diversos pesquisadores que buscam materiais alternativos. Este trabalho investiga o comportamento mecânico de uma mistura betuminosa tipo AAUQ, fabricada com areia, pó de pedra basáltica e ligante asfáltico. A areia coletada foi analisada do ponto de vista físico, avaliando suas propriedades de adesividade, peso específico real e unitário, módulo de finura, equivalente de areia e análise granulométrica. Foram confeccionados 60 corpos de provas, seguindo a metodologia Marshall, para determinação dos parâmetros físicos e mecânicos, tais como estabilidade, fluência, volume de vazios, relação betume vazios, peso específico aparente, resistência à tração a 25°C e desgaste Cântabro. Os resultados obtidos mostraram que o traço de referência foi de 10%, formado por 85% de areia, 5% pó de pedra e 10% de ligante asfáltico. Para esse traço obteve-se: estabilidade 5,01 kN, fluência 3,33 mm, volume de vazios 7,52%, relação betume vazios 73,25%, densidade aparente 20,96 kN/m³ e resistência a tração de 0,58 MPa. A mistura mostrou-se do tipo densa e coesa, uma vez que apresentou pequeno desgaste Cântabro. De um modo geral, a areia e o pó de pedra apresentam potencial de uso para serviços de pavimentação e esse material, quando testado, em mistura asfáltica, no laboratório apresentou bom comportamento. A pesquisa também confirma a potencialidade do pó de pedra como filer em misturas asfálticas.

Palavras chaves

AAUQ, Pó de pedra, Misturas asfálticas, Resíduos de pedra.

1. Introdução

No Brasil, o setor rodoviário representa o principal modo de transporte de passageiros e cargas, sendo responsável por mais de 61% do transporte de mercadorias e de 95% da movimentação de passageiros (Confederação Nacional do Transporte, 2017). Apesar da importância das rodovias no país, muitas contam com algum tipo de deficiência em sua infraestrutura, comprometendo o funcionamento e a capacidade de suporte das rodovias, além de aumentar o custo operacional para o setor.

A região Norte, que está compreendida pela Floresta Amazônica, apresenta clima equatorial, quente e úmido, com chuvas abundantes em boa parte do ano. Devido a estas características, a construção de novas rodovias e a manutenção das já existentes, enfrenta diversos desafios, tais como a presença de solos com baixa capacidade de suporte e o excesso de umidade nos solos, que além de prejudicar a qualidade do pavimento, acelera a degradação do mesmo, gerando problemas no rolamento, conforto e segurança ao usuário.

À vista disso, é inevitável a necessidade de obras de restauração e/ou manutenção das rodovias na região, que atualmente é reconhecida por possuir importantes rotas de escoamento da safra de grãos. Porém, devido à dificuldade de acesso a determinadas localidades, a obtenção de materiais de boa qualidade pode vir a tornar a obra onerosa e inviável. Dentre esses materiais, o de maior custo para a execução dos revestimentos usualmente utilizados, são os agregados graúdos. Tal material é escasso na região amazônica e, quando possível a sua obtenção, provém de rochas sedimentares em sua maioria, razão pelo qual se utiliza o seixo rolado, extraído do leito de rios (SILVA e FROTA, 2013).

Segundo a 21ª edição da Pesquisa CNT de Rodovias, foram necessários R\$ 51,5 bilhões para a manutenção, restauração e reconstrução das rodovias estaduais e federais no ano de 2017. Desta forma, na busca por materiais alternativos menos onerosos e de fácil exploração, destaca-se o revestimento asfáltico de Areia-Asfalto Usinado à Quente (AAUQ). Esta mistura asfáltica é composta de agregado miúdo (areia) em abundância, material de enchimento (fíler) se necessário, e cimento asfáltico de petróleo, executada em usina apropriada e compactado a quente (DNIT 032/2005 – ES).

O revestimento tipo AAUQ é indicado para rodovias de menor tráfego de veículos, e por possuir uma quantidade considerável de ligante asfáltico e agregados de pequenas dimensões, a sua execução deve ser feita com maior cautela (Instituto Brasileiro de Petróleo, 1999). Assim, os procedimentos desde a escolha dos materiais à execução do revestimento, são acompanhados com rigor para se obter uma mistura que atenda os padrões mínimos de qualidade e apresente resistência às cargas atuantes no pavimento.

Dessa forma, objetiva-se nesta pesquisa desenvolver uma mistura asfáltica tipo AAUQ com o emprego de pó de pedra basáltica como fíler, visando à determinação do traço ótimo por meio da metodologia Marshall. Todos os resultados obtidos serão confrontados com os valores especificados pela norma do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) 032/2005 – ES, que estabelece os limites aceitáveis para volume de vazios, relação betume vazios, estabilidade e fluência da mistura asfáltica. Pretende-se que os resultados apresentados neste estudo possam contribuir com o desenvolvimento de novos materiais para uso em pavimentos no estado de Roraima, diminuindo os custos e utilizando um material em abundância na região, a areia.

2. Materiais e métodos

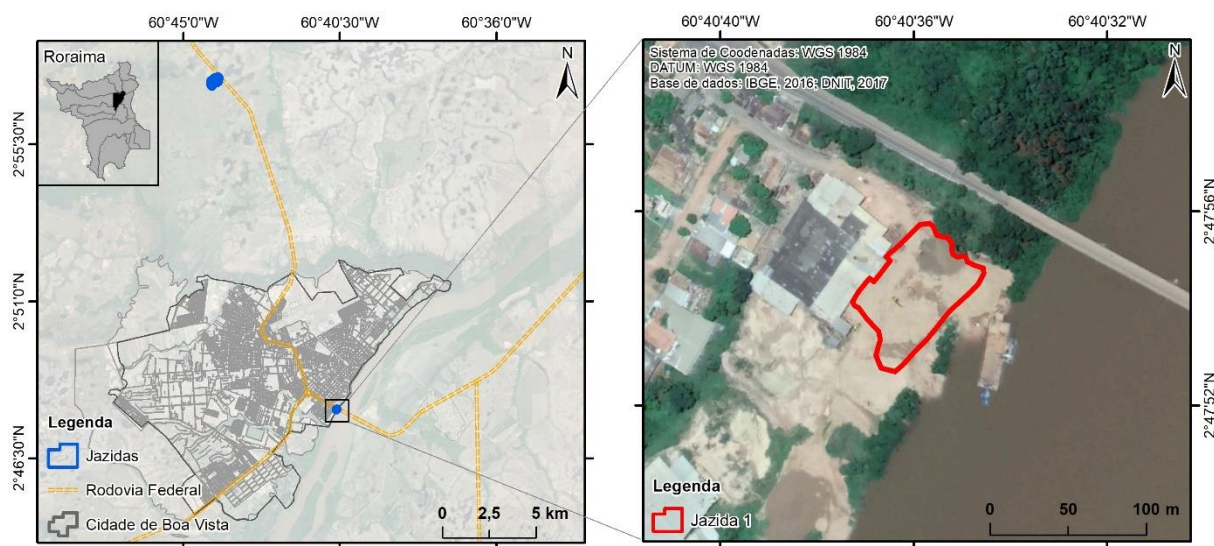
Adotou-se a metodologia experimental para verificar a potencialidade e o teor ótimo de material asfáltico para compor a mistura betuminosa tipo AAUQ. Assim, foram caracterizados os agregados e as misturas asfálticas empregadas na pesquisa.

2.1. Materiais

Os materiais utilizados para a realização deste trabalho foram: o agregado miúdo (areia), o fíler (pó de pedra basáltica) e o ligante asfáltico (Concreto Asfáltico de Petróleo – CAP 50/70).

O agregado miúdo utilizado na pesquisa foi coletado diretamente da jazida localizada às margens do Rio Branco, no Município de Boa Vista - Roraima. A Figura 1 apresenta um mapa com a localização da jazida de areia utilizada na pesquisa.

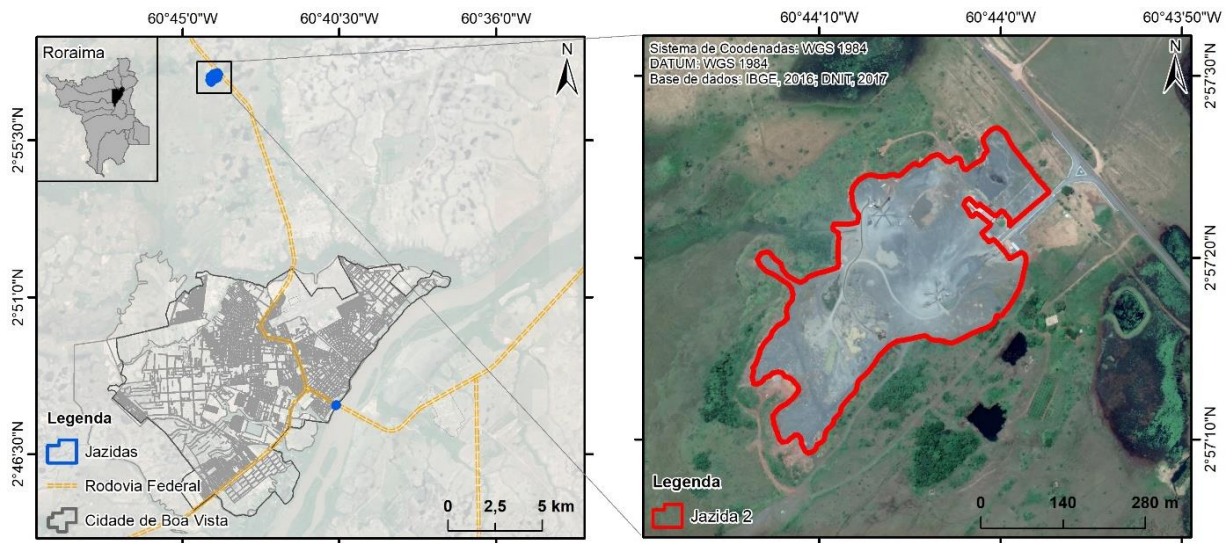
Figura 1 – Localização da jazida de areia às margens do Rio Branco



Fonte: Datum e SCG: WGS 1984. Base de dados: IBGE, 2018; DNIT, 2017.

O fíler empregado foi o pó de basalto, cedido pela Usina de Asfalto da Prefeitura Municipal de Boa Vista, sendo este proveniente da pedreira localizada no bairro Monte Cristo, Município de Boa Vista-RR. A Figura 2 apresenta um mapa com a localização da jazida proveniente do fíler utilizado na pesquisa.

Figura 2 – Localização da jazida de pedra basáltica



Fonte: Datum e SCG: WGS 1984. Base de dados: IBGE, 2018; DNIT, 2017.

O ligante asfáltico utilizado foi o CAP 50/70, produzido pela Refinaria Isaac Sabbá (REMAN) em Manaus e fornecido pelo 6º Batalhão de Engenharia e Construção (6º BEC).

2.2. Métodos

Com o objetivo de analisar o comportamento dos materiais a serem trabalhados e classificá-los de acordo com as especificações do DNIT, foram realizados ensaios de caracterização da areia, do pó de pedra e ensaios mecânicos com a mistura asfáltica.

2.2.1. Ensaios de caracterização física dos agregados

Para determinar o nível de desempenho dos agregados unidos pelo ligante asfáltico, são necessários diversos ensaios para sua caracterização tecnológica. A Tabela 1 apresenta os ensaios realizados com o agregado miúdo (areia) e com o filer (pó de pedra basáltica), onde através destes se obtém as propriedades físicas dos materiais.

Tabela 1 – Ensaios de caracterização dos agregados utilizados

Ensaio	Norma
Adesividade	DNER-ME 079/94
Composição granulométrica (areia e pó de pedra)	ABNT NBR NM 248 (2003)
Equivalente de areia pela norma rodoviária	DNER-ME 054/97
Massa específica da areia	ABNT NBR NM 52 (2009)
Massa específica do filer	ABNT NBR 6508/84

Fonte: Autoria própria.

2.2.2. Ensaios de caracterização mecânica da mistura asfáltica

Com o objetivo de determinar o traço ótimo de uma mistura asfáltica tipo AAUQ com o emprego de pó de pedra basáltica como fíler, foram confeccionados 60 corpos de provas, seguindo a metodologia Marshall, para determinação dos parâmetros físicos e mecânico das misturas. Também foram determinados a resistência à tração a 25°C e desgaste Cântabro, em função dos teores de ligante pesquisados.

2.2.2.1. Ensaio Marshall

Nesta pesquisa, baseado em estudos da literatura e devido à proximidade da composição granulométrica dos agregados com a Faixa A da norma DNIT 032/2005 – ES. Foram separados os materiais para compactação de 3 corpos de prova com adição do fíler à mistura para 5 teores de ligante. A Tabela 2 apresenta a proporção dos materiais utilizados em cada dosagem.

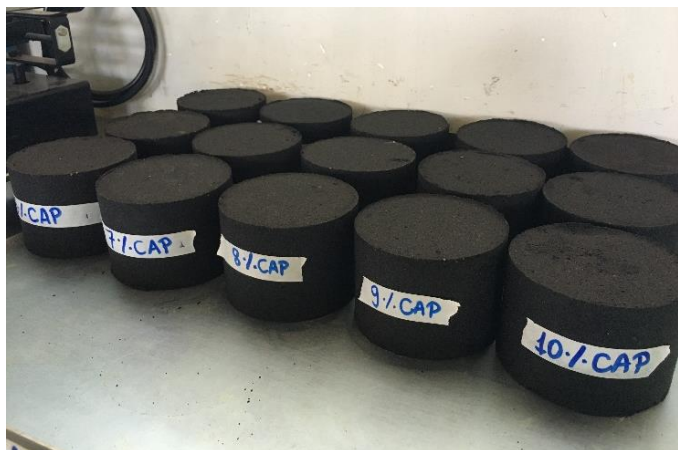
Tabela 2 – Quantidade de materiais em cada dosagem da mistura asfáltica

Teor de ligante (%)	Massa de ligante asfáltico (g)	Massa da areia (g)	Massa do fíler (g)
6	72	1068	60
7	84	1056	60
8	96	1044	60
9	108	1032	60
10	120	1020	60

Fonte: Autoria própria.

A fim de verificar a viabilidade do uso do pó de pedra, foram confeccionados para cada teor de ligante asfáltico 1 corpo de prova sem a presença do fíler, resultando em 5 corpos de prova compostos apenas pela mistura de areia e ligante asfáltico. A Figura 3 mostra os corpos de prova extraídos do molde após serem compactados.

Figura 3 – Corpos de prova após serem extraídos do molde



Fonte: Autoria própria.

Antes de serem levados à prensa para ruptura dos corpos de prova e a determinação da fluência e da estabilidade, outros parâmetros foram calculados, tais como a densidade aparente e real dos corpos de prova, o volume de vazios (VV), os vazios do agregado mineral (VAM) e a relação betume vazios (RBV) do corpo de prova.

2.2.2.2. Ensaio Cântabro

O ensaio Cântabro permite avaliar o desgaste por abrasão sofrido por um corpo de prova “Marshall” de uma mistura betuminosa quando submetido a trezentas rotações no interior da máquina “Los Angeles” a uma velocidade de 30 a 33 rpm, sem a presença das esferas de aço. Foram ensaiados para cada teor de asfalto 3 corpos de prova com adição do fíler à mistura e 1 corpo de prova sem a presença do fíler, totalizando 20 corpos de prova.

Por fim, o desgaste por abrasão de um corpo-de-prova foi obtido utilizando a Equação (1) e o resultado final correspondeu à média aritmética de três ensaios realizados para cada teor de cimento asfáltico.

$$A = \frac{W - W'}{W} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

A: desgaste da mistura betuminosa com asfalto-polímero, com aproximação de 1%;

W: peso do corpo de prova antes do ensaio;

W': peso do corpo de prova após o ensaio.

2.2.2.3. Ensaio de Resistência à Tração

Para determinação da resistência à tração a 25°C dos corpos de prova, foram realizadas medições da altura e do diâmetro de cada um com o auxílio de um paquímetro. A Figura 4 apresenta os corpos de prova marcados com tinta para facilitar a medição.



Fonte: Autoria própria.

Após a aferição das medidas, o corpo de prova foi mantido a temperatura de 25°C, para então ser posto entre dois frisos e levado à prensa. Por fim, a leitura da carga de ruptura foi

registrada por meio do *software* operacional da prensa modelo I-1006-FA e obteve-se o valor da resistência à tração do corpo de prova rompido por compressão diametral, através da Equação (2).

$$\sigma_R = \frac{2 F}{100 \pi D H} \quad (2)$$

Em que:

σ_R : resistência à tração, em MPa;

F: carga de ruptura, em N;

D: diâmetro do corpo de prova, em cm;

H: altura do corpo de prova, em cm.

3. Resultados e discussões

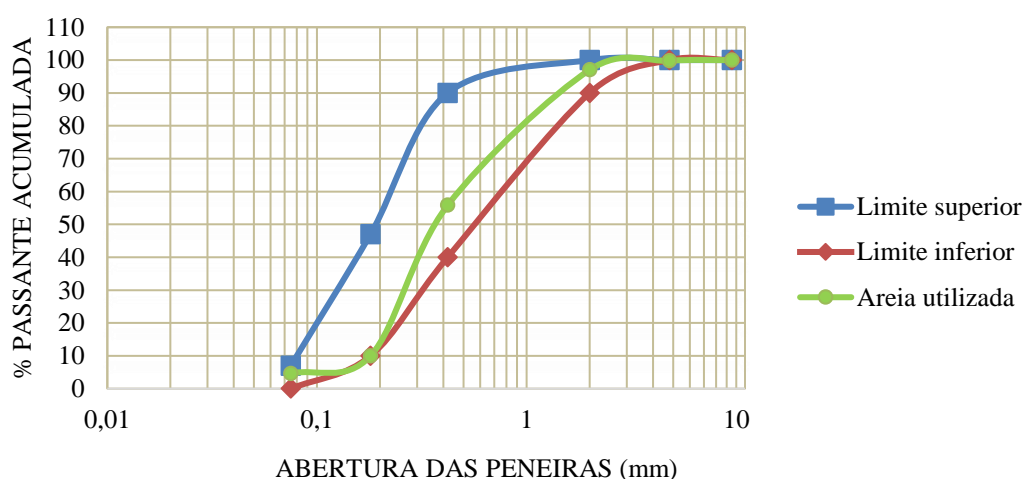
Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos por meio dos ensaios realizados com a metodologia proposta para a caracterização do agregado miúdo e da mistura asfáltica tipo AAUQ com e sem a adição de pó de pedra basáltica como fíler.

3.1. Caracterização dos agregados

3.1.1. Composição granulométrica

A granulometria da mistura de agregados enquadra-se melhor na faixa B prescrita pelo DNIT 032/2005 – ES, apresentando um tamanho nominal de 2,0 mm e módulo de finura 2,29. Este enquadramento confere ao agregado um material bem graduado, e quando usado em misturas asfálticas a torna mais densa, ou seja, reduzindo os vazios, tornando a mistura asfáltica mais estável à ação das cargas e às intempéries. O Gráfico 1 apresenta a curva granulométrica da mistura de agregados e sua disposição em relação aos limites inferior e superior da faixa B, já mencionada.

Gráfico 1 – Composição granulométrica dos agregados



Fonte: Autoria própria.

3.1.2. Resumo dos resultados

A areia apresentou equivalente de 98%, indicando uma areia com poucas impurezas, ou seja, com reduzida porcentagem de argilas, podendo ser classificada, segundo esse ponto de vista, como areia pura. Sua massa específica foi de 2610 kg/m³ (26,10 kN/m³) e a do fíler foi de 2872,7 kg/m³ (28,73 kN/m³).

Devido ao não deslocamento da película asfáltica do agregado em nenhuma das soluções recomendadas pela norma do ensaio, a areia apresentou adesividade ótima. A Tabela 3 apresenta um resumo das características físicas da areia e do pó de pedra basáltica (fíler) utilizados na pesquisa.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios de caracterização da areia e do pó de pedra

Ensaio	Resultados obtidos
Adesividade	Ótima
Equivalente de Areia (%)	98%
Peso específico do agregado miúdo (kN/m ³)	26,10
Peso específico do fíler (kN/m ³)	28,73

Fonte: Autoria própria.

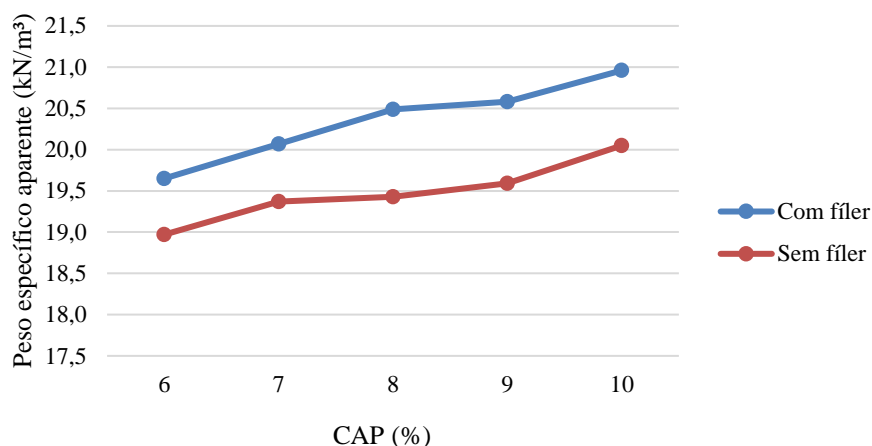
3.2. Caracterização das misturas asfálticas

Serão apresentados os resultados dos parâmetros obtidos por meio do ensaio Marshall, resistência à tração a 25°C e ensaio Cântabro realizados com os corpos de prova em função do teor de asfalto das misturas com e sem fíler de pó de pedra, bem como a importância deste material na mistura asfáltica.

3.2.1. Ensaio Marshall

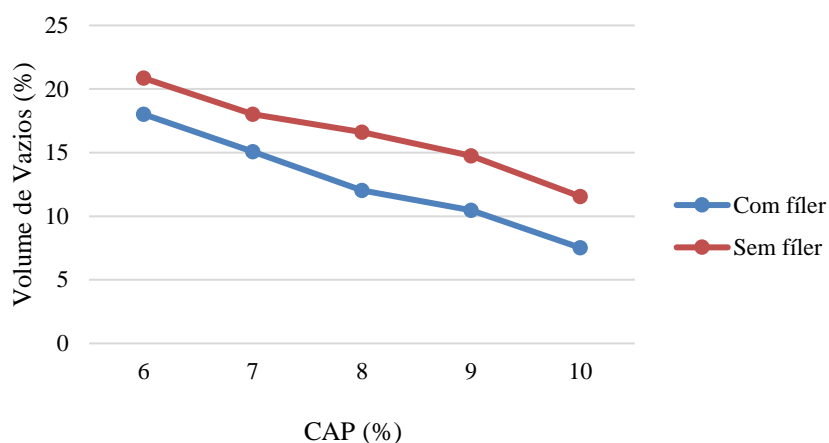
Por meio da análise do Gráfico 2, nota-se que o peso específico da mistura sem o fíler é inferior ao da mistura com fíler para todos os teores de ligante asfáltico. A diferença se dá pela maior presença de vazios na mistura sem o fíler, tornando-a menos densa, conforme o gráfico com o volume de vazios da mistura com e sem o fíler de pó de pedra apresentado no Gráfico 3.

Gráfico 2 – Variação do peso específico aparente da mistura tipo AAUQ com e sem o fíler de pó de pedra



Fonte: Autoria própria.

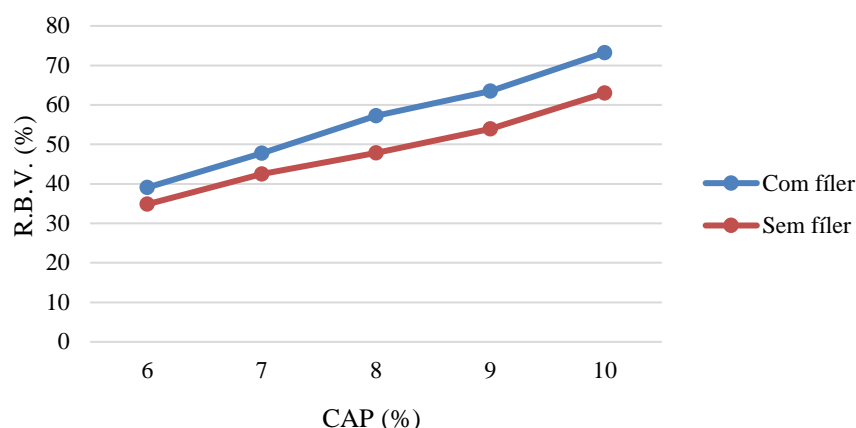
Gráfico 3 – Variação do volume de vazios da mistura tipo AAUQ com e sem o fíler de pó de pedra



Fonte: Autoria própria.

A relação betume vazios representa a quantidade de vazios da mistura que estão preenchidos pelo ligante asfáltico. Assim, verifica-se no Gráfico 4 que para as misturas asfálticas tipo AAUQ com e sem fíler, conforme o teor de concreto asfáltico aumenta, o volume de vazios diminui e a relação betume vazios aumenta. Para a mistura com 10% de teor de concreto asfáltico a RBV foi igual a 73,25%, próximo ao encontrado por Bento e Camapum de Carvalho (2006) para uma mistura com 90% de areia, 7% de betume e 3% cal, igual a 74,9%.

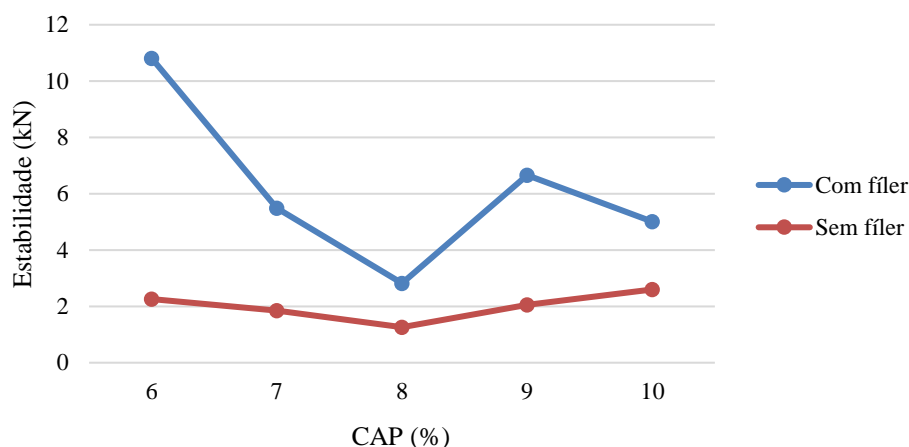
Gráfico 4 – Variação da RBV da mistura tipo AAUQ com e sem o fíler de pó de pedra



Fonte: Autoria própria.

Em relação à estabilidade das misturas asfálticas, por meio da análise do Gráfico 5 nota-se que, com exceção da mistura com 8% de CAP, todas as outras misturas com fíler apresentam valores além do mínimo especificado por norma, de 3,0 kN (DNIT 032/2005 – ES). Enquanto que, nenhuma das misturas sem a presença do fíler de pó de pedra atendeu à especificação.

Gráfico 5 – Variação da Estabilidade da mistura tipo AAUQ com e sem o fíler de pó de pedra



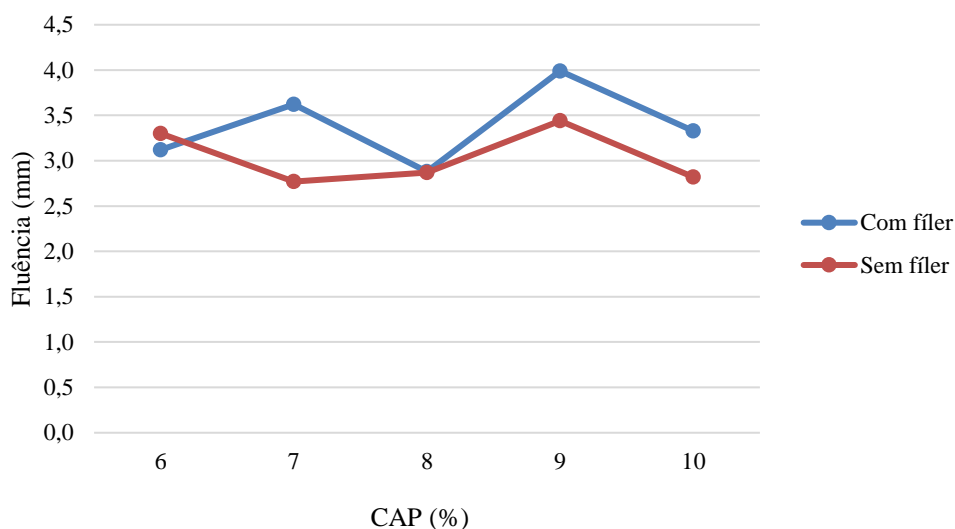
Fonte: Autoria própria.

A diminuição da resistência para as misturas com teores maiores ocorre, pois, o ligante asfáltico passa a atuar como lubrificante das partículas, provocando uma diminuição da capacidade de carga com a perda de atrito grão a grão. Consta-se por meio dos resultados obtidos que, por mais um teor de ligante confira à mistura máxima estabilidade, este pode não ser o teor “ótimo” para a mesma.

Era de se esperar que a mistura asfáltica com teor de ligante de 6% com a presença do fíler apresentasse baixa fluência, visto que se apresentou mais resistente. De acordo com a especificação DNIT 032/2005 – ES, as misturas tipo AAUQ devem apresentar fluência entre 2,0 e 4,5 mm. Com isso, verifica-se por meio do Gráfico 6 que todas as misturas com e sem fíler de pó de pedra atendem à especificação, resultando em misturas asfálticas com deformações

aceitáveis e com baixa probabilidade de trincas prematuras.

Gráfico 6 – Variação da Fluência da mistura tipo AAUQ com e sem o fíler de pó de pedra



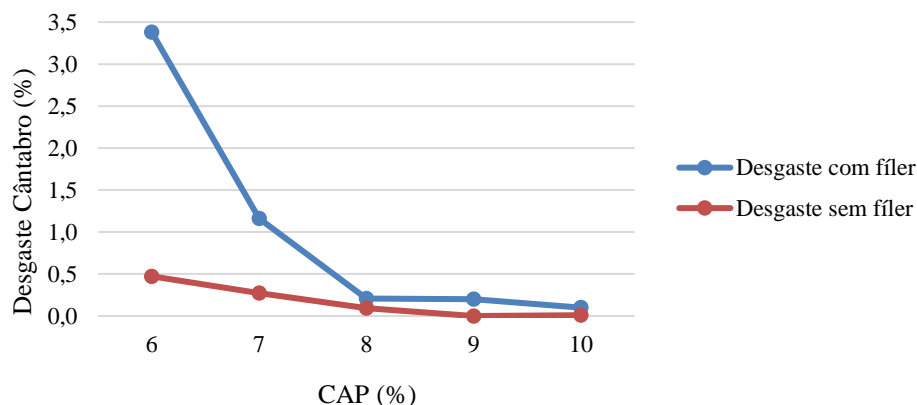
Fonte: Autoria própria.

3.2.2. Ensaio Cântabro

Diversas pesquisas com misturas densas têm utilizado esse ensaio para avaliar a capacidade da mistura de resistir ao atrito e avaliar a coesão da mesma. Dias (2004) encontrou em sua pesquisa para misturas com 11% de teor de ligante para uso em revestimento tipo AAUQ, o desgaste Cântabro de com e sem imersão em água de 6% e 9%, respectivamente. Já Aldigueri e Bernucci (2002) encontraram valores variando de 2% a 6% para misturas asfálticas tipo AAUQ utilizando três tipos de ligantes asfálticos.

Analisando o Gráfico 7 nota-se que as misturas sem adição de pó de pedra como fíler apresentaram desgaste bem inferiores às misturas que usaram este produto como fíler. O fato pode ser explicado pela maior coesão e rigidez das misturas sem pó de pedra em relação as com pó. A presença de material mais fino produziu mistura asfáltica um pouco mais susceptível a degradação.

Gráfico 7 – Resultados do desgaste Cântabro das misturas com e sem fíler

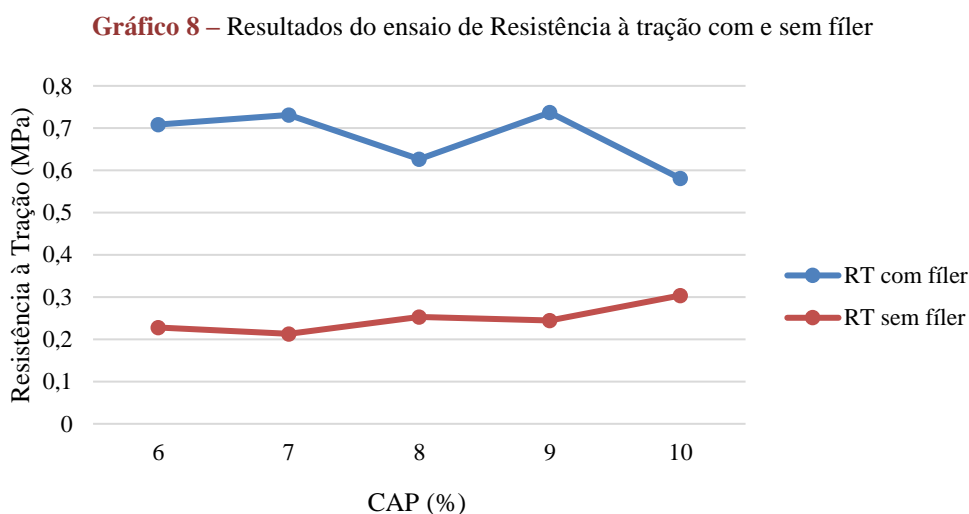


Fonte: Autoria própria.

3.2.3. Ensaio de Resistência à Tração

A resistência à tração de uma mistura asfáltica tem sua importância baseada no fato dos revestimentos trabalharem para resistir esforços de tração provocado pela ação do tráfego nas fibras inferiores desta camada. Diante desse fato, a mistura asfáltica deve apresentar resistência à tração suficiente para evitar a fadiga precoce do pavimento.

A especificação DNIT 032/2005 - ES não traz referência sobre um valor mínimo exigido para resistência à tração de misturas do tipo AAUQ. Para concreto asfáltico tipo CAUQ a resistência à tração mínima, segundo DNIT 031/2006 - ES é de 0,65 MPa. Por meio da análise do Gráfico 8 e de acordo com a literatura, a resistência à tração está compatível com valores obtidos para misturas asfálticas tipo AAUQ. No teor ótimo de 10% de CAP a mistura AAUQ apresentou resistência à tração de 0,58 MPa.



Fonte: Autoria própria.

Ainda de acordo com o gráfico, houve queda de resistência à tração nas misturas asfálticas sem uso do filer pó de pedra. Nota-se também uma diminuição da resistência à tração em torno de 50% das misturas sem filer pó de pedra em relação as fabricadas com este filer. Mais uma vez comprova-se que o tipo de filer tem influência significativa nas propriedades mecânicas de misturas asfálticas.

4. Conclusões

Com o objetivo de ampliar o conhecimento do uso das misturas asfálticas tipo AAUQ nas obras de pavimentação no estado de Roraima, foram avaliadas as propriedades físicas e mecânicas dos materiais empregados no trabalho. Após a análise dos resultados obtidos com a metodologia proposta na pesquisa, concluiu-se que:

O teor “ótimo” para mistura AAUQ foi de 10%, que conferiu à mistura estabilidade de 5,0 kN, volume de vazios de 7,6% e relação betume-vazios de 79%, resistência à tração 0,58 MPa e desgaste Cântabro de 0,1%.

O traço de AAUQ final que atende a especificação DNIT 032/2005 – ES ficou constituído de 85% de areia, 5% de pó de pedra e 10% de ligante asfáltico (CAP).

A areia foi enquadrada na Faixa B (DNIT 032/2005 – ES), apresentando equivalente de

areia 98% tipo pura, ótima adesividade ao ligante asfáltico e massa específica real de 24,8 kN/m³.

Quanto ao uso do filer de pó de pedra basáltica, este influenciou no aumento da estabilidade e da resistência à tração, quando comparado aos resultados obtidos para mistura sem o uso do filer.

Para todos os teores de CAP a mistura tipo AAUQ apresentou baixo valor de desgaste Cântabro em relação ao limite de 25% estabelecido na norma DNER-ME 383/99.

As misturas asfálticas do tipo AAUQ, quando bem dosadas, pode ser uma boa alternativa para pavimentação de estradas vicinais, onde ocorre baixo volume de tráfego. Além disso, o uso de pó de pedra contribui com a mitigação de danos ambientais.

Referências

ALDIGUERI, D. R.; BERNUCCI, L. B. **Desempenho de Misturas de Areia Asfalto Usinadas a Quente com o Uso de Ligantes mais Consistentes**. Transportes, São Paulo, v. 10, n.1, p. 70-86, 2002

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTOS. **Manual Básico de Emulsões Asfálticas**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABEDA, 2010. 144 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6457**: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986. 09 p.

_____. **NBR 6508**: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984. 08 p.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005. 11 p.

_____. **NBR 9935**: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2011. 12 p.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009. 06 p.

BALBO, Jose Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BENTO, P. F.; CAMAPUM DE CARVALHO, J. **Resistência à tração de areia asfalto usinada a quente (AAUQ) com adição de fibras metálicas**. In: V Jornada Luso-Brasileiras de Pavimentos: Políticas e Tecnologias, 2006, Recife. Anais do V Jornada Luso-Brasileiras de Pavimentos: Políticas e Tecnologias, 2006. Trabalho V-026.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008. 504 f.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. 274 p.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral** / Coordenadores Thiers Muniz Lima, Carlos Augusto Ramos Neves. Brasília: DNPM, 2018. 131 p.

_____. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 07 nov. 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 258/99**, de 26 de agosto de 1999 – In: Resoluções, 1999. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/consama/legiabre.cfm?codlegi=258>. Acesso em: 07 nov. 2018.

CASTRO, G. S. A.; MAGALHÃES, L. A.; FONSECA, M. F.; HOMMA, A. K. O.; MIRANDA, E. E. **Inteligência territorial para o desenvolvimento agropecuário de Roraima**. vol. 45. Brasília: CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO (ONLINE), p. 77-95. 2016.

COELHO JÚNIOR, M. L. P.; ROCHA, P. H. T. **Estudo preliminar de misturas asfálticas à quente utilizadas em obras de pavimentação na região metropolitana de Goiânia**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 78 p. 2013.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. **Anuário CNT do transporte: estatísticas consolidadas 2018**. Brasília: CNT, 2018. 229 p.

_____. **Pesquisa CNT de rodovias 2017: relatório gerencial**. Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2017. 403 p.

CONSELHO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. **CEPE 008**: Normas para apresentação dos trabalhos técnicos científicos da UFRR. 3. ed. Boa Vista: Editora UFRR, 2017. 99 p.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER/ET-DE-P00/023**. Microrrevestimento asfáltico a quente. São Paulo, 2006. 36 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-EM 367/97**. Material de enchimento para misturas betuminosas. Rio de Janeiro, 1997. 03 p.

_____. **DNER-ES 314/97**. Pavimentação – lama asfáltica. Rio de Janeiro, 1997. 09 p.

_____. **DNER-ES 316/97**. Pavimentação – base de macadame hidráulico. Rio de Janeiro, 1997. 10 p.

_____. **DNER-ES 317/97**. Pavimentação – pré-misturado a frio. Rio de Janeiro, 1997. 14 p.

_____. **DNER-ES 386/99**. Pavimentação – pré-misturado a quente com asfalto polímero – camada porosa de atrito. Rio de Janeiro, 1999. 15 p.

_____. **DNER-ES 387/99**. Pavimentação – areia asfalto a quente com asfalto polímero. Rio de Janeiro, 1999. 14 p.

_____. **DNER-ES 390/99**. Pavimentação – pré-misturado a frio com emulsão modificada por polímero. Rio de Janeiro, 1999. 14 p.

_____. **DNER-ME 003/99**. Material betuminoso – determinação da penetração. Rio de Janeiro, 1999. 07 p.

_____. **DNER-ME 035/98**. Agregados – determinação da abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, 1998. 06 p.

_____. **DNER-ME 043/95**. Misturas betuminosas a quente – ensaio Marshall. Rio de Janeiro, 1995. 11 p.

_____. **DNER-ME 054/97**. Equivalente de areia. Rio de Janeiro, 1997. 10 p.

_____. **DNER-ME 054/97**. Equivalente de areia. Rio de Janeiro, 1997. 10 p.

_____. **DNER-ME 078/94**. Agregado graúdo – adesividade a ligante betuminoso. 1994. 03 p.

_____. **DNER-ME 079/94**. Agregado – adesividade a ligante betuminoso. 1994. 04 p.

_____. **DNER-ME 081/98**. Agregados – determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1998. 06 p.

_____. **DNER-ME 083/98**. Agregados – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1998. 05 p.

_____. **DNER-ME 083/98**. Agregados – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1998. 05 p.

_____. **DNER-ME 086/94**. Agregado – determinação do índice de forma. 1994. 05 p.

_____. **DNER-ME 089/94**. Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. 1994. 06 p.

_____. **DNER-ME 383/99**. Desgaste por abrasão de misturas betuminosas com asfalto polímero – ensaio Cantabro. Rio de Janeiro, 1999. 02 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE – DNIT. **DNIT 032/2005 – ES**. Pavimentos flexíveis – Areia-Asfalto a quente – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2005. 12 p.

_____. **DNIT 136/2010 – ME**. Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2010. 06 p.

_____. **DNIT 031/2006 – ES**. Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006. 14 p.

DIAS, C. R. C. **Estudos de Misturas de Areia-asfalto e Cinza-cal para Emprego em Pavimentos Urbanos**. Porto Alegre: PPGEC/UFRGS, 2004. 127 p.

FALCÃO, M. F. B.; SOARES, J. B. **Considerações sobre o ensaio de compressão diametral no estudo de materiais de pavimentação**. In: XVI Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, 2002, Natal. Anais do XVI Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, 2002. v. 1. p. 169-181.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO – IBP. **Informações básicas sobre materiais asfálticos**. Rio de Janeiro: IBP, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Relatório de pneumáticos: Resolução Conama nº 416/09: 20178 (ano-base 2017)** / Diretoria de Qualidade Ambiental. Brasília: Ibama, 2018. 75 p.

KLINSKY, L. M. G.; BARDINI, V. S. S.; FURLAN, A. P.; FABBRI, G. T. P. **Reaproveitamento de areia de fundição residual em misturas de areia asfalto usinada a quente**. Transportes, Rio de Janeiro, v. 20, p. 27-34, 2012. ISSN: 2237-1346 (online). Disponível em: <https://revistatransportes.org.br/anpet/article/view/614>. Acesso em: 11 jun. 2018.

MESQUITA, A. K. N. **Mistura asfáltica tipo areia-asfalto usinada à quente fabricada com areia extraída de uma jazida às margens do Rio Branco, em Boa Vista-Roraima**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Roraima. Boa Vista, 81 p. 2014.

ONOFRE, F. C.; LOPES, M. M.; ARAUJO JUNIOR, P. C.; VALE, A. C.; OLIVEIRA FILHO, C. M. S.; SOARES, J. B. **Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas do tipo SMA, Concreto Asfáltico e Areia-Asfalto**. In: XXII Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET), 2008, Fortaleza. Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas do tipo SMA, Concreto Asfáltico e Areia-Asfalto, 2008.

PETROBRAS. Comissão de Assistência Técnica Petrobras. **Asfalto Informações Técnicas**. Versão 1.1. 2015. Disponível em: <sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciaticnica/public/downloads/Asfalto-Info-macoes_Tecnicas.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2018.

ROAD AND TRANSPORTATION RESEARCH ASSOCIATION. **ZTV Asphalt – StB 01**. Additional technical conditions and guidelines for the construction of pavements surfacing made os asphalt. Technical Committee Asphalt Roads. Alemanha, 2001.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação: volume 1**. 2. ed. ampl. São Paulo: Pini, 2007.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação: volume 2**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SILVA, A. C. L. DA; FROTA, C. A. **Estudo da viabilidade econômica para produção de agregado sinterizado de argila calcinada**. Cerâmica, São Paulo. Impresso, v. 59, p. 508-517, 2013.

SIMAS, L. P.; VALENÇA, P. M. A.; FROTA, C. A. **Análise superficial de revestimentos do tipo areia asfalto no município de Manaus (AM)**. Estudos Tecnológicos (Online), v. 9, p. 1-10, 2013.

SOARES, J. B.; CAVALCANTE, V. T. F. **Dosagem “Passo a Passo”**. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, COBENGE, 2000, Ouro Preto. Anais do XXXVIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, COBENGE, 2000.

TAIRA, Claudio. **Avaliação do desempenho em laboratório de misturas asfálticas densas utilizando asfalto convencional (CAP-20) e asfalto modificado com polímero SBS (Betuflex B 65/60)**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

VALENÇA, P. M. A.; FROTA, C. A. da; BERTOLDO, R. A.; CUNHA, T. M. F. **Estudo de Misturas Areia-Asfalto com Areia de Resíduo de Construção e Demolição, Fibra do Açai e Polímeros para a cidade de Manaus, AM**. Ciência & Engenharia (UFU. Impresso), v. 20, p. 11-19, 2011.