



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**FERNANDA ALVES VERZELONI GOMES
JOELMA VERÍSSIMO DA SILVA**

**TERRAPLENAGEM E A APLICAÇÃO DO CONCRETO
BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ) PARA
PAVIMENTAÇÃO EM VIAS URBANAS.**

PUBLICAÇÃO N°: 06

**GOIANÉSIA / GO
2018**



**FERNANDA ALVES VERZELONI GOMES
JOELMA VERÍSSIMO DA SILVA**

**TERRAPLENAGEM E A APLICAÇÃO DO CONCRETO
BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ) PARA
PAVIMENTAÇÃO EM VIAS URBANAS.**

PUBLICAÇÃO N°: 06

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACEG.**

ORIENTADOR: DANIELLY LUZ ARAÚJO DE MORAIS

COORIENTADOR: DAVISON RODRIGUES ROCHA

**GOIANÉSIA / GO
2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

GOMES, FERNANDA ALVES VERZELONI; SILVA, JOELMA VERÍSSIMO

Terraplenagem e a Aplicação do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) em Vias Urbanas No Condomínio Meridian.

xi, 98P, 297 mm (ENC/FACEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

TCC – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

1. Terraplenagem

2. Concreto

3. Pavimentação

4. Solo

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GOMES, F. A. V.; SILVA, J. V. Terraplenagem e a Aplicação do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) em Vias Urbanas. TCC, Publicação ENC. PF-001A/07, Curso de Engenharia Civil, Unievangélica, Goianésia, GO, 16p. 2017.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Fernanda Alves Verzeloni Gomes; Joelma Veríssimo daSilva
Terraplenagem com a Aplicação do Concreto Betuminoso Usinado a Quente.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2017

É concedida à Unievangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Joelma Veríssimo da Silva

joelmaverissimo1@gmail.com

Fernanda Alves VerzeloniGomes

fernanda_verzeloni@hotmail.com

**FERNANDA ALVES VERZELONI GOMES
JOELMA VERÍSSIMO DA SILVA**

**TERRAPLENAGEM E A APLICAÇÃO DO CONCRETO
BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ) PARA
PAVIMENTAÇÃO EM VIAS URBANAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA FACEG COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

APROVADO POR:

**DANIELLY LUZ ARAÚJO DE MORAIS, Mestra (Faculdade Evangélica de
Goianésia)**

**IGOR CEZAR SILVA BRAGA, Mestre (Faculdade Evangélica de Goianésia)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**ROBSON DE OLIVEIRA FELIX, Especialista (Faculdade Evangélica de
Goianésia)
(EXAMINADOR INTERNO)**

GOIANÉSIA/GO, 27 de Junho de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço plenamente a Deus por todo o seu cuidado e zelo comigo. Por ter me dado força e me capacitado em todo esse tempo. Sou grata minha avó que mesmo não estando mais presente, foi uma âncora para mim, aos meus pais, ao meu esposo e ao meu avô por sempre me apoiarem, por todas as orações e por sempre acreditar que eu iria conseguir. Ao meu coorientador Davison e aos meus orientadores Cleber Thomazi e Danielly Morais, que sempre estiveram bem-dispostos a nos auxiliar e ajudar em todas nossas dúvidas, por todo carinho e atenção dada à realização desse trabalho. Sou imensamente grata aos meus professores que colaboraram por todo o meu aprendizado. Agradeço também à minha amiga e parceira de TCC Fernanda Alves Verzeloni Gomes, que sempre esteve comigo em todos os momentos. Ao meu cachorro Bob que sempre me trazia paz quando eu achava que não daria conta. Foram anos de aprendizados, alegrias, noites mal dormidas, decepções, aventuras e também o surgimento de grandes amizades. Sorri, chorei, conquistei! Sim, eu conquistei o que eu mais desejava, eu realizei um sonho, que eu lutei muito por isso. Sei que ainda tenho muito a lutar, mas hoje meu coração se enche de alegria por essa grande conquista!

Joelma Veríssimo da Silva

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade e chance de ter chegado até aqui. Agradeço de coração o meu pai e minha mãe que sempre lutaram para que eu tivesse uma boa educação apesar de todas as dificuldades, e que sempre me incentivaram em todas as minhas escolhas e me deram apoio. Também agradeço ao restante da minha família que mesmo de longe me deram bons conselhos. Agradeço ao meu coorientador Davison e aos meus orientadores Cleber Thomazi e Danielly Moraes, que demonstraram total interesse e paciência para nos ajudar. Agradeço a minha amiga e dupla de TCC Joelma Veríssimo, que desde o início me acompanhou em tudo. Agradeço a todos os meus professores sem exceções, pois sem eles este trabalho não seria possível. Também agradeço a instituição na qual estudo a qual me proporcionou todas as ferramentas para chegar até a fase que me encontro. Agradeço a todos os amigos que fizeram parte da minha formação e aqueles que, mesmo distante, me incentivaram a seguir em frente. Sou muito grata a todos!

Fernanda Alves Verzeloni Gomes

RESUMO

Pavimentação constitui sobre uma base horizontal composta por uma ou mais camadas sobrepostas, alicerçadas sobre a terraplenagem e é destinada a resistir esforços verticais de tráfego, melhorar condições de rolamento e resistir aos desgastes da superfície. Existem dois tipos de pavimentações: suas composições são classificadas com materiais e durabilidade versáteis, eles se classificam basicamente em: Rígidos (Concreto) e flexível (Asfalto). Foi acompanhado a utilização de um pavimento flexível composto basicamente de agregados e ligantes asfálticos no caso o Concreto Betuminoso usinado a quente (CBUQ) que é um dos mais nobres pavimentos asfálticos e se destaca pela sua durabilidade. Na sua fabricação tanto agregados como ligantes são previamente aquecidos para depois serem misturados. O presente trabalho consiste em uma análise da utilização do concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) em vias de tráfego leve de um condomínio municipal de Goianésia, Goiás. Tomou-se como foco as técnicas e os materiais empregados. O CBUQ consiste na obtenção do melhor revestimento asfáltico, podendo ter uma vida útil extremamente longa levando em consideração a quantidade de tráfego e de chuvas na região. Os resultados obtidos com o CBUQ foram bons, indicando que a aplicação desse revestimento atingiu as expectativas e os requisitos de projeto.

Palavras-chave: mistura asfáltica, tráfego terrestre leve, flexível e durável.

ABSTRACT

Paving constitutes on a horizontal base composed of one or more overlapping layer, resting on the earthwork and is intended to withstand vertical traffic loads, to improve rolling conditions and to withstand surface wear. There are two types of pavements, their compositions are classified with versatile materials and durability, they are basically classified in: Rigid (Concrete) and Flexible (Asphalt). It was accompanied by the use of a flexible floor composed basically of aggregates and asphaltic binders in the case of Hot-Rolled Bituminous Concrete (CBUQ) which is one of the most noble asphalt pavements and stands out for its durability. In their manufacture both aggregates and binders are preheated and then mixed. The present work consists of an analysis of the use of hot-rolled bituminous concrete (CBUQ) in light traffic ways of a condominium in the city of Goianésia, Goiás. The focus was on the techniques and materials used. CBUQ consists of obtaining of the best asphalt coating, and can have an extremely long life taking into account the amount of traffic and rainfall in the region. The results obtained with the CBUQ were good, indicating that the application of this coating reached the expectations and the design requirements.

Key words: CBUQ, light, flexible and durable land traffic, asphalt mixtures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1- Seção Transversal Típica de Pavimento Flexível. (Aula, professor Geraldo).....	16
Figura 4.1 - Trator de pneus com grade.	19
Figura 4.2- Rolo compactador pé de carneiro.	20
Figura 4.3- Motoniveladora CAT 120 B.	21
Figura 4.4 - Caminhão irrigador (pipa).	Erro! Marcador não definido.
Figura 4.5 - Caminhão caçamba descarregando o material CBUQ, juntamente com o rolo compactador liso.....	22
Figura 4.6 - Caminhão irrigador (pipa) junto com amonitoniveladora CAT.	23
Figura 4.7 - Vibroacabadora.....	31
Figura 6.2 – Relação de Material/Preço	32
Figura 6.3 - Temperatura ideal para CBQU	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1. Conceitos de pavimentação	14
4.1. Definições de terraplenagem.....	17
4.2. Maquinários Utilizados	18
4.3. Ensaios.....	24
4.4. Concreto betuminoso usinado a quente	25
4.5. Usinagem do CBUQ	27
5. METODOLOGIA.....	29
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
7. CONCLUSÕES	34
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1. INTRODUÇÃO

Pavimento é uma estrutura com múltiplas camadas. Superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentados sobre um semi-espaço considerado teoricamente com infinito (infra-estrutura ou terreno de fundação) a qual é designada de subleito (Manual do DNIT, 2006)

Com o passar do tempo alguns pavimentos asfálticos sofrem defeitos e assim necessitam de uma manutenção de tempo em tempo, esses defeitos na maioria das vezes ocorre por contate um projeto mal elaborado ou também por mudanças climáticas. Temos dois tipos de patologias no pavimento, que são as patologias estruturais que prejudicam a capacidade do pavimento de receber as cargas do tráfego e as patologias funcionais que prejudicam a segurança e as condições de dirigibilidade do pavimento. Há inúmeros defeitos existentes no pavimento asfáltico, alguns são até prematuros de acordo com o tempo que foi executado o próprio pavimento, tais como: Fissuras, trincas transversais, trincas longitudinais, trincas em malha (tipo “bloco” ou tipo “couro de jacaré”), afundamento plástico entre outros (SENÇO, 2001).

Diante da necessidade de melhorias na pavimentação das vias urbanas de tráfego leve no Condomínio Meridian na cidade de Goianésia-GO, foi utilizado um revestimento nobre e de alta qualidade, o concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) sua vida útil varia de 10 a 20 anos.

As ruas sofrem constantemente processo natural de envelhecimento e desgaste. Coma deterioração de pavimentos asfálticos começa a gerar transtornos à população. Para solucioná-las na maioria das vezes são executados serviços sem planejamento técnico adequada, gerando resultados ruins e prejuízos. É necessário analisara forma com que as obras de pavimentação são realizadas, pois é imprescindível que o serviço seja de qualidade, tanto no projeto quanto na execução (Manual do DNIT, 2006).

Os serviços de preparação de terraplenagem iniciam-se com a sub-base, que é a camada complementar da base. Depois é feito o subleito que é o terreno de fundação do pavimento, em seguida a regularização do solo que é realizada sobre o subleito e, em seguida, o reforço do subleito, que é uma camada suplementar do

subleito ou camada complementar da sub-base. Por fim, a base que é a camada a resistir a todos os esforços verticais do tráfego (SENÇO, 2001).

De acordo com Senço(2007), o concreto betuminoso usinado a quente, "CBUQ, é o mais nobre dos revestimentos flexíveis. Consiste na mistura estabilizada de agregados, satisfazendo rigorosas especificações, e betume devidamente dosado. A mistura asfáltica é executada em usina apropriada, 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".

O pavimento é uma estrutura construída sobre a terraplenagem e destinada a resistir aos esforços oriundos do tráfego e distribuí-los, melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança, resistir aos desgastes, tornando mais durável a superfície de rolamento (Balbo, 2007).

O CBUQ é um revestimento com grande durabilidade, estabilidade, flexibilidade já que é composto basicamente de agregados e ligantes asfálticos e melhor resistência ao deslizamento (SENÇO, 2001).

No CBUQ o ligante de Cimento asfáltico de petróleo com 5% de todo o asfalto é um produto semissólido em temperatura ambiente que precisa de um aquecimento para misturar seus agregados. Já o CBUQ 95% de todo o asfalto agregado mineral é misturado com o material betuminoso usinado para serem comprimidos a quente (SENÇO, 2001).

Tendo em vista um diferencial, o condomínio Meridian optou por usar esse asfalto pela sua qualidade superior, boa vida útil, e a resistência ser bem maior em relação ao pré-misturado a frio (PMF). Além do mais melhora a qualidade de vida dos moradores trazendo conforto e segurança ao tráfego de veículos. O custo desse material pode variar conforme sua localidade e local de aplicação.

Nesse trabalho serão abordadas as características desse material, a sua forma de aplicação, os tipos de maquinários utilizados, o seu custo e suas vantagens.

2. OBJETIVOS

Aqui será apresentado todos os objetivos deste trabalho teórico.

2.1. Objetivo Geral

A pavimentação é um mecanismo de otimização do transporte. Atendendo a esse princípio, analisar-se-á e acompanhar-se-á o dimensionamento da pavimentação e a aplicação do revestimento CBUQ feito em um condomínio na cidade de Goianésia-Goiás.

Os objetivos do trabalho são:

- Verificar todo o processo de terraplenagem para o revestimento CBUQ: o tempo de aplicação, materiais utilizados, maquinários e todos os equipamentos.
- Analisar se, o tempo do recebimento do tratamento superficial betuminoso, os materiais e os serviços serão protegidos contra ação destrutiva das águas pluviais e de outros agentes que possam danificá-los.

2.2. Objetivo específico

- Comparar o desempenho e características do Concreto usinado a quente (CBUQ) usado no Condomínio Meridian de Goianésia.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, será apresentado o conceito da pavimentação.

3.1. Conceitos de pavimentação

Pavimento é a estrutura construída sobre a terraplenagem e destinada a suportar e distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego; melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança; resistir ao desgaste relativo as alterações climáticas, excesso de peso, frenagem e arrancada. A estrutura do pavimento que se constrói pode variar quanto à espessura, aos materiais utilizados e também com a própria função que pode ser para tráfegos leves ou pesados, que a via poderá exercer (SENÇO, 2001).

Como a pressão aplicada é reduzida com a profundidade, as camadas superiores estão submetidas a maiores pressões, exigindo na sua construção materiais de melhor qualidade. Para a mesma carga aplicada, a espessura do pavimento deverá ser tanto maior quanto pior forem as condições do material de subleito. Sem rigorismo extremo, pode-se mencionar a regra de que subleito ruim e cargas pesadas levam a pavimentos espessos; subleito de boa qualidade e cargas leves levam a pavimentos delgados que é destinado a um via de tráfego leve, este pavimento é pouco utilizado e ainda passa por estudos aqui no Brasil. (SENÇO, 2001).

As cargas que solicitam um pavimento são transmitidas por meio das rodas pneumáticas dos veículos. A área de contato entre os pneus e o pavimento tem a forma aproximadamente elíptica, e a pressão exercida, dada a relativa rigidez dos pneus, tem uma distribuição aproximadamente parabólica, com a pressão máxima exercida no centro da área carregada (SENÇO, 2001).

O pavimento possui quatro funções 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 e pneu e superfície, tanto no rolamento quanto na frenagem, possuindo uma aparência agradável (DANIELESKI, 2004).

As funções dos pavimentos são: apresentar uma superfície mais regular, onde haja melhor conforto para passagem de veículo, uma superfície mais aderente, com mais segurança para pista úmida ou molhada e uma superfície menos rugosa, com menor desgaste ambiental nas vias urbanas e rurais(BALBO, 2007).

Os pavimentos são classificados tradicionalmente em três tipos, sendo eles: rígidos, semirrígidos e flexíveis(BENUCCI, MOTTA, *et al.*, 2006). Segundo Senço (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 semirrígidos 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 tratada com cimento(SENÇO, 2001).

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 subleito basicamente é o terreno de fundação que vai ser preparado para suportar a fundação do pavimento.

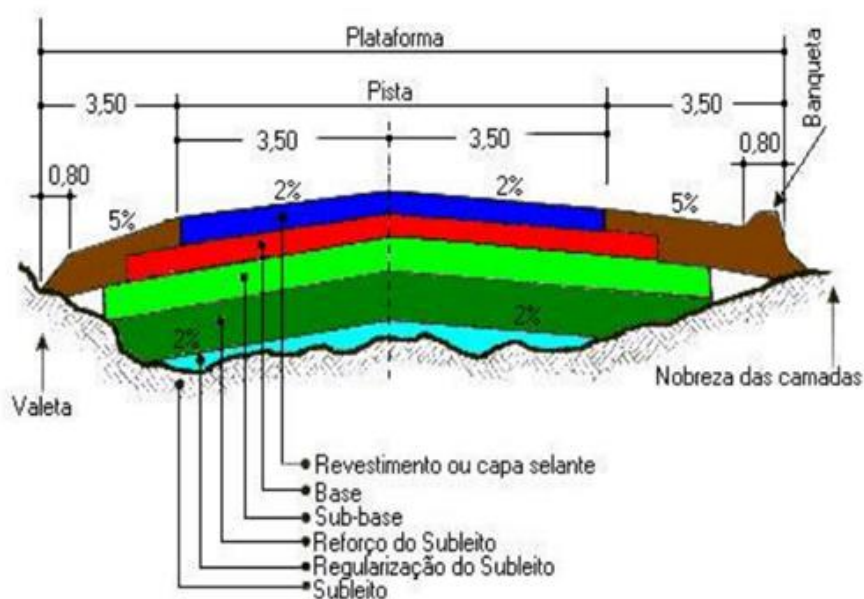


Figura 3.1 - Seção Transversal Típica de Pavimento Flexível. (Aula, professor Geraldo)

Para Balbo (2007), o pavimento rodoviário é composto pelas seguintes camadas conforme a (Figura 3.1):

- 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 à da camada superior (sub-base), e superior ao do material do subleito. Ele é 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 reforços 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 ao desgaste.

Regularização e compactação do subleito consistem nos serviços necessários a que o mesmo assuma a forma definida pelos alinhamentos, perfis,

dimensões e seção transversal típica, contida no projeto e para que o mesmo fique em condições de receber o pavimento projetado (MUDRIK, 2006).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo, será apresentado a definição de terraplenagem.

4.1. Definições de terraplenagem

O termo terraplenagem vem do ato de escavar ou encher de terra uma área para que o terreno fique plano, deixando adequado para o início de uma construção. Sera citado alguns trabalhos a este respeito:

Para Senço (2007), os estudos e cálculos de intensidade de tráfego e de volumes de tráfego são jogados por terra quando as exigências não são observadas.

De acordo com Mudrik (2006), para a execução da base do solo deverão ser seguidas algumas etapas após o levantamento plani-altimétrico como: limpeza do terreno da jazida, raspagem, escavação de terra, transporte de terra, regularização do fundo de caixa, escavação e fornecimento de terra medida no aterro, compactação da terra espalhamento no material e preparo do subleito.

A raspagem consiste na remoção da camada vegetal que recobre o solo que será utilizado como jazida ou no local onde o mesmo será aplicado. Os serviços cuja média aritmética de altura de escavação para remoção da camada vegetal seja menor ou igual a 0,20m considera-se como raspagem.

Em algumas circunstâncias terá que ser efetuado aterro, com material importado, para permitir a escavadeira chegar ao local de trabalho e também o acesso dos caminhões basculantes, para a carga.

Se a terraplenagem é recente, o subleito deverá apresentar as características geométricas definitivas. No caso de uma estrada de terra já em uso há algum tempo e que se pretende pavimentar, o subleito apresenta superfície irregular devido ao próprio uso e aos serviços de conservação (SENÇO, 2001).

Em algumas partes têm-se o manuseio e o transporte de material explosivo, os quais dependem de autorização prévia dos órgãos competentes. O profissional habilitado determinará o local, a profundidade e a quantidade de dinamite necessárias serão função do volume de rocha a ser demolido. O cabo de fogo

providenciará que a dinamite, e o mantopim hidráulico sejam introduzidos nos furos, e só depois que todas as medidas de segurança forem cumpridas proceder-se ádetonação(MUDRIK, 2006).

Caso o teor de umidade do material destorroado seja superior em 1% ao teor ótimo determinado pelo ensaio de compactação, executado de acordo com o método ME-9, proceder-se-á a aeração do mesmo com equipamentos adequados, até reduzi-lo a aquele limite. Se o teor de umidade do solo destorroado for inferior em mais de 1% ao teor ótimo de umidade acima referido será precedida a irrigação até alcançar aquele valor(MUDRIK, 2006).

O material umidecido e homogeneizado será distribuído de forma regular e uniforme em toda a largura do leito, de tal maneira que, após a compactação,sua espessura não exceda a 15cm. A execução de camadas com espessura superior a 15cm, só será permitida pela fiscalização com o emprego de equipamento adequado, de modo a garantir a uniformidade do grau de compactação em toda a profundidade da camada (MUDRIK, 2006).

Os solos ou outros materiais escolhidos para reforço de subleito devem, assim, atender às condições de resistir às pressões aplicadas na interface entre a sub-base e o reforço, menores que as pressões aplicadas na interface entre a base e a sub-base, mas que são maiores que as pressões aplicadas na interface entre o reforço e o subleito (SENÇO, 2001).

4.2. Maquinários Utilizados

Durante o processo de pavimentação, são usados vários equipamentos, cada um com sua função. Com base em nossos estudos e acompanhamentos durante a execução da pavimentação, irá ser citados os tipos de maquinários que foram utilizados durante esse processo de pavimentação.

Segundo Mudrik(2006),em função do tipo de solo, da profundidade de escavação da caixa, será determinado o equipamento mais adequado à execução do serviço, que poderá ser composto por escavadeira ou trator de lâmina, trator de grade, pá carregadeira, etc. O trator de pneus com grade (Figura 4.1) foi utilizado

para a escavação até que atinja as cotas determinadas em projeto. Todo material escavado, inservível, deverá ser removido.



Figura 4.1- Trator de pneus com grade.(autor próprio)

Os materiais provenientes das demolições serão carregados em caminhão basculante por pá carregadeira de pneus, para serem transportados ao local fixado pela fiscalização(MUDRIK,2006).

Para a execução da base ou sub-base de solo arenoso fino utilizam-se veículos tipo caminhões-basculantes para o transporte dos materiais, monotoniveladora para as operações de acabamento, irrigadeira, com capacidade mínima de 5.000 litros, escarificadores e arados de disco, ou equipamento com capacidade de mistura similar com controle que permita atingir a profundidade necessária da camada solta.

Os equipamentos de compactação são rolo pé-de-carneiro estático ou vibratório, rolo de rodas metálicas, rolo de rodas pneumáticas e compactadores vibratórios portáteis para compactação em locais em que não é possível compactar com os rolos anteriores(SENÇO, 2001).

Rolo compactador pé-de-carneiro (Figura 4.2) é usado para terraplenagem, depois que a patrol(motoniveladora) deixa a camada de material pronta, ou no

greide, para compactar o material no número de feixes necessários para atingir o grau de compactação de projeto.

O rolo compactador liso também é um equipamento para terraplenagem. Ele tem função de compactar materiais mais finos como bica de corrida, acabamento de base para imprimação ou CAUQ (asfalto) e que precisam de uma superfície bem lisa e compactada (ROSSI, 2011).



Figura 4.2- Rolo compactador pé de carneiro.(autor próprio)

A retroscavadeira é uma das máquinas mais utilizadas em obras. Tem a função de escavar valas e redes, transportar materiais e carregar caminhões. A escavadeira hidráulica tem a função de produzir aterros e desaterros, conformar taludes, carregar caminhões e escavar redes de diâmetro maior de DN 800. É uma máquina de alta produtividade. A mini retroscavadeira tem a função de escavar redes mais rasas como água fria, incêndio, esgoto, elétrica, spda. Utilizada também para o transporte de materiais. É uma máquina lenta indicada para trabalhos mais leves (ROSSI, 2011).

A pá-carregadeira tem a função de carregamento de caminhões em pátio de estocagem, trabalhos de carregamento em usina de asfalto, usina de solos e terraplenagem. A mini pá-carregadeira, ou Bobcat, tem a função de transportar materiais e agregados. Trata-se de uma máquina versátil pelo tamanho e consegue entrar em espaços confinados(ROSSI, 2011).

A motoniveladora (Figura 4.3), é um equipamento específico para terraplenagem. Tem a função cortar ou aterrar subleitos, sub-base e bases de acordo com as estacas de marcação topográficas. É um equipamento de muita força que consegue espalhar ou cortar grandes volumes de material (ROSSI, 2011).



Figura 4.3- Motoniveladora CAT 120 B.(autor próprio)



Figura 4.4- Caminhão irrigador (pipa)(autor próprio)

O caminhão pipa (Figura 4.4)tem a função de umedecer o material para que ele atinja a umidade ótima para a compactação. Também tem a função de molhar a obra em épocas de seca, quando o movimento de máquinas levanta poeira.O caminhão pipa também auxilia distribuindo água para toda obra, lavando peças que são concretadas, e molhando as lajes e tabuleiros já concretados e que estão em processo de cura (ROSSI, 2011).

A irrigação da superfície faz com que o material de enchimento seja conduzido pela água até a parte inferior da camada de agregado graúdo, deixando novamente aparentes as frestas na parte superior dessa camada. Após essa operação, deve-se aguardar o tempo necessário para que se evapore a água da parte superior. Essa operação é seguida de nova compressão (SENÇO, 2001).



Figura 4.5 - Caminhão caçamba descarregando o material CBUQ, juntamente com o rolo compactador liso. (autor próprio)

Os caminhões são muito empregados nas obras, existindo vários tipos construtivos para diferentes atividades. O caminhão Munk é um equipamento de muita versatilidade e fundamental para obra. O munk tem a função de fazer movimentação de cargas na obra com o braço hidráulico. O caminhão caçamba transporta agregado como terra, areia e brita, pedra, asfalto, material detonado, bota-fora, material de demolição, material para ciclo ambiental, etc. O caminhão

caçamba (Figura 4.5) transporta madeiras, tubos, caixas, pré-moldados, etc. O caminhão comboio ou “Melosa” é um posto de combustível e lubrificação sobre rodas. Tem a função de abastecer e lubrificar os equipamentos na obra, sendo muito encontrado em obras que utilizam muitos equipamentos(ROSSI, 2011).



Figura 4.6- Caminhão irrigador (pipa) junto com amonitoniveladora CAT.(autor próprio)



Figura 4.7–Vibroacabadora (autor próprio)

É um equipamento que executa a aplicação, nivelamento e pré compactação do concreto asfáltico em obras de pavimentação (Figura 4.7).

4.3. Ensaio

Para Mudrik(2006), o controle de execução das camadas terá os seguintes procedimentos e ensaios:

- Faz uma determinação do grau de compactação em cada 400m² de área compactada, com um mínimo de três determinações para cada trecho. A média dos valores obtidos deverá ser igual ou superior a 100% da densidade máxima determinada pelo ensaio ME-7 (Método de ensaio – 7), não sendo permitidos valores inferiores a 95% em pontos isolados.

- As verificações das densidades aparentes secas alcançadas na sub-base serão executadas de acordo com os métodos ME-12 (Método de ensaio – 12), ME-13 (Método de ensaio – 13) OU ME-14 (Método de ensaio – 14);

- Os trechos da sub-base que não se apresentarem devidamente compactados de acordo com o citado anteriormente, deverão ser escarificados e os materiais pulverizados, convenientemente misturados e recompactados.

A compactação obedecerá às seguintes operações:

- Determinação da densidade máxima aparente seca e da umidade ótima do material a ser compactado, obtidos em ensaios de laboratório, de conformidade com o ME-7 (Método de ensaio – 7);

- Escarificação do material do subleito, pulverização, mistura e umedecimento, de tal maneira que se consiga uma distribuição tão uniforme quanto possível da umidade;

- Compactação do material, mediante equipamento adequado;

- Controle da densidade aparente seca alcançada, de acordo com os métodos ME-122 (Método de ensaio – 122), ME-1 (Método de ensaio – 1) ou ME-14 (Método de ensaio – 14), a fim de comprovar se o material foi devidamente compactado;

- Se o subleito se encontrar pouco compacto, deverá ser escarificada a camada superficial na profundidade de 15cm em seguida compactada até se obter uma densidade máxima aparente do solo seco, em média, não inferior a 100% da correspondente, determinada nos ensaios de compactação de conformidade com o ME-7 (Método de ensaio – 7).

Segundo Rodrigues Davison(2017) os ensaios realizados no subleito do Condomínio Meridiam seguiram os métodos DNER-ME-47-64, a saber:

- Determinação da massa específica- Método DNER-ME-92-64
- Determinação do teor de umidade- Método DNER-ME-52-64
- Ensaios de caracterização, limite de liquidez - Método DNER-ME-44-71
- Limite de plasticidade - Método DNER-ME-82-63
- Análise granulométrica- Método DNER-ME-80-64
- Ensaios de ISC (Índice de suporte Califórnia) e compactação- Método DNER-ME-47-64

Os materiais a serem empregados na sub-base apresentam um ISC igual ou superior a 20%, expansão máxima de 1%, com determinação pelo método DNER-49-64 e com energia de compactação DNER-47-64.

Para se obter uma boa qualidade na execução da base, foram realizados os seguintes ensaios:

- Ensaio de compactação- Método DNER-ME-47-64
- Determinação da massa específica- Método DNER-ME-92-64
- Umidade ótima- Método DNER-ME-52-64
- Limite de liquidez- Método DNER-ME -52-64
- Limite de plasticidade- Método DNER-ME-44-71
- Análise granulométrica- Método DNER-ME 80-64
- Ensaio do ISC (Índice de suporte Califórnia)e compactação - Método DNER-ME-48-64

4.4. Concreto betuminoso usinado a quente

Nos últimos tempos este revestimento asfáltico (CBUQ) vem sendo o mais empregado nas rodovias brasileiras e nas vias urbanas, todos revestimentos em gerais tem a função de suportar as cargas dos veículos.

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, 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 em vias expressas (SENÇO, 1997).

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). Ele difere do pré-misturado a quente apenas no que concerne à qualidade.

Segundo Senço (2001), a granulometria do agregado pode ser classificada em três frações: agregado graúdo, agregado fino e filler. O agregado graúdo é constituído normalmente de pedra britada ou seixo rolado com pelo menos uma face britada. O agregado miúdo pode ser constituído de areia, pó de pedra ou mistura de ambos. No método do equivalente de areia, deve apresentar um valor igual ou inferior a 55. Quanto ao filler, pode ser constituído de cimento, pó de pedra, pó de calcário e similares.

O CBUQ é um revestimento flexível, mas sua escolha depende dos serviços e dos equipamentos, pois possui propriedades e qualidades como: impermeabilidade, adesividade, aglutinação, durabilidade, possibilidade de trabalho a diversas temperaturas e preço vantajoso (SENÇO, 2001).

Portanto, o CBUQ ou CAUQ (concreto asfáltico usinado a quente) pode ser considerado a mais comum mistura asfáltica a quente empregada no país, utilizado na construção do revestimento do pavimento, incluindo as capas de rolamento e camada de ligação (BALBO, 2007).

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.

O material betuminoso deverá ser distribuído somente quando a camada de agregado estiver perfeitamente seca, em toda a sua profundidade e quando a temperatura ambiente estiver acima de 10°C. Com o fim de impedir que o material betuminoso de uma aplicação seja coberto nas juntas pelo de outra aplicação, o distribuidor deverá ser prontamente estancado e, se for necessário para impedir o gotejamento, deverá ser colocado, sob os bocais, um recipiente. Os locais onde eventualmente houver falhas na distribuição serão retocados com o auxílio de regadores apropriados (MUDRIK, 2006).

4.5. Usinagem do CBUQ

Segundo Senço (2001), a execução da base estabilizada em usinas é, talvez, o mais importante capítulo da pavimentação no Brasil. Até o momento ainda há nem sequer comparação de preços entre uma base estabilizada de mistura no local e uma base estabilizada de mistura no local e uma base estabilizada usinada, mas à medida que os processos de usinagem possam ser mais bem racionalizados, a diferença de custo poderá cair a níveis que podem ser compensados pela melhoria da qualidade, pela melhor esquematização dos trabalhos e pela maior rapidez dos serviços.

A usina utilizada para esse tipo de revestimento deve apresentar condições de produzir misturas uniformes. A usina deve ser equipada com unidade classificadora de agregados, a qual distribui o material para os silos quentes. A usina deve ter um sistema de controle de temperatura como: termômetro de mercúrio, termômetro com proteção metálica e graduação de 90°C a 210°C (DER/PR, 2005).

Segundo Nogueira(1961), a mistura dos agregados e do betume é preparada em usinas fixas, principalmente nas usinas de tipo contínua ou

volumétrica, que são compostas por: silo para agregado frio; secador com coletor de pó, peneiras, silo de agregado quente, medidor de filler e de betume e misturador.

A temperatura mínima, dependendo da distância da usina à obra, não poderá ser inferior a 135°C. A mistura não poderá ser espalhada a temperatura inferior a 120°C. A mistura deverá ser efetuada em usina, nas quantidades e temperatura especificadas, até que todas as partículas do agregado estejam envolvidas pelo aglutinante betuminoso, tempo esse que será, no mínimo, de 30 segundos(MUDRIK, 2006).

A utilização de usinas fixas permite a obtenção de um produto de melhor qualidade e mais uniforme em relação aos métodos anteriores. A mistura de diversos materiais exige um número de silos de entrada em função do número desses materiais. As janelas desses silos são devidamente calibradas para fornecer os materiais nas proporções previstas no projeto da mistura, como consta no item de misturas graduadas(SENÇO, 2001).

De acordo com Senço(2001), a execução das misturas em usina tem sido feita geralmente com o uso de pedra britada, para atender às condições impostas pelas especificações, no que tange à granulometria, na parte relativa ao agregado graúdo. Nesse caso, a base estabilizada pode receber a denominação de solo brita. A mistura é descarregada e levada á pista em caminhões basculante onde é despejada nos distribuidores, e daí para a pista, sendo em seguida devidamente compactada.

Sendo assim, pode se entender que a mistura é realizada em uma usina apropriada, nessa usina tanto o ligante quanto o agregado são aquecidos e depois misturados. Este trabalho em usinas apropriadas contém algumas atividades como: aquecimento do ligante e agregados, execução da mistura, transporte, estocagem, peneiramento e transportes dos agregados frios, entre outras atividades.

Quando uma cidade possui uma usina para este tipo de revestimento, as empresas da localidade possuem a vantagem de conseguir um preço acessível, e um prazo de entrega mais rápida, trazendo mais agilidade para a obra.

5. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho tem como intuito relatar sobre o revestimento usado no condomínio Meridian, no qual estivemos visitando enquanto durou o trabalho da terraplenagem até o processo de revestimento do Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ).

A própria construtora, fizeram ensaios para se obter uma melhor aplicação e durabilidade desse revestimento. Esses ensaios são bastante eficazes pois evitam danos futuro, quanto ao resultado final.

Para obter uma ótima qualidade no sub-leito foi realizado alguns ensaios como:

- Ensaio de compactação- métodos DNER-ME-47-64 (Departamento Nacional de Estradas de rodagem – Método de ensaio – 47-64)
- Determinação da massa específica- Método DNER-ME-92-64 (Departamento Nacional de Estradas de rodagem – Método de ensaio – 92-64)
- Determinação do teor de umidade- Método DNER-ME-52-64 (Departamento Nacional de Estradas de rodagem – Método de ensaio – 52-64)
- Ensaios de caracterização, limite de liquidez: Método DNER-ME-44-71 (Departamento Nacional de Estradas de rodagem – Método de ensaio – 44-71)
- Limite de plasticidade: Método DNER-ME-82-63 (Departamento Nacional de Estradas de rodagem – Método de ensaio – 82-63)
- Análise granulométrica- Método DNER-ME-80-64 (Departamento Nacional de Estradas de rodagem – Método de ensaio – 80-64)
- Ensaios de I.S.C e compactação- Método DNER-ME-47-64 (Departamento Nacional de Estradas de rodagem – Método de ensaio – 47-64).

Os ensaios foram executados de 100 em 100 metros no máximo. Após a compactação e a liberação feita pelo laboratório de solo, faz-se o acabamento com os rolos lisos e pneumáticos.

Concluída a execução do sub-leito, faz-se a relocação planimétrica e altimétrica da caixa do sub-leito conferindo as cotas e larguras exigidas no projeto. No nivelamento tolera-se cotas menores ou iguais do projeto e nas larguras da plataforma tolera-se larguras maiores ou iguais do projeto. Concluindo o controle geométrico, libera-se para execução da sub-base.

Os materiais a serem empregados na sub-base apresentam um ISC (Índice de suporte Califórnia) igual ou superior a 20%, expansão máxima de 1%, com determinação pelo método DNER- 49-64 e com energia de compactação DNER -47-64.

Após a compactação com o pé-de-carneiro e com o rolo liso, é necessário verificar se a densidade está dentro dos limites especificados em projeto, pelo laboratório. O grau de compactação mínima será de 100% em relação a massa específica aparente, seca, máxima, obtida no ensaio DNER-ME-4864, e o teor de umidade deve ser a umidade ótima de ensaio variando de 2%.

Para se obter uma boa qualidade na execução da base, serão realizados os seguintes ensaios:

- Ensaio de compactação- Método DNER-ME-47-64 (Departamento Nacional de Estradas de rodagem – Método de ensaio – 47-64)
- Determinação da massa específica- Método DNER-ME-92-64 (Departamento Nacional de Estradas de rodagem – Método de ensaio – 92-64)
- Umidade ótima- Método DNER-ME-52-64 (Departamento Nacional de Estradas de rodagem – Método de ensaio – 52-64)
- Limite de liquidez- Método DNER-ME -52-64 (Departamento Nacional de Estradas de rodagem – Método de ensaio – 47-64)
- Limite de plasticidade- Método DNER-ME-44-71 (Departamento Nacional de Estradas de rodagem – Método de ensaio – 44-71)
- Análise granulométrica- Método DNER-ME 80-64 (Departamento Nacional de Estradas de rodagem – Método de ensaio – 80-64)
- Ensaio do I.S.C e compactação: Método DNER-ME-48-64 (Departamento Nacional de Estradas de rodagem – Método de ensaio – 48-64).

Após a compactação e a liberação pelo laboratório de solos faz-se a regularização com a motoniveladora, em seguida faz-se o acabamento com os rolos pneumáticos. Terminando a execução da base, faz-se a relocação planimétrica e altimétrica da plataforma, conferindo as cotas e larguras apresentadas em projeto. Concluído o controle geométrico, faz-se a varrição com a vassoura e libera a pista para imprimação.

O meio-fio quando sem sarjeta deverá ser assentado diretamente na capa asfáltica com fck de 20 Mpa. Em toda extensão do meio-fio deverá ser feito escoramento numa largura de 0,50m com material compactado manualmente.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o estudo de caso foi escolhido o condomínio Meridian na cidade de Goianésia, durante um periodo de 07 meses foi feito o acompanhamento de todo o processo da pavimentação, desde a terraplenagem até o revestimento com o CBUQ. Nossa primeira visita foi no dia 17/08/2017, neste dia estava iniciando o processo de nivelamento de todo o terreno, corte e aterro.



Figura 6.1– Motoniveladora (patrol) (autor próprio)

No primeiro dia de visita como mostra a (Figura 6.1) Motoniveladora (patrol) foi um dos equipamentos que estavam sendo utilizados, sua função foi cortar e aterrar sub-leitos, sub-bases e bases.

Para este estudo de caso ser realizado foi preciso acompanhar a obra no mínimo 3 vezes por semana, para termos base e aprendermos sobre todo o processo da pavimentação com uso do CBUQ. Tivemos como coorientador o Engenheiro Civil Davison Rodrigues Rocha, que nos acompanhou e passou adiante informações para que pudessemos concluir este trabalho.

6.1. Relação de preços

Durantes os estudos sobre as propriedades dos materiais que constitui o Concreto betuminoso usinado a quente, pode se notar que a escolha pelo uso desse revestimento interfere no custo e benefício gerados por este. Vale lembrar que o CBUQ é o tipo de revestimento mais resistente porém com um custo maior.

Sendo o CBUQ um pavimento de alta qualidade e de longa durabilidade, seu preço possui uma grande diferença em relação aos outros tipos de revestimento, como por exemplo o TST. Pode se notar a diferença de preço na (Figura 6.2).

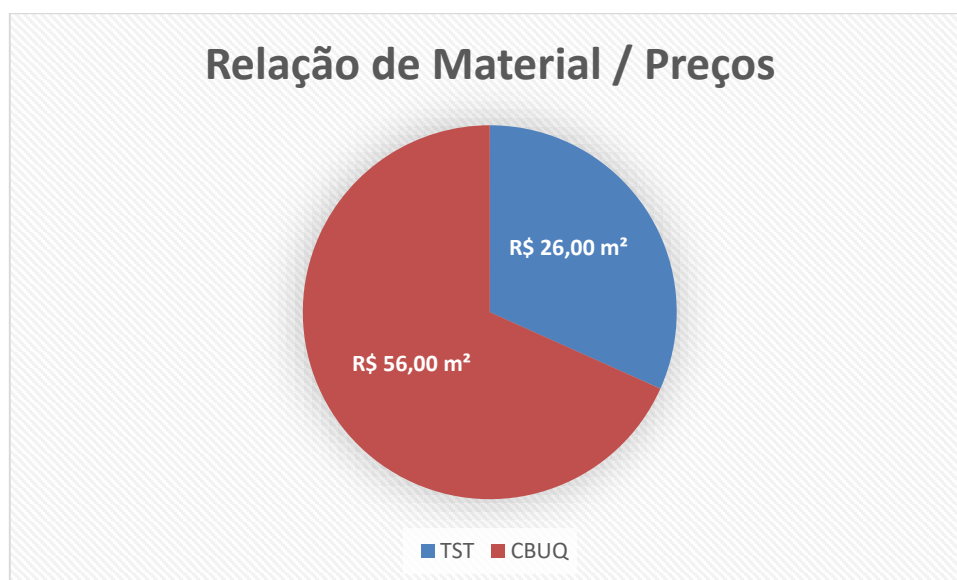


Figura 6.2 – Relação de Material/Preço

6.2. Temperatura correta para aplicação do CBUQ

A temperatura correta em que o CBUQ deve estar é de 140° C á 160°C de acordo com a (Figura 6.3), sendo ela inferior sua eficiência pode ser relativamente inferior.

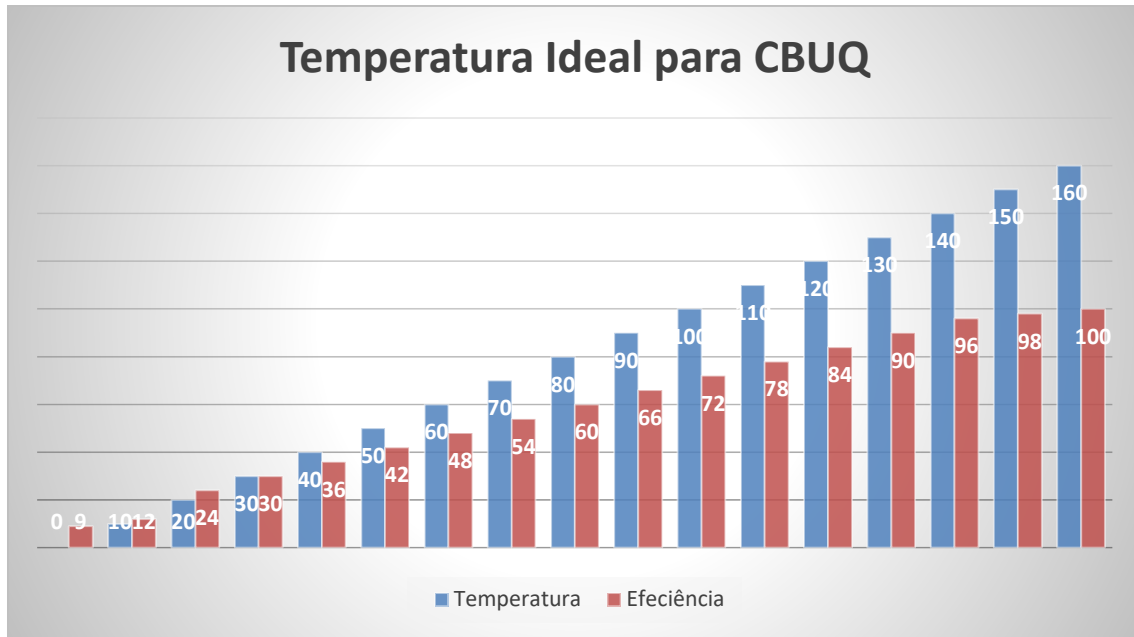


Figura 6.3 - Temperatura ideal para CBUQ

7. CONCLUSÕES

Durantes os estudos sobre as propriedades dos materiais que constitui o Concreto betuminoso usinado a quente, pode se notar que a escolha pelo uso desse revestimento interfere no custo e benefício gerados por este. Vale lembrar que o CBUQ é um tipo de revestimento mais resistente porém com um custo maior, sua composição é formada por agregados minerais (britas e o pó-de-pedra e filer).

Durante o acompanhamento percebemos o cuidado e eficácia em todas as etapas desde o início até o fim, com a aplicação do revestimento no condomínio e a agilidade dos maquinários durante cada processo, assim o pavimento irá suportar chuvas intensas, pressão do tráfego e intempéries do tempo.

Pavimento flexível é formado a partir de uma mistura de materiais que são esmagados e pressionados para dar-lhes mais força. Como a pressão exercida sobre o pavimento é reduzida com a profundidade as camadas superiores estão submetidas a maiores pressões, exigindo assim materiais de melhor qualidade.

Concluindo se que cada etapa da aplicação torna o CBUQ mais viável, pois sua durabilidade é de aproximadamente 10 a 20 anos. Enquanto outros sofrem defeitos com menor tempo causando trincas e fissuras e assim necessitam de uma manutenção com um menor prazo.

Logo depois de ser executada a pavimentação com este tipo de revestimento deve expor condições de durabilidade, conforto e resistência, evitando assim patologias na pista de rolamento.

Durante nossas visitas no Condomínio Meridian, fomos acompanhadas do nosso coorientador Davison Rodrigues, que nos ajudou bastante para que chegassemos até o fim desse trabalho, tivemos um grande aprendizado nesta área da Engenharia Civil.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. H. F. **Introdução a pavimentação.** Disponível em <<http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/MOdule%201%20-%20Introducao.pdf>>.

Acesso em 15 mai. 2018.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica:** materiais, projeto e restauração. [S.l.]: Oficina de Textos, 2007.

BENUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica:** formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Abeda, 2006.

BIANCHI, F. R.; BRITO, I. R. T.; CASTRO, V. A. B. **Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível.** Disponível em <http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/ISIS_RAQUEL.pdf>.

Acesso em 15 mai. 2018.

DANIELESKI, M. L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2004.

DER/PR. **DER/PR ES-P 21/05: Pavimentação: concreto asfáltico usinado a quente.** Curitiba, p. 22. 2005.

MARQUES, Geraldo de Oliveira. **Pavimentação.** Disponível em <<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2012/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>>.

Acesso em 15 mai. 2018.

MUDRIK, C. **Caderno de encargos:** Terraplenagem, pavimentação e serviços complementares. 2ª. ed. [S.l.]: Edgard Blucher, v. 1, 2006.

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

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

SENÇO, W. D. **Manueal de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, v. 1 e 2, 2001.

SENÇO, W. D. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2. ed. São Paulo: Pini, v. 1 e 2, 2007.