

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
ÁREA DE GEOTECNIA**

**“PAVIMENTO ECOLÓGICO: UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA  
APLICADA NO CONDOMÍNIO MORRO JATOBÁ NO  
MUNICÍPIO DE CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT”**

**Henrique Ely Gouvêa**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Federal de Campina Grande - PB, para obtenção de título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

**Orientador: Prof. Dr. John Kennedy Guedes Rodrigues**

**Co-Orientador: Prof. Dr. José de Souza Nogueira**

**Campina Grande - PB**

**Abril - 2003**

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
ÁREA DE GEOTECNIA**

**“PAVIMENTO ECOLÓGICO: UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA  
APLICADA NO CONDOMÍNIO MORRO JATOBÁ NO  
MUNICÍPIO DE CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT”**

**Henrique Ely Gouvêa**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Federal de Campina Grande - PB, para obtenção de título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

**Orientador: Prof. Dr. John Kennedy Guedes Rodrigues**

**Co-Orientador: Prof. Dr. José de Souza Nogueira**

**Campina Grande - PB**

**Abril - 2003**



G719p Gouvêa, Henrique Ely.  
Pavimento ecológico : uma solução alternativa aplicada no condomínio morro Jatobá no município de Chapada dos Guimarães - MT / Henrique Ely Gouvêa. - Campina Grande, 2003.  
75 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2003.  
"Orientação : Prof. Dr. John Kennedy Guedes Rodrigues, Prof. Dr. José de Souza Nogueira".  
Referências.

1. Pavimento Ecológico. 2. Pavimento Alternativo. 3. Chapada dos Guimarães (MT). 4. Dissertação - Engenharia Civil e Ambiental. I. Rodrigues, John Kennedy Guedes. II. Nogueira, José de Souza. III. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB). IV. Título  
CDU 625.87(817.2)(043)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Henrique Ely Gouvêa

Título:

Dissertação Defendida e Aprovada em:     / 04 / 2003

Pela Banca Examinadora

(Assinatura):

Orientador

Prof. Doutor. John Kennedy Guedes Rodrigues / Universidade Federal de Campina Grande

(Assinatura):

Co-orientador

Prof. Doutor José de Souza Nogueira / Universidade Federal de Mato Grosso

(Assinatura):

Prof. Doutor. Jairo Salim Pinheiro de Lima / Universidade Estadual de São Paulo

(Assinatura):

Prof. Phd. Olaf Andréas Bakke / Universidade de Campina Grande

A Deus pela vida, a minha esposa Mara e a minha filha Mariana pelo amor e compreensão, e aos meus pais e irmãs, Rosa, Wagner, Fabrina e Bruna pelo amor, oportunidades e sacrifícios.

## AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira, pela orientação e principalmente pelo incentivo, apoio, confiança e grande amizade, ingredientes que possibilitaram a realização deste.
- A Prof. Dr<sup>a</sup>. Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, por sua ajuda em conhecimentos dada no passado, presente e sei que no futuro caso necessário não só para mim más para todos que necessitarem de seus conhecimentos serão atendidos pela grande pessoa que esta é.
- Ao Prof. Dr. Wilson Conciani, pelo grande trabalho feito para a realização deste curso de mestrado.
- A todos os professores da Universidade Federal de Campina Grande que se desgastaram em viagens para Cuiabá, onde transmitiram seus conhecimentos.
- Ao Prof. Augusto César Marques dos Santos que co-orientou o desenvolvimento do pavimento dentro da empresa Amper, onde foram feitos os ensaios de laboratório.
- A todos os colegas de curso que ajudaram em muito, os quais se tornaram grandes amigos.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 MATERIAIS EMPREGADOS NA CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO	3
2.1.1 INDUSTRIALIZADOS	4
2.1.1.1 Brita	4
2.1.1.1 Leves	7
2.1.2 NATURAIS	9
2.1.2.1 Areia	9
2.1.2.1 Cascalho	12
2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS PARTÍCULAS SÓLIDAS	12
2.2.1 PENEIRAMENTO	12
2.2.1.1 Material grosso	12
2.2.1.2 Material fino	12
2.2.2 SEDIMENTAÇÃO	13
2.2.2.1 Material semi-fino	13
2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS AGREGADOS DE GRANULOMETRIA CONTÍNUA E DESCONTÍNUA	13
2.3.1 AGRGADOS DE GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA	13
2.3.1 AGRGADOS DE GRANULOMETRIA CONTÍNUA	14
2.4 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DOS AGRGADOS	16
2.4.1 DENSIDADE REAL (AGREGADO GRAÚDO E MIÚDO)	16
2.4.2 DENSIDADE APARENTE (AGREGADO GRAÚDO E MIÚDO)	16
2.4.3 ABSORÇÃO D'ÁGUA	16
2.4.4 GRANULOMETRIA	
2.4.5 RESISTÊNCIA AO DESGASTE (LOS ANGELES)	16
2.4.6 RESISTÊNCIA AO CHOQUE (IMPACTO) – (TENACIDADE TRETTON)	16
2.4.7 RESISTÊNCIA AO ESMAGAMENTO (INGLATERRA)	17
2.4.8 ADESIVIDADE	18
2.4.9 IMPUREZA	18
2.5 TRÁFEGO	18
2.6 DEFEITOS NO PAVIMENTO ASFÁLTICO	20
2.7 CONTROLE DO MATERIAL – CONCRETO	24
2.7.1 RESISTÊNCIA DO CONCRETO	24
2.7.2 FABRICAÇÃO DO CONCRETO	25
2.7.3 PROCESSO MANUAL	25
2.7.4 PROCESSO MECÂNICO	25
2.7.4.1 Ordem de colocação dos materiais na betoneira	25
2.7.5 TRANSPORTE	26
2.7.6 LANÇAMENTO	26

2.7.6.1	Tempo de lançamento	26
2.7.6.2	Juntas de dilatação e retração	27
2.7.6.3	Normas para juntas frias	27
2.7.7	ADENSAMENTO	28
2.7.7.1	Adensamento manual	28
2.7.7.2	Adensamento mecânico	28
2.7.8	CURA	29
2.7.8.1	Temperatura de cura	30
2.7.8.1	Métodos de cura	30
2.7.9	FATORES QUE AFETAM A CONSISTÊNCIA	31
2.7.9.1	Teor de água / mistura seca	31
2.7.9.2	Granulometria e forma do grão do agregado	32
2.7.9.3	Aditivos	32
2.7.9.4	Tempo e temperatura	32
2.7.10	MÉTODOS PARA A AVALIAÇÃO DA CONSISTÊNCIA	33
2.7.10.1	Ensaio de abatimento	33
2.7.10.2	Ensaio de penetração	33
2.7.10.3	Ensaio de escorregamento	34
2.7.10.1	Ensaio fator de compactação	34
2.7.10.1	Ensaio de remoldagem	34
2.7.11	USOS DE ADITIVOS NO CONCRETO	35
2.7.11.1	Conceitos	35
2.7.11.2	Cuidados no uso do aditivo	35
2.8	CIMENTO PORTLAND	36
2.8.1	CONSTITUINTES	36
2.8.2	PEGA DO CIMENTO	36
2.8.3	IMPERMEABILIDADE	37
2.8.4	FABRICAÇÃO DOS CIMENTOS	37
2.8.5	ARMAZENAMENTO	38
3	MATERIAIS E MÉTODOS	40
3.1	ÁREA E LOCALIZAÇÃO	40
3.1.1	RELEVO	40
3.1.2	CLIMA	41
3.1.3	SOLO	41
3.1.3.1	Formação Furnas	42
3.1.3.2	Formação Ponta Grossa	42
3.1.4	ATIVIDADES ECONÔMICAS	43
3.2	MATERIAIS	43
3.3	MÉTODO	45
3.3.1	ESCOLHA DA ARMAÇÃO	46
3.3.2	PEÇA PRÉ-MOLDADA	46
3.3.3	DESCRIÇÃO DE FABRICAÇÃO DAS PLACAS	48
3.3.4	MÉTODO DE CURA DAS PLACAS	51
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	54
4.1	LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO	54
4.2	LOCAÇÃO DAS ÁRVORES DE DIÂMETRO SUPERIOR A DEZ CENTÍMETROS	54
4.3	ESCOLHA DO TRAÇADO	54

4.4 ESTAQUEAMENTO E ABERTURA DOS TRAÇADOS	55
4.5 O POSICIONAMENTO <i>IN LOCO</i>	56
4.6 ESTUDO PRELIMINAR DA DOSAGEM DO CONCRETO	57
4.6.1 PROCEDIMENTO	58
4.6.1.1 Exigências para execução das peças	58
4.6.1.2 Informações de uso do concreto	58
4.6.1.3 Características	59
4.7 MONTAGEM DO PAVIMENTO	64
4.7.1 TERRENO PLANO COM DECLIVE $\leq 5\%$	64
4.7.2 TERRENO COM DECLIVE DE 5% A 10%	66
4.7.3 TERRENO COM DECLIVE ACENTUADO $> 10\%$	67
4.8 RESULTADOS EXPERIMENTAIS	69
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
6 BIBLIOGRAFIAS	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Elementos que compõe o solo	3
Figura 2 – Curva granulométrica para agregados descontínuos	13
Figura 3 – Curva granulométrica para agregados contínuos densos	14
Figura 4 – Curva granulométrica para agregados de graduação aberta	15
Figura 5 – Curva granulométrica para agregados de graduação uniforme (tipo macadame)	15
Figura 6 - Resistência ao Choque (impacto) – (Tenacidade Tretton)	17
Figura 7 – Resistência ao esmagamento (Inglaterra)	17
Figura 8 – Detalhe da seção transversal e cortes transversal e longitudinal	47
Figura 9 – Campo preparado para desforma das placas	47
Figura 10 – Barracão de estocagem de cimento	48
Figura 11 – Depósito de agregados e padiolas volumétricas metálicas	49
Figura 12 – Formas metálicas sobre a mesa vibratória	50
Figura 13 – Processo de transferência das formas cheias p/ o carro de transporte	51
Figura 14 – Campo com as peças desformadas	51
Figura 15 – Cobertura com lona plástica das peças verdes para cura	52
Figura 16 – Corte transversal do método de cura	53
Figura 17 – Abertura do traçado em mata virgem	55
Figura 18 – Abertura do traçado em campo de cerrado	55
Figura 19 – Execução do pavimento após a camada de areia	57
Figura 20 – Ensaio de compressão simples em uma presa hidráulica	58
Figura 21 – Resistência à compressão dos corpos-de-prova	63
Figura 22 – Pista executada em terreno plano ou com declives $\leq 5\%$	65
Figura 23 – Esquema de montagem do pavimento com declives $\leq 5\%$	65
Figura 24 – Pista executada em terreno com declives de 5% a 10%	67
Figura 25 – Esquema de montagem do pavimento com declives de 5% a 10%	67
Figura 26 – Pista executada em terreno com declives $> 10\%$	69
Figura 27 – Esquema de montagem do pavimento com declives $> 10\%$	70

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Telas soldadas – Aço CA60	46
Tabela 2 – Resultados dos ensaios de compressão	62

## RESUMO

A malha viária do Brasil em sua maior parte é construída com materiais derivados do petróleo, poluente e agressor ao meio ambiente, e obtido de fonte esgotável em nosso planeta. A pavimentação alternativa surge como forma de solução para locais fechados e de preservação ambiental, tais como: parques, estacionamentos, locais turísticos e condomínios fechados. A cidade de Chapada dos Guimarães, situada no Estado de Mato Grosso, possui um grande parque nacional de preservação ambiental e uma lei bastante rígida para projetos rodoviários a serem executados em seu território. Atendendo a essas leis, o objetivo desse trabalho foi desenvolver um pavimento alternativo aplicado em um condomínio fechado que interaja com o ambiente natural desse local. Para tanto, primeiramente foram realizados levantamento planialtimétrico e locação de árvores com diâmetro superior a 10 cm para escolha do traçado das vias. Após isso, foram realizados ensaios normatizados visando obter um traço ideal para o concreto utilizado na confecção das placas empregadas no pavimento. Os resultados obtidos permitiram desenvolver um pavimento que oferecesse conforto e segurança aos usuários, maior durabilidade, baixo custo de manutenção e que não causasse danos ambientais.

**Palavras-chave:** Pavimento alternativo, concreto, concreto armado.

## ABSTRACTS

The objective of this work was develop a pavement that interacts with the environment, so that it doesn't attack the natural atmospher of the place. Now a great number of hotels, closed condominiums and parks have been built, in your majority in areas of environmental preservation. With the intuit of assist the transport associate with ecological need, in the years of 2000 and 2001 a constructive system it was developed for paving of a closed condominium in the city of Chapada dos Guimarães - MT. To reach such an objective studies of concrete lines they were accomplished for to makings of plates for us to be applied in the echo-pavement and that it offers comfort and safety to the users, larger durability, low maintenance cost and that doesn't cause environmental damages.

**Keywords:** Pavement, concrete, armed concrete, ecology.

---

## 1 - INTRODUÇÃO

---

Historicamente, as primeiras estradas de rodagem em solo argiloso, que enlameavam por ocasião de chuvas, começaram a ser encascalhadas, e mais tarde, passaram a ser revestidas com macadame ou pedra britada. Com o tempo, este tipo de revestimento foi melhorado graças a estudos de novos materiais que ai estão como vemos nos dias de hoje.

Com o estágio atual do desenvolvimento rodoviário, o pavimento tem uma importância fundamental, com a finalidade de proporcionar um tráfego seguro, econômico e confortável no transporte de pessoas e mercadorias, mostrando a importância de assegurar o bom desempenho para o qual foi projetado, tornando-o apto a resistir a ação de cargas, influenciar da menor forma possível ao meio ambiente e resistir o intemperismo ao longo de sua vida útil.

A pesquisa rodoviária com materiais alternativos no Brasil não é muito priorizada. Tal afirmação pode ser constatada ao se verificar que todos os trabalhos executados nessa área foram voltados para os pavimentos convencionais, onde misturas densas recobrem uma ou mais camadas de materiais granulares. Via de regra, as especificações observadas demasiadamente amplas, em muitos casos sem considerar certas peculiaridades de solos regionais.

Apesar desta constatação, ainda existe no Brasil uma pequena parcela de pesquisadores, que vem nos últimos anos tentando viabilizar uma técnica racional para a utilização dos materiais alternativos existentes em nossa região.

Desde o início do século, a preocupação com o meio ambiente vem adquirindo grande ênfase na construção civil, como também em outras áreas.

Hoje é indiscutível a grande importância do meio ambiente para a sobrevivência da vida no planeta. Quando não há a preocupação com o meio ambiente, a construção civil contribui em muito para a degradação do mesmo, um exemplo é observado nas construções de rodovias pavimentadas. Por isso, necessitamos cada vez mais desenvolver estudos aprofundados para que o impacto das construções civis sobre o meio ambiente seja o mínimo possível ou até nenhum.

No Brasil a pavimentação em sua maior parte é feita de materiais derivados do petróleo, muito poluente e agressor ao meio ambiente, e ainda obtido de fonte esgotável em nosso planeta. A pavimentação de estradas e ruas tem como objetivo principal melhorar as condições de tráfego, protegendo-as da ação de erosões, do desprendimento de partículas finas (poeira), pedras para torna-las cômodas assegurando o tráfego no local.

No Estado de Mato Grosso no Município de Chapada dos Guimarães seu Parque Nacional, possui uma lei ambiental bastante rígida, e os projetos a serem executados necessitam estar dentro dos parâmetros dessas leis, baseado nisso este trabalho tem por objetivo geral desenvolver um pavimento que interaja com o meio ambiente, de modo que não agrida o ambiente natural desse local. Para atingir o objetivo geral foram necessários atender alguns objetivos específicos tais como, estudo de um pavimento que ofereça conforto e segurança aos usuários, maior durabilidade, baixo custo de manutenção e que não cause danos ambientais, ocorrendo melhor interação do homem com o meio ambiente.

Portanto, esse pavimento alternativo irá oferecer uma interação com a natureza sem agredi-la, contribuindo para que seja viabilizado pelos profissionais interessados em projetos e construções de pavimentos ecologicamente corretos, ampliando deste modo o potencial de utilização em áreas de preservação ambiental.

---

## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

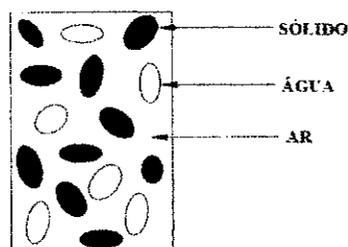
A revisão deste trabalho baseou-se em estudos dos materiais, tráfego para estimativa de carga, estudos do solo para fundação do pavimento e desenvolvimento do próprio pavimento para posterior emprego em pavimentos alternativos que ofereçam interação com a natureza sem agredi-la mantendo a preservação ambiental.

### 2.1 – MATERIAIS EMPREGADOS NA CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO

Segundo CAPUTO (1983), o material mais importante para a construção de estradas é o solo. Este é dividido em:

- a) Solo residual;
- b) Solo transportado;
- c) Solo orgânico, resultante da decomposição de plantas e animais.

O solo é constituído por três fases:



**FIGURA 1** – Elementos que compõem o solo  
FONTE: ÁVALOS, M. S. (2002)

As partículas que compõem o solo apresentam formas variadas que podem ser:

- a) Esferoidal = dimensões mais ou menos iguais;
- b) Lamelar = dimensões alongadas em forma de lâminas;
- c) Fibrilas = solos sulfosos.

Segundo BAUER (1995), classifica os agregados em industrializados e naturais. Esses materiais serão descritos a seguir.

## **2.1.1 – INDUSTRIALIZADOS**

### **2.1.1.1 - Brita**

Agregado obtido a partir de rochas compactas que ocorrem em depósitos geológicos: Jazidas, pelo processo industrial da cominuição (partir em pedaços, fragmentar, esmigalhar), ou fragmentação controlada da rocha maciça. Os produtos finais enquadram-se em diversas categorias.

#### **a - Pedra britada**

##### **⇒ Caracterização:**

A pedra britada é o produto de cominuição de rocha que se caracteriza por tamanhos nominais de grãos enquadrados entre 2,4 e 64 mm, segundo as divisões padronizadas da ABNT (NBR - 5.564 7.174 e 7.211).

Conforme o emprego a que se destinam, as britas são subdivididas em diferentes faixas granulométricas.

Comercialmente, a pedra britada é produzida em cinco graduações, denominadas, em ordem crescente de diâmetros médios: pedriscos, pedra 1, pedra 2, pedra 3 e pedra 4, designadas a seguir por: pd, p1, p2, p3 e p4. A rocha mater é o granito.

##### **⇒ Processamento:**

Para produzir agregado satisfazendo as granulometrias de zero a 4 da NBR 7211, seria necessária a seguinte série de peneiras, em mm: 64 - 38 - 25 - 19 - 9,5 - 2,4.

Na prática, no entanto, para se conformar com a natureza da rocha e com a demanda, a série pode ser um pouco diferente dessa.

Uma das comumentes usadas é 76 - 45 - 27 - 16 - 9 - 2 - 2,4, da qual resultam as diversas britas comerciais: pedrisco a pedra 4.

Deve-se tomar o cuidado para as pedras maiores não ficarem com o pó aderente ao seu grão, essa quantidade de pó aderente depende do teor de umidade do material,

assim como de seu tempo de permanência sobre a telada peneira. Para reduzir o arraste de material fino há dois recursos:

- Usar peneiras mais compridas para dar mais tempo ao material fino de se desagregar dos grãos;
- Injetar água sobre as telas, para que ela leve consigo o material fino.

⇒ **Usos:**

A NBR - 7211, que padroniza a pedra britada nas dimensões hoje consagradas pelo uso, trata de agregado para concreto. Não obstante isso se emprega o agregado em extensa gama de situações:

- **Concreto de cimento** = O preparo do concreto é o principal campo de consumo de pedra britada. São empregados, principalmente os pedriscos, a pedra 1 e a pedra 2. É também usado o pó de pedra, apesar de ter ele distribuição granulométrica não coincidente com a do agregado miúdo padronizado para concreto (areia). A tecnologia do concreto evoluiu, de modo que o pó de pedra é usado em grande escala.
- **Concreto asfáltico** = O agregado para concreto asfáltico é necessariamente pré-dosado, misturando-se diversos agregados comerciais. Isto se deve ao ter ele de satisfazer peculiar forma de distribuição granulométrica. São usados: filer, areias, pedra 1, pedra 2 e pedra 3.
- **Argamassas** = Em certas argamassas de enchimento, de traço mais apurado, podem ser usados a areia de brita e o pó de pedra.
- **Lastro de estradas de ferro** = Este lastro está padronizado pela NBR 5564, e consta praticamente de pedra 3.
- **Aterros** = Podem ser feitos com restolhos, obtendo-se mais facilmente alto índice de suporte do que quando se usam solos argilosos.
- **Correção de solos** = Usa-se o pó de pedra para a correção de solos de plasticidade alta.

#### **b - Pó de pedra**

Por razões decorrentes da natureza do próprio processo industrial, as pedreiras produzem sistematicamente, além de pedra britada, o pó de pedra. Sua curva granulométrica pode diferir algum tanto de pedreira para pedreira, pois ele é formado de

todo material que passa na peneira industrial de 2,4 mm. Tem maior porcentagem de finos do que as areias padronizadas, chegando a 28% do material abaixo de 0,075 mm, contra os 15% da areia para o concreto.

#### **c - Areia de brita**

É produzida nas pedreiras que dispõem de instalação de lavagem de brita. A água de lavagem é levada para o separador, onde a areia é retirada. Esta areia tem graduação média.

#### **d - Filer**

Seus grãos são da mesma ordem de grandeza dos grãos de cimento. O material fino, que decanta nos tanques das instalações de lavagem de brita nas pedreiras, contém uma mistura de filer e areia. O material é retirado operando-se em tanques alternados: um em processo de decantação, outro em processo de extração. O filer, uma vez separado da areia pela peneira 0,075, tem superfície específica da ordem de 10 a 28 m<sup>2</sup>/N (1000 a 2800 m<sup>2</sup>/Kg) e é empregado em: mastiques betuminosos, concreto asfálticos, espessante de betumes fluídos, vulcanização de borracha.

#### **e - Bica - corrida**

Material britado no estado em que se encontra à saída do britador. Não é produzida correntemente, mas apenas sob pedido.

#### **f - Rachão**

Agregado constituído do material que passa no britador primário e é retido na peneira de 76 mm. É a fração acima de 76 mm da bica-corrida primária. A NBR - 9935 define rachão como pedra de mão, de dimensões entre 76 e 250 mm.

#### **g - Restolho**

Material granular pode conter uma parcela de solo, são retirados do fluxo da saída do britador primário.

## **h - Blocos**

Fragmentos de rocha, suas dimensões dependem da morfologia da rocha a explorar e do tamanho do britador primário, variam, em geral, de um a três metros de dimensões extremos, são de uso esporádicos (quebra mares).

### **2.1.1.2 - Leves**

Existem três tipos de agregados leves, são as argilas e as escórias de alto - forno.

**a - Argila expandida** = A argila é um material muito fino, constituído de grãos lamelares de dimensões inferiores a dois micrometros, formada, em proporções muito variáveis, de silicato de alumínio e óxido de silícios, ferro, magnésio e outros elementos. Para se prestar para a produção de argila expandida, precisa ser dotada da propriedade de piroexpansão, isto é: de apresentar formação de gases quando aquecida a altas temperaturas (acima de 1000°C). Nem todas as argilas possuem essa propriedade.

Faz-se o tratamento térmico em fornos rotativos que são alimentados por pelotas de argilas previamente formadas. Os gases, ao se expandirem, dão origem a grãos porosos de variados diâmetros, que vêm a constituir a argila expandida.

O peso específico unitário é da ordem de 4000N/m<sup>3</sup> e a absorção da água, da ordem de 19%. O peso específico absoluto (do material do grão) está entre 10 e 14 KN/m<sup>3</sup>.

O principal uso que se faz da argila expandida é como agregado leve para concreto, seja concreto de enchimento, seja concreto estrutural ou de pré-moldados com resistência de até  $f_{ck} = 30$  MPa. O concreto de argila expandida, além da baixa densidade de 1,0 a 1,8, apresenta muito baixa condutividade térmica cerca de 1/15 da do concreto de britas de granito ou de diabase: 0,15 contra 2,0 w/mk (0,2 a 1,8 Kcal.m/m<sup>2</sup> h °C).

Blocos e painéis pré-moldados usando argila expandida prestam-se bem a ser usados como isolantes térmicos ou acústicos, no que são auxiliados pela baixa densidade do material, que pode variar de 6 a 15 KN/m<sup>3</sup>, contra 26 KN/m<sup>3</sup> do concreto de brita de granito ou de basalto.

**b - Escórias de alto-forno** = É um resíduo resultante da produção de ferro gusa em alto-fornos, constituído basicamente de compostos oxigenados de ferro, silício e alumínio.

A escória simplesmente resfriada ao ar, ao sair do alto-forno (dita escória bruta), uma vez britada, pode produzir um agregado graúdo (granulação 12,5/150).

Normalmente, após receber um jato de vapor, a escória é resfriada com jatos de água fria, produzindo-se, então, a escória expandida, de que resulta um agregado de graduação da ordem de 12,5/32. Quando é imediatamente resfriado em água fria, resulta a escória granulada, que permite obter um agregado miúdo de graduação 0/4,8.

A escória granulada tem distribuição granulométrica próxima da areia média, zona 3 da NBR-7211, com módulo de finura de 2,90 (contra os 2,75 da zona 3). O diâmetro médio desta escória granulada é de 1,0 mm, constituindo-se, portanto, em material um pouco mais fino do que o da areia média (1,3 mm).

A escória granulada é usada na fabricação de cimento Portland de alto forno. Usa-se a escória expandida como agregado graúdo e miúdo no preparo de concreto leve em peças isolantes térmicas e acústicas, e também em concreto estrutural, com resistência a 28 dias da ordem de 8 - 20 MPa e densidade da ordem de 1,4. Se usada apenas como agregado miúdo e graúdo da brita de granito, a resistência e a densidade do concreto são equiparáveis às do concreto preparado com areia de rio e brita.

**e - Vermiculita** = É um dos muitos minérios de argila. Tais minérios que compõem as argilas são grupos cristalinos, quimicamente inertes, de baixa densidade, constituídos de óxidos de alumínio, silício, ferro e magnésio. Apresentam uma granulação lamelar porosa e se expandem cerca de vinte vezes quando aquecidos até por volta de 500°C, formando, assim a vermiculita expandida, um agregado leve, peso específico aparente, de acordo com a distribuição granulométrica, de 800 a 1600 N/m<sup>3</sup> e de condutibilidade térmica média de 0,22 W/mK (0,2 Kcal.m/m<sup>2</sup>.h.°C) - NBR 9230.

A vermiculita expandida tem os mesmos empregos da argila expandida.

## **2.1.2 - NATURAIS**

### **2.1.2.1 - Areia**

As areias são substâncias minerais que a natureza apresenta sob a forma de grãos, de diâmetros entre 0,06 e 2,0 mm.

Considerada como material de construção, areia é o agregado miúdo que provem da desagregação das rochas. Entra na composição das argamassas.

#### **a - Origens**

As areias provêm:

- De rio = Sua extração se faz por dragas de sucção, que bombeiam a água, contendo cerca de 5 - 10% de areia, para lagoas de decantação, de onde o material é retirado e, em alguns casos, classificados, para retirar elementos de diâmetro superior a 4,8 mm. Estas instalações para extração de areia de rio são chamadas portos de areia.
- De cava = A areia é extraída ou por escavação mecânica ou por desmonte hidráulico, que é o caso mais comum. Segue-se o mesmo tratamento dado às areias de rio.
- De britagem = É a areia de brita, obtida no processo de classificação a seco nas pedreiras. Este material contém certa porcentagem de material impalpável (abaixo de 0,075 mm).
- De escória = A escória de alto-forno, granulada, é a que é resfriada bruscamente por jato de água, fragmentando-se em grãos em geral inferiores a 12,7 mm.
- De praias e dunas = Não se usam, em geral, para o preparo de concreto por causa de sua grande finura e teor de cloreto de sódio. O mesmo ocorre com as areias de dunas próximas do litoral.

#### **b - Caracterização**

Granulometria = As areias podem ser classificadas em três faixas granulométricas:

- \* Fina = 0,15/0,6 mm
- \* Média = 0,6/2,4 mm
- \* Grossa = 2,4/4,8 mm

- **Dosagem** = Manuseando-a devidamente, pode-se, por exemplo, aumentar a densidade aparente de uma areia pelo rearranjo da distribuição dos grãos, do que decorre uma maior compactidade. Para isso, a areia começa por ser dividida, por peneiramento, em três categorias de tamanhos de grãos nas faixas granulométricas, ditas fina, média e grossa. Como citada acima. Em seguida, porções medidas de cada categoria são tomadas e misturadas, determinando-se o peso específico aparente.

Na instalação de classificação de usina de agregados existentes em obras de grande consumo de concreto (por exemplo, barragens), a areia é separada nas três categorias em peneiras vibratórias e remisturada.

**c – Propriedades Físico-mecânicas:**

- **Inchamento** = A areia seca absorve água, que passa a formar uma película em torno dos grãos. Como os vazios da areia chegam a ser tão delgados quanto à espessura da película de água, esta afasta os grãos um dos outros, produzindo o inchamento.
- **Higroscopia** = A areia seca tem duas fases: sólidos (grãos) e vazios (ar); a areia úmida tem três: sólidos, água e ar; a areia saturada apenas de novo duas fases: sólidos e água. Os vazios (espaços entre os grãos) da areia seca são de dimensões muito pequenas, de modo que a areia pode apresentar higroscopia ou ascensão capilar, isto é: quando a areia entra em contato com água na base, a água no interior da massa alcança, devido à capilaridade, nível acima do da água no exterior. Quanto mais fina é a areia mais alta é a ascensão capilar. Isto deve ser levado em conta para pisos e filtros, por exemplo. Por estas razões, a areia tem sempre um certo teor de umidade, caso não seja aquecida artificialmente. É a chamada areia seca ao ar.
- **Coesão aparente** = Considerando a equação do esforço de cisalhamento,  $T=C + tg\phi$ , verifica-se que C é nulo na areia seca, ou seja: a areia seca não tem coesão. Na areia úmida, C não é nulo, aparecendo, então, o que se chama de coesão aparente da areia. É a tensão capilar da água que cria uma resistência ao cisalhamento, como se tratasse de coesão, mas é fenômeno diverso do que ocorre nos solos coesivos.
- **Friabilidade** = A areia perde qualidade se contiver grão friável. Para verificar, em primeira aproximação, a presença de grãos friáveis em tempo mais curto do que o necessário para ensaio de qualidade pode ser feito um ensaio de esmagamento, aplicando uma força de 40 MPa em um minuto, conserva-se essa pressão por 4 min. e depois determina os nódulos de finura antes e depois do ensaio calcula-se a sua porcentagem de redução, que se compara com a da areia normal.
- **Permeabilidade** = maior ou menor capacidade do material permitir passagem da água através dos seus poros ou vazios sob a ação da gravidade ou de outra força. Esta propriedade determina as condições de drenagem de um solo.
- **Capilaridade** = é a propriedade que os solos apresentam de poder absorver água por ação da tensão superficial, inclusive opondo-se à força de gravidade. É uma propriedade que, em pavimentação, vai determinar a construção de bases e sub-bases granulares para evitar o efeito de subida de água capilar que pode prejudicar a estabilidade do pavimento.

- **Contração e Expansão** = característica dos solos argilosos em se contrair, por perda de umidade, ou de se expandir, por aumento de umidade.
- **Compressibilidade** = propriedade que tem o solo de se comprimir por ação de uma força exterior, retirando-se dele o ar (compactação) ou água (adensamento).
- **Elasticidade** = propriedade que o solo tem de recuperar a forma primitiva (parcialmente) uma vez cessado o esforço deformante. Com isto acontecendo no subleito, fará com que ocorra fissura no revestimento betuminosa, chamada de ruptura *por fadiga*.

#### **d - Impurezas**

As impurezas são classificadas em coloidais e não coloidais. As não coloidais têm grãos de dimensões da ordem do micrometro (milésimo de milímetros) e podem ser retiradas por lavagem; as coloidais não são elimináveis.

As impurezas não coloidais que mais ocorrem são: argila em torrões, materiais pulverulentos, materiais friáveis, materiais carbonosos, materiais orgânicos.

A areia padrão chama-se Areia Normal Brasileira.

A porcentagem de argila em torrões ou de materiais friáveis é determinada pesando-se a amostra de areia antes e depois de serem retirados os torrões ou fragmentos friáveis. O material pulverulento é retirado lavando-se a amostra energeticamente a mão e exprimindo o peso do material retirado em porcentagem do peso da amostra.

Os materiais carbonosos são constituídos de partículas de carvão linhito, madeira e matéria vegetal sólida. São determinadas por sedimentação da areia em líquido de densidade 2,0. As impurezas orgânicas são determinadas comparando-se a coloração da água de lavagem da areia com a cor de solução de ácido tânico.

#### **e - Usos**

- **Preparo de argamassas** = De mistura com cimento, com cal ou com cal e cimento, a areia é empregada no preparo de argamassas usadas, seja para assentamento de peças de alvenarias, seja para revestimentos diversos.

Para preparar as argamassas nas obras, costumavam secar a areia espalhado-a em finas camadas ao sol e peneirando-a a manualmente em peneiras de cerca de 1 mm de abertura, para obter a chamada areia fina.

- **Concreto betuminoso** = Tem a importante propriedade de impedir o amolecimento do concreto betuminoso dos pavimentos de ruas nos dias de intenso calor.
- **Concreto de cimento** = Constitui o agregado miúdo dos concretos.
- **Pavimento rodoviário** = Constitui o material de correção do solo.
- **Filtros** = Devido a sua grande permeabilidade são usados para construções de filtros, destinados a interceptar o fluxo de água de infiltração em barragens de terra e em muros de arrimo.

Usa-se, esporadicamente, em regularização de bases de pisos e assentamento de paralelepípedos em ruas.

### 2.1.2.2 - Cascalho

Também chamado de pedregulho, é um sedimento fluvial de rochas ígneo, formado de grãos de diâmetro em geral superior a 5 mm, podendo os grãos maiores alcançar diâmetros até cerca de 100 mm. O cascalho também pode ser de origem litorânea marítima, em minas ou jazidas. São chamados também de seixos rolados. Por ser um material que não apresenta arestas, o cascalho apresenta grande resistência ao desgaste ao ser manuseado.

## 2.2 - CLASSIFICAÇÃO DAS PARTÍCULAS SÓLIDAS

Segundo CAPUTO (1983), para a realização da classificação das partículas pode-se obter pelo processo de peneiramento, que será descrito a seguir:

### 2.2.1 – PENEIRAMENTO (# = peneira)

#### 2.2.1.1 - Material Grosso

- a) Pedregulho = 76,2 mm (# 3 ") a 2,4 mm (# n.º 8);
- b) Areia Grossa = 2,0 mm (# n.º 10) a 0,42 mm (# n.º 40).

#### 2.2.1.2 - Material Fino

- a) Areia Fina = 0,42 mm (# n.º 40) a 0,075 mm (# n.º 200)

## 2.2.2 - Sedimentação

O ensaio de sedimentação realizado no laboratório se baseia na lei de Stokes que diz:

*“As partículas de mesmo peso específico, colocadas em ambiente aquoso, se depositam com velocidade proporcional ao diâmetro médio das partículas”.*

### 2.2.2.1 - Material Semifino

a) **Siltes** = 0,075 mm a 0,005 mm. O silte é física e quimicamente semelhante às partículas das areias, porém, tendo diâmetro menores, apresenta densidade entre 1,35  $\text{gf/cm}^3$  a 1,40  $\text{gf/cm}^3$ . Quando secas, têm coesão suficiente para formarem torrões que se desagregam pela pressão dos dedos. Pode ser identificado através do ensaio de dilatância.

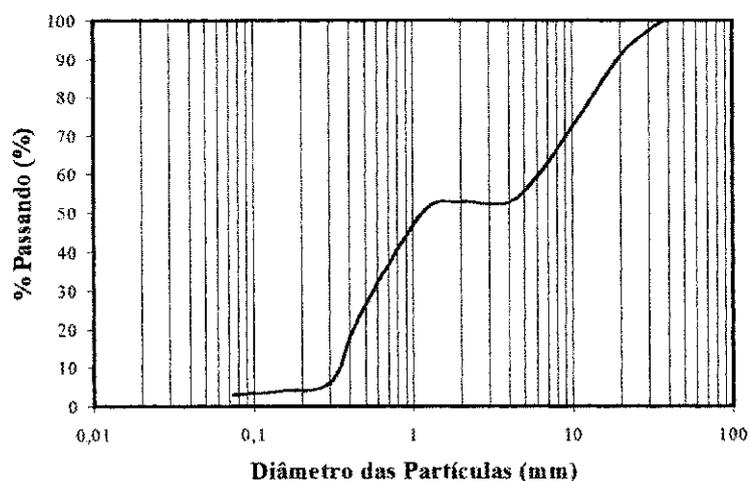
Ensaio de dilatância: consiste em agitar uma massa de solo na mão, manifestando-se a dilatância, pelo aparecimento de água à superfície e seu posterior desaparecimento ao serem amassadas entre os dedos, tornando-se duros e quebradiços.

b) **Argilas** = < 0,005 mm e densidade entre 1,50  $\text{gf/cm}^3$  a 1,60  $\text{gf/cm}^3$

## 2.3–CLASSIFICAÇÃO DOS AGREGADOS DE GRANULOMETRIA CONTÍNUA E DESCONTÍNUA

### 2.3.1 - AGREGADOS DE GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA

Segundo CAPUTO (1983) apud ÁVALOS (2002), quando há ausência de uma ou mais frações granulométricas causando uma mudança de curvatura da curva granulométrica, ou seja, apresentando pontos de inflexão.



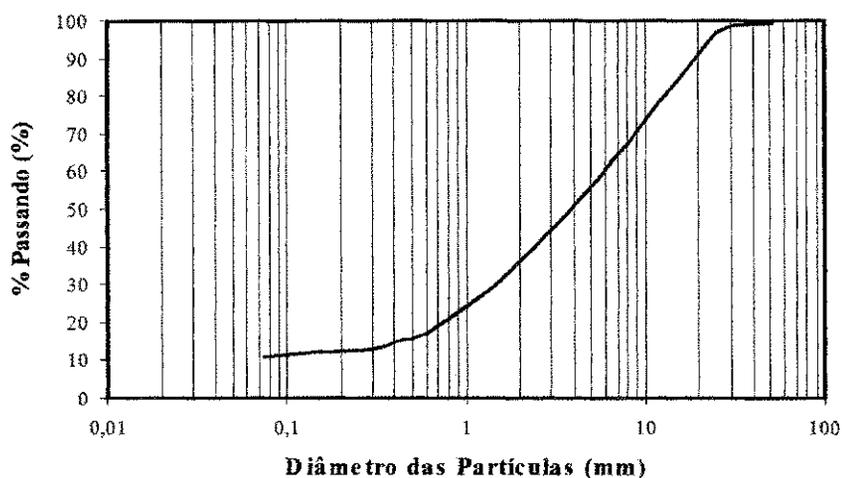
**FIGURA 2** – Curva granulométrica para agregados descontínuos  
**FONTE:** ÁVALOS, M. S. (2002)

### 2.3.2 AGREGADOS DE GRADUAÇÃO CONTÍNUA

Segundo CAPUTO (1983) apud ÁVALOS (2002), em misturas betuminosas só nos interessam as *curvas contínuas*. Estas se caracterizam pela presença de frações de diâmetros contínuos e são:

#### a) Agregados de graduação densa (ou fechada)

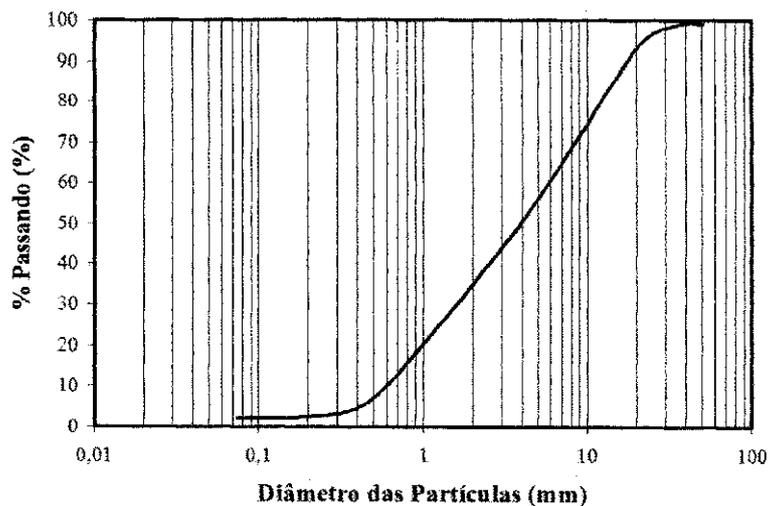
É o agregado graduado, com granulometria contínua, e com quantidade de material fino, principalmente na # n.º 200, que seja suficiente para encher os vazios entre as partículas maiores. É o agregado que dá uma melhor resistência.



**FIGURA 3** - Curva granulométrica para agregados contínuos densos  
**FONTE:** ÁVALOS, M. S. (2002)

#### b) Agregados de graduação aberta

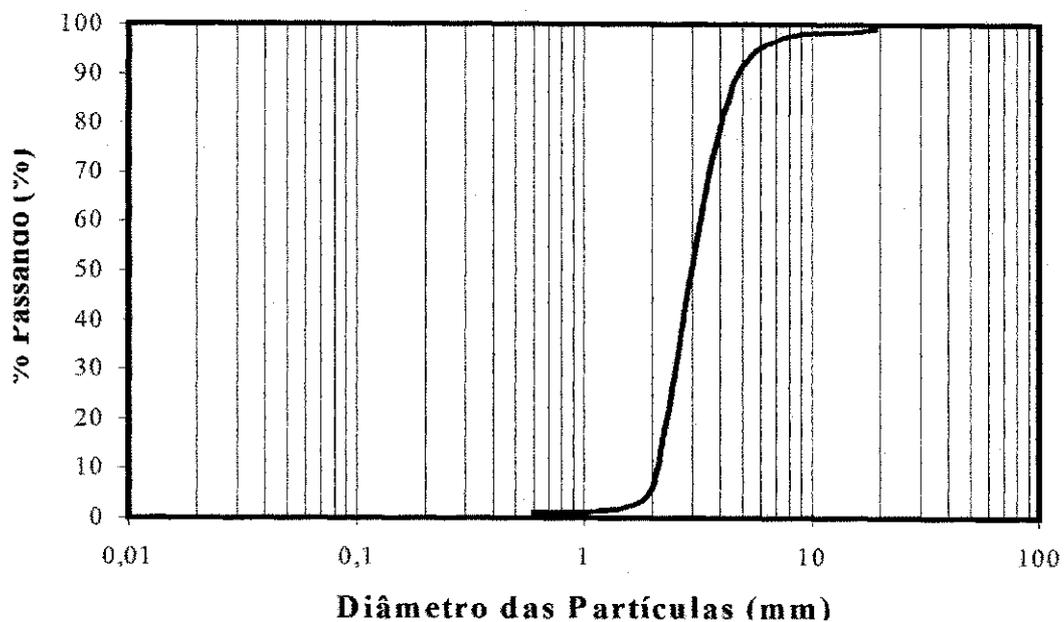
É um agregado graduado, com granulometria contínua, e com quantidade de material fino, principalmente na # n.º 200, mas insuficiente para encher os vazios entre as partículas maiores



**FIGURA 4** - Curva granulométrica para agregados de graduação aberto  
**FONTE:** ÁVALOS, M. S. (2002)

**c) Agregados de graduação uniforme (tipo Macadame)**

É um agregado bem graduado, onde o diâmetro máximo é aproximadamente o dobro do diâmetro mínimo. São muito utilizados para filtros e pré-misturado a frio.



**FIGURA 5** - Curva granulométrica para agregados de graduação uniforme (tipo Macadame).  
**FONTE:** ÁVALOS, M. S. (2002)

## 2.4 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DOS AGREGADOS

### 2.4.1 - Densidade real (agregado graúdo e miúdo)

- a) DNER DPT M81 – 64;
- b) ABNT MB 29 – 45.

### 2.4.2 - Densidade Aparente (agregado graúdo e miúdo)

- a) DNER DPT M84 – 64.

### 2.4.3 - Absorção d'água

Capacidade que o agregado tem de reter água.

### 2.4.4 - Granulometria

- a) DNER DPT M83 – 63;
- b) ABNT MB 7 – 39.

Os relatórios dos ensaios de granulometria deverão definir os módulos de finura e diâmetros máximos e mínimos.

### 2.4.5 - Resistência ao Desgaste (Los Angeles)

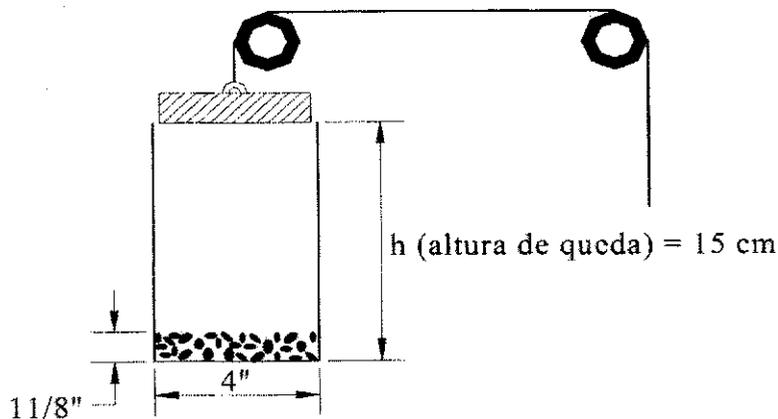
Este ensaio segundo CAPUTO (1983) apud ÁVALOS (2002), é muito utilizado porque a amostra de ensaio representa melhor a graduação usada na estrada e dá melhor indicação de como o agregado se comportará sob o tráfego.

$$LA = \frac{\% \text{ passa em peso na } \# n^{\circ} 12}{\text{peso da amostra inicial}} \cdot 100$$

- a) DNER DPT M36 – 64;
- b) ABNT MB 170.

### 2.4.6 - Resistência ao Choque (impacto) – (Tenacidade Tretton)

É o desgaste sofrido por determinada porção de agregado, quando submetido a impacto de certa massa, caindo de altura especificada. Importante para o caso de aeroportos.



**FIGURA 6 - Resistência ao Choque (impacto) – (Tenacidade Tretton)**

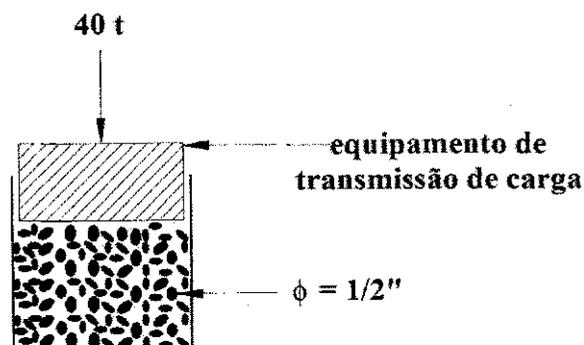
FONTE: ÁVALOS, M. S. (2002)

$$\text{Valor impacto} = \frac{\% \text{ passa em peso na } \# \text{ n}^{\circ} 7}{\text{peso da amostra inicial}} \cdot 100$$

Valor impacto:

- a) Até 10% □ agregado muito resistente;
- b) Até 35% □ aceitável.

#### 2.4.7 - Resistência ao Esmagamento (Inglaterra)



**FIGURA 7 - Resistência ao Esmagamento (Inglaterra)**

FONTE: ÁVALOS, M. S. (2002)

$$\text{Valor do esmagamento} = \frac{\% \text{ passa em peso na } \# \text{ n}^{\circ} 7}{\text{peso da amostra inicial}} \cdot 100$$

Valor do esmagamento:

- a) Até 35% → aceitável;
- b) Acima de 35% → inaceitável.

#### **2.4.8 - Adesividade**

Para melhorar a capacidade de adesividade do agregado.

- a) DNER DPT M78 – 63 (agregado graúdo);
- b) DNER DPT M79 – 63 (agregado miúdo).

#### **Tipos de aditivos:**

- ativante usado de 0,5% a 2,5% para melhorar a adesividade do ligante;
- Cal (no agregado);
- Cimento (no agregado).

#### **2.4.9 - Impureza**

É a relação percentual entre a massa de impureza (torrões de argila, materiais orgânicos, etc.) e a massa total da amostra do agregado.

### **2.5 - TRÁFEGO**

Com base nestes estudos podemos ver que segundo a definição de SANTANA (1992), o fator equivalente de operações de tráfego (FEO) referente a um eixo, é o número de eixo simples padrão (ESP) equivalente ao eixo considerado, e o fator de veículo (FV)<sub>i</sub> de um certo veículo *i* corresponde ao número de ESP equivalente a esse veículo, e de acordo com BATISTA (1976), o fator de veículo (FV) é um coeficiente, que multiplicado pelo número de veículos que circulam, dão o número equivalente de eixos padrões. O fator de veículo é o produto do FE (fator de eixo) pelo FC (fator de carga).

O FE é um fator que transforma o tráfego em número de veículos padrão no sentido dominante calculado pelo produto do número de dias do ano (365), volume médio diário de tráfego (VMD), número de eixo simples padrão (ESP) e o fator de carga (FC), em número de passagens de eixos equivalentes. Aí então, calcula-se o número dos eixos dos tipos de veículos que passarão pela via. (SENÇO, 1977).

Segundo a mesma fonte, o cálculo do fator de carga é baseado no conceito de equivalência de operações, mais especificamente no fator de equivalência de operações (FEO). Este fator de equivalência de operações é um número que relaciona o efeito de uma passagem de qualquer tipo de veículo sobre o pavimento com o efeito provocado pela passagem de um veículo considerado padrão.

De acordo com SANTANA (1992), para que se determine o FEO e daí então poder determinar o  $(FV)_i$ , precisa-se da conceituação de mesmo efeito degradador. Aqui no Brasil usam-se duas metodologias para determinação do FEO, uma é o Método de Dimensionamento do Departamento Nacional de Estradas e Rodagem – DNER (1966) baseado no Corpo de Engenheiros do Exército Americano (“*United States Corps of Engineers*” - USCE), admitindo que duas cargas/eixo são equivalentes quando provocam no subleito a mesma tensão de cisalhamento, a outra é a do Procedimento para Restauração de Pavimentos do DNER (PRO-159-85) baseado nas fórmulas da “*American Association of State Highway and Transportation Officials*” - AASHTO, onde duas cargas/eixo são equivalentes quando provoca na superfície do pavimento o mesmo decréscimo no Índice de Serventia, que é medido através de características determinadas na superfície do revestimento: irregularidades do perfil longitudinal, áreas fissuradas e remendadas, e afundamentos de trilhas de roda. As duas metodologias são denominadas respectivamente por USCE, que é a adotada pelo DNER e AASHTO que serão apresentadas a seguir:

#### a) Método AASHTO

##### - Roda simples:

$$\text{Eixo simples} - \text{FEO} = (Q/7,77)^{4,32}$$

Onde:

Q – peso total a ser considerado por eixo(s), em tf.

##### - Roda dupla:

$$\text{Eixo simples} - \text{FEO} = (Q/8,17)^{4,32}$$

$$\text{Eixo duplo} - \text{FEO} = (Q/15,08)^{4,14}$$

$$\text{Eixo triplo} - \text{FEO} = (Q/22,95)^{4,22}$$

#### b) Método do *United States Corps of Engineers* (USCE) e adotado pelo DNER

- Roda simples:  
Considerado desprezível pelo DNER.
  
- Roda dupla:  
Ábacos logarítmicos apresentados pela USCE.

## **2.6 – DEFEITOS NO PAVIMENTO ASFÁLTICO**

MOTTA & MEDINA (1980) dizem que “a deformação elástica repetida na passagem dos veículos é responsável pelo fenômeno da fadiga no revestimento asfáltico que mais contribui na diminuição gradual da resistência do pavimento”, o que já não ocorre com o pavimento ecológico de concreto. São citados abaixo, segundo DOMINGUES (1993), alguns defeitos da superfície do pavimento asfáltico que podem ocorrer com o tempo, os quais não são encontrados no pavimento desenvolvido.

### **a) Fissuras**

As fissuras são fendas capilares existentes no revestimento asfáltico somente perceptíveis a uma distância inferior a 1,5 metros. Podem ser causadas por má dosagem do asfalto, por excesso de finos no revestimento, por compactação no momento inadequado (por exemplo, base não estável ou mistura ainda muito quente), ou por compactação excessiva. Geralmente, as fissuras não são medidas, por não serem significativas para a avaliação do pavimento.

### **b) Trincas**

As trincas são fissuras com extensão superior a 30 cm. As trincas podem ser subdivididas em: trincas por fadiga ou couro de jacaré, trincas transversais, trincas longitudinais, trincas em blocos e trincas nas bordas. As trincas na maioria das vezes são medidas em metro quadrado de área de superfície. A área trincada deve ser obtida por intermédio do retângulo a ele circunscrito, com um lado paralelo ao eixo da rodovia. No caso de dificuldade de separação entre os diferentes níveis de severidade, a área total deve ser classificada e registrada no maior nível de gravidade presente.

O trincamento por fadiga é um conjunto de trincas, causado por repetida ação de cargas de tráfego, que resulta na diminuição da resistência da superfície do revestimento

asfáltico. Primeiramente são formadas trincas paralelas, na direção do eixo da rodovia, depois formam uma malha com muitos lados. Essas trincas começam com abertura menor ou igual a 1mm (baixo grau de severidade), depois forma peças sem erosão nas bordas ou com pouca erosão nas bordas (médio grau de severidade) que se evoluem (alto grau de severidade) apresentando algumas peças soltas. Provavelmente essas trincas são causadas pelo sub-dimensionamento ou má qualidade da estrutura ou de camadas do pavimento, solo com baixa qualidade de suporte, envelhecimento, asfalto duro e quebradiço, ou pelo colapso do revestimento asfáltico devido à repetida ação das cargas de tráfego.

O trincamento em blocos é um conjunto de trincas que divide a superfície do asfalto em peças com área variando de aproximadamente 0,1 a 10 m<sup>2</sup>. São provavelmente causadas pela contração da capa asfáltica em função da variação de temperatura, baixa resistência à tração na mistura asfáltica.

O trincamento na borda é normalmente situado ao longo de uma faixa de 30 a 60 cm da borda do pavimento ou da junção onde o pavimento sofreu alargamento. Causados pela construção defeituosa do acostamento ou alargamento, diferença de rigidez entre os materiais constituintes do alargamento e do pavimento antigo, isolamento insuficiente da separação, compactação insuficiente, ação erosiva da água (devido à drenagem insuficiente), largura insuficiente da pista.

O trincamento parabólico é formado por trincas em forma de meia lua ou quarto crescente, geralmente com as pontas indicando a direção do tráfego. Causados por baixa resistência da mistura asfáltica, mau vínculo entre a superfície de rolamento e a camada subjacente da estrutura do pavimento.

O trincamento transversal é um conjunto de trincas perpendiculares à linha central do pavimento. As causas prováveis são: contração da capa asfáltica, devido a baixas temperaturas ou endurecimento de asfaltos, propagação de trincas abaixo do revestimento da estrada. Este tipo de trincamento não abrange trincas associadas às cargas. É medido em metros lineares.

O trincamento longitudinal é um conjunto de trincas paralelas à linha central do pavimento. Causados pela má execução da junta longitudinal de separação entre duas faixas de tráfego, recalque diferencial, no caso de alargamento do pavimento, contração da capa asfáltica devido a baixas temperaturas ou endurecimento do asfalto, propagação de trincas abaixo do revestimento da estrada, ruptura da estrutura do pavimento. É medido em metros lineares.

**c) Remendo**

O remendo é uma porção do revestimento onde o material original foi removido e outro material, similar ou diferente, foi recolocado em seu lugar. Causado por carga de tráfego, emprego de material de baixa qualidade, ação do meio ambiente, má construção. São medidos em metros quadrados de área.

**d) Panela ou Buraco**

As panelas são cavidades de tamanhos variados, no revestimento do pavimento. Causadas provavelmente por trincas de fadiga, desintegração localizada na superfície do pavimento. São medidas por profundidade e por área de superfície, em metros quadrados.

**e) Afundamento de trilha de roda**

O afundamento de trilha de roda é uma depressão nas trilhas de roda, causada por compactação inadequada durante a construção, mistura asfáltica ruim, enfraquecimento dos materiais abaixo do pavimento. É medido por profundidade, na trilha externa e interna, com o auxílio de uma régua de alumínio e uma trena.

**f) Corrugação**

A corrugação é um movimento plástico do revestimento asfáltico, caracterizado por ondulações transversais ao longo da superfície, causada pela falta de estabilidade da mistura asfáltica, na estação quente, excessiva umidade no solo do subleito, contaminação da mistura asfáltica, falta de aeração das misturas líquidas de asfalto. É medido em metros quadrados de superfície. A área ondulada deve ser obtida por intermédio do retângulo a ele circunscrito, com um lado paralelo ao eixo da rodovia.

**g) Escorregamento do revestimento betuminoso**

O escorregamento do revestimento betuminoso é um movimento horizontal localizado na capa do tráfego, motivado pela pressão dos veículos contra o pavimento, que produz uma onda curta na superfície do pavimento, causado por mistura pouco estável, má ligação entre o revestimento e a camada subjacente, parada e saída de veículos nas interseções e compactação deficiente dos pré-misturados asfálticos. A área deste deve ser obtida por intermédio do retângulo a ele circunscrito, com um lado paralelo ao eixo da rodovia.

### **h) Exsudação do ligante betuminoso no revestimento**

A exsudação é uma mancha de material betuminoso que aparece na superfície do pavimento, criando um brilho, causado por excesso de ligante na mistura betuminosa, é medido em metros quadrados de superfície. A área atingida deve ser obtida por intermédio do retângulo a ele circunscrito, com um lado paralelo ao eixo da rodovia.

### **i) Desgaste**

O desgaste é a corrosão do revestimento do pavimento, causado pelo intemperismo, compactação insuficiente, condições defeituosas de execução, é medido em metros quadrados de superfície. A área atingida deve ser obtida por intermédio do retângulo a ele circunscrito, com um lado paralelo ao eixo da rodovia.

Colocado por PREUSSLER (1983), a deformação permanente é caracterizada por uma modificação na superfície do pavimento no período inicial até a pós-construção, devido à consolidação das camadas do pavimento e do subleito, proporcionado pelo tráfego, que corresponde ao surgimento de trilha de roda. De acordo com o DNER (1988) esta deformação encontra-se no seu estágio terminal quando houver ruptura de uma ou mais camadas do pavimento, acompanhada de uma elevação lateral das bordas de trilha, ocasionada na movimentação das partículas do solo, através de um processo de ruptura plástica. O comprometimento estrutural do pavimento pode ter um valor superior a 1,2 cm de afundamento da deformação permanente. A fluência plástica pode ser controlada na sua fase de projeto, na seleção dos materiais de acordo com sua resistência de cisalhamento, através do CBR ("*California Bearing Ratio*") ou ISC (Índice de Suporte Califórnia) e do traço e armação do concreto.

A determinação da capacidade de suporte do subleito e dos materiais granulares constitutivos do pavimento é feita pelo CBR, em corpos de prova indeformados ou moldados em laboratório, nas condições de massa específica e umidades especificadas para o serviço no campo e submetidos a embebição durante quatro dias (SOUZA, 1980).

SENÇO (1997) diz que o CBR é sem dúvida uma das características mais aceitas para avaliar o comportamento de um solo, quer como componente das camadas de um pavimento.

O ensaio CBR foi idealizado por O. J. Porter, diretor da Divisão de Materiais do *California Highway Department*, no final dos anos 30, para definir a resistência

(capacidade de suporte da plataforma) dos materiais granulares empregados nos serviços de pavimentação, a seqüência do ensaio é a seguinte:

- a) Determinação da umidade ótima e do peso específico máximo;
- b) Determinação das propriedades expansivas do material;
- c) Determinação do “Índice de Suporte Califórnia” (ISC), em inglês “*California Bearing Ratio*” (CBR).

Os ensaios são realizados com a amostra de solo compactada e em condições padronizadas, dentro de um molde cilíndrico com, aproximadamente, 15 cm de diâmetro e 17,5 cm de altura, provido de um colarinho de extensão com 5 cm de altura.

## **2.7 – CONTROLE DO MATERIAL - CONCRETO**

O concreto é uma mistura de cimento, areia, brita ou cascalho e água em determinadas proporções.

O emprego dos concretos é muito grande na construção, o concreto armado veio aumentar ainda mais o seu uso, (BAUER, 1994).

### **2.7.1 - RESISTÊNCIA DO CONCRETO**

BAUER (1994), considera a resistência dos concretos aos esforços de compressão, tração, cisalhamento, flexão, depende, para um mesmo tipo, da qualidade e proporção dos componentes, do amassamento, do adensamento, da temperatura, da cura e da idade.

Geralmente, para cimentos comuns, toma-se como base à resistência aos 28 dias, que é exigida nas especificações, freqüentemente interessa conhecer aos 7 dias.

### **2.7.2 - FABRICAÇÃO DO CONCRETO**

BAUER (1994), considera que a mistura é a operação de fabricação do concreto, destinada a obter um conjunto homogêneo resultante do agrupamento interno dos agregados, aglomerantes, aditivos e água.

### **2.7.3 - PROCESSO MANUAL**

Para YAZIGI (1998), são utilizados para pequenos volumes ou para pequenas construções (reformas, casas populares, quando não há fornecimento de eletricidade),

deverá ser realizado sobre uma superfície plana impermeável e resistente. Deve-se misturar primeiro a seco, os agregados e o cimento até formar uma cor uniforme, depois acrescentar a água, seguindo sempre a seguinte ordem:

- a) Espalhar a areia, formando uma camada de uns 15 cm;
- b) Sobre a areia colocar o cimento;
- c) Com uma pá ou enxada, mexer a areia e o cimento até formar uma mistura bem uniforme;
- d) Espalhar a mistura, formando uma camada de 15 cm a 20 cm;
- e) Colocar a brita sobre esta camada, mexendo muito bem;
- f) Formar um monte com uma cratera no meio;
- g) Adicionar a água aos poucos, misturando com cuidado para que ela não escorra;
- h) Quando a mistura é pastosa, mais para espesso, parar de adicionar água, pois se continuando a misturar, o concreto vai ficando mais mole.

#### **2.7.4 - PROCESSO MECÂNICO**

YAZIGI (1998), recomenda, para grandes construções. Este processo tem a vantagem de fabricação mais rápida, mais homogênea e de melhor qualidade.

A máquina para preparar o concreto é denominada betoneira, que gira em torno de um eixo que pode ser vertical, horizontal ou inclinado.

##### **2.7.4.1 - Ordem de Colocação dos Materiais na Betoneira**

Não há regras gerais, pois isso depende do tipo e das dimensões dos mesmos.

Há, no entanto, algumas regras especificadas que se seguem:

- a - Não colocar o cimento em primeiro lugar, pois, se a betoneira estiver seca, perder-se-á parte dele, e, se estiver úmida, ficará muito cimento revestindo-a internamente.
- b - Em primeiro lugar, a água, e em seguida o agregado graúdo, pois a betoneira ficará limpa. Estes dois materiais retiram toda a argamassa que geralmente fica retida nas palhetas internas, da betonada anterior.
- c - Colocar em seguida o cimento, pois, havendo água e pedra, haverá uma boa distribuição de água para cada partícula de cimento.

d - Finalmente, coloca-se o agregado miúdo, que faz um tamponamento nos materiais já colocados.

OBS: Se for necessário acrescentar aditivos, deve-se seguir essa seqüência:

- a) Aditivos em pó = Junto com o agregado graúdo;
- b) Aditivos em líquido = Junto com a água.

### **2.7.5 - TRANSPORTE**

Segundo YAZIGI (1998), o sistema de transporte do concreto, do equipamento de sua fabricação ao local de aplicação, depende do tipo, da localização e do volume da obra.

A condição principal imposta ao sistema de transporte é a de manter a homogeneidade do material.

Outra condição é a de que seja rápida, a fim de evitar que o concreto perca a trabalhabilidade ou seque.

Podemos classificar de várias maneiras o sistema de transporte:

### **2.7.6 - LANÇAMENTO**

O lançamento ou a colocação do concreto nas fôrmas ou local de aplicação inclui três operações fundamentais: a preparação da superfície para o receber, a colocação do material transportado no local de aplicação e, finalmente, a maneira como deve ficar depositado, de modo a receber a compactação, (YAZIGI, 1998).

#### **2.7.6.1 - Tempo de Lançamento**

O concreto deverá ser lançado logo após o amassamento, não sendo permitido entre o fim deste e o de lançamento intervalo superior à uma hora; se for utilizada agitação mecânica, esse prazo será contado a partir do fim da agitação. Quando houver necessidade de aumentar esse intervalo, deverá ser utilizado um retardador de pega e endurecimento.

Depois desse prazo, o concreto começa a perder a trabalhabilidade.

### **2.7.6.2 - Juntas de Dilatação e de Retração**

Para prevenir ou limitar as tensões provenientes de variações nas dimensões do concreto, ou permitir a concretagem de grandes peças, mantendo o concreto impermeável a líquido, usam-se vários tipos de juntas elásticas e de apoio.

### **2.7.6.3 - Normas para Juntas Frias**

Juntas frias nada mais é do que as juntas construtivas que aparecem, em geral, quando a concretagem é retomada depois do tempo de pega da camada anterior.

As regras gerais provenientes das normas (DIN, Americana), podem ser resumidas nos sete itens a seguir:

a - Retirada a calda ou nata de cimento da superfície proveniente da subida, por ocasião da vibração, de ar, água, cimento e agregados finos.

Essa retirada pode ser feita 4 a 12 horas após a concretagem, com jato de ar ou água, até uma profundidade de 5 mm ou até o aparecimento do agregado graúdo, que deverá ficar limpo.

b - Tal limpeza deverá repetir - se 24 horas antes da retomada da concretagem para retirada do pó e dos resíduos;

c - Não pintar a área de contato com nata de cimento, um costume errado e prejudicial para uma boa ligação das duas partes, porque forma uma película alisante e isolante.

d - Durante as 24 horas que precedem a retomada de concretagem, a superfície deve ser saturada de água, para que o novo concreto não tenha sua água de mistura necessária a hidratação do concreto, retirada pela absorção do concreto velho;

e - Quando a interrupção entre as duas concretagens é bastante prolongada, recomenda-se aplicar uma fina camada de argamassa (1 a 2 cm de espessura) de cimento e areia (1:1), imediatamente antes da retomada da concretagem;

f - Colocar o novo concreto sobre o velho, com especial cuidado no sentido de se evitar a formação de bolsas de pedra, provenientes de falta de homogeneidade devido à mistura deficiente, transporte e colocações irregulares;

g - A ligação entre o concreto existente de uma construção velha e concreto novo, a junta deve ser tratada com um adesivo específico à base de epóxi, observando com rigor o tempo em que pode aplicar o adesivo ou iniciar o lançamento do concreto.

### **2.7.7 - ADENSAMENTO**

Para obtenção de concreto compacto com o mínimo de vazios, após a colocação do concreto nas fôrmas, há necessidade de compactá-lo através de processos manuais ou mecânicos, que provocam a saída do ar, facilitam o arranjo interno dos agregados, melhoram o contato do concreto com as fôrmas e as ferragens, (BAUER, 1994)

Entre os processos podemos citar os seguintes:

#### **2.7.7.1 - Adensamento Manual**

É executado em concreto plástico. A espessura máxima a ser compactada é de 20 cm e essa compactação só deve cessar quando aparece na superfície do concreto uma camada lisa de cimento e elementos finos do concreto. É um processo usado apenas em obras menor tamanho ou onde há falta, temporária ou parcial, de energia.

#### **2.7.7.2 - Adensamento Mecânico**

Onde há energia, a compactação mecânica, por sua maior eficiência, é a preferível.

O adensamento mecânico é feito com soquetes apropriados, em geral movidos a ar comprimido, utilizados principalmente nas fôrmas, aplicando-se 100 a 150 golpes por minuto, ou sobre o próprio concreto, com o equipamento popularmente denominado "sapo".

Esse processo deve ser feito contínuo e perfeitamente, cuidando para que o concreto preencha todos os recantos da fôrma para não formar ninhos e evitar segregações dos agregados. Evitar a vibração da armadura para que não se formem vazios ao seu redor, com prejuízos da aderência.

No uso de vibradores de imersão, eles devem ser introduzidos na massa de concreto em posição vertical ou pouco inclinada, para não prejudicar o seu funcionamento, mas nunca com inclinação maior que 45° em relação à vertical.

A duração de vibração depende da plasticidade do concreto, garantindo uma boa mistura de agregados, mas deve-se evitar uma duração longa demais, que pode provocar uma desagregação do concreto.

O operador do vibrador deve cuidar para que a massa de concreto penetre em cada canto ou reentrância da fôrma e envolva completamente as barras da armadura, como também somente ele sabe qual a duração do adensamento. Esta é uma tarefa de grande responsabilidade e deve ser sempre controlada e instruída pelo mestre.

Nas colunas e paredes recomenda-se usar um vibrador de parede, já nas lajes e pisos até 8 cm de espessura, o vibrador de imersão tem pouca eficiência e deve neste caso, ser usada uma régua vibratória.

### **2.7.8 - CURA**

YAZIGI (1998), considera um conjunto de medidas que têm por objetivo evitar a evaporação da água utilizada na mistura do concreto e que deverá reagir com cimento, hidratando-o.

As várias qualidades desejáveis num bom concreto-resistência mecânica à ruptura e ao desgaste, impermeabilidade e resistência ao ataque de agentes agressivos - são extremamente favorecidas e até mesmo somente conseguidas através de uma boa cura.

O concreto fresco é muito sensível à ação do sol e do vento que, provocando a evaporação da água da mistura, impossibilita a plena hidratação do cimento, além de promover um forte aumento no fenômeno da retração, responsável pelo aparecimento de fissuras e trincas, o que torna o concreto menos resistente e mais suscetível ao ataque de agentes agressivos. Quanto mais perfeita e mais demorada for a cura do concreto, tanto melhores serão as suas características.

O período mínimo de cura deve ser, em média, de 7 a 10 dias, quando se constrói com cimento Portland; quando a temperatura se aproxima de zero graus centígrados, este período deve ser duplicado, e os dias em que a temperatura descer abaixo de zero, não se concretam neste intervalo de tempo.

Será preciso providenciar uma cura adequada, que deverá ser tão mais perfeita e demorada quanto mais severas forem as condições climáticas.

### 2.7.8.1 - Temperatura de Cura

As temperaturas favoráveis a uma boa cura situam-se no intervalo de 15 a 35° C, no qual se situam também as temperaturas usuais na maioria das obras.

### 2.7.8.2 - Métodos de Cura

**a - Irrigação ou aspersão de água** = um dos métodos mais simples de proteção do concreto fresco é a utilização contínua de irrigação da superfície exposta ou a aspersão de água em intervalos freqüentes.

**b - Submersão** = é sem dúvida, o método ideal de cura, só que sua aplicação é restrita e em geral nada prática. Pode ser empregado com sucesso em lajes, pisos e pavimentos em que há grande superfície exposta e quando não há necessidade da utilização da superfície nos primeiros dias.

**c - Recobrimento** = muito utilizada em obras é a proteção do concreto com recobrimento, para evitar a ação direta do sol e do vento.

Esse recobrimento deve ser realizado, mantendo a umidade; podem utilizar-se, para tal fim, sacos de cimento, tábuas, etc. embora evite a ação direta do sol e do vento, não impede a evaporação, por absorção, da umidade do concreto pelo ar ambiente, sendo um método muito falho.

**d - Recobrimento com plásticos e semelhantes** = pode-se utilizar o recobrimento ou envolvimento das peças com plásticos ou papéis impermeáveis, que devem ser vedados e presos nas extremidades, para evitar a passagem de corrente de ar, que favorece a secagem rápida.

**e - Conservação das fôrmas** = apenas aplicável em peças nas quais as fôrmas protegem a maior parte da superfície, tais como pilares e, em geral, vigas.

Ainda assim, tratando-se de fôrmas de madeira ou equivalentes, deve-se tomar precauções de molhá-las em intervalos freqüentes, para impedir a evaporação através da madeira.

Sendo os moldes metálicos, não há evaporação através deles.

**f - Impermeabilização por pinturas** = há inúmeras tintas, resinas e produtos asfálticos ou derivados de alcatrão que se prestam à pintura de concretos. Estas têm, em geral, caráter permanente, ou pelo menos não se restringem ao período inicial de cura propriamente dita.

**g - Aplicação de cloreto de cálcio** = a aplicação superficial do cloreto de cálcio, na proporção 800 g a 1 Kg por m<sup>2</sup>, provoca a absorção de água do ambiente, mantendo úmida a superfície.

**h - Membrana de cura** = as membranas de cura mantêm a impermeabilidade superficial do concreto por um certo período de tempo, em geral 3 a 4 semanas, evitando, assim, a rápida secagem do concreto, através de um filme impermeável que duro aproximadamente esse tempo.

Esse processo é de interesse especial quando os concretos são confeccionados com cimentos pozolânicos ou de escórias.

As substâncias que permitem obter membranas de cura são emulsões aquosas ou soluções de produtos resinosos ou parafínicos. A cor é clara, para não absorver a radiação solar.

O melhor instante para a aplicação da membrana de cura é aquele em que desaparece a água livre da superfície, isto é quando desaparece o brilho característico da água livre.

Após três ou quatro semanas, se desintegram e são facilmente removíveis a fim de que a argamassa possa ser aplicada posteriormente.

## **2.7.9 - FATORES QUE AFETAM A CONSISTÊNCIA**

### **2.7.9.1 – Teor de água / mistura seca**

O principal fator que influi na consistência é, o teor água/mistura seca, expresso em porcentagem do peso da água em relação ao peso da mistura de cimento e agregados.

É através do teor água/mistura seca que verifica a influência, obviamente indireta, do fator água/cimento na consistência, (BAUER, 1994).

### **2.7.9.2 – Granulometria e forma do grão do agregado**

Segundo BAUER (1994), se fixar o fator estudado, teor de água/mistura seca, e se modificar a granulometria, ou seja, a relação agregada miúdo/agregado graúdo, observar-se-á uma mudança na consistência do concreto. Se houver uma redução na superfície específica do agregado, o concreto tornar-se-á mais plástico, em caso contrário, menos plástico.

De um modo geral, os agregados graúdos e miúdos devem ser uniformemente graduados, sendo aconselhável que não haja predominância de determinada fração sobre a outra.

### **2.7.9.3 - Aditivos**

Os concretos plásticos, preparados com agregados satisfatórios suficientes cimento e correta quantidade de água para permitir determinada consistência, não necessitam de aditivos. Estes, no entanto, são úteis nos concretos pobres e ásperos, (BAUER, 1994).

Há grande variedade de aditivos disponíveis que afetam a consistência do concreto, cumprem muita bem sua função. O uso indiscriminado dos aditivos, porém, pode determinar efeitos mais prejudiciais que benéficos.

### **2.7.9.4 – Tempo e temperatura**

Para YAZIGI (1998), as misturas de concreto recém-preparadas enrijecem com o tempo. Esse enrijecimento não deve ser confundido com a pega do cimento, pois resulta da absorção de parte da água pelo agregado, da evaporação de outra parte, sobretudo se o concreto estiver exposto ao sol e ao vento, e, ainda, da perda da água utilizada nas reações químicas de hidratação iniciais.

Pelas razões acima, que evidenciam mudança na consistência, e porque o que nos interessa da consistência no momento do lançamento, aconselha-se que sua verificação seja realizada certo tempo após a mistura (15 minutos, por exemplo).

A consistência de uma mistura também é afetada pela temperatura ambiente, que modifica a temperatura do próprio concreto. Esse fato determina variações na quantidade de água necessária à mistura, para uma mesma consistência.

### **2.7.10 - MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA CONSISTÊNCIA**

Os métodos de medição da consistência podem-se incluir nos seguintes tipos:

- \* Ensaio de Abatimento;
- \* Ensaio de Penetração;
- \* Ensaio de Escorregamento;
- \* Ensaio de Compactação;
- \* Ensaio de Remoldagem.

Os outros ensaios incluem a combinação de vários desses métodos, (BAUER, 1994).

#### **2.7.10.1 – Ensaio de abatimento**

Num molde de chapa metálica, com forma de tronco de cone de 20 cm de diâmetro na base, 10 cm no topo e 30 cm de altura, apoiado numa superfície rígida, o concreto fresco é moldado em três camadas iguais, adensadas, cada uma com 25 golpes, por uma barra de 16 mm de diâmetro e 60 cm de comprimento, de acordo com a MB - 256. Em seguida o molde é retirado verticalmente, deixando o concreto sem suporte lateral. Sob a força da gravidade, a massa abate mais ou menos simetricamente, aumentando seu diâmetro médio, enquanto sua altura diminui.

O abatimento ou slump corresponde à diferença entre 30 cm e a altura após remoção do molde.

É de grande utilidade para controlar um mesmo concreto de slump conhecido. Uma variação de seu valor alerta o operador no sentido de corrigir a situação. Esse ensaio é muito empregado no controle tecnológico do concreto.

#### **2.7.10.2 – Ensaio de penetração**

Existem vários processos práticos de determinar a consistência através da penetração na massa do concreto fresco. Entre eles destaca-se o de KELLY.

##### **a) Ensaio com a Bola de KELLY**

Consistem em determinar a profundidade do mergulho de um cilindro, tendo um hemisfério com 15 cm de diâmetro e 15 Kg de peso. Constitui o método de ensaio da ASTM- C 360 / 63.

A profundidade de penetração é obtida da leitura na escala gravada naquela haste, utilizando-se o topo do suporte como linha de referência.

Na prática, a bola de Kelly é utilizada para verificar as alterações da mistura, tais como as decorrentes da variação de umidade.

#### **b) Outros Ensaio de Penetração**

Na Europa são utilizados outros ensaios de pouco interesse aqui, que são os de Graff, Humm e Irribarien, na qual não serão descritos.

#### **2.7.10.3 – Ensaio de escorregamento**

Este ensaio de laboratório nos dá indicação da consistência do concreto e de sua qualidade quanto à segregação: é medido pelo espalhamento de um tronco de cone desse material sujeito a golpes. É apropriado para os concretos pouco plásticos, ricos e coesivos. O ensaio é normalizado pela ASTM e designado por C 124/39.

O aparelho é formado de uma mesa metálica de 75 cm de diâmetro, montada sobre um suporte que lhe permite aplicar quedas de 12 mm. Um molde com a forma de um tronco de cone de 25 cm de diâmetro na base, 17 cm no topo e altura de 12,5 cm, é colocado no centro da mesa e o enchimento é feito em duas camadas e compactadas da mesma maneira que o ensaio de abatimento. O molde é removido e aplicado à mesa 15 golpes em 15 segundos, através de uma manivela. O concreto se espalha sobre a mesa; mede - se o diâmetro médio do concreto espalhado; o escorregamento é avaliado como porcentagem do diâmetro original (25 cm):

$$e = \frac{\phi_{25}}{25} 100$$

#### **2.7.10.4 – Ensaio fator de compactação**

O grau de compactação chamado fator de compactação, é medido pela relação entre os pesos específicos, isto é, entre o peso específico atualmente observado no ensaio e o peso específico do mesmo concreto completamente compactado.

O concreto é posto cuidadosamente no primeiro recipiente, deixando cair no segundo e, enfim, no terceiro, onde é medido seu peso específico.

### **2.7.10.5 – Ensaio de remoldagem**

#### **a) Ensaio de Powers**

A principal parte do aparelho é um recipiente cilíndrico, dentro do qual se encontra um anel concêntrico suspenso acima do fundo. O conjunto é fixado a uma mesa de consistência (flow-table). O cone de abatimento utilizado no “slump test” serve para a moldagem do concreto a ser ensaiado. Retirado esse cone, um disco metálico é colocado no topo do concreto moldado. A mesa é, então, posta em funcionamento num ritmo de uma queda por segundos, até que o fim da operação seja alcançado quando o traço marcado na haste atingir o topo de referência existente na guia. Para conseguir essa remoldagem, o esforço necessário é através da contagem do número de golpes registrados.

O ensaio de Powers é eminentemente laboratorial, sua validade decorre do fato de que o esforço, para remoldagem, esta estritamente ligado à consistência.

O número de segundos necessários a remoldagem passou a ser um índice de caracterização da consistência do concreto.

#### **b) Ensaio VêBê**

Constam da medida do tempo, em segundos, necessários para que se verifique a completa remoldagem de um tronco de cone moldado em forma idêntica à do ensaio de abatimento, sob condições normalizadas. A remoldagem é considerada completa quando a nata de cimento ocupa toda a superfície sob uma placa de vidro que, apoiando-se inicialmente no topo do tronco de cone de concreto, acompanha sua transformação em cilindro. Esse fato pode ser observado visualmente e ocorre quando todas as cavidades na superfície desaparecem.

### **2.7.11 - USOS DE ADITIVOS NO CONCRETO**

#### **2.7.11.1- Conceito**

São produtos adicionados, em pequenas quantidades, aos concretos e argamassas, conferindo certas propriedades, no estado fresco ou endurecido, (YAZIGI, 1998).

#### **2.7.11.2 – Cuidados no uso dos aditivos**

- a) Comparação do custo final do concreto com as características especificadas, obtidos por intermédio do emprego do aditivo;

- b) Conhecimento dos efeitos reais do aditivo;
- c) Avaliação dos efeitos causados pelos aditivos nas obras;
- d) Habilitação da mão - de - obra para o uso dos aditivos.

## **2.8 - CIMENTO PORTLAND:**

Segundo BAUER (1994), cimento é o produto obtido pela pulverização de clinker constituído essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com uma certa proporção de sulfato de cálcio natural, contendo, eventualmente, adições de certas substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego.

O clinker é um produto de natureza granulosa, resultante da calcinação de uma mistura daqueles materiais, conduzida até a temperatura de sua fusão incipiente.

### **2.8.1 - CONSTITUINTES:**

Cal, sílica, alumina e óxido de ferro são os componentes essenciais do cimento Portland e constituem, geralmente 95 a 96% do total na análise de óxidos. A magnésia, que parece permanecer livre durante todo o processo de calcinação, esta usualmente presente na proporção de 2 a 3%, limitada pelas especificações, a um máximo permissível de 5%. No Brasil, esse limite é um pouco superior (6,4%). Os óxidos menores comparecem em proporções inferiores a 1%, excepcionalmente 2%.

### **2.8.2 – PEGA DO CIMENTO**

- a) A pega é o fenômeno químico que se realiza inicialmente até a solidificação da pasta do cimento.
- b) Terminada a pega, continua o endurecimento do cimento durante longo tempo, aumentando gradativamente a sua dureza e resistência.
- c) A pega sofre a influência de diversos fatores, sendo retardada pelas temperaturas baixas e acelerada pelas temperaturas elevadas, desde que não sejam exageradas.
- d) A quantidade de água também exerce influência, retardando ou acelerando-a, conforme a sua maior ou menor porcentagem.
- e) Durante a pega observa-se sempre aumento de temperatura, tanto mais sensível quanto mais rápida ela for.

- f) O cimento de qualidade média inicia a pega geralmente de meia a uma hora depois de estar argamassado. Alguns cimentos completam a pega depois de 4 a 5 horas e outros depois de 10 a 12 e mesmo 24 horas.
- g) O adensamento dos conglomerados deve ser feito antes do início da pega.
- h) O endurecimento é um pouco maior em presença do ar e desde que a massa seja convenientemente curada, isto é, convenientemente umedecida durante algum tempo. O endurecimento alcançado nos primeiros 7 dias aumenta ainda lentamente com o tempo.

### **2.8.3 - IMPERMEABILIDADE**

As argamassas de cimento possuem um grau de impermeabilidade elevado que aumenta de modo notável com o tempo. O grau de impermeabilidade depende do teor de cimento da argamassa e da natureza e granulometria do agregado.

### **2.8.4 – FABRICAÇÃO DOS CIMENTOS**

O cimento Portland é atualmente produzido em instalações industriais de grande porte, localizadas junto às jazidas que se encontram em situação favorável quanto ao transporte do produto acabado aos centros consumidores.

A fabricação do cimento Portland comporta seis operações principais, a saber:

- a) Extração da matéria-prima;
- b) britagem;
- c) moedura e mistura;
- d) queima;
- e) moedura do clinker;
- f) expedição.

O cimento pode ser fabricado por via seca ou via úmida:

#### **a - O processo por via seca:**

- O calcário argiloso, no caso de cimentos naturais, ou o calcário e a argila, no caso de cimento artificial, são previamente reduzidos a pó;

- A mistura é em seguida levada aos fornos e submetida a uma temperatura mais ou menos de 1500°C, que se aproxima de seu ponto de fusão, quando começa a se derreter;
- A cozedura efetua-se moderadamente em grandes fornos, chamados rotativos, formados por longos cilindros de aço de 2,5 a 3,5 m de diâmetro e com 30 m a 120 m de comprimento, aquecidos a carvão, óleo ou gás;
- Sofrendo transformações químicas de que resulta um produto de qualidades físicas e químicas próprias, que se denominam clínquer. Os clínquers tem a forma de pequenas pedras e são de cor escura;
- Depois de esfriados até 70°C, em aparelhos especiais, recebem uma pequena quantidade de gesso para regularizar o tempo de pega. Em seguida procede-se a sua moagem passando a clínquer por diversos moinhos até reduzir-se a pó impalpável.

#### **b - Processo por via úmida**

- No processo por via úmida, o calcário argiloso ou o calcário comum e a argila, depois de reduzidos a pó, são colocados em tanques especiais de manipulação onde são mexidos até se misturarem intimamente em presença de água, formando uma pasta homogênea, passa depois, para os tanques de sedimentação e aí permanece em repouso durante 2 a 3 meses;
- Essa pasta é levada aos secadores e depois aos fornos. O processo de fabricação por via seca é mais rápido.

#### **2.8.5 - ARMAZENAMENTO**

- a) O cimento exige algum cuidado no seu armazenamento no canteiro de serviço;
- b) É necessário evitar qualquer risco de hidratação;
- c) Os sacos de papel não garantem a impermeabilização necessária, razão pela qual não se deve armazenar cimento por muito tempo;

- d) Os barracões de armazenamento devem ser bem cobertos e bem fechados lateralmente, devendo-se o soalho bem acima do nível do solo;
- e) Para armazenagem por curto espaço de tempo, pode-se cobrir as pilhas de sacos de cimento com lona, sendo elas colocadas sobre estrados de madeira convenientemente elevados do solo;
- f) Não se recomenda o armazenamento de cimento por mais de três meses;
- g) Quando se inicia a hidratação, o que se reconhece pela existência de nódulos que não se desmancham com a pressão dos dedos, o cimento torna-se suspeito a ter-se iniciado seu ponto de pega.

---

## **3 – MATERIAIS E MÉTODOS**

---

### **3.1 – ÁREA E LOCALIZAÇÃO**

A cidade de Chapada dos Guimarães originou-se do município de Cuiabá, sendo elevada à categoria de município no ano de 1953, quando foi desmembrada de Cuiabá, tornando-se, na época o maior município do Estado que possuía uma área de 145.491 km<sup>2</sup>.

A cidade de Chapada dos Guimarães situa-se no Estado de Mato Grosso na Região Centro-Oeste do Brasil, limitando-se aos municípios de Nova Brasilândia, Campo Verde, Santo Antônio do Leverger, Rosário Oeste e Cuiabá, perfazendo uma extensão de 6.494,02 km<sup>2</sup>.

A localização geográfica do município de Chapada dos Guimarães encontra-se na mesoregião 150, microrregião 534 – Cuiabá, Centro-Sul de Mato Grosso, tendo suas coordenadas geográficas de 15°17'25" de latitude Sul e 55°48'15" de Longitude Oeste Gr.

O Município dista da Capital Cuiabá 62 km, seguindo a MT-305, sendo este banhado pela grande Bacia da Prata. As informações a seguir foram obtidas a partir de dados do Acervo Bibliográfico da Prefeitura Municipal de Chapada dos Guimarães, MT.

#### **3.1.1 – RELEVO**

O relevo do município de Chapada dos Guimarães se caracteriza pela presença do Complexo da Chapada que se estende pelo município, atingindo grandes altitudes, chegando a alcançar uma cota de 793m acima do nível do mar na sede municipal.

### 3.1.2 – CLIMA

O clima do município em questão é pertencente à Unidade Climática – II, definido como Clima Tropical Continental Altamente Úmido e Seco, se aproximando do tropical de altitude nas regiões mais elevadas, com 5 meses de período seco. Quanto a sua gênese, caracteriza-se como de Circulação Atmosférica – Climas Controlados por Sistemas Tropicais Continentais.

O Estado de Mato Grosso recebe um total pluviométrico médio anual entre 2.700 e 1.200mm, e na região do município em estudo a pluviosidade média é de 1.500mm com maior intensidade na estação de verão, principalmente nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, estando sua distribuição espacial ligada à posição geográfica da região, em face dos sistemas regionais da circulação atmosférica e também dos aspectos orográficos.

A elevação da altitude, associada ao aumento de latitude, é responsável pelo decréscimo da temperatura nos trechos mais elevados das chapadas. A temperatura média anual no Estado varia de 27°C, ao Norte, a 20°C nos morros isolados e mais elevados ao Sul. Na região do município de Chapada dos Guimarães, a temperatura média anual varia entre 23,6°C e 21,2°C, em janeiro média de 23,6°C a 22,3°C e em julho varia de 22,1°C a 18,1°C, sendo os picos máximo de 40°C e mínimo de 0°C.

### 3.1.3 – SOLO

São materiais resultantes do intemperismo ou meteorização das rochas, por desintegração mecânica ou decomposição química. Por desintegração mecânica, através de agentes como água, temperatura, vegetação e vento, formando-se os pedregulhos e areias (solos de partículas com tamanho intermediário), e somente em condições especiais, as argilas (partículas finas). Por decomposição química entende-se o processo em que há modificação química ou mineralógica das rochas de origem. O principal agente é a água e os mais importantes mecanismos de ataque são a dissolução, a carbonatação, a oxidação e redução, a hidratação e a hidrólise.

Neste trecho em questão, os solos desenvolvidos são predominantemente do tipo Lateríticos do Terciário-Quaternário, mas podemos encontrar três tipos de solo distintos: o latossolo vermelho-escuro distrófico é um solo de textura argilosa, originalmente recoberto extensivamente por Savana Arbórea Aberta. Em função das declividades muito baixas e de características locais do solo, ocorrem, em alguns trechos do chapadão, áreas de acumulação inundáveis e uma rede de drenagem de fundo

plano e raso. Nestas áreas, sujeitas a inundações periódicas, tem-se uma vegetação de Savana Parque e, nos fundos dos vales, ocorrem as veredas, onde se encontra vegetação pioneira com buritis, que constituem o segmento inicial da cobertura vegetal típica da região Centro-Oeste; as areias quartzosas são encontradas a NW (noroeste) da cidade, onde são muito freqüentes as erosões; os solos litólicos distróficos ocupam uma extensa área ao Sul, são oriundos do retrabalhamento dos sedimentos arenosos da Formação Furnas e Ponta Grossa.

### **3.1.3.1 – FORMAÇÃO FURNAS**

Os sedimentos da Formação Furnas compõem-se predominantemente de arenito ortoquartzítico e de arenitos conglomeráticos, conglomerados e arenitos finos interestratificados. A base da camada é composta por arenitos conglomeráticos.

A unidade denota ambiente de sedimentação marinho na parte inferior, continental fluvial na porção mediana e marinho transgressivo no topo, indicando o contato gradacional para os sedimentos arenosos com intercalações pelíticas da Formação Ponta Grossa, definindo sua idade Siluro-Devoniana. A espessura da unidade não excede 200m. Na região estudada, estes sedimentos formam as escarpas da Serra da Chapada.

### **3.1.3.2 – FORMAÇÃO PONTA GROSSA**

A área de ocorrência destes sedimentos situa-se desde a parte superior das escarpas da Serra da Chapada até o seu topo, estando recobertos por sedimentos inconsolidados da Cobertura Detrito-Lateríticas Neogênicas.

Os sedimentos da Formação Ponta Grossa têm uma espessura máxima de 467m, apresentando na porção basal uma predominância de arenito, com gradativas intercalações pelíticas e delgados níveis conglomeráticos. À medida que se sobe na seqüência, os arenitos vão dando lugar a clastos mais finos, representados por silticos e/ou argilosos e argilitos. Entretanto níveis de arenitos secundários voltam a ocorrer irregularmente ao longo de todo pacote.

Na zona inferior da cobertura Detrito-Lateríticas Neogênica, constitui-se por areias inconsolidadas, argilas, concreções ferruginosas e eventuais lentes conglomeráticas; uma zona média, com espessos lateritos ferruginoso; e uma zona superior, com solo argilo-arenoso, com concreções ferruginosas.

A origem dessas formações superficiais é colúvio-aluvial (principalmente fluxos do tipo enxurradas), onde havia uma alternância de climas úmido e semi-árido. Isto ocorreu durante o Terciário Superior. A seqüência atinge algumas dezenas de metros de espessura.

### **3.1.4 – ATIVIDADES ECONÔMICAS**

Pela rica fauna do município de Chapada dos Guimarães destaca-se como principal atividade econômica o turismo ecológico, e para desfrutar das belezas naturais do local, muitos moradores das cidades vizinhas, acabam por construir sua “casa de campo” no município que se torna um “refúgio natural”. Com a crescente “população flutuante” do município é que se vê a necessidade de criar novos bairros, novos condomínios, e é neste ponto que se torna necessário, para o conforto dos habitantes e/ou turistas, a implantação de vias pavimentadas, e pavimentadas de tal forma que não destrua o “ganha-pão” da população.

## **3.2 - MATERIAIS**

Para realizar esta pesquisa foram necessários utilizar os seguintes materiais:

3.2.1 - Cimento Portland CP II F – 32, sendo o Cimento Portland uma mistura complexa de vários óxidos minerais obtidos pela pulverização do clínquer, apresentando um mecanismo mais complicado de hidratação se comparado com a cal. Tem um endurecimento relativamente rápido, adquirindo resistências bastante elevadas, tais efeitos são provenientes da presença do silicato tricálcio, composto muito pouco encontrado nas cales, definição feita por ALVES (1999). No Brasil, temos vários tipos de cimentos especificados pela ABNT, tais como:

#### **a) Cimento Portland Comum**

CP. I – cimento portland comum

CP. I-S – cimento portland comum com adição

#### **b) Cimento Portland Composto**

CP. II-E – cimento portland composto com escória

CP. II-Z – cimento portland composto com pozolana

CP. II-F – cimento portland composto com filer

CP III – cimento portland de alto-forno

CP IV – cimento portland pozolânico

CPV - AR I – cimento portland de alta resistência inicial

3.2.2 - Areia fina (agregado miúdo), sendo definido o agregado como material de enchimento, inerte e granular, responsável por promover maior resistência ao produto final, no caso o concreto.

3.2.3 - Pedrisco (agregado graúdo), este também definido como agregado diferente apenas nas suas dimensões, sendo este de maior tamanho.

3.2.4 - Tela de soldada (Q61 Gerdau), tela soldada nervurada com designação Q61 da marca Gerdau onde possui boa resistência mecânica aos esforços solicitantes, testadas nos laboratórios da empresa Gerdeau, esta foi comprada em rolos de 120 metros lineares e com largura de 2,45 metros, as quais eram cortadas com uma tesoura para aço de modo a se encontrarem com as medidas estipuladas e se encaixarem nas formas metálicas.

3.2.5 - Formas metálicas, formas preparadas em chapas de aço soldas para dar forma, molde ao concreto, para que este se torne o produto final, uma peça ou placa do pavimento ecológico.

3.2.6 - Lona plástica de cor preta, conhecida comercialmente por “lona preta”, material plástico de polietileno, utilizada na cura das peças devido a sua qualidade de impermeabilidade, retendo a água entre duas camadas da mesma, água esta que é importantíssima no processo de cura do concreto.

3.2.7 - Betoneira industrial, a denominação “industrial” é dada comercialmente devido sua maior capacidade volumétrica de 420 litros, foi adotada esta devido a grande demanda de concreto a ser produzido.

3.2.8 - Mesa vibratória, esta é composta de uma chapa metálica com pés de apoio também metálicos encurvados como molas, de modo que ao ser ligado um motor

acoplado à mesa esta vibra juntamente com o que estiver sobre ela, que no caso é a forma metálica com o concreto fresco, com a vibração o concreto se acomoda nos pequenos cantos sem deixar vazios na peça, o que reduziria sua resistência.

3.2.9 - Outros materiais pequenos como pá, “colher-de-pedreiro”, enxada, padiolas volumétricas, aspersor de desmoldante, etc.

### 3.3 – MÉTODO

Inicialmente para realização do pavimento ecológico no Condomínio Morro Jatobá, Município de Chapada dos Guimarães - MT, foi necessário dirigir até o local onde se coletou amostras do solo, para determinação do CBR e paralelamente foram realizados levantamentos planialtimétrico da área delimitada e catalogação das espécies de árvores nativas, a fim de evitar o corte de espécies com diâmetro superior a 10 cm.

Em seguida optou-se pela construção de um pavimento que não agredisse a natureza, para tanto, sabemos que o pavimento é formado por um sistema estrutural constituído de camadas de materiais com diferentes resistências, que postas em contato resulta em um elevado grau de complexidade no que se refere ao cálculo das tensões e deformações. Um pavimento destina-se a resistir e distribuir para o sub-leito (sub-leito é o próprio terreno de fundação do pavimento, separa as camadas do pavimento da terraplanagem) as solicitações provocadas pelos veículos, bem como melhorar as condições de rolamento dos veículos no que tange as questões de comodidade e segurança. Ele é constituído geralmente por três camadas: revestimento que é a camada superior, que se destina a proteger as camadas inferiores da deterioração causada pelo tráfego, onde foi feito um estudo prévio do mesmo para a obtenção de uma estimativa de carga a ser suportada; também se destina a melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança bem como resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando a superfície de rolamento mais durável. Esta camada deve ser constituída de um ótimo material coeso, mas não são obrigatoriamente impermeáveis, dependerá do tipo do solo, base que é a camada que se destina a suportar e distribuir convenientemente os esforços oriundos do tráfego, por isso foram feitos estudos do solo para atender esta camada, a qual encontra-se situada acima da sub-base que ocorre em casos em que seja conveniente por questão econômica reduzir-se à espessura da base ou não se deva assenta-la diretamente ao leito regularizado (superfície obtida após a

terraplanagem e conformada a seu greide e seção transversal, “superfície regularizada”), cria-se uma camada complementar a ela, que chamar-se-á de sub-base, tendo esta às mesmas funções daquela. Acima de todos estes aplicar-se-á o pavimento que é o foco principal da dissertação.

### 3.3.1 – ESCOLHA DA ARMAÇÃO

Optou-se por um material encontrado no mercado e que facilitasse o processo, no caso se houvesse a necessidade de amarração das ferragens aumentaria muito o custo da mão-de-obra, a armação utilizada foi comprada em rolos de 120 m de comprimento com largura de 2,45 m, os quais eram cortados com uma tesoura para aço com uma facilidade grande, os tipos escolhidos foi uma tela soldada nervurada com designação Q61 da marca Gerdau onde possui boa resistência mecânica aos esforços solicitantes, na tabela a seguir mostra as características dessa tela.

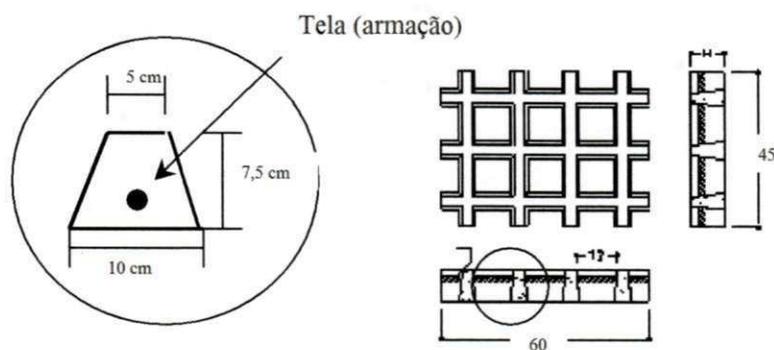
**TABELA 1 – Telas soldadas – Aço CA 60**

Designação	Espaçamento entre fios (cm)		Diâmetro (mm)		Seções (cm <sup>2</sup> /m)		Rolo	Dimensões (m)			Peso	
	Long.	Transv.	Long.	Transv.	Long.	Transv.		Painel	Largura	Compr.	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/Pç
Q 61	15,00	15,00	3,40	3,40	0,61	0,61	Rolo	2,45	120,00	0,97	285,20	

**FONTE:** Telas nervuradas GERDAU /apostila/, 2001.

### 3.3.2 – PEÇA PRÉ-MOLDADA

As dimensões da peça foram adotadas de acordo com as dimensões da tela soldada, o espaçamento entre os fios de aço da tela soldada é de 15 cm, então após a verificação do cobrimento mínimo da armadura e atuação do momento na seção transversal a peça apresentou um formato semelhante ao da tela ficando da seguinte maneira conforme mostrado na figura 8.



**FIGURA 8** – Detalhe da seção transversal e cortes transversal e longitudinal da peça

A peça apresentou na seção um formato trapezoidal, proporcionando uma maior área de contato com o solo, funcionando assim como uma fundação, facilitando o descarregamento das cargas aplicadas na superfície superior produzida pelo tráfego dos veículos que por ali circularem, além de facilitar na desforma durante o processo de fabricação. Na figura 9, visualizamos bem o formato da peça no campo de desforma.



**FIGURA 9** – Campo preparado para desforma das peças

### 3.3.3 – DESCRIÇÃO DE FABRICAÇÃO DAS PLACAS

Com o traço do concreto, formato da peça e armaduras definidas, montou-se uma pequena fábrica para confecção das placas. A montagem da fábrica foi realizada de acordo com a necessidade do espaço físico de modo que todos os processos fossem realizados de forma rápida, e ainda o material de construção da fábrica foram as madeiras retiradas da área pelo desmatamento necessário no local onde foi instalado o canteiro de obras. Nesse local foi construído um barracão, onde parte dele foi fechado nas quatro laterais com estas madeiras, sua cobertura foi feita com folha de bacuri (espécie de coqueiro encontrado em abundância na região) sua vedação lateral e inferior com lona plástica preta. Para que o armazenamento do cimento atendesse as normas, este barracão teve o piso levantado e coberto conforme norma de estocagem de cimento, PETRUCCI (1975), BAUER (1994), onde podemos ver na figura 10, depósito lonado e elevado.



**FIGURA 10** – Barracão de estocagem de cimento

A disposição dos equipamentos na fábrica montada foi feita de acordo com a seqüência do processo de fabricação. A fábrica possuía dois depósitos de agregados, um para miúdo (areia), outro para graúdo (pedrisco fino), na figura 11, pode-se notar as

padiolas metálicas dosadoras com seu volume previamente definido a fim de que o traço do concreto seja seguido de acordo com as tabelas de cálculo.



**FIGURA 11** – Depósito de agregados e padiolas volumétricas metálicas

A betoneira industrial se posicionava de forma a receber as padiolas metálicas, com medidas volumétricas definidas e, estas ficavam locadas próximas aos depósitos de agregados, o dosador metálico de água (caixa metálica com capacidade volumétrica de 100 litros, posicionada a uma altura de 3 metros a partir do solo, com um registro bola para facilitar o escoamento da água, acoplado a caixa um medidor volumétrico de nível foi instalado a fim de controlar o volume de água necessário ao traço) ficava sobre a betoneira de modo a facilitar a leitura do medidor, inserção da água e preparo do concreto na betoneira, do outro lado uma caixaria de madeira recebia esse concreto pronto.

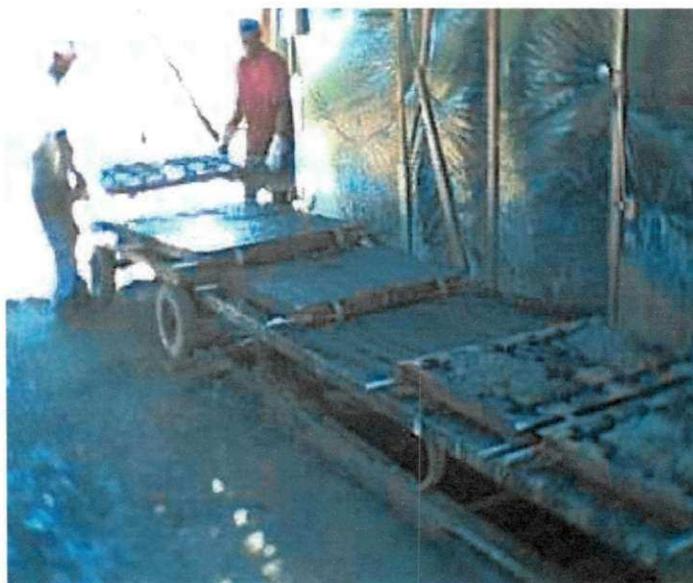
As formas metálicas devidamente limpas e com desmoldante aplicado (que foi uma mistura de 50% de óleo diesel e 50% de óleo queimado, borrifado com um aspersor de pressão) já estavam posicionadas sobre a mesa vibratória de 1,00 m x 3,00 m, como mostra a figura 12. Sobre as fôrmas uma pequena camada de concreto com aproximadamente 2,5 cm, era despejada para dar a cobertura necessária de proteção da ferragem, posteriormente era colocada dentro da fôrma, sobre esta primeira camada de concreto a tela recortada, então, o restante da forma era preenchido com concreto. E

posteriormente ligava-se a mesa vibratória durante 5 segundos para a acomodação dos vazios, um rápido acabamento era feito com uma colher de pedreiro, depois a forma era levada para o pátio de cura onde era feita a desforma imediatamente após a fabricação sobre a areia úmida e cobria as peças com lona plástica de cor preta, este ambiente de cura podia chegar à temperatura de 78°C.



**FIGURA 12** – Formas metálicas sobre a mesa vibratória

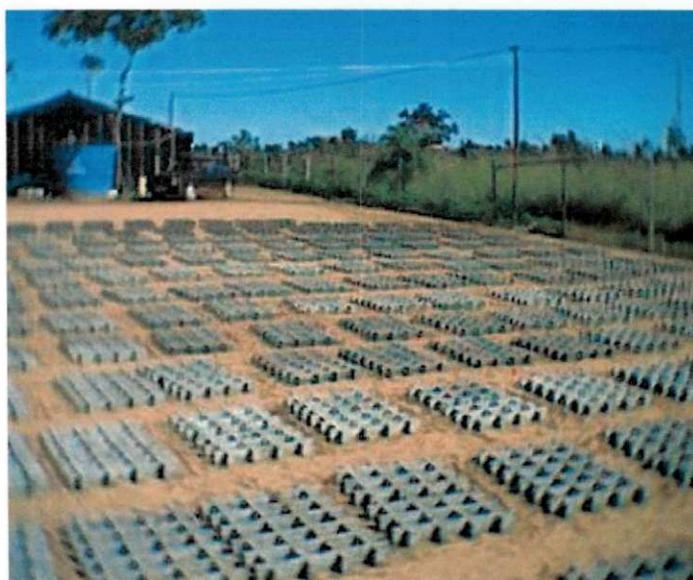
Segundo a figura 13, pode-se verificar que a cada ciclo eram confeccionadas seis placas, ou seja, três formas duplas que se encontravam já preenchidas sobre a mesa vibratória, as quais eram substituídas por outras três formas duplas vazias vindas do campo de desforma no carro de transporte das formas em seguida levadas para o pátio de cura ou desforma.



**FIGURA 13** – Processo de transferência das formas cheias para o carro de transporte

### 3.3.4 – MÉTODO DE CURA DAS PLACAS

O campo de desforma e/ou cura das placas teria dimensões muito grandes se não houvesse um processo de aceleração da cura do concreto, devido a grande quantidade de placas pré-moldadas do pavimento a serem fabricadas, como vemos na figura 14, o campo após um dia de fabricação. Este campo foi feito sobre um solo natural totalmente plano, por este e outros o tempo de cura do concreto deveria ser acelerado de uma maneira mais prática possível, também não baixando a resistência do mesmo.



**FIGURA 14** – Campo com as peças desformadas

Então foi elaborado um sistema para que se chegasse o mais próximo do método de uma cura a vapor, pois segundo FAIRBAIRN (1999) a maturação ou cura do concreto pode ter seu tempo reduzido consideravelmente (30 a 40% nos primeiros 07 dias), utilizando temperatura e umidade, aumentando ainda a resistência e a rigidez do concreto, já segundo BAUER (1994) a “cura a vapor”, na qual as peças são submetidas a um ambiente de vapor de água à temperatura de 75°C, sob pressão ou não, favorece extremamente o rápido endurecimento do concreto, que atinge, após um dia de cura, resistências que podem chegar a equivaler àquelas desenvolvidas aos 28 dias, quando da utilização de cura úmida normal. Sabemos que, nos processos de fabricação em série de peças pré-moldadas, nas quais o fator tempo é premente, a cura a vapor sob pressão ou não é bastante usual, resultando, geralmente, produtos de alta qualidade. Essa diminuição do tempo de cura ocorre devido ao aumento do grau de hidratação que é a absorção de água pelos minerais, correspondendo à incorporação de moléculas de água nas estruturas cristalóquímicas dos minerais, não havendo, entretanto, a quebra da estrutura cristalina dos mesmos.

Na figura 15 pode-se observar como é o funcionamento do sistema, esse sistema consiste em colocar uma lona plástica sobre o solo regularizado, sobre a mesma 5 a 10 cm de areia úmida aplainada com um rodo de madeira, faz-se então a desforma da peça pré-moldada sobre a areia, depois se cobre com outra lona plástica preta, para absorção do calor solar e retenção da umidade, conforme figura 15.



**FIGURA 15** – Cobertura com lona plástica das peças verdes para cura

Foi feita a medição da temperatura dentro do sistema quando o sol se posicionava perpendicularmente ao solo, aproximadamente meio dia, e chegou-se ao valor de 78° C e umidade bastante elevada, como no método de cura a vapor, ilustrado na figura 16.



#### CORTE TRANSVERSAL DO MÉTODO DE CURA

**FIGURA 16 - Corte transversal do método de cura**

Portanto, em função desse sistema construtivo alternativo ser eficaz, foram confeccionadas as placas de concreto para posterior aplicação nas vias de acesso, gerando dessa forma um tipo de pavimento alternativo que se denominou “pavimento ecológico”.

---

## **4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

---

Neste item serão apresentados os resultados da aplicação das placas para confecções do pavimento ecológico, tipo de revestimento empregado para pavimentação do solo nas vias de acesso.

### **4.1 – LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO**

Como a área se encontrava em terreno bastante acidentado fez-se necessário um levantamento planialtimétrico para determinação das curvas de nível conforme anexo 1.

### **4.2 – LOCAÇÃO DAS ÁRVORES DE DIÂMETRO SUPERIOR A DEZ CENTÍMETROS**

Todas as árvores que possuíam diâmetro igual ou superior a 10 cm da área a ser urbanizada conforme anexo 2, foram etiquetadas com placas numeradas de alumínio, catalogadas e localizadas por sistema GPS (*Global Positioning System*) via satélite e marcação topográfica conforme anexo 1.

### **4.3 – ESCOLHA DO TRAÇADO**

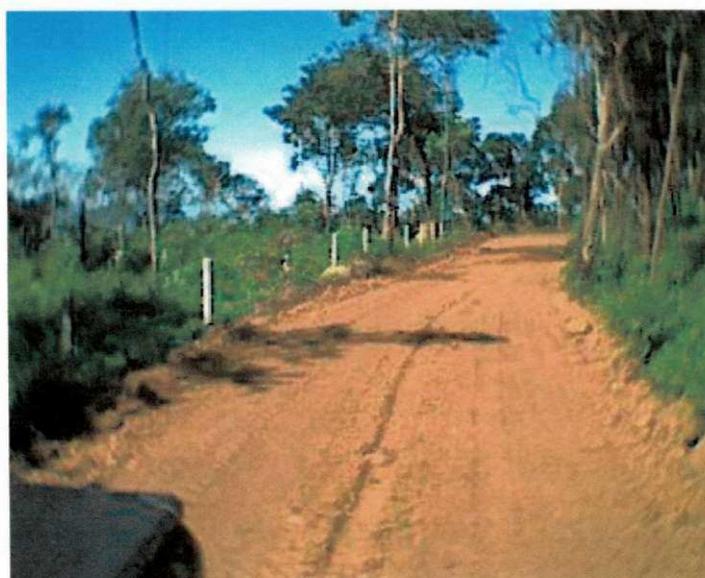
De acordo com as curvas de nível foi feito um traçado ideal de tal forma que as ruas tivessem as menores inclinações possíveis, para isto geralmente o traçado da rua acompanha paralelamente a linha da curva de nível, tangenciando apenas onde as linhas estão dispostas mais distantes uma das outras.

#### 4.4 – ESTAQUEAMENTO E ABERTURA DOS TRAÇADOS

A área se encontrava localizada em mata virgem e a abertura dos traçados das estradas foi feita com tratores do tipo pa-carregadeira primeiramente e posteriormente do tipo moto-niveladora, como apresenta a figura 17, a rua sendo aberta em meio à mata virgem, já na figura 18 têm-se uma rua sendo aberta em uma parte de cerrado.



**FIGURA 17** – Abertura do traçado em mata virgem



**FIGURA 18** – Abertura do traçado em campo de cerrado

#### 4.5 - O POSICIONAMENTO *IN LOCO*

O pavimento que na sua totalidade somam 4500 m de traçado, e multiplicando este pela sua largura que em sua maior parte é de 4 m, apenas em 500 m de avenida principal têm-se a largura de 8 m, obtém-se então a metragem superficial de 20.000 m<sup>2</sup>, não considerando neste cálculo as áreas de estacionamento, que também foi empregado o pavimento, elaborado com a idéia de evitar a agressão à natureza local do conjunto habitacional no qual foi desenvolvido.

Com base na importância do conhecimento dos dados relativos ao solo foram realizados ensaios no Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso para que se determinasse o CBR em três trechos distintos nos locais onde seria aplicada a pavimentação ecológica, com os ensaios obteve-se os seguintes valores:

- c) Furo 01 CBR = 12,83
- d) Furo 02 CBR = 15,31
- e) Furo 03 CBR = 20,29

E o CBR do material utilizado como base do pavimento foi encontrado o valor de 37,70.

Como foi citado, esse condomínio recebeu em todas vias de acesso o pavimento ecológico, ele foi montado no terreno de acordo com o esquema da figura 19, a seguir, onde se pode ver as placas pré-moldadas do pavimento sendo colocadas sobre uma camada de 5 cm de areia de estrada.



**FIGURA 19** – Execução do pavimento após a camada de areia

#### **4.6 – ESTUDO PRELIMINAR DA DOSAGEM DO CONCRETO**

Para obter um concreto que apresentasse um desempenho que atendesse os pré-requisitos locais, dentre eles a trabalhabilidade, durabilidade, resistência mecânica, propriedades físicas e que tivesse um menor custo possível, foram utilizados elementos componentes e adequados disponíveis na região. Foi necessária a realização de ensaios para se obter um traço ideal do concreto através da combinação de seus elementos componentes, de modo a definir o traço ideal para confecção das placas empregadas no pavimento ecológico, traço ideal este que deverá oferecer resistência igual ou superior a exigida pelas solicitações de tráfego.

Os resultados apresentados na tabela 2 correspondem aos ensaios de compressão simples realizados em prensas dos laboratórios da empresa Amperco, grande empresa de produtos pré-moldados de artefatos de cimento localizada em Cuiabá - MT, onde se adota o sistema de “qualidade total” no controle dos materiais e ensaios laboratoriais baseado na ISO-9000 , apresentando laboratórios com os equipamentos aferidos pelo INMETRO, para obtenção de valores confiáveis obtidos nos ensaios.

Na figura 20 pode-se ver a execução de um ensaio mecânico de compressão simples na prensa hidráulica, nota-se a presença da tela protetora para evitar acidentes no momento do rompimento do corpo-de-prova.



**FIGURA 20** – Ensaio de compressão simples em uma presa hidráulica

A seguir serão mostrados os procedimentos adotados na definição do traço.

#### **4.6.1 - PROCEDIMENTO**

De acordo com o processo de dosagem adotado, seguiremos o seguinte roteiro para definição do traço ideal:

##### **4.6.1.1 – Exigência para execução das peças:**

- a) Concreto com  $F_{ck} \geq 15$  MPa;
- b) As peças estarão em contato com o solo;
- c) As dimensões mínimas são de 50 mm.

##### **4.6.1.2 – Informações de uso do concreto:**

- a) O cimento utilizado foi o CP II F-32 (Itaú);
- b) O adensamento do concreto foi mecânico, com o uso de vibrador de mesa sob as formas das peças;
- c) O lançamento do concreto foi feito pelo método convencional;
- d) A produção de concreto foi volumétrica.

#### 4.6.1.3 – Características:

a) Definição das características para o estudo de dosagem:

1. Número da dosagem = 001/ 2001;
2.  $f_{ck}$  de projeto = 15 MPa;
3. Aplicação do concreto = peças pré-moldadas;
4. Dimensão máxima característica (DMC) do agregado = Adotou-se como DMC valor igual a nove mm, que corresponde ao pedrisco calcáreo, com o objetivo de se obter um concreto com melhor acabamento superficial, e adequado às dimensões da peça, dosados em volume;
5. Abatimento tronco de cone = entre 10 e 20 mm segundo a NBR-7223;
6. Cimento = de acordo com a disponibilidade de mercado adotou-se a utilização do cimento Portland CP II F-32 da marca ITAÚ, dosado em peso;
7. Resistência de dosagem ( $f_{cj}$ ) segundo a Norma NBR-5739

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 \times S_d$$

$$f_{cj} = 15 + 1,65 \times 5,5$$

$$f_{cj} = 24,1.MPa$$

$S_d = 5,5$  (desvio padrão adotado de acordo com a norma NBR-12655).

8. Relação água/cimento (em função da trabalhabilidade de dosagem) = 0,63 HELENE (1993);
9. Idade de ruptura dos corpos de prova = foi adotado a idade de ruptura dos cps. de 3, 7 e 28 dias, de acordo com as normas citadas;
10. Estimativa de perda de argamassa no sistema de transporte e lançamento do concreto = por ser subjetiva e depender da experiência do operador, adotou-se o valor de 2%;
11. Traço experimental para a primeira mistura = através de definições das características básicas para o estudo de dosagem, partiu-se para primeira parte experimental, tendo determinado o teor ideal de argamassa aproximado do concreto, utilizou-se o traço 1:5, fez-se a verificação da sua validade, e realização dos ajustes necessários;
12. Determinação do teor ideal de argamassa na mistura, usando com base o traço 1:5;

Foi necessário definir as proporções entre os agregados graúdos a serem utilizados na mistura. Utilizando valores aproximados aos obtidos pelo método

das misturas sucessivas com os agregados secos, os quais procuram obter o preenchimento dos vazios da mistura a partir do agregado mais graúdo. É preciso salientar que o índice de perda de argamassa foi acrescido ao valor determinado para se chegar nesse valor definitivo;

13. Após essas verificações e de acordo com a composição granulométrica, desvio padrão, resistência característica e fator água/cimento, ficaram definidos três misturas experimentais, com os seguintes traços: 1:7,67 ; 1:7,34 e 1:7,38:

Com o valor obtido do teor ideal de argamassa para o traço 1:5, pôde-se então classificar os três traços unitários (rico, normal e pobre). As exigências de acordo com a tabela de misturas experimentais HELENE (1993), são as seguintes:

$$f_{c28} \geq 18,3 \text{ MPa}$$

$$\text{relação a/c} \leq 0,65$$

As proporções entre os agregados foram compostas pelas fórmulas da NBR-5738, feitas da seguinte forma:

**Traço A: 1:7,67**

$$\text{consumo de cimento} = 240 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{teor de argamassa: } \alpha = 55\% \text{ (adotado)}$$

$$\text{agregado miúdo: } a = \alpha \times (1 + m) - 1 = 0,55 \times (1 + 7,67) - 1 = 3,77$$

$$\text{agregado graúdo: } ag = m - a = 7,67 - 3,77 = 3,90$$

**Traço B: 1:7,34**

$$\text{consumo de cimento} = 259 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{teor de argamassa: } \alpha = 55\% \text{ (adotado)}$$

$$\text{agregado miúdo: } a = \alpha \times (1 + m) - 1 = 0,55 \times (1 + 7,34) - 1 = 3,59$$

$$\text{agregado graúdo: } ag = m - a = 7,34 - 3,59 = 3,75$$

**Traço C: 1:7,38**

$$\text{consumo de cimento} = 260 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{teor de argamassa: } \alpha = 51\% \text{ (adotado)}$$

$$\text{agregado miúdo: } a = \alpha \times (1 + m) - 1 = 0,51 \times (1 + 7,38) - 1 = 3,27$$

$$\text{agregado graúdo: } ag = m - a = 7,38 - 3,27 = 4,11$$

Após conclusão dos cálculos ficou definida a composição dos traços unitários:

a) traço A (1:7,67) = 1:3,77:3,90

b) traço B (1:7,34) = 1:3,59:3,75

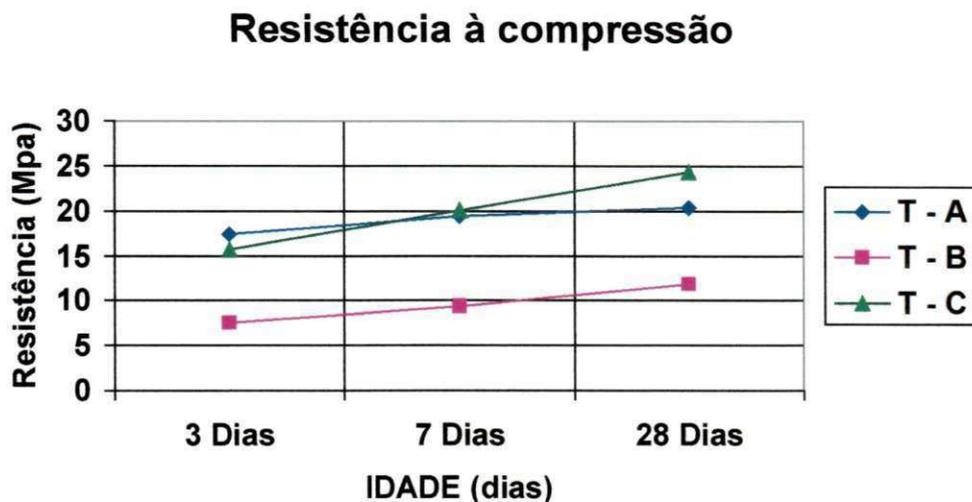
c) traço C (1:7,38) = 1:3,27:4,11

A seqüência dos traços ficou assim definida: (cimento:areia:pedrisco fino)

Em seguida foram moldados os corpos-de-prova com os traços acima citados baseado na norma NBR-5738 (1994) e posteriormente a realização dos ensaios de compressão, baseado na norma NBR-5739 (1994), onde os resultados estão apresentados na tabela 2 e ilustrados na figura 21.

**TABELA 2 – Resultados dos ensaios de compressão simples**

Peça pré-moldada denominada “eco-pavimento”							
Traço em massa	Número	Traço – A		Traço – B		Traço – C	
	1 : m	1 : 7,67		1 : 7,34		1 : 7,38	
	1 : a : p	1 : 3,77 : 3,90		1 : 3,59 : 3,75		1 : 3,27 : 4,11	
Teor de argamassa (%)		55		55		51	
Agregado graúdo (kg)		28,32		33,75		10,71	
Agregado miúdo (kg)		27,67		32,31		18,73	
Cimento (kg)		7,30		9,00		7,00	
Água (kg)		5,20		6,10		4,44	
Tempo de amassamento (min)		12		3		6	
Concreto + tara (kg)		50,40		51,8		52,00	
Tara (kg) / volume (dm <sup>3</sup> )		2,256		2,334		2,346	
Massa específica kg/m <sup>3</sup>		2256		2334		2346	
Consumo por m <sup>3</sup> de concreto	Cimento (kg)	240		259		260	
	Água (l)	171		175		165	
Relação água/cimento		0,71		0,68		0,63	
Abatimento do tronco de cone (NBR 7223) mm		20		18		5	
Nº dos corpos de prova		01 a 04		05 a 08		09 a 12	
Data de moldagem		09/08/00		09/08/00		11/10/00	
Teor de ar incorporado		2,0		2,0		2,0	
Resistência à compressão axial à idade (MPa)	Idade	Individual	Média	Individual	Média	Individual	Média
	3 dias	11,42	7,9	7,61	7,6	15,7	12,3
	7 dias	19,42	19,4	9,43	9,4	20,08	20,1
	28 dias	20,29 / 20,51	20,4	11,68 / 12,12	11,9	24,55 / 24,05	24,3
Fck obtido ≥ Fck – Sd ≥ 15 - 5,5 ≥ 9,5		8,9		7,4		12,8	
Data do registro: 11/10/2000							



**FIGURA 21** – Resistência à compressão dos corpos-de-prova

Na figura 21, têm-se os resultados dos ensaios de compressão simples, onde se pode notar que o traço “C” apesar de sua resistência inicial ser menor que a do traço “A”, sua resistência ao final de 28 dias obteve um valor significativamente superior ao traço “A”, daí a necessidade de um estudo de traço para que obtivéssemos um material mais resistente com um menor custo comparativo.

#### **b) - Parâmetros do traço definitivo**

Após resultados dos ensaios de compressão simples pode-se obter o traço ideal e empregado na confecção das placas. Esses valores estão apresentados a seguir:

1. Resistência característica de projeto:  $f_{ck} = 15 \text{ MPa}$ ;
2. Resistência de dosagem:  $f_{c28} = 24,1 \text{ MPa}$ ;
3. Relação água cimento: 0,63;
4. Traço unitário (1:m): 1:7,38;
5. Teor de argamassa seca: 51%;
6. Traço unitário individual (1:a:p): 1:3,27:4,11;
7. Consumo de cimento:  $260 \text{ kg/ m}^3$ ;
8. Abatimento de tronco de cone:  $15 \pm 5 \text{ mm}$ .

## 4.7 – MONTAGEM DO PAVIMENTO

Essa montagem consistiu primeiramente na remoção de aproximadamente 5 cm de cobertura vegetal, em seguida foi executadas uma base com material apropriado já citado, esse material era espalhado por uma máquina moto-niveladora e em seguida compactada por um rolo “pé-de-carneiro” de modo a atingir o grau de compactação ideal, a espessura desta base foi em média de 20 cm. Após essa etapa foi lançada sobre a base compactada, uma camada de areia de estrada de 5 cm de espessura para recebimento das placas pré-fabricadas, as quais eram assentadas sobre a areia para uma melhor acomodação, então sobre as placas pré-moldadas era despejada uma camada de solo orgânico (terra preta) para preenchimento dos vazios presentes nas nervuras das placas, então se fazia uma varredura da terra preta e plantavam-se as mudas de grama vegetal nestes vazios de modo que as raízes ficassem protegidas abaixo do nível superior final do concreto. Quanto ao tipo da grama escolhida foi a esmeralda, devido a utilizações feitas com sucesso no combate a erosão de taludes, sua beleza estética e ainda o mais importante suas raízes que também servirão de fundação para o pavimento atingem raios superiores a um metro.

A seguir serão mostrados os esquemas de montagem do eco-pavimento segundo a inclinação do terreno.

### 4.7.1 – TERRENO PLANO COM DECLIVE $\leq 5\%$

Neste caso consideramos estes trechos como planos por isso dispensou-se a necessidade de fundações, pois as placas não eram fixadas no solo apenas assentadas, sua fixação virá com o tempo de acordo com que as raízes da grama se entrelacem nas placas e no solo. A confecção destes trechos era relativamente rápida devido à ausência de fundações, pois no caso o próprio peso da placa, que é de aproximadamente 26 kg, no terreno plano garante sua estabilidade até que a grama fixe-a definitivamente e não a deixe deslizar sobre o terreno.

Na figura 22, tem-se o sistema executado da aplicação do pavimento em terreno plano ou declive  $\leq 5\%$ , e a figura 23 se relaciona com o esquema de montagem. Pode-se notar todas as camadas do processo construtivo de montagem, a primeira camada é o solo natural, a segunda é a base compactada, a terceira a areia de estrada e por último a placa de concreto como pavimento e seus acabamentos, que são a “terra preta” (terra

com bastante húmus) e a grama esmeralda (abundante na região e adequada ao clima e também ao processo construtivo).

Este sistema mostrou-se bastante eficaz, desde o ímpeto do aspecto visual até a funcionalidade do sistema, que resistiu ao tráfego de veículos pesados tais como: tratores, caminhões basculantes e até um caminhão truck carregado com brita, onde não apresentarão deformações permanentes visíveis.



**FIGURA 22** – Pista executada em terreno plano ou com declive  $\leq 5\%$



#### CORTE TRANSVERSAL

**FIGURA 23** – Esquema de montagem do eco-pavimento-declive  $\leq 5\%$

#### 4.7.2 – TERRENO COM DECLIVES ENTRE 5% a 10%

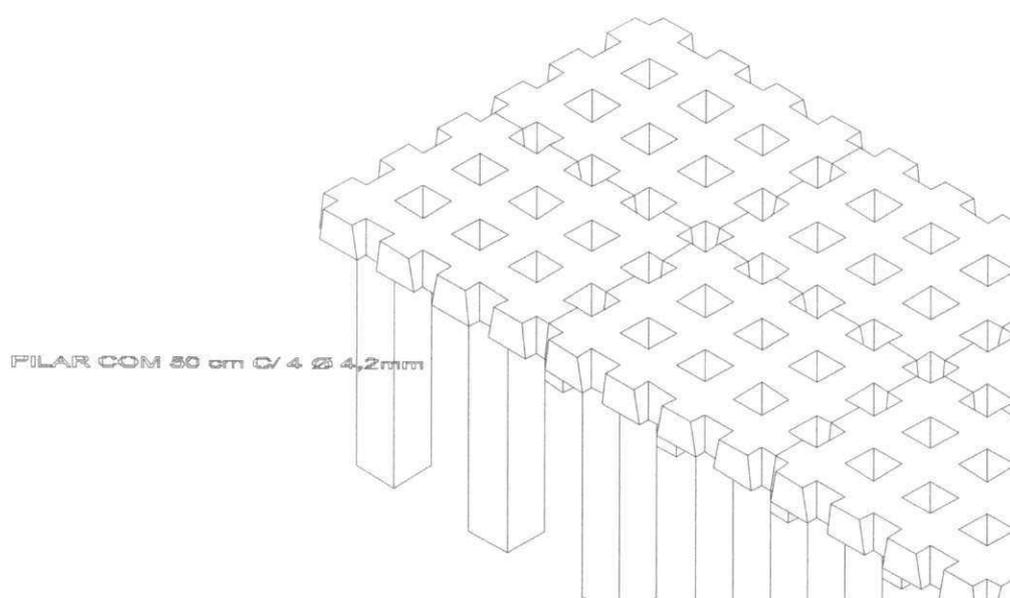
Em terrenos com inclinações entre 5% a 10% foi montados um sistema de travamento com a finalidade assegurar que as placas do pavimento não deslizassem quando solicitadas ao atrito, pois até mesmo o peso próprio já começa a interferir no deslizamento, isto porque seus esforços normais atuantes já não são mais perpendiculares, possuindo então algumas componentes naturais no sentido horizontal. Para combater essas componentes foram estudadas as instalações de pequenas estacas armadas moldadas *in loco*, conforme figura 24.

A necessidade desta fundação só existia pelo fato da pista ser utilizada logo após sua confecção, caso houvesse um determinado tempo onde a pista permanecesse sem uso por um período de aproximadamente quatro meses não haveria necessidade desse tipo de travamento, pois as raízes da grama, que atingem até um metro de profundidade, se entrelaçariam na placa de tal forma que as travariam naturalmente. Pode-se notar na figura 25, os pontos na pista que são as fundações, e também que a grama com pouco tempo quase encobre o pavimento, melhorando ainda mais sua estética e o travamento pelas raízes da grama.

Esse sistema de travamento com pequenas estacas funcionou perfeitamente, pois além de cumprir a sua função, que é de travamento, não interferiu no aspecto estético e funcional do sistema.



**FIGURA 24** – Pista executada em terreno com declive de 5% a 10%



**FIGURA 25** - Esquema de montagem do eco-pavimento com declive de 5% a 10% - sentido transversal

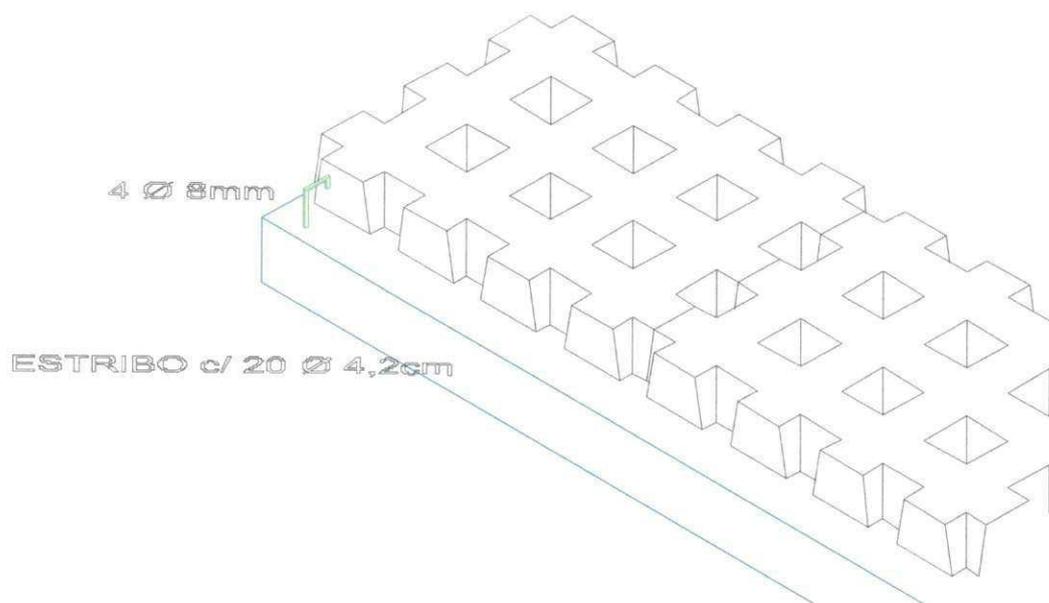
#### 4.7.3 – TERRENOS COM DECLIVE EXPRESSIVO > 10%

Em terrenos com aclives maiores que 10% foi montado um sistema de travamento diferente do anterior devido a uma componente horizontal ainda maior e uma solicitação horizontal por parte dos veículos no momento de uma tração de arranque superior aos esquemas anteriores. As placas foram travadas por uma viga armada nas dimensões 20 cm x 20 cm x 400 cm, instalada transversalmente através de um corte na pista. Estas vigas foram pré-moldadas na fábrica, curadas e depois instaladas no local, seu espaçamento foi equivalente ao assentamento de duas fileiras de placas, pois a mesma tinha a qualidade de travar duas fileiras, a primeira por tração na sua parte inferior, conforme o declive, a segunda por compressão na sua parte superior, à distância de eixo entre as vigas era de aproximadamente 1,10 m conforme figura 26, onde podemos notar também uma canaleta para o escoamento dos grandes volumes de água pluviais, pois em se tratando de uma grande inclinação maior que 10% a água não consegue se infiltrar totalmente. A figura 27 mostra o esquema de funcionamento de travamento por vigas do pavimento ecológico juntamente com um detalhe de encaixe da viga com as placas.

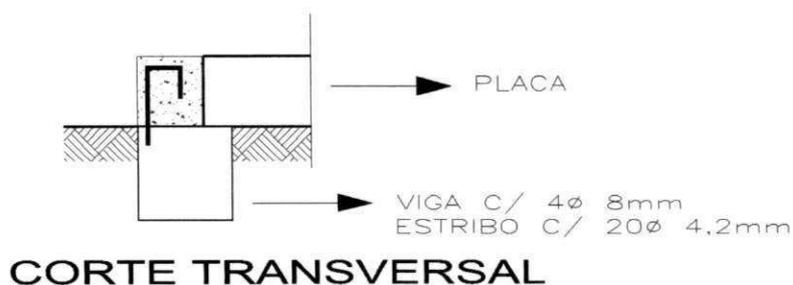
O sistema mostrou-se bastante eficaz, pois também desempenhou perfeitamente sua função de travamento, apresentou uma leve interferência no aspecto estético, porque as dimensões das vigas tiveram de ser consideráveis devido a grande solicitação nas primeiras utilizações. Esse fator foi decorrente das primeiras utilizações, porque a grama esmeralda recém plantada não tinha ainda se fixado ao solo pelas suas raízes ainda jovens.



**FIGURA 26** – Pista executada em terreno com declive > 10%



**DETALHE**



**FIGURA 27** - Esquema de montagem do eco-pavimento com declive de com acíves > 10% - sentido transversal e corte

#### **4.8 – RESULTADOS EXPERIMENTAIS**

Os resultados experimentais mostraram que com um concreto de resistência de 15 MPa armado com a tela soldada Q61, código comercial da Gerdau, o pavimento resistiu sem deformações permanentes ao tráfego de veículos pesados do tipo caminhão “truck” (eixo duplo) carregado de pó de pedra calcárea, pesando um total de 26 toneladas também, ao constante movimento de veículos de passeio e ainda o tráfego de um trator de 5 toneladas utilizado para o trabalho diário no transporte das placas.

---

## **5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

---

1. O pavimento ecológico é um material alternativo que veio para diminuir as agressões à natureza;
2. Esse material mostrou-se de grande importância para drenagem do solo economizando nas construções das galerias de águas pluviais;
3. Esse tipo de pavimento ainda oferece a melhor relação custo x benefício, pois se torna desnecessário a manutenção de recapeamento ou mesmo tapa buraco;
4. Na confecção das placas foi observado uma redução no tempo de cura, pois, isso facilitou na economia da mão de obra;
5. O pavimento ecológico pode ser considerado como área a ser somada ao coeficiente de permeabilidade segundo a lei municipal de Cuiabá, onde esta diz ser necessário deixar 25% de área total como área virgem;
6. Com isso será possível a aplicabilidade desse tipo de pavimento em outros locais, tais como: parques, estacionamentos, locais turísticos e condomínios fechados.

---

## 6 - BIBLIOGRAFIAS

---

ALVES J. D. – Avaliação da agressividade da água do mar e do subsolo da Usina Nuclear de Angra dos Reis, IBRACON. São Paulo 1978.

AMERICAN ASSOCIATION STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, AASHTO – Highway capacity manual. AASHTO. Washington, DC, 1965.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - NBR - 5738 Moldagem e cura dos corpos-de-prova cilíndrico ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 1994, 9 p.

\_\_\_\_\_ - NBR – 5739 Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto-Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994, 6 p.

\_\_\_\_\_ - NBR – 5564 Via férrea - Lastro padrão. Rio de Janeiro, 1991, 5 p.

\_\_\_\_\_ - NBR – 7174 Pedra britada, pedrisco e pó-de-pedra para base de macadame hidráulico. Rio de Janeiro, 1982, 7 p.

\_\_\_\_\_ - NBR – 7211 Agregado para concreto. Rio de Janeiro, 1983, 6 p.

\_\_\_\_\_ - NBR – 7221 Agregado - Ensaios de qualidade de agregado miúdo. Rio de Janeiro, 1987, 8 p.

\_\_\_\_\_ - NBR – 9935 Agregados. Rio de Janeiro, 1987, 11 p.

\_\_\_\_\_ - **NBR – 12655 Concreto – preparo, controle e recebimento.** Rio de Janeiro, 1996, 7 p.

\_\_\_\_\_ - **NB -1, PROJETO DE EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.** Rio de Janeiro, 1978.

ÁVALOS, M. S. – **Apostilas de Aula.** Cuiabá, 1995.

BATISTA, C. – **Pavimentação.** TOMO I. 4ª edição. Editora Globo – Porto Alegre, 1980.

BAUER, L. A. F. – **Materiais de Construção.** Volume 1 (435p) e 2 (436-935p), 5ª edição. 1995

CAPUTO, H. P. – **Mecânica dos solos e suas aplicações.** Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1983.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM; **Manual de reabilitação de pavimentos asfálticos.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias IPR/DNER. Rio de Janeiro, 1988.

DOMINGUES, J. B. – **Fator de veículo regional de Mato Grosso.** In: 29ª Reunião Anual de Pavimentação – RAPv, da Associação Brasileira de pavimentação – ABPv. Cuiabá, 1995.

FAIRBAIRN, E. M. R. – Modelo Constitutivo acoplado para concreto. In: **Revista tecnologia Fortaleza**, nº 20, Fortaleza, 1999. p. 84-89.

FERREIRA, I. A. – Numerical Modeling of Thermo-Chemo-Mecanical Couplings, in **Early Age Concrete**, Research Report, projeto CAPES/COFECUB – COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 1998.

GONÇALVES, E. B. - **Custos de pavimentos nos pontos críticos de solicitação de tráfego – Sugestões de Mudanças e análise de um caso.** Monografia do curso de Especialização em gestão Rodoviária da UFMT, Cuiabá. 1996

HELENE, P. – **Manual de dosagem e controle do concreto.** Editora Pini. São Paulo, 1993.

LEITE, J. G. M. - **Engenharia de Tráfego.** Companhia de Engenharia de Tráfego, São Paulo: CET. 1975

MOTTA, L. M. G. & MEDINA J. – **A fadiga das misturas asfálticas e o desempenho estrutural de pavimentos flexíveis.** Instituto Brasileiro de Petróleo, IBP. Rio de Janeiro, 1980.

PETRUCCI, E. G – **Concreto de Cimento Portland.** Editora GLOBO. Porto Alegre, 1975.

PETRUCCI, E. G. – **Materiais de construção.** Editora GLOBO. Porto Alegre, 1975. 435p.

PREUSSLER, E. S. – **Estudo da deformação resiliente de pavimentos flexíveis e aplicação ao projeto de camadas de reforço.** Tese de Doutorado, Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. Rio de Janeiro, 1983.

ROCHA FILHO, R. A. - **Custos da Qualidade na Construção Civil.** Revista Tecnologia Fortaleza, nº 20, p. 32 à 39, 1999.

SANTANA, H. – **Alguns conceitos básicos e fatos notáveis no estudo de pavimentação.** In: 31ª Reunião Anual de Pavimentação – RAPv, da Associação Brasileira de pavimentação – ABPv. São Paulo, 1998.

SENÇO, W. – **Manual de técnicas de pavimentação / Wlastemiler de Senço.** Pini. São Paulo, 1997.

SOARES, L. R. **Engenharia de Tráfego**. Rio de Janeiro: Almeida Neves Editores LTDA. 1975

SOUZA, R. - Qualidade, Modernização e Desenvolvimento: Diretrizes para atualização tecnológica da indústria da Construção Civil. In: II Simpósio de Desenvolvimento de materiais e componentes de Construção Civil. **Anais**. Florianópolis: UFSC – Centro Tecnológico. 1989.

SOUZA, M. L. – **Pavimentação rodoviária**. TOMO I. 2ª edição. Livros técnicos e científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1980.

SUSSEKIND, J. C. - **Curso de concreto**. Porto Alegre – Rio de Janeiro. V 1, 2ª Edição, GLOBO. 1985.

YAZIGI, W. – **A técnica de edificar**. Editora Pini.1998. 628p.

TELFORD, W. M.; GELDART, L. P. & SHERIFF, R. E. 1990 *Applied Geophysics*. Second Edition, Cambridge University Press, United Kingdom, 770p.

TOPP, G. C., DAVIS, J. L. & ANNAN, A. P., 1980. Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. *Water Resources Research*, v.16, n.3, p.574-582.

WARD, S. H., 1997 *Resistivity and Induced Polarization Methods*. Investigations in Geophysics, n.º 5. Geotechnical and Environmental Geophysics. Society of Exploration Geophysicists, Ed. Stanley H. Ward, v.I, p. 147 - 189.



MC: 57° Wgr  
 Convergência Meridiana Relativa  
 ao Centro da Folha -0°20'01.5"

**Loteamento Bom Clima**

Rua Miradentes

Av. Rio da Casca

Hotel Penhasco

Roberto Douglas Biancardini

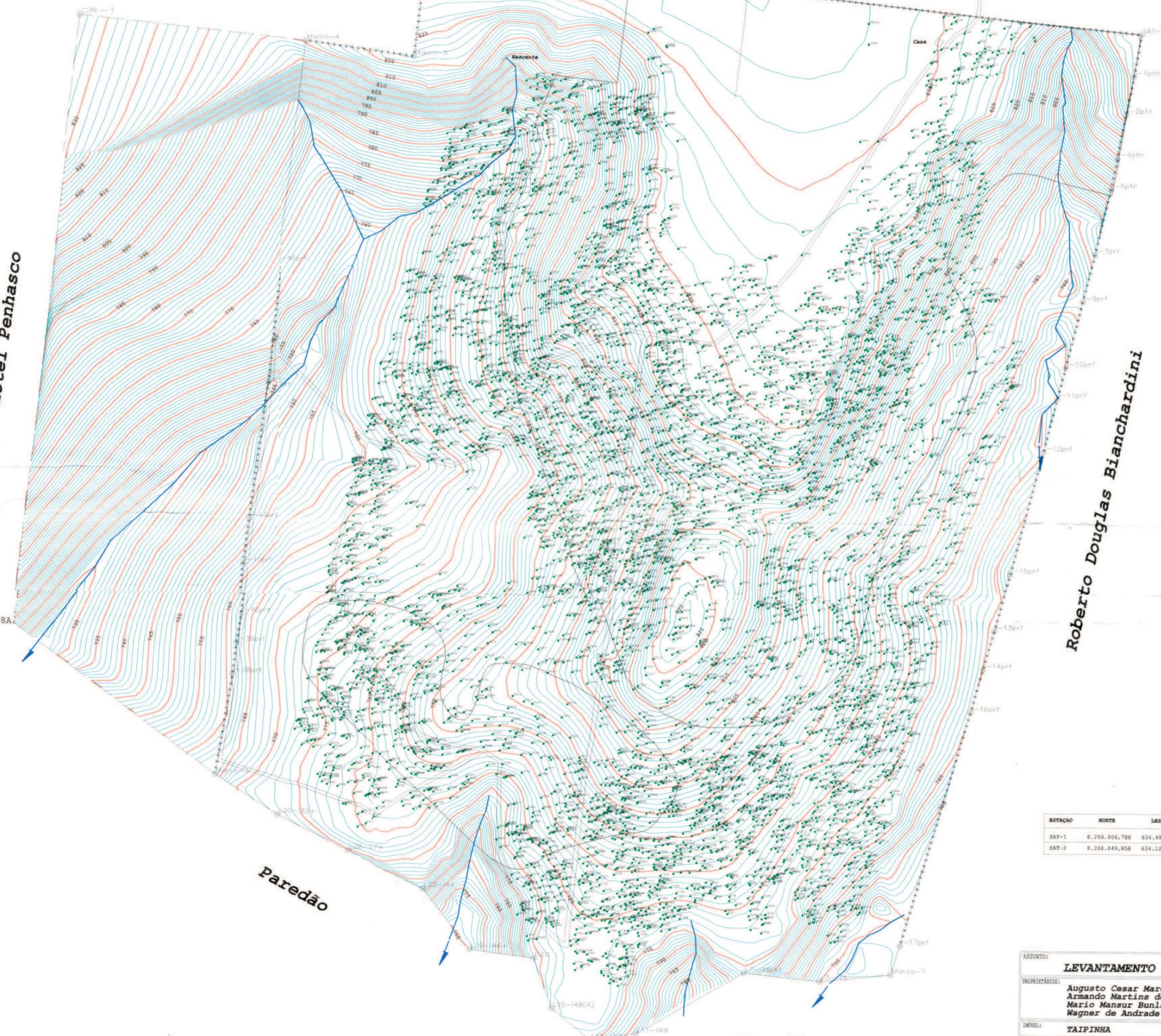
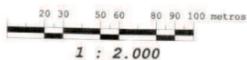
Paredão

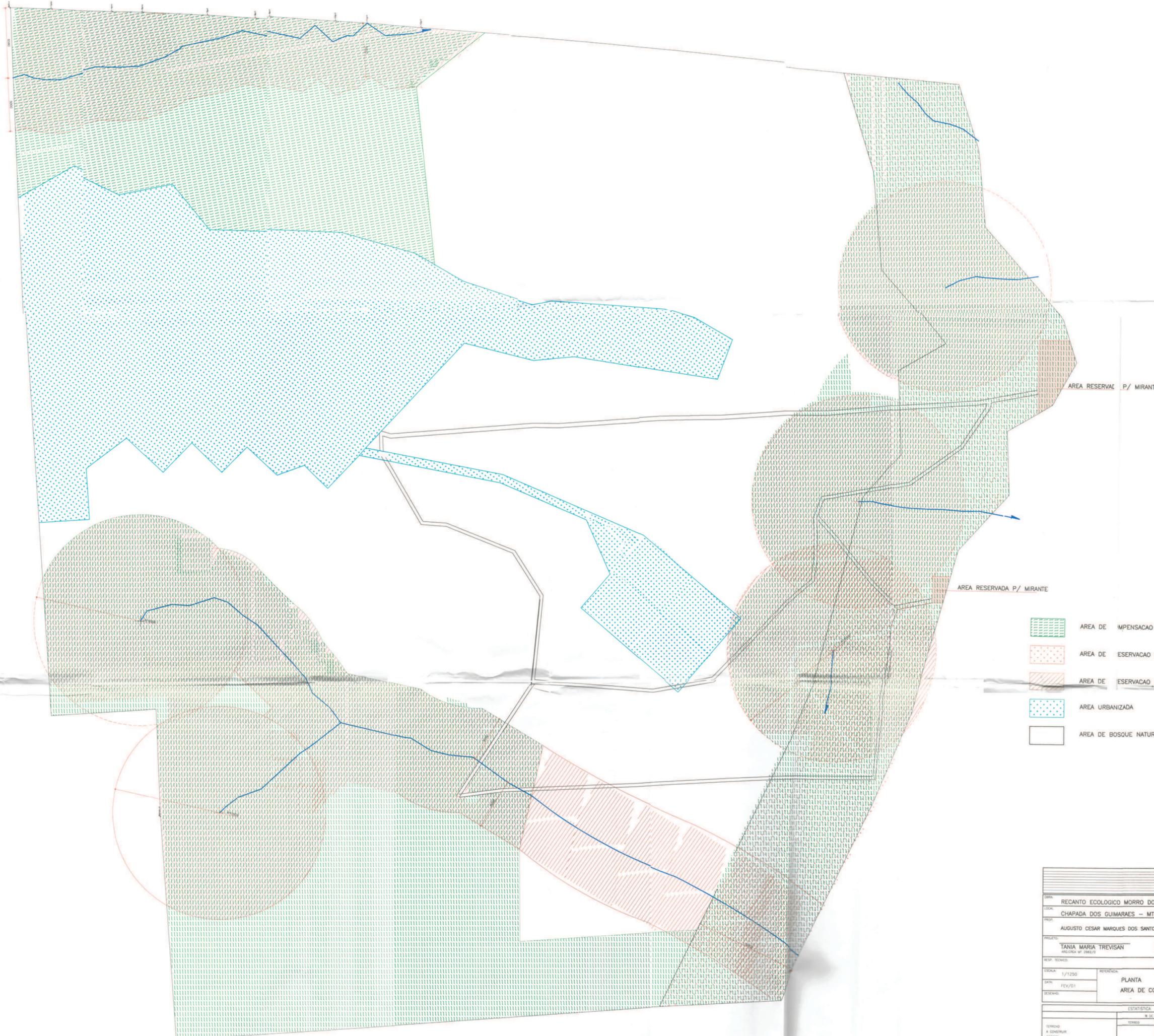
Paredão

Estação / Estação	Azimutho	Distância
SAT-1 / -1ptn	191°02'05"	39,461
-1ptn / -1ptn	192°03'14"	35,484
-2ptn / -4ptn	192°02'05"	46,783
-4ptn / -5ptn	191°28'41"	28,675
-5ptn / -7prf	193°01'53"	61,298
-7prf / -8prf	193°52'54"	44,807
-8prf / -10prf	193°46'51"	62,376
-10prf / -11prf	194°27'30"	29,677
-11prf / -11prf	194°06'40"	50,644
-11prf / -11prf	194°27'14"	316,681
-11prf / -11prf	195°22'13"	54,098
-11prf / -14prf	195°46'50"	37,013
-14prf / -16prf	195°34'09"	41,170
-16prf / -17prf	196°18'45"	223,472
-17prf / Marco-1	197°05'37"	27,959
Marco-1 / L3-145	264°02'57"	65,667
L3-145 / L3-145(A)	276°01'57"	71,272
L3-145(A) / L11-149	240°03'52"	113,818
L11-149 / L13-150	261°47'20"	42,723
L13-150 / L15-148(A)	308°45'18"	45,973
L15-148(A) / S20	277°20'09"	59,885
S20 / L19-146a	339°18'14"	49,161
L19-146a / L22-144	321°39'46"	70,554
L22-144 / L26-137a	295°16'26"	79,280
L26-137a / L30-133a	295°33'39"	73,417
L30-133a / Marco-3	301°05'34"	58,685
Marco-3 / BA	305°33'27"	232,138
BA / CR-1	6°12'23"	272,913
CR-1 / Marco-4	96°08'12"	210,206
Marco-4 / Marco-5	97°07'17"	310,957
Marco-5 / Marco-6	6°36'01"	98,130
Marco-6 / SAT-2	96°43'02"	286,695
SAT-2 / SAT-1	96°44'58"	366,469

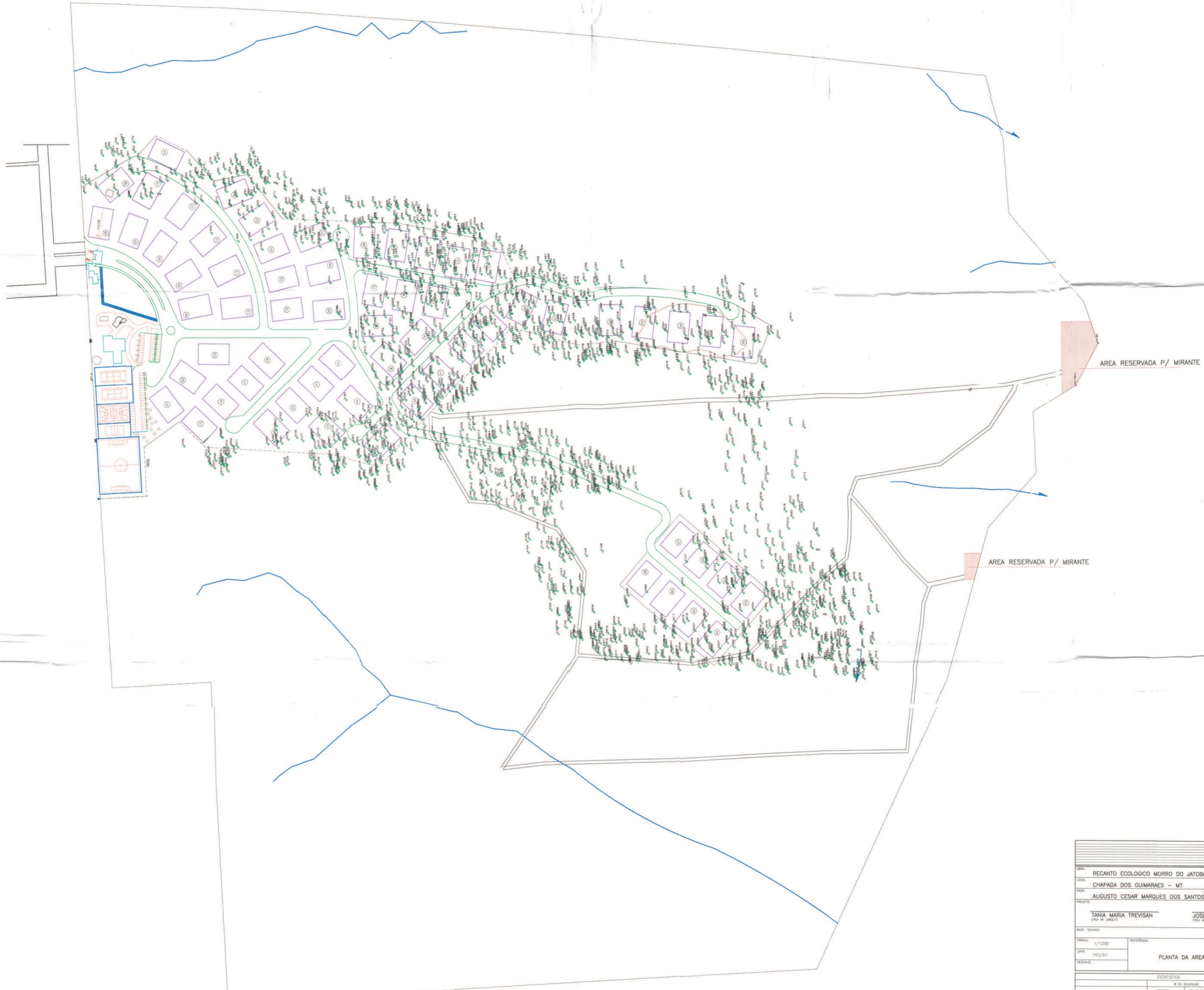
ESTAÇÃO	NORTE	LESTE	F. ESCALA	C. MERID.	LATITUDE	LONGITUDE
SAT-1	8.288.806,788	634.492,963	0,999822	-0°20'04,4"	-15°28'27,8"	-55°44'46,6"
SAT-2	8.288.849,858	634.129,034	0,999821	-0°20'01,1"	-15°28'26,5"	-55°44'58,8"

ASSUNTO:	<b>LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIALTIMÉTRICO</b>		
PROPRIETÁRIOS:	Augusto Cesar Marques dos Santos Armando Martins de Oliveira Mario Mansur Bunlai Wagner de Andrade Gouvea		
INÍVEL:	TAIPINHA	LOCAL:	Área Urbana
MUNICÍPIO:	Chapada dos Guimarães - MT	RESP. TÉCNICO:	
ÁREA:	75,4762 ha	PERÍMETRO:	3.513,518 m
DATA:	29/03/00	ESCALA:	1 : 2.000
FOLHA:	1/1	DES.:	C.M.D 641-5062





LOCAL: RECANTO ECOLOGICO MORRO DO JATOBA		ARQUITETURA		
LOCAL: CHAPADA DOS GUIMARAES - MT				
PROJ: AUGUSTO CESAR MARQUES DOS SANTOS E OUTROS	PROJ: TANIA MARIA TREVISAN	03/10		
PROJ: AUGUSTO CESAR MARQUES DOS SANTOS E OUTROS	PROJ: JOSE CARLOS TREVISAN			
ESCALA: 1/1250	REFERENCIA: PLANTA			
DATA: FEV/01	AREA DE COMPENSAÇÃO AMBIENTAL			
ESTADO: MT				
ESTATISTICA				
	N.º DE OCUPACAO		COEF. DE APROXIMACAO	N.º DE PISOS
	TERRAO	DEMÁS PAVIMENTOS		
TERRAO A CONSTRUIR				
COBERTURA				
LAJE				



OBRA: RECANTO ECOLOGICO MORRO DO JATOBA LOCAL: CHAPADA DOS GUIMARAES - MT PROJ: AUGUSTO CESAR MARQUES DOS SANTOS E OUTROS PROJETO: TANIA MARIA TREVISAN (CREA MT 29822/O) JOSE CARLOS TREVISAN (CREA MT 3925/O)				<b>ARQUITETURA</b>
ESCALA: 1/1250	REFERENCIA:	PLANTA DA AREA URBANIZADA		
DATA: FEV/01			02/10	
DESENHO:				
ESTATISTICA				
	N. DE OCUPIACAO		COEF. DE APROPRIACAO	N. DE PISOS
TERRENO A CONSTRUIR	TERRENO	DESAIS FINANCIAMENTOS		
CORRETA				
LIVRE				