

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
DISCIPLINA ESTÁGIO SUPERVISIONADO
SEMESTRE LETIVO 2022/2

**ESTÁGIO SUPERVISIONADO EM CONTROLE TECNOLÓGICO DE
PAVIMENTOS FLEXÍVEIS EM LABORATÓRIO E CAMPO**

FELIPE LOPES RODRIGUES

Relatório Técnico elaborado como parte dos requisitos da disciplina Estágio Supervisionado para a integralização dos créditos do curso de Engenharia Civil.

Professora Orientadora: Daniela Muniz D'Antona
Guimarães

Supervisor: Anne Karollyne Castro Monteiro
Empresa: Ardo Construtora e Pavimentação LTDA

MANAUS,

JUNHO - 2023

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	3
2.1. LOCALIZAÇÃO.....	3
3. DESENVOLVIMENTO.....	4
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO EM LABORATÓRIO.....	4
3.1.1. Caracterização do solo – limites de consistência.....	4
3.1.2. Ensaio de Compactação	7
3.2. ATIVIDADES REALIZADAS NO LABORATÓRIO DA USINA ASFÁLTICA ..	8
3.3. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE MASSA ASFÁLTICA.	9
3.4. ACOMPANHAMENTO DE APLICAÇÃO DO CONCRETO ASFÁLTICO COM SEUS RESPECTIVOS CONTROLES TECNOLÓGICOS.....	10
4. CONCLUSÃO.....	17
6. REFERÊNCIAS	18

1. INTRODUÇÃO

O estágio supervisionado tem como objetivo oferecer aos estudantes em formação, uma oportunidade prática para desenvolver habilidades agregadas em âmbito acadêmico. É um período de grande relevância na formação de futuros engenheiros, pois, representa o primeiro contato desses indivíduos com o ambiente da engenharia fora das instalações acadêmicas, permitindo-lhes aplicar os conhecimentos adquiridos durante o curso em cargos profissionais desempenhados na empresa.

A disciplina FTC223 - Estágio Supervisionado é um componente curricular obrigatório do programa de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), com uma carga horária de 180 horas a serem completadas em uma instituição credenciada no banco de dados da instituição, que possua um cronograma de atividades compatível com os objetivos do curso. Tal disciplina é de suma importância para a formação do futuro profissional, preparando-o para o mercado de trabalho e proporcionando a oportunidade de expandir seus conhecimentos adquiridos na universidade e estabelecer novos laços com outros profissionais da área.

O presente relatório tem como propósito apresentar as atividades realizadas pelo estudante durante seu estágio na empresa ARDO CONSTRUTORA E PAVIMENTAÇÃO LTDA, sob a supervisão da Engenheira Civil Anne Karollyne Castro Monteiro, que ocupa o cargo Gestora do Controle tecnológico, com a orientação da Professora Dra. Daniela Muniz D'Antona Guimarães.

2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A ARDO construtora e pavimentação foi fundada em 2008 pelos CEO's Alexandre Andrade Evangelista e José Otemar Barroso do Nascimento, egressos do curso de Engenharia Civil da UFAM, com o foco inicial na construção de pavimentos flexíveis. Hoje em 2023, com sua expansão as suas áreas atuantes são: construção civil, obras viárias, sinalização viária e construção de pavimentos rígidos e flexíveis.

A empresa se destaca no mercado nacional pela sua capacidade de produção de massa asfáltica de 240 toneladas por hora, aliado à alta qualidade de suas misturas. A ARDO investe em tecnologias com intuito de liderar o mercado com qualidade e inovações, garantindo que seu produto final tenha sempre um alto nível de excelência, sendo a única empresa da região com controle tecnológico antes e após a aplicação dos pavimentos.

2.1. LOCALIZAÇÃO

As atividades iniciais foram desenvolvidas nas dependências da usina de massa asfáltica localizada na Avenida Torquato Tapajós nº 5 Gleba 03, Manaus (AM) como mostrado na FIGURA 01.

Figura 01: Localização da Usina de de Massa asfáltica ARDO.



Fontes: Maps (2023).

As demais atividades, passam a ser executada em vias que estavam em processo de pavimentação, tendo como exemplo a rua Humberto de campos, Bairro São Jorge e a rua Maroaga Bairro Parque 10 de Novembro.

3. DESENVOLVIMENTO

As atividades desenvolvidas ao longo do estágio supervisionado que serão descritas a seguir, envolveram as seguintes etapas: a) acompanhamento de aplicação de revestimento asfálticos em obra de pavimentação; b) controle tecnológico de obras viárias em laboratório, realizando análises dos limites de consistências (limite de liquidez e limite de plasticidade) e compactação; c) controle tecnológico em campo, contemplando ensaios de macrotextura, microtextura e análise de regularidade; e d) acompanhamento de produção de massa asfáltica em usina.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO EM LABORATÓRIO

A atividade de caracterização foi executada junto ao corpo de laboratoristas da empresa, tendo as devidas orientações quanto execução e tratamento dos resultados. Dado a política da empresa de proteção de dados, alguns gráficos e tratamento de resultados serão descritos.

3.1.1. Caracterização do solo – limites de consistência

Atterberg denominou de limites de consistência aos teores de umidade, nos quais ocorrem as transições entre os diferentes estados do solo. Dos limites definidos por Atterberg com diversas finalidades, interessam aos estudos geotécnicos o limite de liquidez (LL), o limite de plasticidade (LP) e o limite de contração (LC) (CAPUTO 1996).

O solo quando misturado com água tem características únicas, que variam de solo para solo. O estudo de seus limites de consistência avalia exatamente isso, as propriedades mecânicas que o solo adquire no ganho ou perda de água.

- **Métodos utilizados**

Realizou-se os ensaios de limite de liquidez seguindo a norma (DNER-ME122/94 - Determinação do Limite de liquidez e NBR- 6459).

Posteriormente, o ensaio de limite de plasticidade de acordo com as normas (DNER-ME82/94 - Determinação do limite de plasticidade e NBR-7180).

Calculou-se o Índice de consistência (IC) da amostra estudada.

Por fim, executou-se o ensaio de compactação (proctor) regido pela NBR 7182/2016.

- **Limite de Liquidez**

Pegou-se certa quantidade de solo e passou-se na peneira de nº 40 até que se obtivesse cerca de 200 gramas. Em seguida, misturou-se a massa de solo com a espátula até que se adquirisse uma pasta homogênea. Acrescentou-se um volume (pasta já misturada e com a consistência ideal) equivalente a um terço do volume do Casagrande (já com suas respectivas calibrações). Após os procedimentos descritos passou-se o cinzel e iniciou-se as batidas de acordo com a norma NBR-6459.

Repetiu-se os passos descritos anteriormente modificando apenas o teor de umidade do solo, ou seja, adicionando ou retirando água da amostra já homogeneizada. Na figura 02, o procedimento descrito está sendo explicado aos colaboradores do laboratório.

Figura 02: Demonstração de ensaio aos colaboradores.



Fonte: Autor (2023).

Cada amostra no seu respectivo intervalo foi colocada em um recipiente e posta na estufa por 24 horas, em seguida calculou-se o teor de umidade e foram plotados os pontos que geraram o gráfico (reta), que descreveria a relação do número de golpes pelo teor de umidade (H), como mostrado na fórmula abaixo:

$$w = \left(\frac{Ph - Ps}{Ps} \right) \times 100 \quad (1)$$

Sendo:

W - Teor de umidade;

Ph - Peso do solo úmido;

Ps - Peso do solo seco

Após a realização dos pontos, encontrou-se uma melhor reta que descreveria as características mecânicas do solo. Como o LL experimentalmente corresponde-se ao teor de umidade com que o solo se fecha a determinada ranhura sob o impacto de 25 golpes, bastou-se olhar a reta e a porcentagem correspondente ao teor de umidade para aquele solo. Na primeira amostra de solo feita, a porcentagem do teor de umidade foi igual a 60%.

▪ **Limite de plasticidade:**

Para encontrar o valor referente ao LP, usa-se cerca de 50 g de solo passado na peneira de nº40. Em seguida, mistura-se até formar uma pasta homogênea, com uma consistência que dê para formar uma pequena esfera de argila.

Após atingir a consistência ideal, modela-se a pequena esfera formando uma massa elipsoidal com diâmetro de 3mm. Esse passo deve ser repetido até que se retire toda umidade do solo, ou seja, até a massa comece a fissurar.

Com o solo fragmentado, deve-se fazer três cortes na massa e levá-la imediatamente à estufa, para assim, se obter o teor de umidade (H). Em seguida, faz-se a média desses valores. Assim, obtém-se o menor valor da transição da umidade do estado plástico para o semissólido.

Os teores de umidades encontrados foram: H1=16%, H2= 17%, H3= 15%, dando em média um valor de H= 16%. Indicando que esse solo analisado se comporta de forma plástica.

Por fim, com o LL e o LP pode-se calcular o índice de plasticidade (IP), que é a diferença entre o LL e o LP, dando a quantidade máxima de água que pode lhe ser adicionada a partir de seu limite de plasticidade, de modo que o solo mantenha suas características plásticas (resistente), como mostrado abaixo:

$$IP = (60 - 16)\% \rightarrow IP = 44\%$$

3.1.2. Ensaio de Compactação

O ensaio de compactação é realizado através de aplicação de energia (impacto ou vibração) e sua consequência é a diminuição no índice de vazios, na permeabilidade e na compressibilidade do solo, pode-se dizer que a compactação é um método de estabilização de solos, onde há um aumento de peso específico e resistência ao cisalhamento. Tendo por objetivo determinar a relação entre teor de umidade e a massa específica aparente seca dos solos ao ser compactado.

▪ Procedimentos

Inicialmente presumiu-se uma umidade ótima para o solo (tendo como base o tipo de solo que será usado) DAS (2023). Para o experimento feito, o solo utilizado era do tipo argiloso com uma umidade presumida de 28%.

Em seguida, foi feito cinco corpos de prova, sendo dois realizados abaixo da umidade ótima presumida (sendo o primeiro com aproximadamente 5% abaixo da presumida e o segundo 2% superior a primeira) e dois realizados com umidade acima da presumida, essa variação é de 2% por corpo de prova.

Assim, determinou-se a umidade higroscópica da amostra (através do ensaio de fogareiro) a fim de obter a massa de água presente no solo, para que se tenha o desconto da umidade pré-estabelecida.

Após obter os valores de umidade que devem ser acrescentados ao solo, a água foi adicionada gradativamente e o solo revolto continuamente até que fique uniforme. Ao término desse processo foi iniciado a compactação, sendo levado em consideração o soquete grande, 21 golpes em 3 camadas na energia Intermediária.

OBS: Lembrando que as alturas entre as camadas são aproximadamente iguais e que os golpes foram distribuídos uniformemente.

O corpo de prova foi removido com o uso do extrator (Figura 3) e foi pesado imediatamente após a compactação, obtendo assim a massa úmida do solo compactado (M_u) em seguida, retirou-se uma amostra para a determinação da umidade (w).

Figura 03: Extração de amostra de solo compactada.



Fonte: Autor (2023).

Cada corpo de prova é um ponto na curva de compactação, dois ficaram no ramo seco, um próximo a umidade ótima e dois no ramo úmido da curva de compactação. Para a determinação do peso específico aparente seco utilizou-se a expressão:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w} \quad (2)$$

Sendo:

γ_d – Peso específico aparente seco

e γ é o peso específico natural, dado por:

$$\gamma = \frac{M_u}{V_{cilindro}} \quad (3)$$

Com os dados é possível obter a curva granulométrica. Como o objetivo é extrair da curva de compactação a umidade ótima ($W_{ótimo}$) e a peso específico aparente seca ($\gamma_{máx}$). Utiliza-se da teoria da derivada para calcular o momento em que a reta tangente é igual a zero, ou seja, no ponto máximo da parábola. Para o ensaio feito, a $W_{ot} = 26,4\%$.

3.2. ATIVIDADES REALIZADAS NO LABORATÓRIO DA USINA ASFÁLTICA

Os procedimentos laboratoriais são parte fundamental para garantir a qualidade da massa asfáltica, com isso, torna-se necessário que os laboratoristas saibam cada processo de

execução dos ensaios de mecânica dos solos e pavimentação de forma ágil e de acordo com as normas de cada ensaio.

Diante disso, foi solicitado pela Engenheira Anne Karollyne, que fosse feita uma análise no livro de procedimentos com suas eventuais atualizações, para que o mesmo possa ser executado pelos laboratoristas da usina, Figura 4.

Figura 04: Livro de procedimentos laboratoriais.



Fonte: Autor (2023).

Atualização dos procedimentos laboratoriais levou em consideração as normas vigentes de cada procedimento, sendo utilizado como base as normas da ABNT e DNIT. Para dinamizar e facilitar a execução dos ensaios laboratoriais dos colaboradores, criando uma sistemática eficiente.

Os procedimentos atualizados com suas respectivas normas foram:

- Ensaio de Compactação – NBR 7182/16.
- Ensaio de umidade (Speed test) – DNER 052/94.
- Densidade in situ – DNER 092/94.
- Análise Granulométrica – NBR6457/16, ABNT 7181/16.
- Limite de Liquidez – ABNT 6459/17, ABNT 6457/16.
- Limite de Plasticidade – ABNT 6459/17, DNER 082/94.

3.3. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE MASSA ASFÁLTICA.

Foi realizado acompanhamento junto ao Responsável pela usina, o Sr. Fábio Silva (Figura 5), apresentou cada material e processo até a sua colocação dentro das caçambas para sua destinação final em campo.

Figura 05: Usina de massa asfáltica.



Fonte: Autor (2023).

Para se fazer uma massa asfáltica de qualidade, é necessário que seja seguida as recomendações feita pelo Departamento Nacional de Infraestrutura Transporte (DNIT), assim, é necessário que os agregados escolhidos e o ligante estejam trabalhando de forma conjunta com temperatura e proporção ideal para cada tipo de obra de acordo com a norma. O Sr. Fábio Silva explicou sobre cada etapa de produção da massa asfáltica, com a devida importância no processo. A seguir as etapas de produção:

- Todo dia antes da produção, é retirada cerca de 3 a 4 amostras dos agregados em pontos distintos para calcular a umidade. Tal prática implica em saber o quanto de água tem presente nos agregados que serão usados para produção, a fim de evitar que ocorra choque térmico na produção junto a desproporção entre os mesmos.
- A importância do controle de temperatura do cimento asfáltico de petróleo (CAP) por conta da sua viscosidade.
- Importância do controle de temperatura dos agregados para que o mesmo agregue ao CAP fazendo uma mistura homogênea.
- Cuidado com a presença de materiais orgânicos na mistura, podendo ser retirado na esteira pelo colaborador.
- A massa asfáltica após seu processo de usinagem sai com uma temperatura de aproximadamente de 150°C à 170 °C, podendo ser aplicado em campo com temperatura de até 120 °C para se fazer a compactação.

3.4. ACOMPANHAMENTO DE APLICAÇÃO DO CONCRETO ASFÁLTICO COM SEUS RESPECTIVOS CONTROLES TECNOLÓGICOS.

Foi feito o acompanhado a preparação do solo e aplicação de pavimentos asfálticos em duas ruas da cidade de manaus nos bairros Parque 10 e São Jorge, a fim de integrar os

conhecimentos adquiridos dentro da universidade com as instruções passadas pelo corpo de auxiliares do controle tecnológico da Ardo.

As atividades consistiram na preparação do pavimento, aplicação da massa asfáltica, compactação e seus respectivos controles tecnológicos. A seguir, os procedimentos executados:

- **Aplicação da pintura de ligação na superfície fresada.**

Para que a camada do pavimento agregue a camada da base já pavimentada, foi feito o serviço de fresagem que de acordo com SANTOS (2013) consiste na operação em que o pavimento é levado por corte em uma ou mais camadas por meio da fresadora rotativa. A Figura 6 mostra o pavimento asfáltico que sofreu o serviço de fresagem.

Figura 06: Pavimento Fresado, Fresadeira.



Fonte: Autor (2023).

Em seguida executou-se a pintura de ligação que consiste na aplicação do ligante asfáltico em determinada temperatura. Para sua aplicação é necessário que seja feita uma limpeza prévia, e sua aplicação deve ser feita depois que a via esteja totalmente sem tráfego. De acordo com o auxiliar de engenharia Wellington Nobre, a aplicação da massa asfáltica só é feita após a mudança de coloração do ligante de ligação que passa da cor marron para o preto, essa mudança se dá por conta da evaporação da água presente no ligante e, por conseguinte, tornando-o mais viscoso.

Figura 07: Pavimento com pintura de ligação.



Fonte: Autor (2023).

- **Aplicação da massa asfáltica.**

A massa asfáltica foi aplicada imediatamente após a confirmação da cura da pintura de ligação. Foi utilizada a caçamba para adicionar a massa asfáltica na máquina vibroacabadora como mostrado na Figura 8. Vale ressaltar que a altura final do pavimento é pré-definida de projeto para projeto e essa altura é acompanhada pelo operador da vibroacabadora.

Figura 08: Acabadora.



Fonte: Autor (2023).

- **Compactação.**

O serviço de compactação é um dos pontos chave para que a vida útil do pavimento seja longa, tendo em vista que um pavimento bem compactado tem uma elevada densidade,

podendo, por conseguinte, resistir a grandes cargas e as intempéries.

Vale lembrar que o serviço de compactação foi feito com uso dos rolos compactadores de chapa e pneumático (Figura 09) a uma temperatura superior ou no máximo igual a 120 °C pois a essa temperatura a massa asfáltica ainda pode ser moldável, tais recomendações foram feitas pelo Responsável da usina Fábio Silva.

Figura 09: Compactação do pavimento pelos compactadores de chapa e pneumáticos.



Fonte: Autor (2023).

- **Densidade in situ com a utilização do densímetro não nuclear.**

Para saber se os serviços executados estão de acordo com os parâmetros físicos e normativos, é utilizado o densímetro não nuclear onde o mesmo é pré configurado com os dados obtidos em laboratório como: densidade do agregado, massa específica da mistura e do ligante.

Sua aplicação é feita em dois momentos da pavimentação. A primeira é no acompanhamento da aplicação da massa asfáltica onde, é verificado a temperatura de aplicação; o segundo é após a compactação (Figura 10), onde é verificado o Grau de compactação (GC) do pavimento, admitindo-se um valor $\geq 97\%$.

A utilização do densímetro não nuclear é de grande utilidade para o controle tecnológico, tendo em vista que o método tradicional envolve a perfuração do pavimento e a adição de um certo volume de areia com características físicas já conhecida. Com isso, seu uso dá um ganho de tempo para os operadores e maior confiabilidade nos resultados obtidos, tendo em vista que o método tradicional é cansativo e depende da experiência e habilidade de quem o faz (JIA 2019).

Figura 10: Utilização do densímetro não nuclear.



Fonte: Autor (2023).

▪ **Ensaio de macrotextura pelo método da mancha de areia.**

O ensaio de mancha de areia ou *Sand Path* é um método padronizado pela ASTM E965-01 e NBR 16504 (ABNT, 2016), para medir a textura de superfícies de pavimentos foi preenchido com um volume conhecido de $25000\text{mm}^3 \pm 150\text{mm}^3$ de areia natural limpa e seca, com característico uniforme, passante na peneira de abertura 0,3mm e fica retida na peneira de abertura 0,15mm.

Para realização do ensaio, limpou-se a superfície com uma escova, em seguida distribui-se a areia sobre a superfície seca e compactada com um disco circular (64mm de diâmetro) com base revestida de borracha (1,5mm de espessura), então, realizou-se movimentos circulares uniformes preenchendo os vazios da superfície (Figura 11), obtendo-se assim uma área final circular. Concluído o processo, o diâmetro do círculo da mancha foi medido em quatro direções distintas, e tirou-se a média dos seus valores, obtendo-se o diâmetro médio (D_m) do círculo formado (NBR 16504, 2016). A altura média da mancha, *Hauter au Sable* HS é obtida através da equação 1, e classificada de acordo com os parâmetros limitantes sugeridos pelo DNIT (2006).

$$HS = \frac{4 \cdot V}{D_m^2 \cdot \pi} \quad (4)$$

Sendo:

HS: Altura da mancha de areia (mm);

V: Volume de areia (mm^3);

D_m : Diâmetro médio da mancha (mm).

Figura 11: Análise da macrotextura pela mancha de areia.



Fonte: Autor (2023).

- **Ensaio de microtextura pelo método do pêndulo Britânico.**

Para análise da microtextura utilizou-se o pêndulo britânico, equipamento portátil, padronizado pela ASTM E 303-22. É um método indireto para medir o coeficiente de atrito de pavimentos que consiste em um pêndulo lançado em queda livre (Figura 12) sobre o pavimento previamente molhado, medindo a perda de energia por atrito entre a sapata de borracha do pêndulo e a superfície do pavimento. Seu resultado pode ser expresso em BPN (*British Number Pendulum*), SRT (*Skid Resistent Test*) ou VRD (Valor de Resistência a derrapagem).

Encontrado o valor de VRD, é possível classificar a superfície do pavimento quanto a microtextura de acordo as limitações sugeridas pelo manual de restauração do DNIT (2006).

Figura 12: Análise da microtextura pelo pêndulo Britânico.



Fonte: Autor (2023).

- **Análise de regularidade pelo (IRI).**

O *International Roughness Index* (IRI) é feito para determinar a Irregularidade longitudinal de pavimentos com o uso do equipamento Merlin. É feito previamente uma calibração do próprio equipamento e aferindo a regularidade da via a cada 2 metros em no mínimo 200 pontos.

Esse ensaio mostra se a via em questão tem uma regularidade boa, regular, mau ou péssima. Sendo um balizador da qualidade de execução do pavimento aplicado. O pavimento estudado na Figura 13, teve um IRI caracterizado como “Regular” mostrando que a via em apresenta uma condição boa para o condutor

Figura 13: Análise de regularização.



Fonte: Autor (2023).

Todo os processos explicados acima, são pontos que quando feitos da melhor forma fazem com que o pavimento empregado tenha uma boa resistência, vida útil elevada e boa usabilidade aos condutores.

Pode-se resumir da seguinte forma: A fresagem garante a aderência da pintura de ligação e a massa asfáltica que será aplicada; a aplicação da massa asfáltica deve ser aplicada de acordo com os dados de espessura de projetos e temperatura ideal para que seja feita as devidas compactações; Após compactado é feito os ensaios de macrotextura e microtextura para garantir que o pavimento tenha boa drenabilidade com alta resistência a frenagem; Por fim, é feito o ensaio de regularização para garantir as condições físicas da via.

4. CONCLUSÃO

A prática do estágio supervisionado fez enorme diferença no aprendizado do discente, uma vez que o mesmo foi desafiado a colocar em prática os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de graduação. Saber diferenciar o que está sendo executado de acordo com os requisitos básicos, ter conhecimentos técnicos de normas e referências são condições exigidas dentro de qualquer atividade que foi desenvolvida.

As atividades atribuídas foram focadas principalmente na parte geotécnica e pavimentação, desde caracterização do solo, até a aplicação do pavimento flexível. Durante o período de vigência do estágio, foi observado a importância de algumas atividades que foram aprendidas em sala de aula; atividades essas, que muitas das vezes são simples, porém, nem sempre executadas, podendo gerar danos a curto e longo prazo em obras de construções civis. Um exemplo é a verificação do limite de liquidez (LL), que é relevante para indicar comportamento de um solo, sabendo que o LL visa mostrar a dificuldade ou facilidade de mudança de estados físicos, nesse caso do estado sólido para o semilíquido, explicando assim a dificuldade que alguns lugares têm de ter uma rodovia bem pavimentada, pois, aquele solo pode ter um LL alto, ou seja, muda de estado com muita facilidade, dificultando assim, a adesão do concreto asfáltico.

Por fim, foi explicado e executado com o devido acompanhamento cada processo da produção, aplicação e controle tecnológico do asfalto produzido pela empresa, dando ênfase sempre na qualidade do produto e processo.

6. REFERÊNCIAS

CAPUTO, Homero Pinto, *Mecânica dos solos e suas aplicações*, 6ª Edição, Rio de Janeiro, Livros técnicos e científicos (TLC) editora SA, 1996.

DAS, Braja M, *Fundamentos de engenharia geotécnica*, 8ª Edição, São Paulo, Cengage Learning, 2017.

JIA, Jie; WAN, Yipin. *Evaluation of compaction uniformity of the paving layer based on transverse and longitudinal measurements*. 2019.

PINTO, Carlos de Souza, *Curso Básico de Mecânica dos solos*, 3ª edição, São Paulo, Oficina de textos, 2006.

SANTOS, Paulo Jorge de Oliveira. *Tecnologia CAM Aplicada no Fabrico por Fresagem de Componentes Mecânicos*. Tese de mestrado. Coimbra 2013.

.