



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

**DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA
ESTACIONAMENTO DE VEÍCULOS LEVES**

PUBLICAÇÃO Nº 31

GOIANÉSIA – 2017

**LUCAS ALMEIDA BATISTA
SKARLLETH BRUNA GOMES VELOZO**

**DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA
ESTACIONAMENTO DE VEÍCULOS LEVES**

PUBLICAÇÃO Nº 31

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE
EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA**

ORIENTADOR: CLEBER CAETANO THOMAZI

**GOIANÉSIA/GO
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA

LUCAS ALMEIDA BATISTA E SKARLLETH BRUNA GOMES VELOZO.

Dimensionamento de Pavimento Rígido Para Estacionamento de Veículos Leves [Goiás]
2017

45P, 297 mm (ENC/FACEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

TCC – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1. Introdução | 2. Sistema Construtivo |
| 3. Dimensionamento Rígido Para Estacionamento de Veículos Leves | |
| 4. Considerações Finais | |
| I. ENC/FACEG | II. Bacharel, Engenharia Civil, 2017 |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BATISTA, Lucas Almeida; VELOZO Skarlleth Bruna Gomes. Dimensionamento de Pavimento Rígido Para Estacionamento de Veículos Leves. TCC, Curso de Engenharia Civil, FACEG, Goianésia, GO, 45p. 2017.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Lucas Almeida Batista e Skalleth Bruna Gomes Velozo

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:
Dimensionamento de Pavimento Rígido Para Estacionamento de Veículos Leves

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2017

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

Lucas Almeida Batista
E-mail: lucasfaeg@gmail.com

Skarlleth Bruna Gomes Velozo
E-mail: skarllethgvelozo@gmail.com

LUCAS ALMEIDA BATISTA
SKARLLETH BRUNA GOMES VELOZO

**DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA
ESTACIONAMENTO DE VEÍCULOS LEVES**

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

APROVADO POR:

**CLEBER CAETANO THOMAZI, Doutor (FACEG)
(ORIENTADOR)**

**CLEBER JEAN LACERDA, Mestre (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DANIEL FERREIRA CAIXETA, Doutor (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

GOIANÉSIA/GO, 16 de Dezembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que nos deu o dom da vida e permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de nossas vidas, e não somente nesse trajeto acadêmico, mas em todos os momentos, é o maior mestre que alguém pode ter.

A instituição e a todos os professores que contribuíram para nossa formação profissional.

Ao nosso orientador Dr. Cleber Caetano Thomazi, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e principalmente pelos os incentivos.

A nossas mães, Ivani e Almerinda, que apesar de todas as dificuldades estiveram nos incentivando, fortalecendo e apoiando nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado.

RESUMO

A pavimentação de concreto armado teve um grande crescimento no Brasil, principalmente por apresentar vantagens significativas em relação ao pavimento flexível em questão de durabilidade e baixa manutenção. Sua redução na espessura do concreto e excelente resistência faz com que seja uma ótima escolha. Este trabalho tem como finalidade principal realizar o dimensionamento de um pavimento rígido para o estacionamento dos professores da Faculdade Evangélica de Goianésia. As cargas consideradas sobre o pavimento são móveis e leves. O método de cálculo utilizado para o dimensionamento é de Rodrigues e Pitta (1997), considerando o ábaco para cargas leves de Neto (2010). Ao longo do desenvolvimento do trabalho foi possível conhecer importantes aspectos e condições relacionados à pavimentação rígida.

Palavras chave: concreto armado, estacionamento para veículos leves, laje piso.

ABSTRACT

The paving of reinforced concrete had a great growth in Brazil, mainly due to its significant advantages in relation to flexible pavement in question of durability and low maintenance. Its reduction the thickness of concrete and excellent resistance makes it a great choice. This work has as main purpose perform of sizing a rigid pavement for the parking of teachers of Evangelical College of Goianésia. The loads considered on the pavement are mobile and light. The method of calculation used for the dimensioning is based on the work of Rodrigues and Pitta (1997), whereas the graphs for lighter loads are taken from Neto (2010). Throughout the development of the work it was possible to know important aspects and conditions related to rigid paving.

Keys words: reinforced concrete, parking for light vehicles, flagstone floor.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Área de contato do pneu

ALAPA - Associação Latino Americana de Pneus e Aros

ANAPRE – Associação de Pisos e Revestimento de Alto Desempenho

A_s – Área de aço da armadura

b – Largura considerada

CA – Concreto Armado

CBR – *California Bearing Ratio*

CCR – Concreto Compactado com Rolo

CP – Corpo de Prova

d – distância entre os eixos do veículo

d' – cobrimento

DNIT – Departamento Nacional de Infra Estrutura e Transporte

E – Modulo de Elasticidade

FACEG – Faculdade Evangélica de Goianésia

f_{ck} – Resistência Característica do Concreto

h – Espessura da placa de concreto

ISC – Índice de Suporte Califórnia

K – coeficiente de recalque

KPa – Kilo Pascal

k_3 – Coeficiente adimensional

k_6 – Coeficiente adimensional

L – Comprimento do pneu

l – Raio de rigidez

M_b – Momento na borda da placa

M_i – Momento no interior da placa

N – Número de blocos determinados pelo ábaco

NBR – Norma Regulamentadora Brasileira

P_r – Carga atuante do pneu

PEMP – Projeto de Expansão do Mercado de Pisos

q – Pressão de enchimento dos pneus

SPT – *Standard Penetration Test*

ν – Coeficiente de Poisson

w – Largura do pneu

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução PIB e Construção Civil	3
Figura 2: Patologias no estacionamento de pavimentação flexível FACEG. Fonte: Própria autoria.	5
Figura 3: Sistema de pavimento rígido.....	8
Figura 4: Ensaio Mini CBR. Fonte: Fortes (2002).	10
Figura 5: Representação do ensaio de sondagem. Fonte: alemdainercia.wordpress.com/2016/08/09/fundacoes-o-ensaio-spt/.....	12
Figura 6: Laudo obtido através de sondagem SPT.	13
Figura 7: Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR) e coeficiente de recalque (K) do subleito. Fonte: DNIT (2005).	18
Figura 8: Número N para veículo de eixo simples de rodagem simples. Fonte: Neto (2013).	21
Figura 9: Detalhamento da laje do pavimento.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição de preço unitário da pavimentação flexível.....	6
Tabela 2: Composição de custo unitário de pavimentação rígida.	7
Tabela 3: Exigências físicas e mecânicas do cimento. Fonte: RODRIGUES, 2006.....	15
Tabela 4: Diâmetro das barras de transferência. Fonte: Rodrigues e Pitta (1997), adaptado...	16

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Coeficiente de Recalque	10
Equação 2: Módulo de Elasticidade	17
Equação 3: Área de Contato	19
Equação 4: Dimensões Básicas do Pneu	20
Equação 5: Dimensões Básicas do Pneu	20
Equação 6: Raio de Rigidez	20
Equação 7: Entrada para o ábaco.....	20
Equação 8: Entrada para o ábaco.....	20
Equação 9: Momento no Interior da Placa	22
Equação 10: Momento na Borda da Placa.....	22
Equação 11: Coeficiente Adimensional k_6	22
Equação 12: Área de Aço	23

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	História	1
1.2	Contextualização	2
1.3	Mercado da pavimentação rígida no Brasil	3
1.4	Objetivo	4
1.5	Justificativa	5
2.	SISTEMA CONSTRUTIVO	8
2.1	Subleito	8
2.1.1	Índice de Suporte Califórnia	9
2.1.2	Coefficiente de Recalque	10
2.1.3	Sondagem	11
2.2	Sub-base	13
2.3	Materiais	14
2.4	Cimento	14
2.5	Juntas	16
3.	DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA ESTACIONAMENTO DE VEÍCULOS LEVES	16
3.1	Concreto	17
3.2	Aço	17
3.3	Solo	17
3.4	Geometria do Pavimento	18
3.5	Característica do Veículo	19
3.6	Dimensionamento Para Carga Móvel	19
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
5.	BIBLIOGRAFIA	26
6.	ANEXOS	27

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho são estudados os procedimentos para dimensionamento de estruturas de pavimentação rígida. A discussão se estende sobre suas etapas e componentes, assim como trata de suas propriedades e funções. Além do já citado, os projetos para execução de pavimentos de concreto armado devem levar em pauta diversos procedimentos e suas particularidades, tais como o desafio imposto por questões logísticas.

Diante da importância dos pavimentos industriais, justifica-se o interesse em pesquisas neste assunto, principalmente no que se refere a métodos utilizados na execução associados às normas brasileiras existentes. Apesar de desempenhar importante papel em vários vieses da produção comercial e industrial, a literatura relacionada ao tema ainda é relativamente escassa, sendo necessários maiores esforços para se alcançarem avanços expressivos.

Os pavimentos rígidos são compostos por um sistema de camadas finitas que reagem de forma predominante aos esforços de tração. Levando em consideração que este tipo de pavimento conta com grande parte de sua constituição baseada em concreto, vale ressaltar que o seu dimensionamento deve levar em consideração as características de resistência oferecidas pelo concreto.

O Sistema de pavimentação rígida pode ser considerado um ramo em ascensão, levando em consideração a grande vantagem de aplicação em áreas que requerem alta resistência a esforços e durabilidade, tais como indústrias, shoppings, hipermercados, estacionamento e vastos galpões.

Apesar de abordar temas relacionados a métodos executivos, materiais aplicados e outros aspectos ligados ao procedimento de projeção e execução, o trabalho não tem como finalidade tratar de métodos construtivos e materiais aplicados no procedimento. Levando em consideração a extensão e complexidade que o tema pode oferecer, o desenvolvimento do trabalho será direcionado ao dimensionamento de um pavimento de concreto rígido nas condições que serão citadas em seu desenvolvimento.

1.1 História

“De acordo com Senço (SENÇO, 1997, apud SILVA et al., 2014), os precursores dos pavimentos rígidos foram os ingleses, que iniciaram a sua construção em 1865. O primeiro pavimento de concreto construído nos Estados Unidos da América data de 1891 e hoje

funciona como calçadão para pedestres, foi executado na cidade de Bellefontaine, no Estado de Ohio.”

Em países como Alemanha e Estados Unidos, entre outros, a pavimentação de concreto ganhou preferência na construção de auto estradas antes da Segunda Guerra Mundial. Époça em que a Alemanha contava com cerca de 92% de suas auto estradas feitas em concreto. No fim da década de 1950 os Estados Unidos da América tinham cerca de 89% das grandes vias urbanas e 79 % das vias rurais em pavimentos de concreto. No Brasil, a primeira obra de pavimentação em concreto foi executada em 1926, na via conhecida como Caminho do Mar, ligando São Paulo a Cubatão. Após o término da Segunda Guerra Mundial, a produção nacional de cimento foi destinada de forma prioritária a suprir as necessidades da até então emergente indústria da construção civil, forçando os setores de pavimentação a se desenvolverem em projetos que não dependessem diretamente do concreto. Nessa mesma época os Estados Unidos da América desenvolveram grande tecnologia de pavimentos flexíveis utilizando como base produtos betuminosos em detrimento dos pavimentos rígidos, haja vista que os preços dos derivados de petróleo eram muito baixos e convidativos. No contexto brasileiro, o pavimento de concreto é usualmente adotado em obras de portos, aeroportos, rodovias, pisos industriais e afins, porém foi na década de 80 e 90 que o método ganhou destaque no país, despertando interesse em meios rodoviários. A partir do ano de 1998, com a compra de pavimentadoras e usinas modernas pela Associação Brasileira de Cimento Portland, o pavimento de concreto vem sendo mais empregado na execução de pavimentação rodoviária no Brasil (SILVA e CARNEIRO, 2014).

1.2 Contextualização

Rodrigues (2006) atribui o êxito na qualidade do pavimento industrial a três pontos cruciais: projeto, execução e materiais. O planejamento da execução e a conformidade das diretrizes do projeto são fundamentais para assegurar a capacidade e resistência dos pavimentos industriais.

Os avanços tecnológicos da construção civil no Brasil ganharam fôlego após a adoção de políticas voltadas a globalização e promoção da abertura econômica no país, impulsionando assim novas tecnologias e desenvolvendo de forma significativa as já existentes. Diante disso, podemos considerar que a inserção de novas tecnologias na

construção civil brasileira é bastante recente e com potencial de desenvolvimento em larga escala devido à grande demanda existente, tanto no que se relaciona ao desenvolvimento das indústrias como ao desenvolvimento da infra-estrutura do país.

Apesar do cenário econômico instável que o Brasil atravessa nos dias atuais, o país alcançou altos índices de desenvolvimento no final de década passada e nos anos iniciais da década atual, crescimento que foi significativamente fomentado pelo mercado da construção civil, atraindo investimentos de meios privados e estatais. A Figura 1 esboça a evolução do PIB x Construção Civil, e demonstra um crescimento de 59% no segmento entre 2000 e 2011.



Fonte: Sindicato Nacional da Indústria de Cimentos, Instituto Brasileiro de Siderurgia, Cimento.org, CBIC, ANAMACO, BACEN, IBGE.

Figura 1: Evolução PIB e Construção Civil

Como parte da evolução e desenvolvimento da construção civil, o setor tem buscado garantir excelência em suas operações, implantando ferramentas para aferição de qualidade e sistemas de gerenciamento de todo processo de execução e projeto.

1.3 Mercado da pavimentação rígida no Brasil

Diante ao crescimento e a organização do setor de construção civil, as novas tecnologias e procedimentos adotados para especificação, dimensionamento e execução de

pavimentos rígidos passaram por grandes processos de transformação, gerando grandes avanços para acompanhar o exigente mercado da construção civil, considerando que as indústrias prezam pela melhoria e adequação da infra-estrutura ligada a cadeia produtiva.

Diante da iminência do desenvolvimento da construção civil, foram impulsionadas grandes parcerias e alianças entre os variados setores industriais envolvidos na cadeia produtiva, grande parte com ênfase no desenvolvimento de novas tecnologias, controle de produção e qualidade.

Perante o cenário de ascensão do ramo de construção civil, a área de pavimentação rígida apresentou grande desenvolvimento nos últimos anos, apoiada inclusive pela já citada aquisição de modernas usinas e pavimentadoras pela Associação Brasileira de Cimento Portland, além das constantes e evidentes buscas por novas tecnologias, aumentando de forma expressiva a necessidade de especialização e pesquisas direcionadas à área de pavimentação rígida.

Em 2004, foi criada no país a Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho – ANAPRE, após a ação de um grupo de empresas relacionadas a revestimentos de alto desempenho e pisos industriais. O grupo com o objetivo de desenvolver, expandir o mercado e ganhar forças para o segmento, desenvolveu um plano estratégico setorial com a nomenclatura de PEMP – Projeto de Expansão do Mercado de Pisos, direcionado a diversas ações impactantes de marketing.

Atualmente o Brasil pode ser considerado um país bem desenvolvido no que se diz respeito a dimensionamento de pavimentos, haja vista que possui grande domínio sobre a evolução tecnológica dos materiais e o vasto grau de especialização dos profissionais da área de projetos e execução (RODRIGUES et al., 2006, *apud* CRISTELLI, 2010).

1.4 Objetivo

O trabalho aqui apresentado tem por objetivo o estudo do processo de dimensionamento de um pavimento rígido para estacionamento de veículos leves. Para tanto, utilizou-se a área destinada ao estacionamento dos professores da Faculdade Evangélica de Goianésia (Anexo A). Visa-se expor e analisar as seguintes questões:

- Método de dimensionamento do pavimento de concreto para estacionamento;
- Aplicação de pavimento rígido em áreas com grande solicitação de resistência;

Pretende-se descrever e expor os desafios do projeto e desenvolvimento de um piso de concreto armado, lotado em uma área de grande movimentação de veículos de pequeno porte, seguindo o método de dimensionamento optado, relacionando-o as normas nacionais.

Através do desenvolvimento de um projeto de dimensionamento do pavimento, objetivasse expor e compartilhar a análise do método aplicado, agregando, desta forma, conhecimento aos envolvidos.

1.5 Justificativa

A utilização do pavimento de concreto se mostra uma alternativa recorrente, levando em consideração a grande vantagem de aplicação em áreas que requerem alta resistência a esforços e durabilidade, tais como indústrias, shoppings, hipermercados, estacionamentos e vastos galpões.

Sendo apresentado como uma opção bastante atrativa, a pavimentação rígida não tem como princípio a substituição do pavimento flexível de constituição betuminosa, considerando que o Brasil é um país de extensão territorial e com diversidade de condições adversas, mas se apresenta como uma alternativa de grande valia para aplicações em situações que requerem maior resistência a esforços. Na Figura 2 podem-se observar algumas patologias encontradas de forma recorrente em estacionamentos de pavimentação flexível, onerando a manutenção.



Figura 2: Patologias no estacionamento de pavimentação flexível FACEG. Fonte: Própria autoria.

O emprego de pisos de concreto está ligado diretamente a sua alta capacidade de resistência a esforços elevados.

[...] Os pavimentos são elementos de extrema importância para operação dessas empresas e indústrias, pois é nele que ocorrem suas atividades. Em função da diversidade de situações às quais os sistemas de pavimentação estão sendo empregados, nota-se cada vez mais a importância da execução de um projeto consistente, desenvolvido por um profissional especializado e baseado em informações técnicas precisas; e de um controle de qualidade rigoroso na execução da obra [...] (CRISTELLI, 2010).

De acordo com estudo de Mean (et al., 2011), o pavimento flexível pode apresentar vantagem inicial visto o seu menor custo de produção, entretanto o pavimento rígido demonstra maior vantagem econômica a longo prazo, considerando que a pavimentação rígida tem durabilidade mínima de 20 anos, enquanto a pavimentação flexível apresenta a durabilidade máxima de 10 anos. Podemos observar nas Tabela 1 e Tabela 2 abaixo a composição de custos de ambos os tipos de pavimentos:

Tabela 1: Composição de preço unitário da pavimentação flexível.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA PARA FORNECIMENTO DE MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E MÃO DE OBRA						
ITEM	DESCRIMINAÇÃO	QUANT.	UNID.	VALOR UNIT (R\$)	R\$ TOTAL	VALOR TOTAL (R\$) ITEM
2.0	PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE					
2315.8.21.1	escarificação do solo	1,0	m ²	R\$ 14,69	R\$ 14,69	
2315.8.6.1	compactação mecanizada do solo	1,0	m ²	R\$ 2,29	R\$ 2,29	
2335.8.7.1	Abertura e preparo de caixa de até 40 cm para pavimentação	1,0	m ²	R\$ 3,68	R\$ 3,68	
	Sub-total do item					R\$ 20,66
2.0	PAVIMENTAÇÃO					
2720.8.3.1	base de brita graduada, esp. 20 cm	1,0	m ²	R\$ 20,05	R\$ 20,05	
DER 23.06.04	vedação com lama asfáltica e polímeros	1,0	m ²	R\$ 9,64	R\$ 9,64	
DER 23.08.02	camada intermediária (BINDER) asfáltica usinada a quente para pavimentação	1,0	m ²	R\$ 20,56	R\$ 20,56	
2710.8.5.2	Imprimação impermeabilizante betuminosa para pavimentação 1,5/m ²	1,0	m ²	R\$ 4,29	R\$ 4,29	
2710.8.5.1	Imprimação ligante betuminosa para pavimentação 1,2/m ²	1,0	m ²	R\$ 2,69	R\$ 2,69	
2740.8.1.1	Capa Asfáltica CBUQ 4 cm compactado.	1,0	m ²	R\$ 27,75	R\$ 27,75	
	Sub-total do item					R\$ 84,98
TOTAL GERAL DO ORÇAMENTO:					R\$ 105,64 / m²	
TABELA DE CUSTOS ANALÍTICA PINI/SP - Novembro/2010 - L.S.: 129,34%; BDI=30,00%						
DER - Setembro/2010 - L.S.: 125,58%; BDI=35,00%						
BOLETIM Nº 154 CPOS, Setembro/2010, com BDI 30%						

Tabela 2: Composição de custo unitário de pavimentação rígida.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA PARA FORNECIMENTO DE MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E MÃO DE OBRA						
ITEM	DESCRIMINAÇÃO	QUANT.	UNID.	VALOR UNIT (R\$)	R\$ TOTAL	VALOR TOTAL (R\$) ITEM
2.0 PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE						
2315.8.21.1	escarificação do solo	1,00	m ²	R\$ 14,69	R\$ 14,69	
2315.8.6.1	compactação mecanizada do solo	1,00	m ²	R\$ 2,29	R\$ 2,29	
2335.8.7.1	Abertura e preparo de caixa de até 40 cm para pavimentação	1,00	m ²	R\$ 3,68	R\$ 3,68	
	Sub-total do item					R\$ 20,66
2.0 PAVIMENTAÇÃO						
02720.8.3.1	base de brita graduada, esp. 10 cm	1,00	m ³	R\$ 7,71	R\$ 7,71	
02700.8.2.4	LASTRO DE CONCRETO magro com seixo, e=8 cm, incluindo preparo e lançamento	1,00	m ²	R\$ 31,79	R\$ 31,79	
02752.8.7.1	PLACA DE CONCRETO , fck = 20 MPa, controle tipo "B", e = 20 cm, com juntas de dilatação	1,00	m ²	R\$ 88,93	R\$ 88,93	
	Sub-total do item					R\$ 128,43
TOTAL GERAL DO ORÇAMENTO:						R\$ 149,09/ m²
Fonte: TABELA DE CUSTOS ANALÍTICA PINI/SP - Novembro/2010 - L.S.: 129,34%; BDI=30,00%						
DER - Setembro/2010 - L.S.: 125,58%; BDI=35,00%						
BOLETIM Nº 154 CPOS, Setembro/2010, com BDI 30%						

O autor Almeida (Almeida, 2015) recomenda o estudo e a fomentação de outras metodologias para o dimensionamento de pavimentos rígidos, ressaltando a grande aplicação de métodos baseados em conhecimentos empíricos.

Diante a importância exposta no que diz respeito a pavimentos de concreto, justifica-se o interesse em pesquisas neste, principalmente no que se refere a métodos utilizados para dimensionamentos associados às normas brasileiras existentes. Através de breve pesquisa fica clara a necessidade de enriquecimento do acervo científico direcionado à metodologia de aplicação em pisos de concreto armado.

Este trabalho de conclusão de curso visa buscar e expor expertises no que se refere ao dimensionamento de pisos de concreto, relacionando e expondo como as normas e diretrizes regulamentadoras afetam no aspecto de desenvolvimento deste.

2. SISTEMA CONSTRUTIVO

Para atender os critérios de qualidade do pavimento, é importante que as camadas reajam de forma mútua. Independente do momento em que são executadas, cada camada exerce sua função e todas juntas formam um mecanismo integrado de um único sistema construtivo. Na Figura 3 são apresentadas as camadas de um pavimento rígido.



Figura 3: Sistema de pavimento rígido.

2.1 Subleito

O subleito é considerado como a camada da fundação de grande parte das pavimentações rígidas, ou seja, camada onde será apoiada a obra de pavimentação, trazendo como função a absorção dos esforços de impacto de esforços dos carregamentos transmitidos pelas placas de concreto e sub-base (CRISTELLI, 2010).

Para definição do subleito deve ser levado em consideração o estudo geotécnico do solo, considerando a profundidade de atuação das cargas geradas por sua utilização. Estas informações podem ser oriundas de estudos geológicos e geotécnicos.

No atual cenário da pavimentação rígida, onde existe grande demanda pela adoção do sistema de pavimentação de menor espessura o subleito sofre grande demanda (RODRIGUES et al., 2006,)ressaltando a necessidade de estudo do solo para conhecimento da resistência oferecida.

Os estudos de solo direcionados ao conhecimento do coeficiente de recalque (K) e índices físicos (CBR –do inglês *California Bearing Ratio*) são de suma importância para a

elaboração do projeto conforme normativas, haja vista que são fundamentais para a caracterização do solo. Através do procedimento de sondagem (SPT – do inglês *Standard Penetration Test*), torna-se possível o conhecimento do nível de resistência das camadas mais profundas.

O Brasil é um país que conta com dimensões continentais e, conseqüentemente, o seu vasto território apresenta uma gama de solos muito grande, tornando necessário o estudo sistemático das suas propriedades e observação de seu comportamento.

A disponibilidade das informações geotécnicas deve estar ligada diretamente as primeiras considerações diante o desenvolvimento do projeto, informações essas que devem garantir o nível de segurança necessário para a viabilidade do projeto em atingir a relação ótima entre custo e durabilidade (Rodrigues, Faria, Silva, 2015).

2.1.1 Índice de Suporte Califórnia

Usualmente é adotado o ensaio de suporte Califórnia, para fornecimento do ISC (Índice de Suporte Califórnia) ou de forma mais conhecida o CBR (*California Bearing Ratio*) para conhecimento de características de resistência do solo (Rodrigues et al., 2015).

No ensaio de suporte Califórnia, é retirado um corpo de prova, CP, coloquialmente conhecido como testemunha, com as dimensões de 150 mm de diâmetro por 170 mm de altura. Após a sua retirada, o CP é submetido à submersão em água pelo período de quatro dias, afim de que seja atingido seu ponto de saturação. Depois de atingir saturação utiliza-se um deflectômetro para medir a expansão que o corpo de prova sofre após atingir seu estado de saturação. Em seguida a amostra é submetida a uma pressão por meio de um corpo de prova de 50 mm de diâmetro. Desta forma o manômetro assume a posição de aferição da pressão aplicada e o deflectômetro mede as deformações (RODRIGUES et al, 2006). A Figura 4 ilustra a aparelhagem, características e aplicações do Ensaio de Capacidade de Suporte.

APARELHAGEM	CARACTERÍSTICAS	APLICAÇÕES DOS RESULTADOS
	<p>COMPACTADOR:</p> <p>PISTÃO: Mini (Ø 16 mm); Sub Mini (Ø 8 mm)</p> <p>CARGA:</p> <p>Estática, penetr. de 1,25 mm/min.</p> <p>Dinâmica, 1 golpe soquete compactador.</p> <p>IMERSÃO: 24 horas ou sem</p>	<p>Método de Ensaio DNER – ME 254/89 DER/SP – M 192</p> <p>Dimensionamento de pavimentos.</p> <p>Escolha de solos para reforço do subleito, bases e acostamentos.</p>



Figura 4: Ensaio Mini CBR. Fonte: Fortes (2002).

2.1.2 Coeficiente de Recalque

Considerado como o principal parâmetro no processo de dimensionamento de pavimentos de concreto, o coeficiente de recalque, K , gera informações sobre o deslocamento unitário sofrido pelo leito de acordo com a pressão exercida (CRISTELLI, 2010). Abaixo a para obtenção dos valores

Equação 1 para obtenção dos valores

Equação 1: Coeficiente de Recalque

$$K = P/R(\text{MPa/m})$$

Onde: P é a pressão unitária aplicada sobre uma placa rígida (MPa)

R é o recalque ou deflexão (m) = área da placa x deformação

O valor do coeficiente de recalque (K) conta com um grande campo de variações, haja vista que depende da caracterização do solo, densidade e umidade. Os solos com maior capacidade de deformação plástica podem apresentar coeficientes com valores $1,4 \text{ kgf/cm}^2/\text{cm}$, entretanto pedregulhos e solos arenosos com dimensões graúdas apresentam valores próximos a $14,0 \text{ kgf/cm}^2/\text{cm}$ (RODRIGUES et al. 2006).

2.1.3 Sondagem

O ensaio SPT (*Standard Penetration Test*) tem como finalidade verificar a resistência a penetração e se baseia na cravação vertical no solo, de um corpo cilíndrico de dimensões padronizadas através de golpes com um martelo de massa padrão 65 kg em queda livre de uma altura de 75 cm (CRISTELLI, 2010), a Figura 5 ilustra o sistema para realização do ensaio. Relacionando o número de golpes necessários para o deslocamento e as medidas de penetração é possível obter a resistência em cada camada do solo.

O procedimento de sondagem SPT permite também a averiguação tátil visual de cada camada do solo, além de identificar o nível o lençol freático. O anexo D, apresenta os resultados do ensaio de Sondagem Simples de Reconhecimento, Padrão (SPT), realizado nas dependências da Faculdade Evangélica de Goianésia, situada na Avenida Brasil, número 1000, Bairro Covoá, Goianésia-GO.

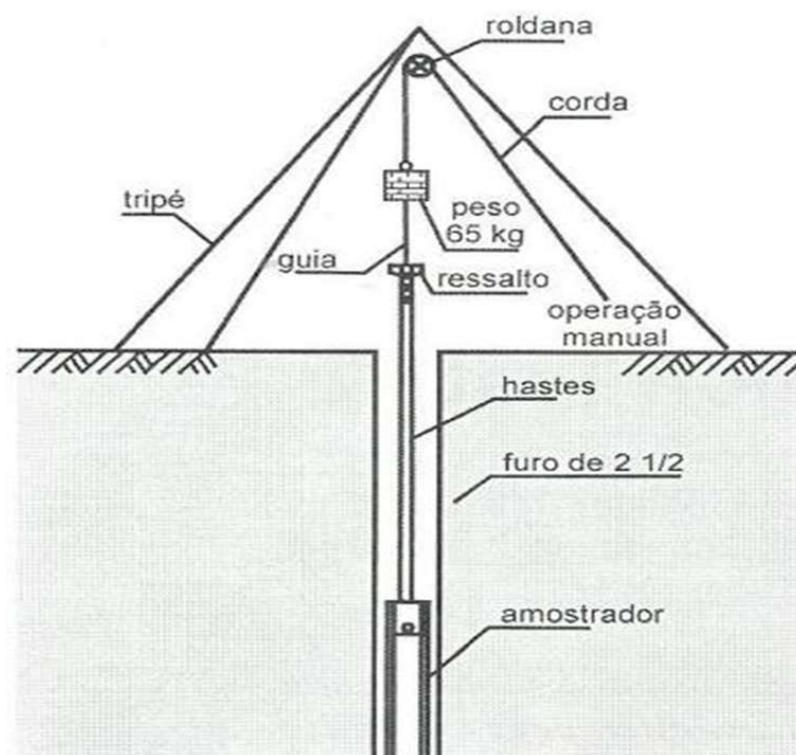


Figura 5: Representação do ensaio de sondagem. Fonte: alemdainercia.wordpress.com/2016/08/09/fundacoes-o-ensaio-spt/.

O ensaio de sondagem SPT apresenta conforme a Figura 6 abaixo:

- A caracterização das distintas camadas de solo;
- A classificação dos solos;
- O nível do lençol freático;
- A capacidade de carga do solo em várias profundidades.

PROF. CAMADAS (m)	PERFIL GEOLÓG.	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	CONS.* OU COMP.**	% RECUPER.			RECUPERAÇÃO				N.A. (m)	
				Nº GOLPES			PENETRAÇÃO					
							20	40	60	80		
7,30		ARGILA COLORAÇÃO VERMELHA	POUCO COMP.	1								
				2	3	4	7					
				15	15	15						
				2	2	3	5					
				15	15	15						
				3	2	2	4					
				15	15	15						
				1	2	3						
				15	15	15						
				5	2	3						
				15	15	15						
				2	2	4						
				15	15	15						
				7	1	1						
				15	15	15						
8,90		ARGILA COLORAÇÃO CINZA	CONS. MOLE*	9	1	1	1	2				
				15	15	15						
				1	2	2	4					
				11	2	2	3	5				
				15	15	15	15					
				13	3	5	10	15				
				15	15	15	15					
				17	5	10	20	30				
				15	15	15	15					
				17	6	11	21	32				
				15	15	15	15					
				17	5	12	23	35				
				15	15	15	15					
				17	8	12	12/5					
				15	15	5						
OBS. 17,20m = IMPENETRÁVEL AO AMOSTRADOR SPT / 17,21m = IMPENETRÁVEL AO TRÉPANO DE LAVAGEM . O FURO FECHOU EM 3,70m. ATÉ 3,70m FURO SECO.							30 cm INICIAIS 30 cm FINAIS					
Leitura	Intervalo	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem p/ tempo 10 min. Profund. de Início (m) : 17,20	SOND. ROTATIVA		SOND. À PERCUSSÃO			
1	--:--	--:--	T. Cavadeira	0,00		Estagio 1 (cm) : 1,00	ø	Amostrador : ø I = 1 3/8"				
2	--:--	--:--	T. Espiral	0,00	1,00	Estagio 2 (cm) : 0,00	ø Revest. :	ø E = 2"				
3	--:--	--:--	Lavagem	1,45	17,20	Estagio 3 (cm) : 0,00		ø Revestimento = 2 1/2"				
								Peso=65 kg Alt. Queda=75 cm				

Figura 6: Laudo obtido através de sondagem SPT.

2.2 Sub-base

A sub-base deve dar suporte uniforme e constante, evitar bombeamento, controlar as variações volumétricas do subleito e aumentar o suporte da fundação.

No dimensionamento em questão o ideal seria o uso do concreto rolado (CCR) para atingir as características básicas de uma sub-base.

O CCR é um concreto seco, com consistência e trabalhabilidade tal que permitem sua compactação através de rolos compressores. É utilizado como base ou sub-base para placas de concreto simples ou armado e como material para a formação do corpo de barragens. (GUEDES, 2009). O cimento empregado deve atender as especificações da norma brasileira, assim como a brita e a areia também. Para que seja feita uma compressão perfeita e adequada o CCR deve estar numa umidade ideal, porém demonstrou em seus experimentos que a umidade que se aproxima do ideal quando compactada com rolo é de 6%.

O conjunto CCR, mais placa de concreto simples ou armado, tem mostrado grande durabilidade, mesmo em pátios abertos (expostos ao tempo) como no pavimento rígido, aeroportos e barragens (GUEDES 2009).

2.3 Materiais

A fabricação do pavimento rígido requer um material específico que muitas vezes difere dos que são usados em construção civil. Isto é necessário para que o concreto de pavimentação atinja os seus critérios de qualidade e que se tenha um bom produto (RODRIGUES, 2006).

2.4 Cimento

O cimento é substrato da moagem de clínquer com uma pequena porção de gesso, que resulta em um pó fino, de cor acinzentada. Esse elemento acrescido de materiais ativos, como escoria de alto forno e materiais pozolânicos, produz outros tipos de cimento, de acordo com a Tabela 3.

Os cimentos com adição possuem o tempo de pega mais longo, o que acaba sendo desfavorável ao acabamento e a exsudação ocorre com maior intervalo, aumentando a probabilidade de ocorrer fissuras plásticas na fase inicial do endurecimento, portanto, gerando pontos negativos. Como ponto positivo os cimentos com adição apresentam desempenho satisfatório quanto aos ataques químicos, contudo os que apresentam escoria de alto forno também possui tendências a terem maior resistência a tração na flexão para um mesmo nível de resistência a compressão (RODRIGUES, 2006).

Tabela 3: Exigências físicas e mecânicas do cimento. Fonte: RODRIGUES, 2006.

Tipo de cimento portland	Classe	Finura		Tempos de pega		Expansibilidade		Resistência à compressão				
		Resíduo na peneira 75mm (%)	Área específica (m ² /kg)	Início (h)	Fim (h)	A frio (mm)	A quente (mm)	1 dia (MP)	3 dias (MPa)	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)	91 dias (MPa)
CP I	25		≥ 240						≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0	
CP I-S	32	≥ 12,0	≥ 260	≥ 1	≤ 10 ⁴⁰	≤ 5 ⁴⁰	≤ 5	-	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0	-
	40	≤ 10,0	≥ 280						≥ 15,0	≥ 25,0	≥ 40,0	
CP II-E	25	≤ 12,0	≥ 240	≥ 1	≤ 10 ⁴⁰	≤ 5 ⁴⁰	≤ 5	-	≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0	
CP II-Z	32		≥ 260						≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0	-
CP II-F	40	≤ 10,0	≥ 280						≥ 15,0	≥ 25,0	≥ 40,0	
CP III ⁶⁰	25		-	≥ 1	≤ 12 ⁶⁰	≤ 5 ⁴⁰	≤ 5	-	≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0	≥ 32,0 ¹⁰
	32	≤ 8,0							≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0	≥ 40,0 ¹⁰
	40								≥ 12,0	≥ 23,0	≥ 40,0	≥ 48,0 ¹⁰
CP IV ⁶⁰	25		-	≥ 1	≤ 12 ⁶⁰	≤ 5 ⁴⁰	≤ 5	-	≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0	≥ 32,0 ¹⁰
	32	≤ 8,0							≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0	≥ 40,0 ¹⁰
CP V-ARI		≤ 6,0	≥ 300	≥ 1	≤ 10 ⁴⁰	≤ 5 ⁴⁰	≤ 5	≥ 14,0	≥ 24,0	≥ 34,0	-	-

2.3.2 Agregados

Woods (1960, *apud* BERNUCCI, 2006) define agregado como sendo uma mistura de pedregulho, areia, pedra britada, escória ou outros materiais minerais, usada em combinação com um ligante para formar um concreto, uma argamassa, etc.

2.3.3 Aditivos

Os aditivos são bastante comumente na produção do concreto, seja pra acelerar ou retardar o tempo de pega, reduzir a permeabilidade, promover a plasticidade da mistura, melhorar a trabalhabilidade, tornar mais resistente aos agentes agressivos.

Para isso é usado um ou mais aditivos para atingir a finalidade desejada. Vale ressaltar a importância de seguir a risca as orientações dos fabricantes, pois o aditivo funciona como um suplemento para o concreto, e o seu mau uso pode trazer resultados indesejáveis (DNIT, 2005).

Um tipo de aditivo que poderá ser muito útil para os pavimentos industriais são os que se propõe a combater a retração do concreto. Ainda pouco conhecidos no Brasil, foram desenvolvidos no Japão a partir de 1980 e têm como base compostos orgânicos à base de éter glicol ou propileno glicol e são capazes de promover reduções de até 80% da retração final do concreto (VIEIRA & BENINI, 2001, *apud* RODRIGUES 2006).

2.5 Juntas

O ponto mais vulnerável dos pavimentos de concreto são as juntas, pois estão sujeitas a ocorrência de defeitos, tanto no desempenho como na execução (RODRIGUES & PITTA, 1997).

Através de revisão bibliográfica é possível afirmar que a função básica das juntas é permitir as movimentações de contração e expansão do concreto, para que haja adequada transferência de carga entre as placas contíguas e garantindo o conforto do rolamento (RODRIGUES, 2006).

Para garantir a durabilidade do pavimento, deve ser empregado o uso de mecanismo de transferência de carga, nas juntas transversais e longitudinais. O diâmetro das barras de transferência deve ser igual ou superior a 16 mm, de acordo com a Tabela 4: Diâmetro das barras de transferência. Fonte: Rodrigues e Pitta (1997), aTabela 4. (RODRIGUES & PITTA, 1997)

Tabela 4: Diâmetro das barras de transferência. Fonte: Rodrigues e Pitta (1997), adaptado.

Diâmetro das Barras de Transferência		
Espessura do Pavimento (cm)		Diâmetro das Barras (mm)
	$h \leq 12,5$	16
12,5 <	$h \leq 15,0$	20
15,0 <	$h \leq 20,0$	25
	$h > 20,0$	32

3. DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA ESTACIONAMENTO DE VEÍCULOS LEVES

Com base na revisão bibliográfica de Rodrigues e Pitta, 1997, o método de dimensionamento de pavimentos de concreto armado, é baseado na determinação dos momentos fletores e das tensões atuantes. Para que se tenha resistência ao desgaste adaptável com o grau de sollicitação exigido pelo pavimento, considera que a resistência do concreto seja igual ou superior a 25 MPa. (RODRIGUES e PITTA,1997)

Nesse dimensionamento o concreto utilizado será o de 30MPa, além de ser mais usual, será adotado por medidas de segurança.

O dimensionamento do estacionamento, Anexo A, será restrito apenas para veículos leves.

A drenagem do pavimento poderá ser feita por meio do sistema de bueiros, ou seja, por tubulares de concreto, que tem por objetivo permitir a passagem das águas que escoam pelo terreno, sem que comprometa a estabilidade da estrutura e não cause erosão nas áreas vizinhas (DNIT, 2004).

3.1 Concreto

Resistência Característica do Concreto à Compressão (f_{ck})= 30,00 MPa.

Módulo de elasticidade inicial:

Equação 2: Módulo de Elasticidade

$$ECi = 5600 * \sqrt{f_{ck}}$$

$$ECi = 5600 * \sqrt{30}$$

$$ECi = 30672,46 \text{ MPa}$$

3.2 Aço

Para o aço das malhas duplas principais, utilizam-se telas soldadas em aço CA-60 e barras de transferência em CA-25. O diâmetro da barra de transferência será adotado de acordo com a espessura do piso, com auxílio da Tabela 4 (DEMARI, 2014).

3.3 Solo

A sub-base vai ser constituída de brita graduada com espessura $h=15$ cm, e índice de suporte Califórnia do subleito: CBR 15%.

Com isso obtém-se um valor de K devido à presença de sub-base granular vista na Figura 7: Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR) e coeficiente de recalque (K) do subleito. Fonte: DNIT (2005).Figura 7, onde obtemos o valor de coeficiente de recalque 64 MPa/m.]

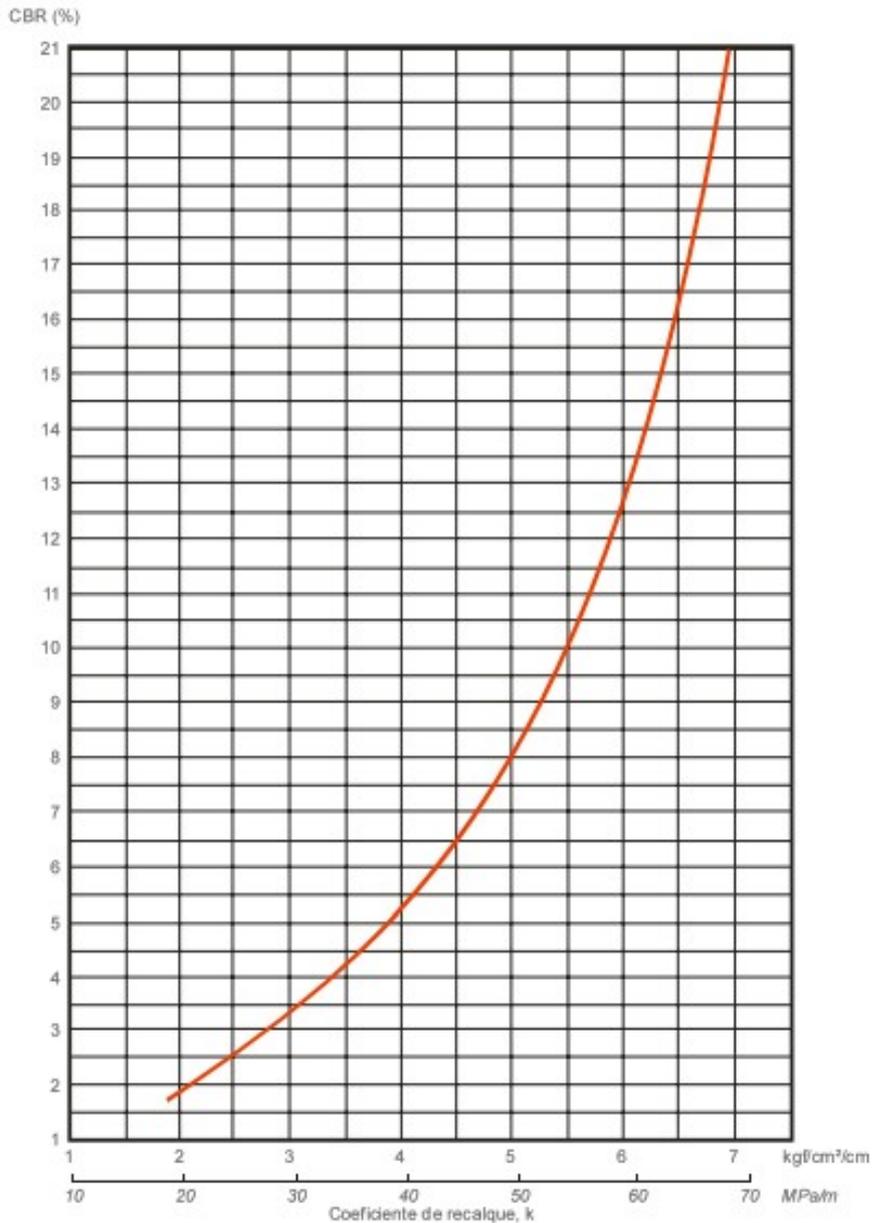


Figura 7: Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR) e coeficiente de recalque (K) do subleito. Fonte: DNIT (2005).

3.4 Geometria do Pavimento

A princípio adota-se uma altura (h) de 15 cm e cobrimento (d') de 5 cm.

Altura de cálculo do pavimento (d)= $h - d' = 15 \text{ cm} - 5 \text{ cm} = 10,00 \text{ cm}$.

As dimensões das placas vão ser adotadas 3,50 m x 4,80 m, segundo Neto (2013, *apud* DEMARI, 2014), a relação comprimento/largura se situa entre 1,20 e 1,60, a fim de proteger o concreto de anomalias decorrentes do fenômeno da retração hidráulica.

3.5 Característica do Veículo

O estacionamento será restrito para somente veículos leves, dentre eles serão adotadas as características de uma caminhonete, de eixo simples, com carga máxima de 3,5 tf e a distância máxima entre os eixos de 3,22 m.

Para a pressão de enchimento dos pneus (q) adota-se o valor de 3,5 bar (350kPa).

O valor da carga aplicada por eixo que será utilizado no cálculo e dimensionamento do pavimento a esforços solicitantes de momento fletor.

3.6 Dimensionamento Para Carga Móvel

Consideram-se duas condições de carregamento: a primeira, mais favorável, toma as cargas atuando no interior da placa, enquanto a outra leva em conta o carregamento na borda livre; nesta, os esforços gerados podem atingir cerca do dobro dos valores produzidos pelo primeiro caso. Entre os dois extremos, pode-se ter valores intermediários, como nas juntas protegidas, cuja magnitude dos esforços será função da sua eficiência na transmissão de carga. (RODRIGUESePITTA,1997).

Inicialmente determina – se a área de contato do pneu e suas dimensões básicas:

Equação 3: Área de Contato

$$A = \frac{P_r}{q}$$

Onde:

P_r é a carga atuante do pneu, ou seja, carga total do eixo dividida pelo número de rodas (N)

q é a pressão enchimento dos pneus (Pa).

Para realizar o dimensionamento de estacionamento em questão utilizaremos carga máxima referente a uma caminhoneta, segundo o DNIT possui 3,5tf. Dividindo pelo número de rodas e convertendo para unidade pedida, o valor final é de 8.750 N.

A pressão dos pneus será de 3,5 bar, informações de acordo a ALAPA.

$$A = \frac{8.750}{350.000}$$

$$A = 0,025 \text{ m}^2$$

Equação 4: Dimensões Básicas do Pneu

$$L = \sqrt{\frac{A}{0,523}}$$

$$L = \sqrt{\frac{0,025}{0,523}}$$

$$L = 0,22m$$

Equação 5: Dimensões Básicas do Pneu

$$W = 0,6 \cdot L$$

$$W = 0,6 \cdot 0,22$$

$$W = 0,132m$$

Equação 6: Raio de Rigidez

$$l = \sqrt[4]{\frac{E \cdot h^3}{12(1 - \nu^2)k}}$$

Onde:

E é o módulo de elasticidade do concreto (em MPa);

h é a espessura da placa de concreto (em m);

ν é o coeficiente de Poisson do concreto, tomado como 0,15;

k é o coeficiente de recalque da fundação (em MPa/m).

$$l = \sqrt[4]{\frac{30672,46 \cdot 0,15^3}{12(1 - 0,15^2)64}}$$

$$l = 0,61$$

Determinar N (número de solicitações):

Equação 7: Entrada para o ábaco

$$L' = \frac{0,254 \cdot L}{l}$$

$$L' = \frac{0,254 \cdot 0,22}{0,61}$$

$$L' = 0,09m$$

Equação 8: Entrada para o ábaco

$$d' = \frac{0,254 \cdot d}{l}$$

$$d' = \frac{0,254 \cdot 3,22}{0,61}$$

$$d' = 1,34m$$

Sendo d a distância entre os eixos do veículo.

Pelo Ábaco (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), determina-se o valor de N . O número N é o valor de operações/ solicitações, causadas por um eixo de veículo sobre um pavimento.

Segundo Neto (2013), o dano causado pela passagem de cada veículo é de pequena magnitude, mas o efeito acumulativo desse dano repercute na resistência a fadiga do pavimento.

Entrando com o valor de $d'=134$ cm e $l'=9$ cm (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), obtém-se o valor $N=250$.

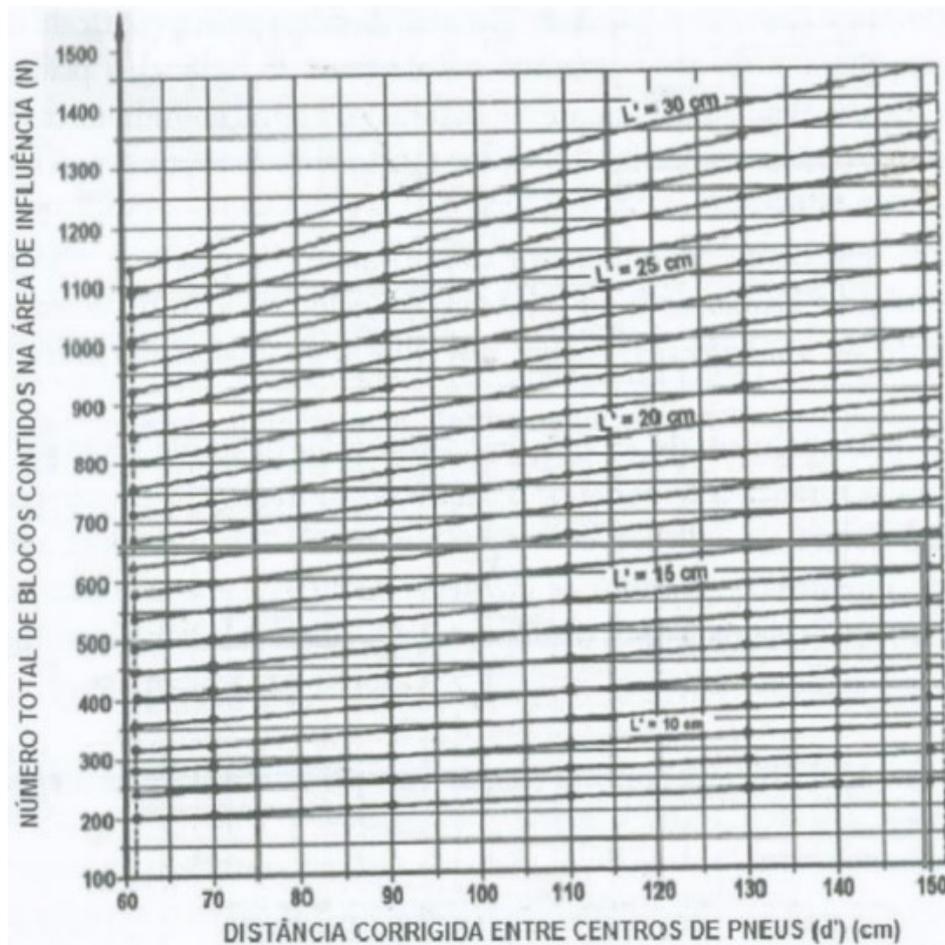


Figura 8: Número N para veículo de eixo simples de rodagem simples. Fonte: Neto (2013).

Cálculo do Momento no interior da placa:

Equação 9: Momento no Interior da Placa

$$M_i = \frac{Nql^2}{10000}$$

Onde: N é o numero de blocos determinados pela **Erro! Fonte de referência não encontrada.**;

q é a pressão de enchimento do pneu (em Pa);

l é o raio de rigidez relativo da placa (em m).

$$M_i = \frac{250 \cdot 344.750 \cdot 0,61^2}{10.000}$$

$$M_i = 3207,04 \text{ N m/m}$$

$$M_i = 32,07 \text{ tfcm/m}$$

Calculo do Momento na borda da placa:

Equação 10: Momento na Borda da Placa

$$M_b = 2 M_i$$

$$M_b = 2 \cdot 32,07$$

$$M_b = 60,14 \text{ tf cm/m}$$

Para determinar a armadura utiliza se o momento mais critico que no caso é o momento na borda da placa, com o emprego dos coeficientes adimensionais k_3 e k_6 .

Equação 11: Coeficiente Adimensional k_6

$$k_6 = \frac{b \cdot d^2}{M_b}$$

Onde: M_b é o momento atuante, (tf*cm/m).

b é a largura considerada atuante, geralmente 100cm.

d é a espessura da placa de concreto h , menos cobrimento 5 cm.

$$k_6 = \frac{100 \cdot 10^2}{64,14}$$

$$k_6 = 155,91$$

Com o valor de k_6 em função da resistência do concreto, fck , busca-se o valor de k_3 , anexo B.

Os coeficientes de segurança, minoração e majoração, para materiais e ações, já estão embutidos, conforme previstos na norma NBR 6118. (RODRIGUES & PITTA, 1997).

$$k_3 = 0,278$$

Equação 12: Área de Aço

$$A_s = \frac{k_3 \cdot M_k}{d}$$

Onde: A_s é a área de aço da armadura, (cm^2/m).

$$A_s = \frac{0,278 \cdot 64,14}{10}$$

$$A_s = 1,78 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Com a área da armadura definida, através da tabela da tela soldada da Gerdau, ANEXO C, fazemos a escolha da melhor tela que se adéqua. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta o detalhamento do pavimento. Lembrando que a área total do estacionamento é de $424,40\text{m}^2$.

Área de aço calculado: $1,78 \text{ cm}^2/\text{m}$

Área de aço tela soldada nervurada Gerdau: $1,96 \text{ cm}^2/\text{m}$ (Q196)

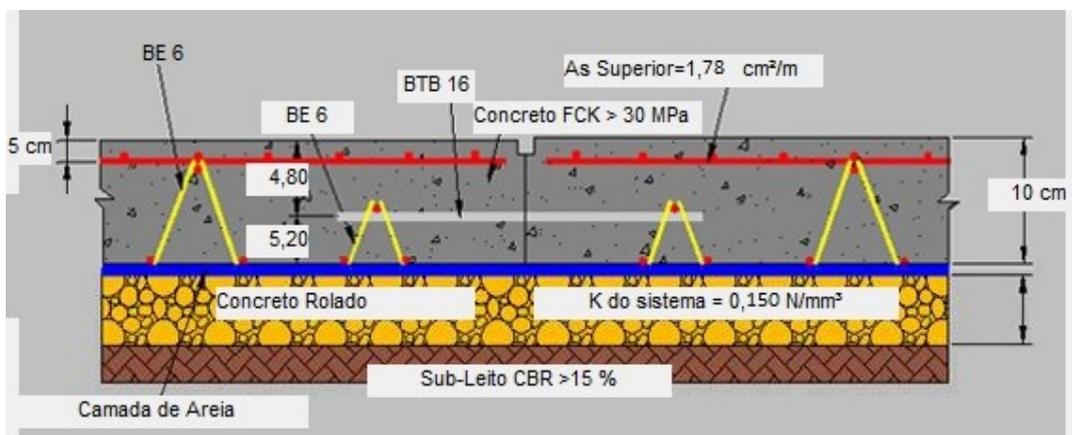


Figura 9: Detalhamento da laje do pavimento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do trabalho apresentado possibilitou uma análise prévia do sistema de dimensionamento conforme Rodrigues e Pitta (1997), para avaliar as condições de implantação de um pavimento de concreto na área de estacionamento de veículos leves da Faculdade Evangélica de Goianésia. Ao longo do desenvolvimento do trabalho foi possível conhecer importantes aspectos e condições relacionados a pavimentação rígida.

O sistema de pavimentação rígida mostra-se se uma opção interessante e com grande potencial de aplicação e desenvolvimento, levando em consideração a sua alta resistência a esforços, baixo índice de manutenção, alta resistência a oxidação, vida útil mínima de 20 anos, entre outros. Foi considerado também a grande reincidência no diagnóstico de patologias em pavimentos flexíveis utilizados em área de grande movimentação de cargas, o que implica de forma negativa na otimização de recursos, gerando maior gasto com manutenção se comparado ao pavimento rígido.

Os materiais utilizados no processo de execução de pavimentação rígida, tais como cimento, aço, areia, brita e água são recursos de fácil acesso a construção civil, com condições de mercado que o tornam competitivo e com grandes vantagens de aplicação enquanto pavimentos.

Através de desenvolvimento do método adotado para dimensionamento de pavimentos de concreto, foi possível conhecer a área de aço necessária para atender a demanda em conformidade com os dados expostos, viabilizando a elaboração de projeto estrutural do pavimento.

Dada à relevância do assunto, torna se necessário o debate sobre o desenvolvimento e a aplicação do pavimento rígido em estacionamentos para veículos leves, considerando que o sistema de pavimentação apresentado revela grandes vantagens de aplicação, além de ser um sistema comercialmente competitivo e com grade potencial de desenvolvimento.

Em análise ao sistema adotado, foi possível conhecer com base em revisão bibliográfica que a utilização de pavimentação rígida possibilita o ganho de resistência se executado em conformidade com as diretrizes aplicáveis, além de possibilitar redução de perda de recursos em trabalhos de manutenção.

5. BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, Daniel Pedroso de. **Solução do projeto de pavimento rígido. Estudo de Caso: Corredor de ônibus binário das Ruas Dr. João Colin e Blumenau** – UFSC, 2015, Joinville, SC.

ASSOCIAÇÃO LATINO AMERICANA DE PNEUS E AROS, **Manual de Normas Técnicas**, 2003, São Paulo, SP.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6118 **Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado**, 2003, Rio de Janeiro, RJ.

BERNUCCI, Liedi Bariani [et al]. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**, 3ª Reimpressão, PETROBAS: ABEDA, 2006, Rio de Janeiro, RJ.

CRISTELLI, Rafael. **Pavimento de Concreto – Análise Construtiva**. 2010, Belo Horizonte, MG.

DEMARI, Felipe Eduardo – **Análise de Pavimentos de Concreto Armado para Cargas Móveis e Estáticas**, 2014, Ijuí, RS.

DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes - **Manual de Pavimentos Rígidos**, 2ª ed. 2004, Rio de Janeiro, RJ.

GUEDES, Alípio Augusto Caram. **Concreto Rolado Como Base Para Pavimento de Revestimento em Concreto Betuminoso**. Escola de Engenharia das Faculdades Kennedy, 2009, Belo Horizonte, MG.

LUKIANCHUKI, L. A. **Interpretação de resultados do ensaio SPT com base em instrumentação dinâmica**. Tese (Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2012, São Carlos, SP.

SILVA, José Eudes Marinho da e CARNEIRO, Luiz Antônio Vieira: **Pavimentos de concreto: Histórico, Tipos e Modelagem de Fadiga**, Instituto Militar de Engenharia, 2014, Rio de Janeiro, RJ.

NETO, Jary de Xerez. **Pavimentos Usuais de Concreto para Cargas Simples**. 1ª ed. Pini, 2013, São Paulo, SP.

RODRIGUES, Públio Penna Firme, FARIA, Breno Macedo e SILVA, João Batista Rodrigues Da. **Novos Critérios para Pavimentos Industriais de Concreto Armado**. Instituto Brasileiro de Telas Soldadas, 2015, São Paulo, SP.

RODRIGUES, Públio Penna Firme e PITTA, Márcio Rocha: **Pavimento de Concreto. Revista Ibracon n° 19**, 1997, São Paulo, SP.

MEAN, Angélica, ANANIAS, Renata e OLIVEIRA, Viviane. **Pavimentação Rígida**. Universidade São Francisco, 2011, Itatiba, SP.

6. ANEXOS

Anexo A - Planta parcial da Faculdade Evangélica de Goianésia, em destaque local do estacionamento dos professores.



Anexo B

TABELA 6 Valores de k_3

Flexão normal simples
seção retangular

$$\gamma_t = 1,4$$

$$\gamma_c = 1,4$$

$$\gamma_s = 1,15$$

Valores de k_3 para concreto de f_{ck} igual a:					Valores de k_3 CA-60
25	26	27	28	30	
18.638	17.921	17.257	16.641	15.531	0,269
4.710	4.529	4.361	4.206	3.925	0,270
2.118	2.036	1.961	1.891	1.726	0,271
1.206	1.169	1.116	1.077	1.005	0,272
781,7	751,7	723,8	698,0	651,4	0,273
550,4	529,2	509,6	491,4	458,6	0,274
410,3	394,5	379,9	366,3	341,9	0,275
319,0	306,7	295,4	284,8	265,8	0,276
256,2	246,4	237,2	228,8	213,5	0,277
211,2	203,1	195,6	188,6	176,0	0,278
177,8	171,0	164,7	158,8	148,2	0,279
152,4	146,6	141,1	136,1	127,0	0,280
132,7	127,6	122,9	118,5	110,6	0,282
117,1	112,6	108,4	104,5	97,54	0,283
104,5	100,5	96,75	93,30	87,08	0,284
94,30	90,67	87,31	84,19	78,58	0,285
85,94	82,63	79,57	76,73	71,62	0,287
79,01	75,98	73,16	70,55	65,85	0,288
73,19	70,37	67,77	65,35	60,99	0,290
68,22	65,60	63,17	60,91	56,85	0,291
63,94	61,48	59,20	57,09	53,28	0,293
60,20	57,89	55,74	53,75	50,17	0,294
56,92	54,73	52,70	50,82	47,43	0,296
54,01	51,93	50,01	48,23	45,01	0,298
51,42	49,44	47,61	45,91	42,85	0,299
49,14	47,15	45,50	43,87	40,95	0,301
47,54	45,71	44,02	42,44	39,62	0,302
46,06	44,28	42,64	41,12	38,38	0,304
44,68	42,96	41,37	39,89	37,23	0,305
43,39	41,73	40,18	38,75	36,16	0,307
42,20	40,57	39,07	37,67	35,16	0,308
41,07	39,49	38,03	36,67	34,23	0,309
40,02	38,48	37,06	35,73	33,35	0,311
39,03	37,53	36,14	34,85	32,53	0,312
38,10	36,64	35,28	34,02	31,75	0,314
37,22	35,79	34,47	33,24	31,02	0,316
36,40	35,00	33,70	32,50	30,33	0,317
35,61	34,24	32,97	31,80	29,68	0,319
34,87	33,53	32,29	31,14	29,06	0,320
34,17	32,86	31,64	30,51	28,47	0,322
33,50	32,22	31,02	29,91	27,92	0,324
32,87	31,61	30,44	29,35	27,39	0,325
32,27	31,03	29,88	28,81	26,89	0,327

fonte: Adaptado de Cálculo de
Concreto Armado, segundo
a Nova NB-1 e o CEB
(Bibliografia 12)

Anexo C – Catálogo de Tela Soldada Gerdau

Aço CA-60	Espaçamento entre fios (cm)		Diâmetro (mm)		Seções (cm ² /m)		Apresentação	Dimensão (m)		Peso	
	Designação	Long.	Transv.	Long.	Transv.	Long.		Transv.	Rolo/Painel	Largura	Compr.
Q 61	15	15	3,4	3,4	0,61	0,61	PAINEL	2,45	6	0,97	14,25
Q 75	15	15	3,8	3,8	0,75	0,75	PAINEL	2,45	6	1,21	17,81
Q 92	15	15	4,2	4,2	0,92	0,92	PAINEL	2,45	6	1,48	21,76
Q 113	10	10	3,8	3,8	1,13	1,13	PAINEL	2,45	6	1,80	26,46
Q 138	10	10	4,2	4,2	1,38	1,38	PAINEL	2,45	6	2,20	32,34
Q 159	10	10	4,5	4,5	1,59	1,59	PAINEL	2,45	6	2,52	37,04
Q 196	10	10	5	5	1,96	1,96	PAINEL	2,45	6	3,11	45,72
Q 246	10	10	5,6	5,6	2,46	2,46	PAINEL	2,45	6	3,91	57,48
Q 283	10	10	6	6	2,83	2,83	PAINEL	2,45	6	4,48	65,86
Q 335	15	15	8	8	3,35	3,35	PAINEL	2,45	6	5,37	78,94
Q 396	10	10	7,1	7,1	3,96	3,96	PAINEL	2,45	6	6,28	92,32
Q 503	10	10	8	8	5,03	5,03	PAINEL	2,45	6	7,97	117,16
Q 636	10	10	9	9	6,36	6,36	PAINEL	2,45	6	10,09	148,32
Q 785	10	10	10	10	7,85	7,85	PAINEL	2,45	6	12,46	183,16
T 92	30	15	4,2	4,2	0,46	0,92	PAINEL	2,45	6	1,12	16,53
T 113	30	10	3,8	3,8	0,38	1,13	PAINEL	2,45	6	1,22	17,89
T 138	30	10	4,2	4,2	0,46	1,38	PAINEL	2,45	6	1,49	21,86
T 159	30	10	4,5	4,5	0,53	1,59	PAINEL	2,45	6	1,71	25,09
T 196	30	10	5	5	0,65	1,96	PAINEL	2,45	6	2,11	31,02
T 246	30	10	5,6	5,6	0,82	2,46	PAINEL	2,45	6	2,64	38,81
T 283	30	10	6	6	0,94	2,83	PAINEL	2,45	6	3,03	44,54
T 335	30	15	6	8	0,94	3,35	PAINEL	2,45	6	3,45	50,72
T 396	30	10	6	7,1	0,94	3,96	PAINEL	2,45	6	3,92	57,67
T 503	30	10	6	8	0,94	5,03	PAINEL	2,45	6	4,76	69,97
L 113	10	30	3,8	3,8	1,13	0,38	PAINEL	2,45	6	1,21	17,72
L 138	10	30	4,2	4,2	1,38	0,46	PAINEL	2,45	6	1,47	21,64
L 159	10	30	4,5	4,5	1,59	0,53	PAINEL	2,45	6	1,69	24,84
L 196	10	30	5	5	1,96	0,65	PAINEL	2,45	6	2,09	30,72
L 246	10	30	5,6	5,6	2,46	0,82	PAINEL	2,45	6	2,62	38,51
L 283	10	30	6	6	2,83	0,94	PAINEL	2,45	6	3,00	44,10
L 335	15	30	8	6	3,35	0,94	PAINEL	2,45	6	3,48	51,16
L 396	10	30	7,1	6	3,96	0,94	PAINEL	2,45	6	3,91	57,48
L 503	10	30	8	6	5,03	0,94	PAINEL	2,45	6	4,77	70,12
L 636	10	30	9	6	6,36	0,94	PAINEL	2,45	6	5,84	85,85
L 785	10	30	10	6	7,85	0,94	PAINEL	2,45	6	7,03	103,34
R 138	10	15	4,2	4,2	1,38	0,92	PAINEL	2,45	6	1,83	26,90
R 159	10	15	4,5	4,5	1,59	1,06	PAINEL	2,45	6	2,11	31,02
R 196	10	15	5	5	1,96	1,3	PAINEL	2,45	6	2,60	38,22
R 246	10	15	5,6	5,6	2,46	1,64	PAINEL	2,45	6	3,26	47,92
R 283	10	15	6	6	2,83	1,88	PAINEL	2,45	6	3,74	55,04
M 138	10	20	4,2	4,2	1,38	0,69	PAINEL	2,45	6	1,65	24,26
M 159	10	20	4,5	4,5	1,59	0,79	PAINEL	2,45	6	1,90	27,93
M 196	10	20	5	5	1,96	0,98	PAINEL	2,45	6	2,34	34,40
M 246	10	20	5,6	5,6	2,46	1,23	PAINEL	2,45	6	2,94	43,22
M 283	10	20	6	6	2,83	1,41	PAINEL	2,45	6	3,37	49,54
M 396	10	20	7,1	7,1	3,96	1,98	PAINEL	2,45	6	4,73	69,46

* Outras opções de dimensões sob consulta.

Anexo D – Ensaio de Sondagem Realizado na FACEG.



Goiânia, 10 de Outubro de 2012

CLIENTE: **AEE – ASSOCIAÇÃO EDUCATIVA EVANGELICA**
LOCAL: **Avenida Brasil nº 1000 Bairro Covoá, Goianésia - GO**
ASSUNTO: **Sondagem Simples de Reconhecimento, Padrão (SPT)**
RELATÓRIO Nº: **077/12**
O.S.: **243/12**

Prezados Senhores:

Estamos apresentando o Relatório Técnico referente aos serviços de SONDAGEM DE RECONHECIMENTO realizados para a obra em epígrafe:

1º - As sondagens realizadas consistiram em perfurar o terreno com auxílio de percussão, com circulação de água, utilizando-se um revestimento de "63,5mm" de diâmetro nominal e executando-se, de metro em metro, ensaios de Penetração Dinâmica, acompanhados de extrações de amostras representativas dos horizontes atravessados.

2º - Foram executados **04** furos de sondagem, num total de **64,89** metros perfurados.

3º - As amostras foram extraídas com auxílio de amostrador padronizado de 35mm e 50,8mm de diâmetro interno e externo, respectivamente.

4º - Os ensaios de Penetração Dinâmica consistiram em registrar o número de golpes de um peso de 65 Kg que cai em queda livre de uma altura de 75cm, necessários à cravação do amostrador mencionado, considerando uma penetração de 30cm no terreno. O número obtido nos fornece a indicação da compactidade dos solos arenosos e silto-arenosos ou a consistência dos solos argilosos e silto-argilosos, para os últimos 30 cm cravados.

5º - Em anexo apresentamos os resultados encontrados, traduzidos em termos de perfis dos furos realizados, onde estão registrados: a posição do lençol freático; os índices obtidos a partir dos ensaios de Penetração Dinâmica; a distribuição das diversas camadas encontradas, e a classificação dos solos constituintes segundo a ABNT.

Sem mais para o momento, colocamo-nos ao dispor para quaisquer esclarecimentos complementares julgados necessários.

Atenciosamente

SETE - SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA LTDA.

Jaques Pereira Arantes
Gerente de Sondagem
CREA-MT 07710/D



Av. Tadapandiana, 1000, Set. Leste V - a Nova
Goiânia | Goiás | 75.040-010

(62) 4941-0600 | www.sete.eng.br

