

FACULDADE EVANGÉLICA DE JARAGUÁ

GUSTAVO HENRIQUE COSTA  
LUÍS FERNANDO DE OLIVEIRA SANTOS

ANÁLISE COMPARATIVA DA EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS  
FLEXÍVEIS E RÍGIDOS NA AVENIDA BRASIL – NORTE EM ANÁPOLIS-GO: UM  
ESTUDO DE CASO E PROPÓSTA DE RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE EXECUÇÃO

Jaraguá  
2019

GUSTAVO HENRIQUE COSTA  
LUÍS FERNANDO DE OLIVEIRA SANTOS

ANÁLISE COMPARATIVA DA EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS  
FLEXÍVEIS E RÍGIDOS NA AVENIDA BRASIL – NORTE EM ANÁPOLIS-GO: UM  
ESTUDO DE CASO E PROPÓSTA DE RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE EXECUÇÃO

Trabalho apresentado com requisito parcial para conclusão do Curso de Bacharel em Engenharia Civil, da Faculdade Evangélica de Jaraguá, campus Jaraguá-GO, com a orientação do Prof. Esp. Aurélio Caetano Feliciano.

Jaraguá  
2019

Gustavo Henrique Costa  
Luís Fernando de Oliveira Santos

ANÁLISE COMPARATIVA DA EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS  
FLEXÍVEIS E RÍGIDOS NA AVENIDA BRASIL – NORTE EM ANÁPOLIS-GO: UM  
ESTUDO DE CASO E PROPÓSTA DE RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE EXECUÇÃO

Aprovado em: Jaraguá, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

---

Banca 1

---

Banca 2

Jaraguá – GO

## RESUMO

Os pavimentos se dividem em duas modalidades principais – flexível e rígido. Os flexíveis são aqueles que apresentam uma camada de rolamento ou revestimento executada utilizando material asfáltico (CBUQ). Já os pavimentos rígidos apresentam uma camada de revestimento formada por placas de concreto feitas de cimento Portland. Este trabalho tem a intenção de analisar a parte técnica dos dois pavimentos, comparando a sua execução e aplicação em obras rodoviárias. Os comparativos foram feitos através de revisões bibliográficas referentes às características técnicas dos dois tipos de pavimentos, e pelo acompanhamento da execução das duas modalidades de pavimento na Avenida Brasil na cidade de Anápolis-GO, onde houve restituição de trechos distintos que apresentavam necessidades de reparo. Com base nas informações obtidas, concluiu-se que a pavimentação rígida apresenta propriedades mais benéficas do que o pavimento flexível.

**Palavras-chave:** Comparação, revestimento, execução, acompanhamento.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: REFORÇO DO SUBLEITO DE CASCALHO JÁ COMPACTADO, PARTINDO PRA FASE DE ACABAMENTO COM A MOTO NIVELADORA.....	12
FIGURA 2: SUB-BASE DE CASCALHO - FASE DE ESPALHAMENTO DO MATERIAL.....	12
FIGURA 3: BASE DE CASCALHO - FASE DE COMPACTAÇÃO COM ROLO COMPRESSOR PÉ-DE CARNEIRO.....	13
FIGURA 4: IMPRIMAÇÃO ASFÁLTICA – FASE DE LANÇAMENTO DA EMULSÃO, UTILIZANDO CAMINHÃO COM BOMBA LANÇADORA DE LIGANTE E JATO DE AR COMPRIMIDO MANUAL.....	13
FIGURA 5: EMULSÃO DE RUPTURA RÁPIDA.....	14
FIGURA 6: APLICAÇÃO DO CBUQ .....	15
FIGURA 7: COMPACTAÇÃO DO CBUQ.....	15
FIGURA 8: CONSTRUÇÃO DO SUBLEITO.....	17
FIGURA 9: CONSTRUÇÃO DA SUB-BASE.....	17
FIGURA 10: DISPOSIÇÃO DA MANTA GEOTÊXTIL E ARMADURAS DE AÇO.....	18
FIGURA 11: FASE DE CONCRETAGEM DA OBRA.....	19
FIGURA 12: ACABAMENTO APÓS CONCRETAGEM.....	19
FIGURA 13: INTRODUÇÃO DE RANHURAS AO PAVIMENTO.....	19

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1: TABELA DE CONTROLE TÉRMICO DO CBUQ.....16

**LISTA DE ABREVIATURAS**

CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado A Quente
DENER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EAI	Emulsão Asfáltica de Impermeabilização
GO	Goiás
NBR	Norma Brasileira
RR	Ruptura Rápida

## SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO .....	9
2- MATERIAL E METODOS .....	11
2.1 Acompanhamentos da execução do pavimento flexível.....	11
2.1.2 Camadas de reforço, base e sub-base do pavimento flexível .....	11
2.1.3 Imprimação com EAI (Emulsão Asfáltica de Impermeabilização).....	13
2.1.4 Aplicação da emulsão RR (Ruptura Rápida).....	14
2.1.5 Execução da camada de revestimento - Aplicação do CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado A Quente).....	14
2.2 Acompanhamentos da execução do pavimento rígido .....	16
2.2.1 Procedimentos da execução do pavimento rígido .....	16
2.2.2 Aplicação das camadas constituintes do pavimento asfáltico (reforço, subleito e sub-base).....	16
2.2.3 Introdução da manta geotêxtil e das barras de aço de transição e de ligação.....	18
2.2.4 Fase de concretagem.....	18
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
4- CONCLUSÃO .....	21
5- REFERÊNCIAS .....	22
APÊNDICE A .....	24
APÊNDICE B.....	26

## 1- INTRODUÇÃO

Dispõe-se por pavimento uma estrutura de inúmeras camadas de determinadas espessuras, desenvolvido sobre uma obra de terraplanagem finalizada, com finalidade técnica e econômica, além de contrapor aos esforços procedentes do clima e principalmente do tráfego, a fim de oportunizar conforto aos usuários, melhoria das condições de rolamento, economia e segurança (JUNIOR, VASATA, 2013).

De acordo com Balbo (2005), a principal função de um pavimento é garantir um rolamento que promova conforto, segurança e economia aos seus usuários, de acordo com as características climáticas, com a capacidade de suporte da estrutura e com o volume e tipo de tráfego do local. Para assegurar que o pavimento desempenhe sua função de forma apropriada. Senso (2001) acrescenta ser essencial o cumprimento das normas e especificações que determinam os materiais a serem utilizados, suas características e os métodos de execução do pavimento.

A estrutura do pavimento tem a função de resistir e distribuir no subleito os esforços verticais formados pelo tráfego e suportar aos esforços horizontais que atuam nele, tornando mais duradouro a superfície de rolamento. Os pavimentos são ordenados em dois grupos principais: pavimento flexível e pavimento rígido (MARQUES, 2006).

De acordo com o DNIT (2006) pavimento flexível é um elemento composto por revestimento asfáltico sobre camada de base granular ou sobre camada de base de solo estabelecido granulometricamente. Os esforços procedentes do tráfego são absorvidos pelas diversas camadas integrantes da estrutura do pavimento flexível, são aqueles na qual todas as suas camadas sofrem algum tipo de deformação elástica sob o carregamento exercido, porém, esse carregamento é compartilhado em partes aproximadamente equivalentes entre as camadas.

Esta pavimentação é oriunda de camadas que não trabalham à tração, costumeiramente são constituídos de revestimento betuminoso delgado sobre camadas puramente granulares. A capacidade de suporte é função das características de distribuição de cargas por um sistema de camadas superpostas, onde as de maior qualidade encontram-se mais próximas da carga aplicada (MARQUES, 2006).

É a pavimentação realizada basicamente com material asfáltico na camada de revestimento, portanto, pode ter sua resistência muito versátil, visto que conforme a espessura dessa camada a resistência pode crescer ou diminuir. Nas pavimentações flexíveis os materiais utilizados são materiais asfálticos (aglutinantes), agregados graúdos (pedras ou seixos rolados) e agregado miúdo (areia ou pó de pedra) (MEAN, ANANIAS, OLIVEIRA, 2011; ROSSI, 2017).

No estudo de Ribas (2017), as manutenções realizadas nas obras com pavimento asfáltico são consideradas mais repentinas, onde a liberação do tráfego acontece logo após a conclusão do serviço, o que não ocorre nas obras com pavimento de concreto que é necessário aguardar pelo tempo de cura do concreto.

Conforme o manual de pavimentação do DNIT (2006), os pavimentos rígidos são aqueles que o revestimento é mais rígido comparando às camadas inferiores, tendo praticamente total absorção de todas as tensões causadas pelo carregamento aplicado, são constituídos geralmente por uma única camada superior (laje) de cimento, geralmente cimento Portland, que funciona concomitantemente como camada de desgaste e de base. A elevada resistência à flexão do concreto de cimento faz com que o pavimento não sofra deformações acentuadas, mesmo quando sujeito a tráfego pesado e intenso e em solos que possuam fraca capacidade de carga. Como a laje de concreto absorve as cargas impostas ao pavimento e se degrada numa grande área, a tensão vertical máxima que atinge a fundação corresponde a uma pequena fração da pressão de contato pneu-pavimento (RODRIGUES, 2011).

Os principais materiais utilizados na execução da pavimentação rígida são, cimento Portland (comum), agregados graúdos (britas), agregados miúdos (areia), água, aditivos químicos (tipo plastificantes), aço, fibras, selantes, materiais para juntas que podem ser de fibra ou de borracha (MEAN, ANANIAS, OLIVEIRA, 2011).

Essa estrutura do pavimento rígido o torna com a vida útil até 3 vezes maior que o asfalto, tem vida útil superior a 20 anos, não oxida, é resistente a ação de combustíveis, óleos veiculares e a ação das chuvas e do sol, e age como impermeabilizante não deixando passar para outras camadas, contrário do pavimento flexível que possui vida útil menor que 10 anos, onde as altas temperaturas, excesso de chuvas ou os combustíveis e óleos dos veículos geram a deterioração da sua superfície (SILVA FILHO, 2011).

Mean *et al.* (2011) realça que, o pavimento de concreto é a melhor opção por apresentar uma grande resistência mecânica, não oxida, não deforma plasticamente, não formam buracos nem trilha de rodas, garantindo assim, elevada resistência da estrutura e pequena necessidade de reparos rotineiros. Uma situação contrária ocorre com o pavimento asfáltico que necessita de intervenções rotineiras para manutenção, causados pela deformação plástica, trilhas de roda e buracos, requerem serviços de recapeamento com cinco anos de vida útil.

Segundo Carvalho (2007), o pavimento de concreto tem maior capacidade de reflexão da luz que o pavimento de asfalto, por ter superfície clara, melhorando consideravelmente a visibilidade horizontal e noturna dos motoristas, principalmente em dias de chuva e também permite uma maior aderência dos pneus à superfície de rolamento em comparação com o pavimento asfáltico, o que permite relevante redução na distância de frenagem.

O pavimento de concreto possibilita maior velocidade de escoamento da água em comparação ao pavimento asfáltico, devido à texturização, diminuindo o acúmulo de água superficial que se forma na pista nos dias chuvosos, melhorando a resistência à derrapagem. Porém o pavimento flexível apresenta maior aderência das demarcações viárias em relação ao pavimento rígido, devido a sua textura rugosa (RIBAS, 2017).

De acordo com Ribas (2017), no pavimento rígido as cargas se distribuem uniformemente na placa de concreto, dando menor sensatez ao solo. Já no pavimento flexível as cargas não são distribuídas de maneira uniforme, mas de forma vertical, forçando inteiramente o solo a trabalhar e sofrendo com deformações elásticas significativas.

Segundo Guimarães Neto (2011), a estrutura realizada para execução do pavimento flexível é mais complexa do que a estrutura para a pavimentação rígida, devido à forma distinta de como as cargas são absorvidas por ambos os pavimentos. Porém, apesar de estrutura mais simples, o pavimento rígido possui uma maior rigorosidade na sua metodologia de construção e da qualidade dos materiais que o pavimento flexível. Em geral os pavimentos são formados normalmente por quatro camadas principais, a de revestimento, de base, sub-base, reforço do subleito e subleito, sendo que cada camada exerce uma função diferente.

Segundo (MARQUES, 2006), o revestimento é a camada mais impermeável, onde irá receber diretamente a ação do impacto dos veículos e destinada a melhoria das condições do rolamento, proporcionando mais comodidade e segurança, resistindo aos esforços horizontais exercidos sobre ele, deixando mais durável possível à superfície de rolamento. Devendo resistir ao desgaste ao longo do tempo e da utilização, sendo também chamada de capa ou camada de desgaste.

A base é uma camada cuja função é aliviar os esforços sofridos, e distribuí-los às demais camadas abaixo. Existem vários tipos de materiais utilizados na camada de base e sua escolha depende principalmente dos tipos existentes na região onde ela será executada. A sub-base é a camada do pavimento que irá complementar a base desempenhando as mesmas funções, sendo executada sobre o subleito ou reforço do subleito (Senso 2001).

De acordo com a DNIT 2009 o reforço do subleito tem-se uma camada geral e de 20 centímetros de espessura, formada de materiais granulares mais grosseiros, que são compactados, e aplicados no caso de o subleito ter baixa capacidade de suporte. E tem a função de resistir às alterações como deformações e distribuir ao subleito os esforços oriundos da camada de sub-base. Possui espessura variável estabelecido de acordo com o dimensionamento de projeto. O subleito é um maciço consideravelmente infinito que serve de fundação para um pavimento (DNER, 1997).

Segundo Balbo (2007), no flexível o absorvimento dos esforços se dão de maneira dividida entre as múltiplas camadas, onde as tensões verticais se encontram em camadas inferiores, e a região de concentração esta mais adjunta a área de aplicação do esforço, já o rígido é o pavimento onde uma única camada (revestimento) absorve grande parte das cargas horizontais empregadas sobre a estrutura, assim gerando pressões verticais mais leves e bem distribuídas sobre as demais camadas abaixo.

Neste trabalho iremos Elaborar um estudo comparativo entre o pavimento flexível e o rígido e suas devidas execuções, com intuito de Entender o comportamento mecânico e o processo construtivo de ambos, por meio de um acompanhamento em loco da execução de uma obra específica para cada modalidade de pavimento.

## **2- MATERIAL E METODOS**

### **2.1 Acompanhamentos da execução do pavimento flexível**

Foi realizado o acompanhamento da restituição de um trecho na Avenida Brasil Norte em Anápolis–GO, que expunha más condições de uso em determinado trecho, obra esta executada por uma empresa de pavimentação. De acordo com a norma 085/2006 da DNIT, a recuperação do pavimento deve ser iniciada quando ele ainda se encontra moderadamente em boas condições e quando somente são necessárias substituições de pequenos trechos isolados, que foi o caso em questão. Meramente o trecho analisado apresentava más condições de uso, no qual será demonstrado o andamento da obra, sendo possível à visualização das dimensões e materiais utilizados em cada camada do pavimento.

#### **2.1.1 Passos da execução do pavimento flexível**

O pavimento foi executado conforme a disponibilidade de materiais encontrados na região centro-oeste do estado, visando à diminuição do custo inicial e melhor logística de acessibilidade aos materiais utilizados na obra.

#### **2.1.2 Camadas de reforço, base e sub-base do pavimento flexível**

Segundo Senso (2001) existe vários tipos de materiais utilizados na camada de base e sub-base, onde a seleção irá depender principalmente dos tipos existentes na região onde ela será executada. Conforme as normas (DNER – ES 300, 301,303/1997) tem que ser feita a utilização de materiais como solos, mistura de solos, e materiais britados ou escória, onde se considerou que o material mais abundante na região é o cascalho, com isso foi feita a substituição das camadas de brita por cascalho.

Foram executadas três camadas, reforço, sub-base e base. Primeiramente foi executado o reforço do subleito (Figura 1), uma camada mais fina para auxiliar na

regularização e resistência do solo. Para estabilização desta camada é necessária a boa compactação, e utilização de equipamentos especificados no item 1.2 do apêndice A.

Figura 1: Reforço do subleito de cascalho já compactado (item 1.4 do apêndice a), partindo para a fase de acabamento com a moto niveladora (item 1.2 do apêndice a)



Fonte: Autores, 2019.

Após o reforço do subleito devidamente nivelado e compactado, parte-se para a sub-base (Figura 2) que é uma camada complementar a base, e ambas exercem a mesma função, tal camada foi executada conforme item 2 do apêndice A.

Figura 2: Sub-base de cascalho - fase de espalhamento do material (item 2.3 do apêndice a)



Fonte: Autores, 2019.

Após a camada de sub-base devidamente concluída, iniciou-se a execução da próxima etapa, a base (Figura 3), esta será destinada a receber e dispersar as cargas verticais geradas pelos veículos, tendo ligação direta com a camada de revestimento, executada conforme item 3 do apêndice A.

Figura 3: Base de cascalho - fase de compactação com rolo compressor pé-de-carneiro (item 3.5 do apêndice a)



Fonte: Autores, 2019.

### 2.1.3 Imprimação com EAI (Emulsão Asfáltica de Impermeabilização)

O passo adotado após a conclusão das bases granulares do pavimento foi à imprimação com EAI (Figura 4), que segundo a DNIT (2014) é o emprego de um material asfáltico na camada da base já concluída, isto anterior à execução do revestimento, com o objetivo de atribuir coesão na superfície, garantir impermeabilização e gerar maior aderência entre esta e o camada de revestimento a ser executado conforme item 4 do apêndice A.

Figura 4: Imprimação asfáltica – fase de lançamento da emulsão (item 4.3 do apêndice a), utilizando caminhão com bomba lançadora de ligante e jato de ar comprimido manual



Fonte: Autores, 2019.

#### 2.1.4 Aplicação da emulsão RR (Ruptura Rápida)

Segundo a DNIT (2013) esta aplicação é uma etapa caracterizada pela disseminação de um material asfáltico em um material aquoso. Esta aplicação consiste em uma pintura superficial de ligação, visando a melhor aderência da camada de revestimento com as bases granulares, que segundo a empresa BRASQUIMICA ASFALTOS (2012) é classificada por velocidade de ruptura, entende-se que é a velocidade em que se efetua a separação das fases de uma emulsão em presença de um agregado (Figura 5), executado conforme item 5 do apêndice A.

A velocidade de ruptura depende da composição do emulsificante e teor de emulsificante na emulsão, da natureza mineralógica do agregado (mais ou menos reativo) e de superfície específica do agregado (área para recobrimento).

Figura 5: Emulsão de ruptura rápida já aplicada (item 5.3 e 5.4 do apêndice a)



Fonte: Autores, 2019.

#### 2.1.5 Execução da camada de revestimento - Aplicação do CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado A Quente)

Com relação ao tipo de materiais empregados na execução dos pavimentos flexíveis, os agregados são entre 90% e 95% do total de matéria do revestimento, que é responsável por resistir e transmitir os esforços aplicados pelos veículos e também garantir resistência ao desgaste sofrido por tais solicitações. Já o material betuminoso, esta entre 5% e 10% do total de materiais do revestimento, com função aglutinante e ação de impermeabilizar a camada (BERNUCCI *et al.*, 2010). A principal característica do pavimento flexível é a camada de revestimento feita de CBUQ (Figura 6 e 7).

Figura 6: Aplicação do CBUQ (item 6.3 do apêndice a)



Fonte: Autores, 2019.

Figura 7: Compactação do CBUQ (item 6.4 e 6.5 do apêndice a)



Fonte: Autores, 2019.

Segundo o DNIT (2006), para que o ligante possa envolver os agregados, é necessário que ambos sejam aquecidos (item 6.1 e 6.2 do apêndice A), chegando aos valores de viscosidade especificados em norma. As temperaturas variam entre  $107^{\circ}\text{C}$  e  $177^{\circ}\text{C}$  (item 6.1 do apêndice A), em função do tipo de ligante usado. Visto seguir os conceitos empregados pela DNIT, foi elaborada uma tabela de controle de temperatura de aplicação do CBUQ (Tabela 1).

Tabela 1: Tabela de controle térmico do CBUQ

		CONTROLE DE APLICAÇÃO DE CBUQ					
<b>OBRA:</b>	BRT						
<b>TRECHO:</b>	ANÁPOLIS-GO						
<b>SUB-TRECHO:</b>	AV.BRASIL NORTE						
<b>LADO:</b>	DIREITO						
DATA	PLACA	NOTA	QTDE(t)	TEMPERATURA DE CHEGADA (°C)	TEMPERATURA DE APLICAÇÃO (°C)	HORA DE CHEGADA (h/min)	HORA DE APLICAÇÃO (h/min)
16/01/2019	NZJ-8126	4927	20.540	160 °C	152°C	09:28	18:28
22/01/2019	MVY-5012	S/NOTA	19.680	170°C	170°C	08:44	09:53
22/01/2019	NZJ-8126	S/NOTA	20.740	172°C	172°C	08:28	10:25
22/01/2019	KBV-5970	S/NOTA	20.640	169°C	169°C	08:59	10:52
22/01/2019	DPB-0366	S/NOTA	22.020	170°C	170°C	09:22	11:45
22/01/2019	MWM-2697	S/NOTA	18.940	168°C	168°C	09:23	11:55
22/01/2019	MVW-5012	S/NOTA	20.650	170°C	170°C	14:50	14:50
22/01/2019	NZJ-8126	4962	20.430	169°C	169°C	15:00	15:15
22/01/2019	KBW-8970	4963	19.870	167°C	167°C	15:40	15:43
22/01/2019	MWM-2697	4965	19.700	162°C	162°C	15:45	18:17
22/01/2019	DPB-0366	4964	21.010	168°C	167°C	15:45	18:55

Fonte: Autores, 2019.

## 2.2 Acompanhamentos da execução do pavimento rígido

Foi realizado na Avenida Brasil Norte em Anápolis-GO restituição de parte de um trecho já antes executado de pavimento rígido, que apresentava más condições de uso, a obra está sendo executada por uma empresa de pavimentação.

### 2.2.1 Procedimentos da execução do pavimento rígido

O primeiro passo adotado na execução do pavimento rígido no trecho da Avenida foi o levantamento do terreno que seria construído o pavimento, posteriormente foi feita a retirada do pavimento antigo que existia no local.

### 2.2.2 Aplicação das camadas constituintes do pavimento asfáltico (reforço, subleito e sub-base).

Foi realizada a camada de subleito utilizando cascalho graúdo espalhado com ajuda de moto niveladora, logo após compactado com rolo pé de carneiro (Figura 8), o subleito foi feito com espessura de 10 a 20 centímetros especificados em norma conforme item 1.5 do apêndice B.

Figura 8: Construção do subleito (itens 1 a 1.5 do apêndice b)



Fonte: Autores, 2019.

Logo após a construção do subleito foi realizada a sub-base primeiramente foi espalhado sobre o subleito uma camada de brita graduada utilizando moto niveladora (Figura 9), logo após foi feito a compactação do trecho utilizando rolo pé de carneiro, a sub-base foi realizada com espessura de 10 a 20 centímetros especificados em norma conforme item 2.6 do apêndice B.

Figura 9: Construção da sub-base (itens 2 a 2.7 do apêndice b)



Fonte: Autores, 2019.

### 2.2.3 Introdução da manta geotêxtil e das barras de aço de transição e de ligação

Logo após feito a base e sub base foi adicionado uma manta geotêxtil (Figura 10), coloca-se esta para impermeabilização do solo e que futuramente evitara trincas ao pavimento, após a colocação da manta foi introduzido as barras de aços de transição e de ligação, usando a NBR 7480:2007(aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado-Especificação) foi usado barras de transferência CA-25 e barras de ligação CA-50 segundo item 4 a 4.3 do apêndice B..

Figura 10: Disposição da manta geotêxtil e armaduras de aço (itens 4 a 4.3 apêndice b)



Fonte: Autores, 2019.

### 2.2.4 Fase de concretagem

Logo após a adição da manta geotêxtil e das barras de transição e ligação às barras foram posicionadas para receber o concreto, nesta fase foi empregado o cimento Portland (Figura 11) utilizando as NBR 12655:2006(Concreto de cimento Portland — Preparo controle, recebimento e aceitação — Procedimento) e NBR 12821:2009(Preparação de concreto em laboratório – Procedimento) de forma que possa obter um concreto mais durável e boa trabalhabilidade e de alta resistência e de baixa impermeabilização levando uma vida útil maior ao pavimento, após a aplicação do concreto é realizado o acabamento do mesmo (Figura 12), foi nivelado e feito ranhuras (Figura 13) para facilitar o escoamento das águas das chuvas e melhor aderência para o usuário segundo item 5 a 5.6 do apêndice B.

Figura 11: Fase de concretagem da obra (itens 5 a 5.4 apêndice b)



Fonte: Autores, 2019.

Figura 12: Acabamento após concretagem (item 5.6 apêndice b)



Fonte: Autores, 2019.

Figura 13: Introdução de ranhuras ao pavimento (item 5.6 apêndice b)



Fonte: Autores, 2019.

### 3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizado acompanhamento em loco das etapas de duas obras distintas que desenvolvem a execução dos pavimentos (rígido e flexível), para assim ser possível visualizar a complexidade destas estruturas na prática, com o auxílio das regulamentações do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) um órgão que dita as normas a se seguir quando se tem intenção de construir ou reparar qualquer obra de infraestrutura de transportes. Foram notadas várias técnicas aplicadas na construção destas estruturas, visando um melhor resultado, afinal, tais obras terão que desempenhar a mesma função, que é de proporcionar conforto e segurança a seus usuários.

Na fase inicial dos processos construtivos, onde são executadas as camadas de reforço dos pavimentos (reforço do subleito, sub-base e base) nota-se uma grande semelhança em ambos na questão de materiais aplicados, onde ambas as camadas desempenham função parecidas, e que as mesmas devem fazer utilização de materiais granulares, e de espessuras idênticas segundo norma. Porém o pavimento flexível necessita de uma preparação mais complexa pelo fato da camada de revestimento trabalhar de forma mais vigorosa o regime elástico, ou seja, aceita maiores deformações, o que irá refletir sobre as camadas inferiores de reforço, por isto o subleito sofre com as cargas aplicadas pelo tráfego e precisa de uma maior preparação de reforço para auxiliar na resistência de tais cargas cisalhantes que serão aplicadas pelo tráfego. Diferente do pavimento rígido, em que a camada de revestimento trabalha como uma laje armada, absorvendo parte do impacto causado pelo tráfego de veículos e não necessita das camadas de reforço desempenhar este papel, e não será necessária uma preparação tão complexa das camadas de reforço.

Após a etapa das camadas de reforço, nota-se que cada pavimento parte para um conceito, onde o flexível continua com aplicações mais complexas para a preparação da superfície da base, que a partir desta etapa mudará completamente os materiais utilizados, e antes de receber a camada final, se tem a necessidade de implantação de duas fases, a imprimação, para garantir coesão da base que receberá o revestimento para impermeabilizar e garantir alguma condição de aderência, que é essencial para a homogeneização de toda estrutura, e a pintura de ligação, para fortalecer ainda mais o conceito de fixação da camada granular com o revestimento. O pavimento rígido se difere pelo fato da camada de revestimento não necessariamente ligar com a base granular, e não passar pelo processo ligação, onde a impermeabilização foi feita somente com uma manta geotêxtil, para não haver contato direto com o concreto com o agregado.

O último processo é a execução da camada de rolamento, ou seja, a parte da estrutura que terá contato direto com o tráfego de veículos, onde os pavimentos se diferenciam de uma forma mais notável, e os conceitos se contradizem com os passos anteriores, e o pavimento flexível que antes desempenhava de camadas complexas e reforçadas, agora passa a ter uma estrutura mais simples, onde se faz uma camada de material betuminoso originado de petróleo misturado com agregado, que são lançados a temperatura determinada e compactados. O pavimento rígido por sua vez conta com uma estrutura complexa nesta etapa, porém com um desempenho muito além do CBUQ, que funciona como uma laje armada com barras de aço, que necessita de uma mão de obra por sua vez mais especializada, que conta com fases de armação da malha de aço, lançamento do concreto, nivelamento e ranhuras para dar acabamento e facilitar o atrito e o escoamento da água.

#### 4- CONCLUSÃO

A principal finalidade deste trabalho foi concretizar uma análise comparativa entre as modalidades de pavimentação flexível e pavimentação rígida e mostrar as principais vantagens técnicas de cada um. Porém este estudo não tem qualquer intuito de propor a substituição do pavimento flexível pelo pavimento rígido e sim de apresentar uma excelente opção de pavimentação e de ampliar o uso do concreto como pavimento rodoviário, pois foi concluído que o pavimento rígido se destaca.

Os critérios abordados no âmbito técnico dão ao pavimento rígido maior vantagem sobre o pavimento flexível, por apresentar características que ajudem a melhorar a condição das vias, a segurança e o conforto dos usuários e que ajudem a reduzir os riscos de acidentes.

As vantagens do pavimento rígido em questão de desempenho como sua vida útil maior que a do pavimento flexível; suas características que o capacitam a manter a superfície de rolamento em ótimas condições, sem a necessidade de manutenção por longos períodos, pelo fato de ser mais resistente e resistir o atrito causado pelo tráfego; sua resistência a ataques químicos como óleos, graxas e combustíveis; o aumento da segurança na circulação dos veículos por não sofrer deformação, não promover aquaplanagem pela maior facilidade e preparação para água da chuva escoar, não formar trilha de rodas, melhor reflexão de luz resultando em uma maior distância de visibilidade horizontal, principalmente à noite, se destacaram em relação ao pavimento flexível.

## 5- REFERÊNCIAS

- ABNT, NBR. 12821. **Preparação de concreto em laboratório-Procedimento**. Rio de Janeiro, 2009.
- AGETOP – AGENCIA GOIANA DE TRANSPORTES E OBRAS PUBLICAS: Manual de Pavimentação urbana. Março de 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: **Concreto-Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. 2003.
- BALBO, José T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo.
- BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação para engenheiros**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Petrobrás ABEDA, 2008. 504p
- CARVALHO, M. D. (2007) "**Pavimento de Concreto: reduzindo o custo social**", Outubro.
- DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Pavimentação: sub-base estabilizada granulometricamente**. Rio de Janeiro, 1997. 7p.
- DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE: **Geocompostos para drenagem e geotêxteis não tecido aplicáveis a dispositivos de drenagem da rodovia – Especificação de material**. Rio de Janeiro, 2012.
- DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE: **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006.
- DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE: **terraplanagem-aterro-especificação de serviço**. Espírito Santo, 2009.
- DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 061/2004-TER: **pavimento rígido - defeitos: terminologia**. Rio de Janeiro: IPR, 2004.
- GONÇALVES, F.P. O Desempenho dos Pavimentos Flexíveis. Novembro de 1999.
- GUIMARÃES NET O, Guilherme Loreto. **Estudo Comparativo entre a Pavimentação Flexível e Rígida**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade da Amazônia, Belém, 2011.
- NBR, ABNT. 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado–Especificação. Rio de Janeiro, 2007.
- OLIVEIRA, A.G.B. **Estudos preliminares de mistura asfáltica do tipo CBUQ estocável pra uso em pavimentação no estado de Goiás**. Goiânia, 2017.
- RIBAS, Leandro Carlos. **Custo-Benefício na Execução de Pavimentos Rígidos**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2017.
- RODRIGUES, J. L. A. **Conceção de pavimentos rígidos**. Portugal: Porto, 2011. 12p.

ROSSI, A. C. **Etapas de uma obra de pavimentação e dimensionamento de pavimento para uma via na ilha do fundão**. Rio de Janeiro.2017.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. Vol. 2, 1ed., São Paulo: Pini, 2001. 688 p.

SENÇO, W. **Manual técnico de pavimentação**: volume 1. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2007.

SILVA FILHO, Augusto Lins e. **Estudo Comparativo de Viabilidade Técnica e Econômica Entre Pavimentos Rígido e Flexível Aplicados a Rodovia BR-408/PE**. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade do Vale do Ipojuca - FAVIP, Caruaru, 2011.

MEAN, Angélica. **Pavimentação asfáltica**; Itatiba,SP. Universidade São Francisco, 2011.

TÉCNICAS, ASSOCIAÇÃO BRASIELIRA DE NORMAS. NBR 12655: **Concreto de cimento Portland–Preparo, controle, recebimento e aceitação- Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.

VASATA, Ana Claudia Dal Pra. Silva JUNIOR, Ildevando. **Análise comparativa entre sistemas de pavimentação rígida e flexível quanto a sua viabilidade técnica e econômica para aplicação em uma via urbana**. Pato Branco. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. 2013.

## APÊNDICE A

<b>1</b>	<b>Execução do reforço do subleito conforme a norma DNIT de 2009, revisão da norma DNER – ES 300/97</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
1.1	Não execução de serviços em dias de chuva.	X	
1.2	Utilização de equipamentos (moto niveladora e rolo compactador pé-de-carneiro) indicados na norma para regularização da camada.	X	
1.3	Umidificar o subleito para melhor fixação da camada.	X	
1.4	Execução do espalhamento dos materiais e compactação da camada.	X	
1.5	Respeito a espessura indicada na norma de 10 cm a 20 cm após a compactação.	X	
<b>2</b>	<b>Execução da sub-base conforme a norma DNIT de 2009, revisão da norma DNER – ES 301/97</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
2.1	Não execução de serviços em dias de chuva.	X	
2.2	Utilização de equipamentos (moto niveladora, rolo compactador pé-de-carneiro e de pneus) indicados na norma para regularização da camada.	X	
2.3	Espalhamento e compactação dos materiais que permitam após a compactação, atingir a espessura desejada.	X	
2.4	Remoção de materiais estranhos ou fragmentos de tamanho excessivo na fase de espalhamento.	X	
2.5	Compactação da camada com rolo compressor tipo pé-de-carneiro.	X	
2.6	Respeito a espessura normatizada da camada de 10 cm a 20 cm após a compactação.	X	
2.7	Acabamento com rolo de pneus e moto niveladora para correção de depressões.	X	
<b>3</b>	<b>Execução da base conforme a norma DNIT de 2009, revisão da norma DNER – ES 303/97</b>	<b>SIM</b>	<b>NAO</b>
3.1	Não execução de serviços em dias de chuva.	X	
3.2	Espalhamento do material com utilização da moto niveladora.	X	
3.3	Remoção de materiais estanhos ou fragmentos de tamanho excessivo durante o espalhamento.	X	
3.4	Respeito à espessura normatizada da camada de 10 cm a 20 cm após a compactação.	X	
3.5	Compactação da camada com rolo compressor tipo pé-de-carneiro.	X	
3.6	Acabamento com rolo de pneus e moto niveladora para correção de depressões.	X	
<b>4</b>	<b>Execução da imprimação conforme norma DNIT de 2009, revisão da norma DNER – ES 306/97</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
4.1	Varredura da superfície para eliminar qualquer material solto.	X	

4.2	Leve umedecimento na pista.	X	
4.3	Distribuição do ligante com temperatura ambiente acima de 10 graus célsius e ausência de chuva.	X	
4.4	Distribuição do ligante de imprimação em toda a pista em um só turno de serviço.	X	
<b>5</b>	<b>Execução da pintura de ligação conforme a norma DNIT 2009, revisão da norma DNER – ES 307/97.</b>	SIM	NÃO
5.1	Utilização de materiais de RR-1C OU RR-2C para a pintura de ligação.	X	
5.2	Varredura da superfície para retirada de qualquer material solto.	X	
5.3	Aplicação do ligante conforme a temperatura compatível ao seu tipo.	X	
5.4	Aplicação em toda pista em um mesmo turno de serviço.	X	
<b>6</b>	<b>Execução do revestimento conforme a norma DNIT 031/2004, revisão da norma DNER – ES 313/97.</b>	SIM	NÃO
6.1	Temperatura do ligante entre 107 °C e 177 °C.	X	
6.2	Agregados aquecidos a 10 °C e 15 °C acima da temperatura do ligante		X
6.3	Aplicação do concreto asfáltico	X	
6.4	Compactação da camada com rolo compactador tipo rolo de pneus	X	
6.5	Compactação em somente uma direção	X	

## APÊNDICE B

<b>1</b>	<b>Execução do reforço do subleito conforme a norma DNER-ES 299, se necessário como indicado na norma DNER – ES 300.</b>	<b>Sim</b>	<b>NÃO</b>
1.1	Não execução de serviços em dias de chuva.	<b>X</b>	
1.2	Utilização de equipamentos (moto niveladora e rolo compactador pé-de-carneiro) indicados na norma para regularização da camada.	<b>X</b>	
1.3	Umidificar o subleito para melhor fixação da camada.	<b>X</b>	
1.4	Execução do espalhamento dos materiais e compactação da camada.	<b>X</b>	
1.5	Respeito a espessura indicada na norma de 10 cm a 20 cm após a compactação.	<b>X</b>	
<b>2</b>	<b>Execução da sub-base conforme a norma DNIT 048/2004-ES</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
2.1	Não execução de serviços em dias de chuva.	<b>X</b>	
2.2	Utilização de equipamentos (moto niveladora, rolo compactador pé-de-carneiro e de pneus) indicados na norma para regularização da camada.	<b>X</b>	
2.3	Espalhamento e compactação dos materiais que permitam após a compactação, atingir a espessura desejada.	<b>X</b>	
2.4	Remoção de materiais estranhos ou fragmentos de tamanho excessivo na fase de espalhamento.	<b>X</b>	
2.5	Compactação da camada com rolo compressor tipo pé-de-carneiro.	<b>X</b>	
2.6	Respeito a espessura normatizada da camada de 10 cm a 20 cm após a compactação.	<b>X</b>	
2.7	Acabamento com rolo pneumático e moto niveladora para correção de depressões.	<b>X</b>	
<b>3</b>	<b>Execução da base conforme a norma DNIT 048/2004-ES</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
3.1	Não execução de serviços em dias de chuva.		<b>X</b>
3.2	Utilização de equipamentos (moto niveladora, rolo compactador pé-de-carneiro e de pneus) indicados na norma para regularização da camada.		<b>X</b>
3.3	Utilização de brita graduada simples (BGS)		<b>X</b>
3.4	Espalhamento e compactação dos materiais que permitam após a compactação, atingir a espessura desejada.		<b>X</b>
3.5	Remoção de materiais estranhos ou fragmentos de tamanho excessivo na fase de espalhamento.		<b>X</b>

3.6	Compactação da camada com rolo compressor tipo pé-de-carneiro.		<b>X</b>
3.7	Respeito a espessura normatizada da camada de 10 cm a 20 cm após a compactação.		<b>X</b>
3.8	Acabamento com rolo pneumático e moto niveladora para correção de depressões.		<b>X</b>
<b>4</b>	<b>O aço para as barras de ligação e transferência deve obedecer a norma NBR 7480:2007.</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
4.1	Barras de transferência de aço CA-25.	<b>X</b>	
4.2	Barras de ligação aço CA-50 ou CA-25 desde que previsto no projeto.	<b>X</b>	
4.3	Introdução das armaduras de aço no pavimento.	<b>X</b>	
<b>5</b>	<b>A execução do concreto determinado para pavimentos rígidos deve estar conforme a norma NBR 12655:2006 e NBR 12821:2009.</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
5.1	O recebimento e aceitação do cimento Portland dos agregados e dos aditivos deve seguir as normas DNIT 050/2004-EM, NBR 11768:2011.	<b>X</b>	
5.2	Tipos de cimento Portland considerado CP-1 (Portland comum – NBR 5732:1991)	<b>X</b>	
5.3	Água destinada ao amassamento do concreto deve atender a norma DNER-EM 034/97	<b>X</b>	
5.4	Aditivos empregados atender a norma NBR 11768:2011	<b>X</b>	
5.5	Lançamento do concreto no trecho, utilizando a vibro acabadora.		<b>X</b>
5.6	Acabamento do pavimento, onde ele é nivelado e posteriormente feito ranhuras sobre o pavimento.	<b>X</b>	