

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE TECNOLOGIA EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

BRUNO RAFAELE BARUFI

**VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DO CBUQ 2 CM AO TST PARA
PAVIMENTAÇÃO (TRÁFEGO LEVE) DE VIAS URBANAS.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2013

BRUNO RAFAELE BARUFI

**VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DO CBUQ 2 CM AO TST PARA
PAVIMENTAÇÃO (TRÁFEGO LEVE) DE VIAS URBANAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Construção Civil da Coordenação de Engenharia Civil – COECI da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador (a): Prof. Dr. Helton Rogério Mazzer.

CAMPO MOURÃO

2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DO CBUQ 2 CM AO TST PARA PAVIMENTAÇÃO (TRÁFEGO LEVE) DE VIAS URBANAS

por

Bruno Rafaele Barufi

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 19h30min do dia 09 de Abril de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Construção Civil, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho Aprovado.

Prof. Dr. Ângelo Giovanni Bonfim

Corelhano

(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Vera Lucia Barradas Moreira

(UTFPR)

Prof. Dr. Helton Rogério Mazzer

(UTFPR)

Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Msc. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil: **Prof^a Dr. Marcelo Guelbert**

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho à minha esposa,
pela ajuda e paciência.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, sem ele ao meu lado não teria forças para chegar até aqui.

A minha querida esposa, amiga e companheira Ana Lucia Molina Barufi que não mediu esforços para ajudar em todos os momentos da minha vida, pois sem ela não teria concluído essa etapa.

Aos meus pais, que me apoiaram e ajudaram em tudo que pudesse contar, pela nossa caminhada, compreensão e pelo carinho ao longo deste percurso.

A minha irmã Camila Barufi e cunhado Dennys, que sempre estiveram presente nessa etapa.

Agradeço ao meu Orientador Profº Helton Rogério Mazzer, com sua paciência, compreensão e incentivo a conclusão do trabalho.

Aos meus amigos e colegas de curso, pela cumplicidade, ajuda e amizade.

RESUMO

BARUFI, R. Bruno. VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DO CBUQ 2 CM AO TST PARA PAVIMENTAÇÃO (TRÁFEGO LEVE) DE VIAS URBANAS. 2013. 35 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Construção Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

A pavimentação tem a função estrutural de resistir às forças impostas pelo tráfego e melhorar as condições de rolamento. A última e mais importante camada que constitui um pavimento é o revestimento. Os principais tipos de revestimentos utilizados atualmente são: CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente) e os TS (tratamentos superficiais), cada um com suas características, propriedades físicas e de custo variado. O presente estudo teve como objetivo principal fazer uma análise comparativa na cidade que possui Usina de CBUQ, abordando os aspectos estruturais, de aplicação e execução destes dois tipos de revestimentos. Com isso, pode-se concluir que a viabilidade da aplicação do CBUQ gera benefícios à sociedade, por apresentar uma durabilidade maior que o TST; e liberação imediata do tráfego, entre outros.

Palavras-chave: Revestimento. CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente). TST (tratamento superficial triplo). Comparação.

ABSTRACT

BARUFI, R. Bruno. CBUQ of 2cm applying feasibility to the TST paving (traffic light) of urban roads. 35 sheets. Work completion for Technology in Construction – Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão, 2013.

The paving has a structural function to resist the forces imposed by the traffic and improve the bearing conditions. The last and most important layer that provides a floor is the coating. The main types of coatings used today are: CBUQ (machined hot bituminous concrete) and TS (surface treatment), each one with its own characteristics, physical properties and different costs. The present study aimed to make a comparative analysis by addressing the structural aspects of implementation and enforcement of these types of coatings in the city that has plant CBUQ. Thus, we can conclude that the feasibility of applying the CBUQ brings benefits to society presenting a greater durability than the TST and immediate release of the traffic.

Key-words: Coating. CBUQ (machined hot bituminous concrete). TST (triple surface treatment). Comparison.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Pavimento Flexível (corte transversal.....	13
FIGURA 2 – Depósito de material Asfáltico.....	18
FIGURA 3 – Espargidor de material asfáltico.....	18
FIGURA 4 – Spread.....	19
FIGURA 5 – Rolo de Pneus.....	19
FIGURA 6 – Rolo tandem 5 ton.....	20
FIGURA 7 – Compressor de ar.....	20
FIGURA 8 – Caminhão basculante.....	21
FIGURA 9 – Retro escavadeira.....	21
FIGURA 10 – Caminhão irrigador (pipa).....	22
FIGURA 11 – Silos de agregados frios.....	25
FIGURA 12 – Secador e coletor de pó.....	26
FIGURA 13 – Silo de agregado quente.....	26
FIGURA 14 – Misturador e secador.....	27
FIGURA 15 – Vibro acabadora.....	28
FIGURA 16 – Rolo pneumático.....	28
FIGURA 17 – Rolo Tandem.....	29
FIGURA 18 – Emulsão asfáltica aplicada em pista de rolamento.....	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	10
2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	10
3. JUSTIFICATIVA.....	11
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
4.1 PAVIMENTAÇÃO: DEFINIÇÕES E CONCEITOS.....	12
4.2 TIPOS DE REVESTIMENTOS.....	15
4.3 TRATAMENTOS SUPERFICIAIS: TST.....	16
4.3.1 Materiais e Execução do Tratamento Superficial Triplo.....	17
4.3.2 Equipamentos Usados para Execução do TST.....	18
4.4 CBUQ.....	23
4.4.1 Usinagem do CBUQ.....	26
4.4.2 Equipamentos Usados para Execução do CBUQ.....	28
4.4.3 Execução do Concreto Betuminoso Usinado a Quente.....	30
4.5 ORÇAMENTOS.....	32
4.6 ANÁLISE COMPARATIVA DO CBUQ E O TST.....	33
5. METODOLOGIA.....	34
6. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a necessidade de melhorias na pavimentação das vias urbanas de tráfego leve no município de Campo Mourão- PR e possuindo uma Usina de CBUQ, o projeto enfatiza a execução do pavimento de revestimento com Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) aplicado com 2 cm ao Tratamento Superficial Triplo, expondo o melhor custo benefício.

De acordo com as especificações técnicas do DER/PR ES-P21/05, o CBUQ é uma mistura asfáltica executada em usina apropriada, composta de agregados minerais e cimento asfáltico de petróleo, espalhada e comprimida a quente. Na especificação DER/PR ES-P18/05, o TST é a camada de revestimento ou recuperação superficial de pavimento asfáltico constituída por três aplicações sucessivas de emulsão asfáltica, cobertas cada um por uma camada de agregado mineral submetidos à compressão.

Serão abordadas as características de cada material como: tempo de aplicação, maquinaria e equipamento utilizados na execução de cada pavimento, tempo de cura para liberação do tráfego, valores e manutenção dos respectivos materiais.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o revestimento CBUQ 2 cm, através da comparação da pavimentação das vias urbanas com o revestimento TST, em relação aos seus custos, durabilidade, estética e tempo de execução, para aplicação do revestimento na Cidade de Campo Mourão – PR.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

I) Estudar, delimitar o local da obra, comparar e dimensionar o CBUQ e o TST.

II) Aumentar o período de manutenção através da aplicação do revestimento de maior resistência.

III) Minimizar o tempo de liberação do tráfego das vias locais.

3. JUSTIFICATIVA

Por se tratar de uma área pouco explorada e com pouco campo de trabalho, a pavimentação necessita de um estudo mais apurado e específico para cada caso. Com isso, deve-se demonstrar às prefeituras em geral ou órgãos públicos e particulares responsáveis por esta área da engenharia, que o custo VS benefício destes dois revestimentos apresentam vantagens e desvantagens, pois muitas vezes é requerido em licitações um tipo de revestimento de baixo custo, porém é de inferior qualidade. Com isso deve-se estudar o local de aplicação do revestimento como Usina de CBUQ, pedreira e/ou depósitos para a demanda de grande quantidades de brita. Pois o custo pode variar conforme sua localidade e local da aplicação. Salieta-se que pavimentar uma via gera um transtorno à população local, pois as vias urbanas são interrompidas para que o serviço seja executado. Colocando assim, a comparação de tempo de liberação do tráfego e período de manutenção geral, visando um benefício a sociedade que vive no local da execução da obra de pavimentação.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 PAVIMENTAÇÃO: DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Segundo Senço (vol.1, 2001) pavimento é a estrutura construída sobre a terraplanagem e destinada econômica, técnica e simultaneamente a resistir e distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego; melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança; resistir ao desgaste. A estrutura do pavimento que se constrói pode variar quanto a espessura, aos materiais utilizados e também com a própria função que a via poderá exercer.

De acordo com Balbo (2007) as funções dos pavimentos são: apresentar uma superfície mais regular, onde haja melhor conforto para passagem do veículo, uma superfície mais aderente, com mais segurança para pista úmida ou molhada e uma superfície menos ruidosa, com menor desgaste ambiental nas vias urbanas e rurais.

O pavimento é composto por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir do subleito, adequada para atender estruturalmente e operacionalmente o tráfego, de forma durável e ao mínimo custo possível, considerando o serviço de manutenção e reabilitação obrigatórias (BALBO, 2007).

O pavimento é composto por várias camadas de espessuras finitas, e com a função de resistir aos esforços solicitantes pelo tráfego de veículos e ao clima, além de auxiliar na melhoria das condições de rolamento, com segurança, conforto e economia aos usuários (SENÇO, 1997).

A estrutura do pavimento é um sistema formado por várias partes, constituída de um conjunto que sofrerá deslocamentos e tensões como parte de resistir às cargas solicitantes pelos veículos e pelo clima. Ou seja, como qualquer outra estrutura de construção civil, as cargas são distribuídas de forma compatível com a resistência de cada camada do pavimento (MOTTA, 1995).

Conforme Danieleski (2004) o pavimento possui quatro objetivos principais: conforto de rodagem, capacidade de suportar cargas previamente dimensionadas, segurança e conforto visual, sendo este último ligado a sua estética. Dessa forma, sob o parecer técnico e do usuário, um pavimento adequado é aquele cuja superfície

de rolamento esteja apropriada, suportando cargas, possuindo ligação segura entre pneu e superfície, tanto no rolamento quanto na frenagem, possuindo ainda, uma aparência agradável.

Segundo Balbo (2007) o pavimento rodoviário é composto pelas seguintes camadas:

- Subleito: é a camada mais interna do pavimento, sendo considerada a fundação do pavimento, ou seja, é o material natural da região onde se pretende inserir o pavimento.
- Reforço do subleito: é a camada com espessura variável, melhora a capacidade de suporte de carga do subleito, com característica técnica inferior a da camada superior (sub-base), e superior a do material do subleito. Sendo usado, se a capacidade de suporte à carga do material de subleito for muito baixa.
- Sub-base: é a camada que possui a mesma função da base, é executada sobre o subleito ou o reforço do subleito.
- Base: é a camada de pavimentação destinada a receber os esforços verticais do tráfego e distribuir as camadas subjacentes.
- Revestimento: é a camada que recebe cargas verticais e horizontais oriundas do tráfego, transmitindo as camadas subjacentes. Além de melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, e resistir aos desgastes.

De acordo com Bernucci *et al.* (2006) os pavimentos são classificados tradicionalmente em três tipos, sendo eles: rígidos, semi rígido e flexíveis.

Segundo Senço (vol.1, 2001), nos pavimentos rígidos o revestimento é de concreto de cimento Portland, sua espessura é obtida em função da resistência das placas de concreto e da resistência de suas camadas inferiores, recebendo estas, o nome de sub-base e subleito. As placas de concreto nesse pavimento podem ser armadas ou não com vergalhões de aço, possuindo o concreto a resistência suficiente para suportar os esforços do revestimento e da base.

Os pavimentos Semi-Rígidos possuem uma definição semelhante a dos flexíveis, no entanto a base do pavimento é constituída de material estabilizado quimicamente, como: solo-cimento, solo-cal e brita graduada tratado com cimento (SENÇO, 1997).

Os pavimentos flexíveis são aqueles em que o revestimento é composto de uma mistura de agregados e ligantes asfálticos. É composto por camadas de revestimento, base, sub-base, reforço de subleito (se necessário) e subleito, como pode ser visualizado na Figura 1. O revestimento pode ser composto pela camada de rolamento (diretamente ligada aos pneus dos veículos) e camadas intermediárias, denominadas de binder. Conforme o dimensionamento, o tráfego e os materiais disponíveis na região pode-se excluir algumas das camadas citadas (SENÇO, 1997).

Conforme Senço (2001) o revestimento flexível ou também chamado de não rígido é aquele que as deformidades não geram rompimento da via. Nestes revestimentos flexíveis, utiliza-se o betume, seja na forma de asfalto ou alcatrão, recebendo assim o nome de revestimento betuminoso. Atualmente esse tipo de revestimento tem sido a preferência dos projetistas e construtores.

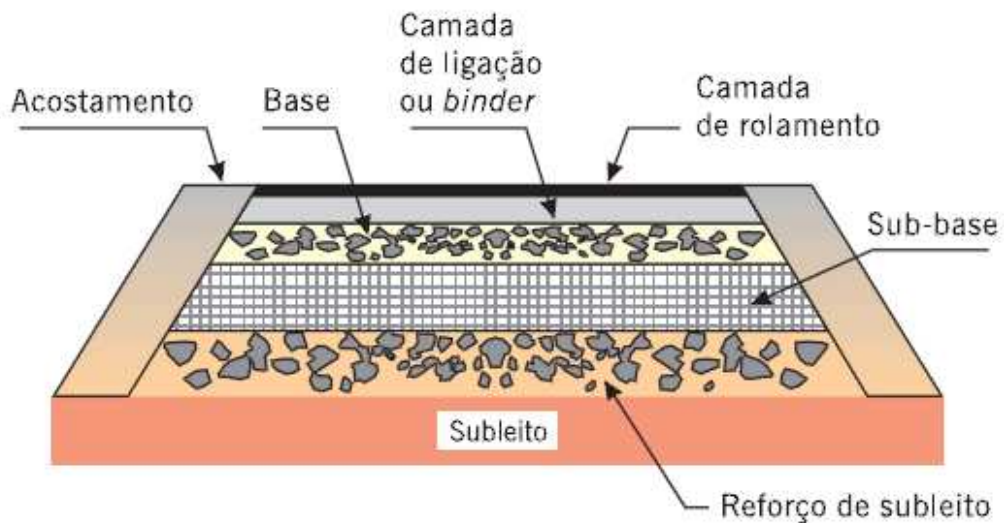


Figura 1 – Pavimento Flexível (corte transversal)
Fonte: Bernucci *et al.* (2006)

4.2 TIPOS DE REVESTIMENTOS:

O revestimento, sendo a capa de rolamento é a camada do pavimento que recebe a ação do tráfego, devendo ser o mais impermeável possível. Tem a função de melhorar a superfície de rolamento, o conforto e a segurança da estrada, além de boa durabilidade. O revestimento é executado com uma espessura variante de 2 a 5 cm, sendo a camada mais nobre do pavimento, por isso deve-se usar os melhores materiais disponíveis. Assim, torna-se um problema econômico, pois seu preço é mais elevado que as demais camadas (SENÇO, vol.1, 2001).

O revestimento, sendo a camada mais nobre do pavimento, deve ter uma execução bem detalhada, pois existem alguns esforços que atuam diretamente sobre esta camada, sendo eles: pressão de impacto, esforços tangenciais, longitudinais (rolamento e frenagem), transversais (curvas) e de sucção (SENÇO, vol.2, 2001).

A junção dos esforços tangenciais e verticais, devido as cargas estáticas e dinâmicas gera um resultado que desenvolve as existências do revestimento (além da resistência à compressão) (SENÇO, 1979).

Para Nogueira (1961), o revestimento é a camada superior, destinada a proteger as camadas inferiores da deteriorização, causada pela ação do tráfego, e por isso é destinada economicamente a melhorar a comodidade e a segurança de rolamento; e torná-la mais durável.

O revestimento tem a função de receber as cargas (estáticas ou dinâmicas) sem sofrer grandes deformações ou desagregação dos seus componentes estruturais ou ainda, perda de sua compactação. Por isso, necessita ser composto de materiais bem aglutinados, sendo eles os tratamentos superficiais betuminosos e misturas asfálticas em geral (BALBO, 2007).

De acordo com Senço (vol.1, 2001) a camada de revestimento apresenta espessura variada, de acordo com funções de critérios próprios ou em funções do tráfego previsto. Para as vias simples são utilizados espessuras habituais até 5 cm; já para auto estradas chega-se a espessura de 10 cm.

Segundo Senço (vol.1, 2001), de uma forma geral, os revestimentos são classificados em: rígidos e flexíveis. Os revestimentos rígidos são pouco

deformáveis, constituído principalmente de concreto de cimento, já os revestimentos flexíveis ou não rígidos, são aqueles que as deformações não levam ao rompimento.

De acordo com Nogueira (1961) existem diversos tipos de revestimento flexível, dentre eles Tratamentos superficiais (TSS, TSD, TST), Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) e Pré misturado a frio (PMF).

A escolha do tipo de revestimento é uma questão econômica e técnica. Alguns fatores impedem a escolha baseados nos fatores técnicos ou mesmo econômicos, pois esses fatores sofrem variações. Nos serviços de auto padrão o revestimento mais utilizado é o concreto betuminoso, já nos serviços de médio padrão é o tratamento superficial, de preferência triplo. Nos serviços de mais baixo padrão, utiliza-se o tratamento superficial ou simples. Os fatores que influenciam na escolha do tipo de revestimento são: custo, características físicas (cor, aparência geral, pó, facilidade de limpeza e segurança), considerações locais especiais (materiais locais, tipos existentes e organização de conservação) (SENÇO, 1979).

4.3 TRATAMENTOS SUPERFICIAIS: TST

Os tratamentos superficiais são revestimentos finos, formado por asfalto e agregado, executado sobre a base ou sobre o revestimento do pavimento, não utilizando processos de usinagem (BALBO, 2007).

Ainda, segundo Balbo (2007), os materiais asfálticos aplicados nos tratamentos superficiais são: asfaltos diluídos e emulsões asfálticas. Quando se opta por utilizar os asfaltos diluídos, o tráfego sobre a superfície não poderá ser liberado antes da completa secagem, a fim de que haja uma boa fixação dos agregados.

O tratamento superficial é o serviço por penetração que envolve aplicações alternadas de ligante asfáltico e agregados minerais, em operação simples ou múltipla (DER/PR ES-P 18/05).

Segundo Senço (1997) o tratamento superficial consiste na aplicação de uma ou mais camadas de agregado ligadas por pinturas betuminosas. Quando a pintura correspondente a uma camada de agregado é aplicado sobre essa camada, diz-se que o tratamento superficial é de penetração direta. Quando a pintura correspondente a uma camada de agregado é aplicada sob essa camada,

diz-se que o tratamento superficial é de penetração invertida. Em ambos os casos, os tratamentos superficiais podem ser:

- a- simples: uma camada de agregado e uma pintura de betume;
- b- duplo: duas camadas de agregado e duas pinturas de betume;
- c- triplo: três camadas de agregado e três pinturas de betume. É o mais utilizado para pavimentação;
- d- quádruplo: quatro camadas de agregado e quatro pinturas de betume.

No TST, segundo Nogueira (1961) seguem-se as seguintes operações para a realização no tratamento superficial triplo:

- 1- Pintura primária com CM-30;
- 2- Primeira distribuição de betume;
- 3- Distribuição do agregado

Segue-se esse procedimento 3 vezes (tratamento superficial triplo)

Uma das vantagens dos tratamentos superficiais é ter baixo custo, pois todos os equipamentos utilizados são comuns. Entretanto, uma das desvantagens é aplicação mal projetada e mal construída das capas selantes (BARBER-GREENE CO, 1963).

4.3.1 Materiais e Execução do Tratamento Superficial Triplo

Para a execução, a realização e a aplicação do tratamento superficial triplo, é necessário seguir as três etapas de operações: pintura primária com CM-30; primeira distribuição de betume; distribuição do agregado mineral. Segue-se esse procedimento por três vezes (tratamento superficial triplo) (NOGUEIRA, 1961).

Para Barber-Greene Co (1963) ocorre a primeira aplicação do ligante (através do distribuidor); primeira aplicação do agregado; primeira rolagem; segunda aplicação do ligante; segunda aplicação de agregado; segunda rolagem; terceira aplicação de ligante; terceira aplicação agregado e última rolagem.

O tratamento superficial triplo é a camada de revestimento do pavimento constituída por três aplicações sucessivas de ligante asfáltico, cobertas cada uma por camada de agregado mineral (DNER-ES 393/99).

Segundo Nogueira (1961), os consumos de material do tratamento superficial triplo das respectivas camadas são:

- a) Betume na primeira aplicação é de 1,8L/m²;
- b) Pedra britada do tipo B (Brita 3/4) na proporção de 30 kg/m²;
- c) Betume na segunda aplicação é de 1L/m²;
- d) Pedra britada do tipo D (Brita 3/8) na proporção de 18 kg/m²;
- e) Betume na terceira aplicação de 0,6L/m²;
- f) Pedra britada do tipo F (Granilha) na proporção de 9 kg/m²;

Ainda segundo Nogueira (1961) as fases de execução do tratamento superficial triplo são: limpeza da base com vassouras mecânicas, pintura primária, cura de dois dias de sol, primeira aplicação de betume, aplicação de agregado com distribuidor mecânico (Spread), compressão com rolo tandem de 5 toneladas, assim completando e repetindo o processo 3 vezes.

4.3.2 Equipamentos Usados para Execução do TST

De acordo com a norma do DER/PR ES-P 18/05 é obrigatório para o início dos trabalhos, que o canteiro de serviço esteja instalado, contando no mínimo com as quantidades de equipamentos indicados em projetos, classificados em:

- a) Área conveniente para diversos tipos de agregados;
- b) Depósito do material asfáltico (figura 2);



Figura 2 – Depósito de material asfáltico
Fonte: O autor

c) Equipamento espargidor de material asfáltico (figura 3);



Figura 3 – Espargidor de material asfáltico
Fonte: O autor

d) Distribuidor de agregados rebocável -Spread (figura 4);



Figura 4 – Spread
Fonte: O autor

e) Rolo de pneus auto propulsor (figura 5);



Figura 5 – Rolo de pneus
Fonte: O autor

f) Rolo compactador tipo tandem (figura 6);



**Figura 6 – Rolo tandem 5 ton.
Fonte: O autor**

g) Compressor de ar (figura 7);



**Figura 7 – Compressor para limpeza
Fonte: O autor**

h) Caminhões basculantes (figura 8);



Figura 8 – Caminhão basculante
Fonte: O autor

i) Pá carregadeira ou retro escavadeira (figura 9);



Figura 9 – Retro escavadeira
Fonte: O autor

j) Caminhão irrigador - pipa (figura 10);



Figura 10 – Caminhão Irrigador (pipa)
Fonte: O autor

- k) Vassouras mecânica ou manual;
- l) Ferramentas manuais como pá, enxada e rastelos;

4.4 CBUQ

O CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente) ou também designado como CAUQ (concreto asfáltico usinado a quente) pode ser considerado a mais comum e tradicional mistura asfáltica a quente empregada no país, utilizado na construção dos revestimentos de pavimentos, incluindo as capas de rolamento e camadas de ligação (BALBO, 2007).

Segundo Senço (vol.2, 2001), o CAUQ é definido como o produto resultante da mistura a quente, de um ou mais agregados minerais e cimento asfáltico de petróleo, espalhado e comprimido a quente. Sendo utilizado como camada de regularização ou como revestimento.

O CBUQ é o mais nobre dos revestimentos flexíveis. Consiste na mistura íntima de agregado, satisfazendo rigorosas especificações, e betume devidamente

dosado. A mistura é feita em usina, com rigoroso controle de granulometria, teor de betume, temperaturas do agregado e do betume, transporte, aplicação e compressão, sendo mesmo o serviço de mais acurado controle dos que compõem as etapas da pavimentação. Em razão disso, o concreto betuminoso, quando o ligante é o asfalto – tem sido preferido para revestimento das autoestradas e das vias expressas (SENÇO, 1997).

Ainda segundo Senço (vol.1, 2001), o CBUQ é um revestimento flexível, mas sua escolha depende da natureza dos serviços e dos equipamentos disponíveis. Possui propriedades e qualidades como: impermeabilidade, adesividade, aglutinante, durabilidade, possibilidade de trabalho a diversas temperaturas e preço vantajoso.

O revestimento com o concreto betuminoso consiste em uma mistura de pedra britada, areia e cimento asfáltico de petróleo (betume), gerando um conjunto estável de máxima densidade. Essa mistura é feita em usinas fixas, que aquecem os agregados e o produto betuminoso. O material, resultante dessa mistura, é então carregado quente, nos caminhões que o transportam para a obra. Devendo ter cuidado especial para que a mistura não esfrie durante o transporte. Pois o espalhamento e a compactação devem ser feitos a quente. (NOGUEIRA, 1961).

A grande maioria das estradas em uso é construída com revestimento de concreto asfáltico; que são projetadas e construídas para suportar as mais pesadas cargas de tráfego. Com isso, o CBUQ se sobressai aos demais tipos de revestimento (BARBER-GREENE CO, 1963).

Para Balbo (2007) o CAUQ é obtido através da mistura e homogeneização de agregados minerais, de material fino de enchimento e cimento asfáltico de petróleo. Portanto, é feito de uma mistura elaborada a quente e usina misturadora. Para a sua produção, os agregados deverão estar dosados de forma correta, perfeitamente seca, através do tambor de aquecimento, onde sua temperatura é elevada ao um valor compatível ao da usinagem do CAP (cimento asfalto do petróleo) para evitar a queda da temperatura da mistura final que deverá chegar até a pista entre 140 a 145°C.

O CAP é o asfalto obtido especialmente para apresentar as qualidades e consistências próprias para o uso direto na construção de pavimentos (DNIT 095/2006-EM).

O cimento asfáltico de petróleo é formado por materiais que possuem grande quantidade de betume, são viscosos e agem como ligantes ou aglutinantes, de consistência sólida em temperaturas ambientes. Apresenta propriedades impermeabilizantes, flexibilidade, relativa durabilidade e grande resistência (BALBO, 2007).

A mistura betuminosa quente (160° a 170°C para os asfaltos e 110° e a 120° para alcatrão RT-12) sai do misturador diretamente para os caminhões basculantes, que a transportam para a estrada, devendo chegar ao local da descarga de tal maneira, que a temperatura da mistura não caia mais de 20°C. É conveniente cobrir básculas dos caminhões com um toldo impermeável. Portanto, é necessário estudar a posição da usina, para que as distancias de transporte não provoquem queda de temperatura superior a 20°C (NOGUEIRA, 1961).

Ainda segundo Nogueira (1961) deve-se espalhar a mistura, supondo-se que a base esteja conformada na seção transversal desejada, a espessura seja a do projeto e as condições de drenagem perfeitas. Empregam-se para espalhar a mistura, máquinas apropriadas que distribuem a mistura na espessura desejada. Estas máquinas compactam, nivelam e unem simultaneamente a mistura, medindo de maneira automática a quantidade de material compactado, e produzindo uma superfície perfeitamente nivelada. Esta superfície se mantém após a compactação e ação do tráfego. Um tipo muito conhecido é a terminadora Barber Greene, que consta de duas partes: um trator e uma caixa metálica, onde os caminhões descarregam a mistura. Esta caixa é composta de um aparelho de compactação e controle de espessura.

Precisa-se ainda, manter o controle tecnológico, desde a usinagem até a aplicação do CBUQ, através dos seguintes itens: controle de espessura, de acabamento da superfície, da qualidade dos materiais, da uniformidade da mistura, do teor de asfalto, de granulometria dos agregados, de temperaturas e de compactação (SENÇO, vol.2, 2001).

4.4.1 Usinagem do CBUQ

Segundo Nogueira (1961), a mistura dos agregados e o betume é preparada em usinas fixas, principalmente nas usinas do tipo contínua ou volumétrica, que são compostas das seguintes partes: silo para agregado frio (figura-11); secador com coletor de pó (figura-12); peneiras; silo de agregado quente (figura-13); medidor de filler e de betume e misturador (figura-14).

A usina utilizada deve apresentar condições de produzir misturas asfálticas uniformes. A usina deve ser equipada com unidade classificadora de agregados, a qual distribui o material para os silos quentes. O sistema de coleta do pó deve ser eficiente, para diminuir os impactos ambientais. A usina deve ser equipada com sistema de controle de temperatura como: termômetro de mercúrio; termômetro com proteção metálica e graduação de 90° a 210°C (DER/PR-ES-P 21/05).



Figura 11 – Silos de agregados frios
Fonte: O autor



Figura 12 – Secador e coletor de pó
Fonte: O autor



Figura 13 – Silo de agregado quente
Fonte: O autor



Figura 14 – Misturador e secador
Fonte: O autor

4.4.2 Equipamentos Usados para Execução do CBUQ

De acordo com a norma DER/PR ES-P 21/05, os equipamentos utilizados para aplicação do CBUQ são:

- a) Compressor de ar e Vassouras para limpeza do local (figura 7);
- b) Equipamento espargidor de material asfáltico (figura 3);
- c) Caminhões basculantes; figura 8 - O concreto asfáltico produzido é transportado da usina até o local de aplicação em caminhões basculantes.
- d) Vibro acabadora (figura 15);



Figura 15 – Vibro acabadora
Fonte: O autor

e) Rolo de pneu auto propulsor (figura 16);



Figura 16 – Rolo pneumático
Fonte: O autor

g) Rolo tipo Tandem (figura 17);



Figura 17 – Rolo tandem
Fonte: O autor

4.4.3 Execução do Concreto Betuminoso Usinado a Quente

A mistura betuminosa a quente sai do misturador diretamente para os caminhões basculantes, que a transportam para a estrada, devendo chegar ao local da descarga de tal maneira, que a temperatura da mistura não seja menor que 120°C (NOGUEIRA, 1961).

A garantia da temperatura da aplicação do CBUQ em pista depende de alguns fatores, como: a distância entre a usina e o local de aplicação, as condições climáticas no dia, a proteção do material na caçamba do basculante. Esses fatores permitem inferir se a viscosidade do material ainda permite o seu espalhamento e sua compactação, sem prejuízo ou perda de suas capacidades ligantes (BALBO, 2007).

Antes de aplicar a mistura asfáltica, o local terá de ser limpo com vassourão e/ou compressor de ar, para remover agregados dispersos, pó ou outras substâncias prejudiciais a aplicação. A pintura de ligação deve apresentar película homogênea e promover adequadas condições de aderência (DER/PR ES-P 21/05).

De acordo com Nogueira (1961), após a limpeza, aplica-se a emulsão asfáltica de petróleo (EAP) (figura 18) com caminhão espargidor (figura 3), com tempo de cura de dois dias, com a finalidade de proporcionar boa aderência ao concreto asfáltico a base. Segundo Balbo (2007), as emulsões asfálticas são produzidas a partir do CAP, adicionado água e agente emulsificante. As emulsões são classificadas de acordo com sua velocidade de ruptura, podendo ser: rápida (RR), média (RM) e lenta (RL).



Figura 18 – Emulsão Asfáltica aplicada em pista de rolamento
Fonte: O autor

Após o tempo de cura da emulsão, aplica-se o CBUQ com a vibro acabadora (figura 15) nivelando, compactando e unindo simultaneamente a mistura, produzindo uma superfície perfeitamente nivelada, que se mantém após a compactação com o rolo pneumático (figura 16) e o rolo tandem (figura 17) e após a ação do tráfego. As vibro acabadoras modernas apresentam distribuidor vibratório que permite a regulação a laser, da altura entre a face inferior da mesa de pré compactação e a superfície existente (BALBO, 2007).

A compactação ou compressão constitui uma das etapas mais importantes para a boa execução do revestimento de concreto betuminoso. É recomendado que

a velocidade do rolo não ultrapasse 7km/h, e que na mudança de sentido da marcha, não haja movimento brusco, pois poderia ocasionar depressões na massa. A compactação obtida deve ser de 90 a 100% da compactação de laboratório (NOGUEIRA, 1961).

Ainda segundo Nogueira (1961), para finalizar, a fim de fechar os poros do concreto betuminoso, recomenda-se a aplicação de uma capa selante, com betume 1,5l/m² e espalhando imediatamente pedrisco fino (pó de pedra) 10l/m², seguindo com compressão com o rolo tandem.

4.5 ORÇAMENTOS

Orçamento cedido pelo Eng^o Fausto Alcântara responsável técnico da empresa Construtora Águas Claras, localizado na cidade de Campo Mourão - PR.

O Orçamento da tabela 01 e 02 é uma simulação de uma obra localizada na cidade de Campo Mourão- PR em que se encontra uma usina de CBUQ fixa, portando a discriminação dos serviços e quantitativo são as mesmas, mudando apenas os tipos de revestimentos.

Tabela 01: Orçamento do revestimento com CBUQ 2 cm.

PAVIMENTAÇÃO COM CBUQ				
DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QTDE PREVISTA	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Remoção de camada superficial e=20cm	m ³	3.500,00	R\$ 4,96	R\$ 17.360,00
Escavação carga e transporte DMT=3km	m ³	3.412,50	R\$ 11,34	R\$ 38.697,75
Compactação de aterros 100% PN E=15cm	m ³	2.625,00	R\$ 4,21	R\$ 11.051,25
Regularização e compactação de subleito 100% PN	m ²	17.500,00	R\$ 2,58	R\$ 45.150,00
Base de brita graduada e=15cm	m ³	2.625,00	R\$ 115,69	R\$ 303.686,25
Imprimação com asfalto diluído	m ²	17.500,00	R\$ 4,29	R\$ 75.075,00
Pintura de ligação com emulsão asfáltica	m ²	17.500,00	R\$ 1,15	R\$ 20.125,00
Revestimento com CBUQ e=2,0cm	m ²	17.500,00	R\$ 13,88	R\$ 242.900,00
Meio fio com sarjeta de concreto extrusado (0,042m ³ /m)	m	4.725,00	R\$ 24,81	R\$ 117.227,25
			TOTAL	R\$ 871.272,50

Fonte: Alcântara, Fausto

Tabela 02: Orçamento do revestimento com TST.

PAVIMENTAÇÃO COM TST				
DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QTDE PREVISTA	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Remoção de camada superficial e=20cm	m ³	3.500,00	R\$ 4,96	R\$ 17.360,00
Escavação carga e transporte DMT=3km	m ³	3.412,50	R\$ 11,34	R\$ 38.697,75
Compactação de aterros 100% PN E=15cm	m ³	2.625,00	R\$ 4,21	R\$ 11.051,25
Regularização e compactação de subleito 100% PN	m ²	17.500,00	R\$ 2,58	R\$ 45.150,00
Base de brita graduada e=15cm	m ³	2.625,00	R\$ 115,69	R\$ 303.686,25
Imprimação com asfalto diluído	m ²	17.500,00	R\$ 4,29	R\$ 75.075,00
Pintura de ligação com emulsão asfáltica	m ²	17.500,00	R\$ 1,15	R\$ 20.125,00
Tratamento superficial triplo (TST) c/ capa selante	m ²	17.500,00	R\$ 12,40	R\$ 217.000,00
Meio fio com sarjeta de concreto extrusado (0,042m ³ /m)	m	4.725,00	R\$ 24,81	R\$ 117.227,25
			TOTAL	R\$ 845.372,50

Fonte: Alcântara, Fausto

No custo total da obra localizada na Cidade de Campo Mourão-PR, a execução por m² no orçamento 01 é de R\$49,79 e no orçamento 02 é R\$48,71, gerando uma diferença financeira de 2,97%.

4.6 ANÁLISE COMPARATIVA DO CBUQ E O TST:

Comparação do CBUQ com TST (Quadro 1)

Revestimento	Vantagens	Desvantagens
CBUQ	Rápida aplicação; Processo industrial (usinagem); Liberação do tráfego imediata; Função impermeabilizante e estética; Menor sujeira durante aplicação; Envelhecimento lento; Não exige cura; Maior controle do material; Menor desagregação;	Maquinários específicos Não pode ser estocado; Maior custo;
TST	Maquinário simples; Os componentes podem ser estocados; Menor custo;	Aplicação demorada; Processo artesanal; Não pode ser aplicado em local úmido com possibilidade de chuva; Infiltração de água; Maior desgaste; Maior desagregação; Demora na liberação do tráfego;

Quadro 1 – Comparativo CBUQ com TST

Fonte: O Autor

5. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho visa discorrer sobre os revestimentos externos, salientando o potencial do CBUQ em comparação ao TST, através de pesquisa de material bibliográfico, como referência teórica, analisando os projetos e orçamento de revestimento e seus custos/benefícios.

Salientando que as etapas deste trabalho são: recolhimento do material bibliográfico, delimitar o local de estudo, análise do orçamento e do projeto e conclusão de todos os dados recolhidos.

6. CONCLUSÃO

Acredita-se que o estudo detalhado do tipo de revestimento, interfere na forma de fabricação ou aplicação do mesmo, na montagem ou execução do revestimento e ainda no seu custo, pois um tipo é artesanal e o outro é industrial, visando a lei do custo/benefício. O CBUQ é verificado com ensaios tecnológicos e é fabricado em usinas devidamente calibradas, sendo assim um processo industrializado, tendo mais segurança em seu controle, já o TST, é um processo artesanal, não conseguindo seguir seu devido controle tecnológico.

Portanto a delimitação do local de estudo interfere no custo e na viabilidade da escolha do tipo de revestimento, como local onde se localiza a Usina de CBUQ e a distância do local da aplicação do material.

Com uma obra distante da Usina do CBUQ, a aplicação do mesmo se torna menos viável devido a temperatura do CBUQ não podendo cair em torno de 20º C, e o valor de transporte do material, já o TST podendo a brita ser comprada no depósito e/ou pedreira da própria cidade e aplicado na local, dispensando assim o transporte do material, sendo o CBUQ um material específico.

Concluindo-se que cada caso e local de aplicação se torna um material mais viável que o outro.

A aplicação do CBUQ com 2 cm de espessura, apresenta como característica principal viabilizar a liberação rápida do tráfego, usando ferramentas, materiais e equipamentos que possam executar o serviço de forma breve e com qualidade; se comparado ao tratamento superficial triplo (TST), que possui um tempo de liberação de tráfego demorado, após seu tempo de cura. Sendo esta a grande correlação entre estes dois tipos de revestimentos: o TST com menor valor de custo, porém com maior tempo de aplicação e liberação para o uso; já o CBUQ, é mais resistente, a liberação da pista de rolamento é praticamente imediata, porém seu custo é maior.

Com todas estas informações, conclui-se que, que a aplicação do CBUQ em local com Usina localizado na própria cidade é mais eficiente em sua totalidade do que o TST.

REFERÊNCIAS

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

BARBER-GREENE Co. **Pavimentação betuminosa – Boletim Técnico nº9**. Guarulhos, SP: IPSIS, 1963.

BERNUCCI, Liedi Bariani *et all*. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2006.

DANIELESKI, Maria L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de porto alegre**. 2004. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em:<http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/maria_luiza_danieleski.pdf> Acesso em: 20 dez. 2012.

_____. DER/PR ES-P 18/05: Pavimentação: tratamentos superficiais. Curitiba, 2005.

_____. DER/PR ES-P 21/05: Pavimentação: concreto asfáltico usinado a quente. Curitiba, 2005.

_____. DNER – ES 393/99: Pavimentação: tratamento superficial triplo com asfalto polímero. Rio de Janeiro, 1999.

_____. DNIT 095/2006 – EM: Cimentos asfálticos de petróleo – Especificação de material. Rio de Janeiro, 2006.

MOTTA, L.M.G. (1995). Considerações a respeito de pavimentos e tráfegos em vias urbanas. In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA, 6ª. 1995, Santos. **Anais...**Santos, Associação Brasileira de Pavimentação, Santos. p 25-52.

NOGUEIRA, Cyro. **Pavimentação: projeto e construção**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1961.

SENÇO, Wlastermiler de. **Pavimentação**. São Paulo: Grêmio Politécnico, 1979.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 1997.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. vol. 1. 2. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. vol. 2. 2. ed. São Paulo: Pini, 2001.