



Yverton Homero Ramos Branco

**CONCRETOS DOSADOS COM
AGREGADOS MIÚDOS DA CIDADE DE
SANTARÉM/PA.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Tecnologia
Mestrado Profissional em Processos Construtivos
e Saneamento Urbano

Dissertação orientada pelo Professor Dr. Bernardo Borges Pompeu Neto

Belém – Pará – Brasil

2015



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
MESTRADO EM PROCESSOS CONSTRUTIVOS E SANEAMENTO URBANO**

**CONCRETOS DOSADOS COM AGREGADOS MIÚDOS
DA CIDADE DE SANTARÉM/PA.**

YVERTON HOMERO RAMOS BRANCO

**Belém – PA
2015**



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
MESTRADO EM PROCESSOS CONSTRUTIVOS E SANEAMENTO URBANO**

**CONCRETOS DOSADOS COM AGREGADOS MIÚDOS
DA CIDADE DE SANTARÉM/PA.**

YVERTON HOMERO RAMOS BRANCO

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano da Universidade Federal do Pará como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Borges Pompeu Neto

**Belém – PA
2015**

CONCRETOS DOSADOS COM AGREGADOS MIÚDOS DA CIDADE DE SANTARÉM/PA.

YVERTON HOMERO RAMOS BRANCO

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano, área de concentração: Estruturas, Construção Civil e Materiais e aprovada em sua forma final pelo Programa de Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano (PPCS) do Instituto de Tecnologia (ITEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Aprovada em -- de ---- de 2015.

Prof. Dr. Dênio Ramam Carvalho de Oliveira
(Coordenador do PPCS)

Prof. Dr. Bernardo Borges Pompeu Neto
(Orientador – UFPA)

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Dênio Ramam Carvalho de Oliveira
(Examinador Interno – UFPA)

Prof. Dr. Marcelo de Souza Picanço
(Examinador Externo – UFPA)

“Não poderás ajudar aos homens de maneira permanente se fizeres por eles aquilo que eles podem e devem fazer por si próprios”.

Abraham Lincoln

Ao meu pai e minha mãe; meus maiores
incentivadores e a quem admiro muito.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Bernardo Borges Pompeu Neto, por sua dedicação para com meu aprendizado.

Aos professores do PPCS que se mobilizaram para a efetivação deste curso.

Ao Coordenador do Laboratório de Edificações do Instituto Federal do Pará, engenheiro Paulo Henrique Lobo Neves, que apoiou os trabalhos desenvolvidos em laboratório.

À todas as pessoas que se empenharam para a realização deste trabalho.

Aos meus filhos Arthur e Alexandre por sua compreensão.

Aos meus irmãos, Márlon e Sheyla por seus incentivos.

À minha esposa por sua paciência.

Aos amigos pelas orientações.

RESUMO

Devido á variabilidade encontrada na composição do objeto em estudo com relação á cor, granulometria, presença ou não de argila e material pulverulento é necessário o controle técnico a fim de analisar o agregado miúdo. O referido agregado para ter o uso otimizado em engenharia deve estar limpo, ser duro, resistente e durável, com partículas livres de substâncias deletérias, caso contrário, afeta a hidratação e a ligação com a pasta de cimento o que resulta na perda da resistência do concreto. O objetivo geral desta pesquisa é caracterizar e dosar 02(duas) amostras de areia em laboratório, sendo a primeira amostra de cor branca e a segunda amostra de cor rósea, ambas oriundas de jazidas localizadas na cidade de SANTARÉM/PA e por fim como objetivo específico comparar o traço obtido em laboratório (traço controlado) com o traço estimado (empírico) praticado em obras de pequeno porte e que utiliza a mesma amostra como agregado miúdo, por conseguinte, analisar os resultados encontrados. A metodologia deste trabalho têm como base a revisão bibliográfica de artigos científicos, livros e normas técnicas. A caracterização das duas amostras fora obtida através de procedimentos de ensaio e de materiais normalizados dando início à determinação da massa específica, massa unitária, análise granulométrica, teor de material pulverulento e outras características; tanto para o agregado miúdo quanto para o agregado graúdo, sendo este último proveniente do município de MONTE ALEGRE/PA. O método da ACI/ABCP é usado para obter a dosagem e determinar os traços para as referidas amostras de areia. Para avaliar o resultado dessas amostras é realizado 03(três) traços com resistência a ser alcançada de 20 MPa, sendo 02(dois) traços controlados em laboratório e 01(um) traço estimado (empírico). Após confeccionar e ensaiar à compressão 24(vinte e quatro) corpos de prova, o passo seguinte é analisar e registrar os resultados quanto á resistência. Com base na referida análise é possível concluir que o traço controlado em laboratório alcança a resistência desejada enquanto que o traço estimado (empírico) descreve resistência abaixo do f_{cj} calculado. Portanto, é importante o controle técnico de dosagem na areia á ser empregada durante todo o processo de construção de qualquer obra civil em SANTARÉM/PA, no intuito de garantir um concreto dentro das normas técnicas, que resista á umidade constante e variações extremas de temperatura durante os 06 (seis) meses de inverno na Amazônia.

Palavras-chave: Concreto, Agregado miúdo, Construção civil.

ABSTRACT

Due to the variability found in the study object composition of their color, grain size, presence of clay and powdery materials technical control is necessary to examine the fine aggregate. The said aggregate to have optimal use in engineering should be clean, hard, tough and durable with free particles of deleterious substances, otherwise affect hydration and bond to the cement paste resulting in strength loss concrete. The objective of this research is to characterize and quantitate two (02) sand samples in the laboratory, the first white sample and the second sample of pink color, both coming from deposits located in the city of SANTARÉM / PA and finally the objective specific compare the trace obtained in the laboratory (controlled trace) with the estimated dash (empirical) practiced in small works and uses the same sample as fine aggregate, consequently, to analyze the found results. The methodology of this study is based on the literature review of scientific articles, books and technical standards. The characterization of the two samples had been obtained by test procedures and materials standard starting the determination of density, bulk density, particle size analysis, powder material content and other characteristics; both the fine aggregate and for the coarse aggregate, the latter from the municipality of MONTE ALEGRE / PA. The method of ACI / ABCP is used for dosing and to determine the characteristics of said sand sample. To evaluate the results of these samples is performed three (03) features with resistance to be achieved 20 MPa, 02 (two) features controlled in the laboratory and one (01) estimated dash (empirical). After fabricate and test compression 24 (twenty four) specimens, the next step is to analyze and record the results as to the resistance. Based on this analysis we conclude that the trait controlled laboratory reaches the desired strength while the estimated dash (empirical) describes resistance below the calculated f_{cj} . It is therefore important technical control dosage in the sand will be used throughout the construction process of any civil work in SANTARÉM / PA, in order to ensure a concrete within the technical standards that will withstand constant moisture and extreme temperature variations during the six (06) months of winter in the Amazon.

Key-words: Concrete, Aggregate kid, Construction.

LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	vi
RESUMO	
ABSTRACT	

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2 JUSTIFICATIVA	3
1.3 OBJETIVO	4
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	5
2 REFERENCIAL TEÓRICO	6
2.1 O SOLO AMAZÔNICO	6
2.2 A LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO E SEUS INDICADORES FÍSICOS	8
2.3 A FORMAÇÃO ALTER-DO-CHÃO	9
2.4 O MUNICÍPIO POSSUI 03 (TRÊS) TIPOS GEOMORFOLÓGICOS	11
2.4.1 A localização da área de estudo	13
2.4.2 Os extratos geológicos e o guia identificatório de solos	15
2.5 AS FORMAS DE EXTRAÇÃO DE AREIA NO MUNICÍPIO	19
2.6 AGREGADOS - PROPRIEDADES GERAIS	20
2.6.1 Agregados miúdos	21
2.6.2 Agregados graúdos	22
2.7 CIMENTO	22
2.7.1 Cimento Portland	22
2.7.2 Cimentos Portland modificado	24
2.8 DOSAGEM DE CONCRETO	25
2.9 PROPRIEDADES DO CONCRETO	27
2.9.1 Propriedades do concreto: estado fresco	27
2.9.2 Propriedades do concreto endurecido	28
2.10 INFLUÊNCIA DO AGREGADO	30

3 MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL	31
3.1.1 Agregado miúdo	31
3.1.2 Agregado graúdo	35
3.1.3 Cimento	36
3.2 DOSAGEM	36
3.3 ENSAIOS	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1 RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO	41
4.2 RESULTADO DA MASSA ESPECÍFICA E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO GRAÚDO	46
4.3 RESULTADO DO CÁLCULO DE DOSAGEM DO TRAÇO DO CONCRETO (MÉTODO DO ACI/ABCP)	47
4.4 RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS Á COMPRESSÃO DOS CORPOS-DE- PROVA.....	50
5 CONCLUSÃO	54
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	– Escala de tamanho das partículas minerais dos solos	21
Tabela 4.1	– Granulometria – agregado miúdo de cor branca – 1º ensaio	42
Tabela 4.2	– Granulometria – agregado miúdo de cor branca – 2º ensaio	42
Tabela 4.3	– Granulometria – agregado miúdo de cor róseo – 1º ensaio	43
Tabela 4.4	– Granulometria – agregado miúdo de cor róseo – 2º ensaio	44
Tabela 4.5	– Granulometria do agregado graúdo	46
Tabela 4.6	– Características físicas dos materiais utilizados	47
Tabela 4.7	– Valores dos abatimentos	49
Tabela 4.8	– Traço controlado - Valores das tensões de rompimento para resistência característica ($f_{ck} = 20$ MPa) – agregado miúdo de cor branca (B)	50
Tabela 4.9	– Traço controlado - Valores das tensões de rompimento para resistência característica ($f_{ck} = 20$ MPa) – agregado miúdo de cor róseo (R)	51
Tabela 4.10	– Traço estimado - Valores das tensões de rompimento para resistência característica ($f_{ck} = 20$ MPa) – agregado miúdo de cor branca (B)	52
Tabela 4.11	– Traço estimado - Valores das tensões de rompimento para resistência característica ($f_{ck} = 20$ MPa) – agregado miúdo de cor róseo (R)	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Número médio de pessoas por cômodo servindo de dormitório, segundo as grandes regiões 1999/2009	2
Figura 1.2 - Estrutura danificada por ação de intempéries – traço não controlado	3
Figura 1.3 - Estrutura danificada por ação de intempéries – traço não controlado	3
Figura 1.4 - Amostras de areia de cor branca e de cor rósea, coletada em jazida	4
Figura 2.1 - Distribuição dos solos lateríticos no BRASIL	7
Figura 2.2 - BRASIL – solo	7
Figura 2.3 - Mapa de situação do estado e mapa de localização do município	8
Figura 2.4 - Mapa da extensão da formação Alter-do-Chão e aquífero	10
Figura 2.5 - Mapa geomorfológico do município de SANTARÉM/PA	11
Figura 2.6 - Mapa de localização da jazida no município de SANTARÉM/PA	13
Figura 2.7 - Sumário da estratigrafia da bacia sedimentar do Amazonas	15
Figura 2.8 - Quadro geomorfológico e seção (AB) em planta, da cidade de SANTARÉM/PA	16
Figura 2.9 - Seção (AB) geológica esquemática da Formação Alter-do-Chão na região de SANTARÉM/PA	16
Figura 2.10 - Perfil do poço estratigráfico 1-AC-1-PA	17
Figura 2.11 - Guia identificatório de solos tropicais	18
Figura 2.12 - Perfil em cores da jazida de agregado miúdo	19
Figura 2.13 - Extração de areia. À esquerda: exploração mecânica; à direita: exploração manual	19
Figura 2.14 - A separação ou a mistura inadequada da granulometria dos grãos	20
Figura 2.15 - Tipos de cimento Portland – ASTM C 150	23
Figura 2.16 - Gráfico da relação resistência x tempo de cura	24
Figura 3.1 - Ilustração do slump test e materiais utilizados para o ensaio	38
Figura 3.2 - Molde cilíndrico 100 mm x 200 mm	39
Figura 3.3 - Corpo de prova capeado	40
Figura 4.1 - Curva Granulométrica do agregado miúdo – porcentagem retida acumulada	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACI – American Concrete Institute
CDP – Companhia Docas do Pará
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DMC – Dimensão Máxima Característica
FCJ – Resistência de dosagem
FCK – Resistência Característica do Concreto
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
IFPA – Instituto Federal do Pará
ISSC – Sociedade Internacional de Ciência do Solo
NBR – Norma Brasileira Registrada
PA – PARÁ
PRIMAZ – Programa de Interação com Municípios da Amazônia
SEMINFRA – Secretaria Municipal de Infraestrutura
UN – HABITAT – United Nations Human
UHE – Usina Hidrelétrica

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Município de SANTARÉM, localizado no oeste do estado do PARÁ, registra no período de 1960 á 1991 um grande crescimento populacional; de 135.000 habitantes para 265.000 habitantes, aumento de 96% em apenas 31 (trinta e um) anos. O principal fator do referido crescimento á época é devido á exploração do ouro somado ao reflexo dos grandes projetos do governo federal na cidade; cito: a abertura da BR – 163, que interliga a cidade de SANTARÉM ao centro – oeste do país, a implantação de um porto conhecido na região como CDP (COMPANHIA DOCAS DO PARÁ) e atualmente a construção da usina hidrelétrica denominada UHE BELO MONTE. Esse crescimento, desordenado e sem acompanhamento por parte do governo municipal, no que se refere á urbanização e saneamento básico, dá origem a bairros sem planejamento e com péssima infraestrutura urbana; conseqüentemente este processo resulta em graves problemas à administração, já que a melhoria necessária importa em gasto exorbitante perante a arrecadação modesta do município. Conforme dados do IBGE, em 1992, apenas metade da população brasileira urbana vivia em domicílios com condições adequadas de moradia.

Em 2008, essa proporção no país aponta 65,7%, o que mostra uma melhora no indicador, mas ainda um longo caminho a percorrer. Em 2009, o número total de domicílios relata 58,6 milhões, sendo que 85% destes (49,8 milhões) em áreas urbanas. O número de pessoas por domicílio é de 3,3 em média, um pouco maior para os estados da Região Norte (3,8) e menor no Rio de Janeiro (2,9), isto reflete os diferenciais existentes entre as taxas de fecundidade desses estados (bem maior no primeiro em relação ao segundo). A avaliação sobre adensamento domiciliar, contudo, é contextualizada pelo número de cômodos que serve de dormitório, conforme preconiza as recomendações internacionais. A média brasileira para 2009 é de 1,7 moradores por dormitório, inferior, portanto, à recomendada pelo United Nations Human Settlements programme (UN-HABITAT) desde 1999. Não é observada diferença significativa entre o meio urbano e rural, tampouco entre as unidades da federação. A redução nesse indicador nos últimos dez anos acompanha a queda observada para as taxas de fecundidade no País; como mostra a figura 1.1.

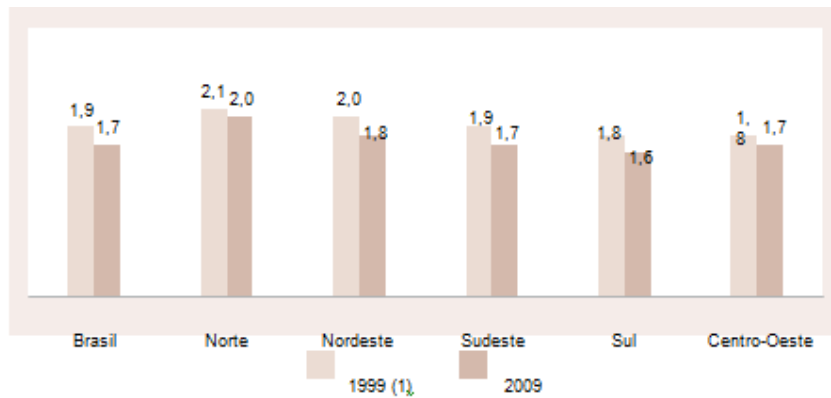


Figura 1.1 – Número médio de pessoas por cômodo servindo de dormitório, segundo as grandes regiões 1999/2009 (IBGE, 2010).

Em 2010, data do último censo realizado pelo IBGE, o município registra um número aproximado de 290.521 habitantes. E o projetado para o ano de 2014 é estimado em 294.600 habitantes. Com base nos dados descritos é correto afirmar que este constante crescimento populacional está relacionado diretamente com o crescimento da construção civil. A demanda de agregados é condicionada pelo fluxo de investimento em obras de infraestrutura regional (transporte, energia e saneamento), bem como de infraestrutura urbana (pavimentação de vias, adução de águas e saneamento). A referida demanda é determinada ainda pelo fluxo e composição de edificações residenciais, comerciais e de serviços (PEDROSO E LOPES, 2005). Tendo em vista a importância deste insumo, já que a areia está presente e constitui um componente importante para toda a cadeia produtiva do setor, torna sem dúvida, este cenário propício, relevante e oportuno para o tema desta pesquisa.

1.2 JUSTIFICATIVA

A ausência de informações mais aprofundada sobre as areias oriundas de jazidas localizadas no município e utilizadas em várias etapas na construção civil, atrelada á demanda crescente de obras de pequeno porte em execução na cidade resulta em despesas com a execução de novos trabalhos e insegurança nas construções; como mostra a figura 1.2 e figura 1.3. O fato é preocupante em uma sociedade onde o lucro é o resultado do preço definido pelo mercado, subtraídos os custos de produção (NEVES, 2013).



Figura 1.2 - Estrutura danificada por ação de intempéries – traço não controlado.



Figura 1.3 - Estrutura danificada por ação de intempéries – traço não controlado.

Acrescente a essas considerações, a existência de mão-de-obra desqualificada em nosso país oriunda do deslocamento do homem do campo para a zona urbana; conforme censo realizado (IBGE, 2010). Como agravante, os “novos construtores” impulsionados pela breve estabilização econômica do país e nenhum conhecimento na área da construção civil, alegando reduzir custo, suprime o serviço técnico necessário e dessa forma inviabiliza a garantia de um concreto dentro das normas técnicas que resista á umidade constante e variações extremas de temperatura durante os 06 (seis) meses de inverno na Amazônia. Pelas

colocações apresentadas e na busca por maior produtividade, qualidade e segurança na execução de obra civil é de suma importância que a areia a ser utilizada em qualquer tipo de construção, tanto na área urbana quanto na área circunvizinha ao município seja caracterizada, ensaiada e o resultado obtido sirva como conhecimento para empregar de forma correta o agregado miúdo no concreto armado e em argamassas de revestimento.

1.3 OBJETIVO

A cidade de SANTARÉM constrói, em média, 2,1 obras/dia. Esse resultado tem como base as 766 obras executadas no município ao longo do ano de 2013; essa informação é proveniente da SEMINFRA (Secretaria Municipal de Infraestrutura) do município e pode ser consultada nos ANEXOS: A, B, C, D, E, F, G, H, I e J da presente dissertação. O crescente número de obras na cidade, impulsionadas pelos programas governamentais do país, é o foco deste trabalho. O campo da pesquisa é limitado às construções de pequeno porte, com áreas no intervalo de 50,0 m² á 100,0 m², alternando entre 01 pavimento á 02 pavimentos, com ou sem laje em concreto armado.

O objetivo geral desta pesquisa é caracterizar e dosar 02 amostras de areia em laboratório, sendo a primeira amostra de cor branca e a segunda amostra de cor rósea; como mostra a figura 1.4, ambas oriundas de jazidas localizadas na cidade de SANTARÉM/PA e, por fim, como objetivo específico comparar os resultados encontrados entre o traço obtido em laboratório (traço controlado) e o traço estimado (empírico) praticado em obras de pequeno porte e que utiliza a mesma amostra como agregado miúdo. Para realizar este trabalho foi necessário acompanhar a coleta, o transporte ao laboratório, a moldagem, a compressão dos corpos-de-prova e registrar os resultados com relação á resistência quando utilizadas como agregado miúdo no concreto armado.



Figura 1.4 – Amostras de areia de cor branca e de cor rósea, coletada em jazida.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação é composta por seis capítulos, referências bibliográficas e anexos. O trabalho é elaborado da seguinte forma:

- No **capítulo 1** é desenvolvida a consideração inicial e descrito o objetivo, bem como, a justificativa e a estrutura do trabalho.
- No **capítulo 2** é abordado o referencial teórico e destacado os aspectos mais relevantes; como: o solo de forma geral, o solo amazônico, as cores do solo e finaliza com os tipos de solos de SANTARÉM/PA. A teoria reunida no referido capítulo serve de base para o objeto em estudo, assim como, formas de extração de areia no município e outros assuntos relacionados.
- No **capítulo 3** é descrito a metodologia de pesquisa empregada para caracterizar e dosar os agregados miúdos coletados na jazida localizada na cidade de SANTARÉM, como também o procedimento para obter o CORPO DE PROVA utilizado no ensaio de compressão.
- No **capítulo 4** é apresentada toda a matemática envolvida através de fórmulas e cálculos para expressar o resultado de cada procedimento normalizado, bem como a curva granulométrica e a análise dos ensaios de compressão.
- No **capítulo 5**, após caracterizar os agregados miúdos, dosar e realizar os ensaios de compressão através do CORPO DE PROVA é elaborado a conclusão.
- No **capítulo 6** é sugerida pesquisas para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O SOLO AMAZÔNICO

Segundo (SANTOS, 2006), o solo tropical pode revelar comportamentos distintos relacionados com seu comportamento mecânico e hidráulico devido ao processo de "laterização". O processo de laterização ou latolização ocorre em regiões tropicais úmidas onde o cátion básico é lixiviado, com conseqüente concentração residual de óxidos de ferro e de alumínio. Devido ao processo de laterização, a fração argila do solo laterítico é constituída essencialmente de argilo-minerais do grupo das caulinitas e de hidróxidos e óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio. A combinação desses componentes é responsável pela formação de agregações estáveis em presença de água, graças ao recobrimento dos argilo-minerais pelos hidróxidos e óxidos hidratados que, além de reduzir a capacidade de adsorção de água pelo argilo-mineral, atua como agente cimentante natural entre as partículas.

Na fração areia e silte é encontrado principalmente quartzo, agregação laterítica e em menor escala, minerais pesados. O solo laterítico ocupa cerca de 8,1 % da superfície do continente, formado por argila e argila arenosa e que constitui o horizonte B dos solos conhecidos pedologicamente por latossolos, solos podzólicos e terras roxas estruturadas, nestes referidos solos é comum apresentar percentuais de areia elevada. Esse percentual de areia é oriundo de solo tipicamente arenoso, e constituinte do horizonte B dos solos conhecidos pedologicamente no Brasil por latossolos arenosos e solos podzólicos ou podzolizados arenosos (textura média).

Nestes solos, além da presença do matiz vermelho e amarelo, é possível o corte firme (pouco ou não erodíveis), nitidamente trincado, quando expostos às intempéries. No Brasil, o solo laterítico é encontrado distribuído em quase todo território. Na amazônia foi definida como argilas lateríticas e ocupa boa parte do solo da mesma; como mostra a figura 2.1. Com base em estudos (CAMPOS, 2009), define o solo da amazônia como latossolo amarelo; conforme mostra a figura 2.2.

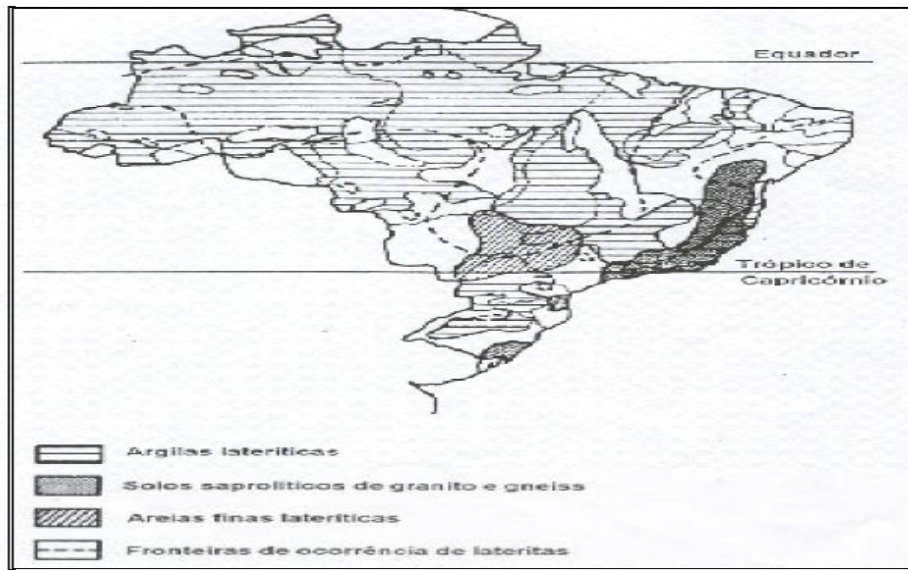


Figura 2.1 - Distribuição dos solos lateríticos no Brasil (SANTOS, 2006).

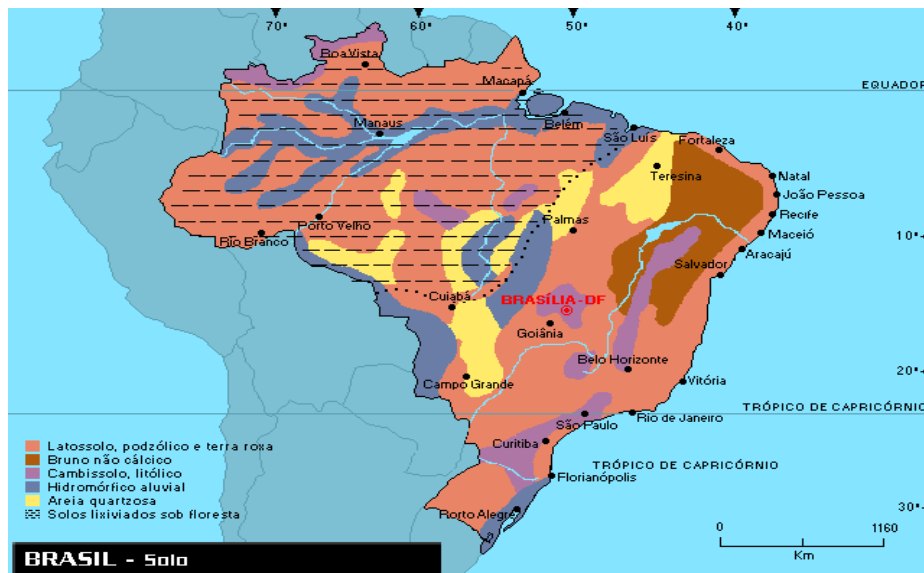


Figura 2.2 – BRASIL – solo (CAMPOS, 2009).

2.2 A LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO E SEUS INDICADORES FÍSICOS

Segundo (SCHENATO, 2002), o município de SANTARÉM/PA está localizado na região do oeste paraense, na mesorregião do Baixo Amazonas, micro região de SANTARÉM; mais precisamente na margem direita do rio Tapajós e na confluência com o rio Amazonas. Considerando como ponto de referência o cais do porto da CDP, sua coordenada geográfica é: 02° 24' 53,0" de latitude Sul e 54° 44' 15,2" de longitude Oeste Gr., como mostra a figura 2.3. O regime térmico é expresso por valores elevados de temperatura em todos os meses do ano, o que resulta em média anual de 27,8° C. A precipitação pluviométrica média anual é de 3.228,3mm, sendo os meses de janeiro á maio os mais chuvosos e os meses de julho á dezembro os de menor precipitação, correspondendo a 97,3% e 7,7% de precipitação anual, respectivamente e incluso no tipo climático AW, segundo a classificação de KOPEN. A umidade relativa do ar é em média de 86,00% (DURIGAN, 2013).



Figura 2.3 – Mapa de situação do estado e mapa de localização do município (GOOGLE, 2014).

2.3 A FORMAÇÃO ALTER-DO-CHÃO

Localmente, a área em estudo é representada pela Formação Alter-do-Chão, denominação dada inicialmente por (KLISTER, 1954), para designar um pacote de sedimentos vermelhos, composto por argilitos, siltitos e arenitos. O município de SANTARÉM/PA repousa sobre os sedimentos da bacia Paleozóica do Amazonas, representada pelo Grupo Tapajós com uma espessura acima de 3.358 metros sem, contudo, atingir as rochas do pré-cambriano (PETROBRÁS, 1958). É datada por (CAPUTO *et al.*, 1988) como Cenomaniano a Eomioceno e pode alcançar o Plioceno, que para (DAEMON, 1988) se restringe ao Cretáceo.

Ocorre ao norte do rio Amazonas ainda um arenito de textura média, com cimento caolínico e silicoso, branco, geralmente manchado de vermelho, consistente, com impregnações de óxido de ferro, o qual é considerado há muito tempo como arenito Manaus. Entretanto, o mesmo constitui um horizonte da Formação Alter-do-Chão (TANCREDI, 1996). A sequência litológica da Formação Alter-do-Chão apresenta arenitos, argilitos, conglomerados subordinados e níveis de lateritas (TANCREDI, 1996). O arenito é de graduação de fino a médio, em geral de estratificação cruzada, de cor vermelha a variegada, com intercalações argilosas.

Segundo (OLIVEIRA *et al.*, 2000), os argilitos têm cores vermelha, creme, branca, roxa, variegada, encontrado pouco consolidado e com lentes de areia. O conglomerado possui seixo de quartzo claro de até 5 cm de diâmetro e seixo de quartzo leitoso de até 15 cm de diâmetro. Sua coluna estratigráfica é sumarizada, a partir da base para o topo, com a Formação Curuá, Formação Monte Alegre, Formação Itaituba, Formação Nova Olinda, Formação Andirá, Diabásico Penatecaua, Formação Alter-do-Chão, Formação Solimões e Quaternário. (HORBE *et al.*, 2003), encontra através de estudos, ao longo da rodovia BR – 174 entre a cidade de MANAUS e o município de PRESIDENTE FIGUEREDO no nordeste do estado do AMAZONAS a formação de areia branca, que após pesquisa afirma ser procedente da Formação Alter-do-Chão, cuja unidade geológica é a dominante na área de estudo.

A Formação Alter-do-Chão, apesar das dificuldades de datações devido ao seu enorme conteúdo arenoso teve sua idade estimada a partir de trabalho palinológico (CUNHA *et al.*, 2007), que indica deposição a partir do Cretáceo Inferior (Aptiano) e que alcança o Cretáceo Superior (Mastrichtiano). Evidência recente demonstra ocorrência de um paleossolo desenvolvido sobre essa unidade, correlacionado com a superfície SD1 (HORBE *et al.*, 2001, apud CUNHA *et al.*, 2007), considerada como paleogênica (Paleoceno), idade esta consistente com o dado paleomagnético obtido da crosta laterítica do norte da cidade de MANAUS, que indica idades entre 70 Ma e 50 Ma. No estado do PARÁ, a Formação Alter-do-Chão ocorre desde sua fronteira com o estado do AMAZONAS a oeste até a borda da bacia do Marajó a leste; como mostra a figura 2.4, o qual abrange uma área de aproximadamente 9.870 km², sendo aflorante nas cidades de FARO, ORIXIMINÁ, ÓBIDOS, JURUTI, TERRA SANTA, SANTARÉM, ALENQUER, AVEIRO, PRAINHA, BRASIL NOVO, VITÓRIA DO XINGU, SENADOR JOSÉ PORFÍRIO E PORTO DE MOZ (CPRM, 2012).

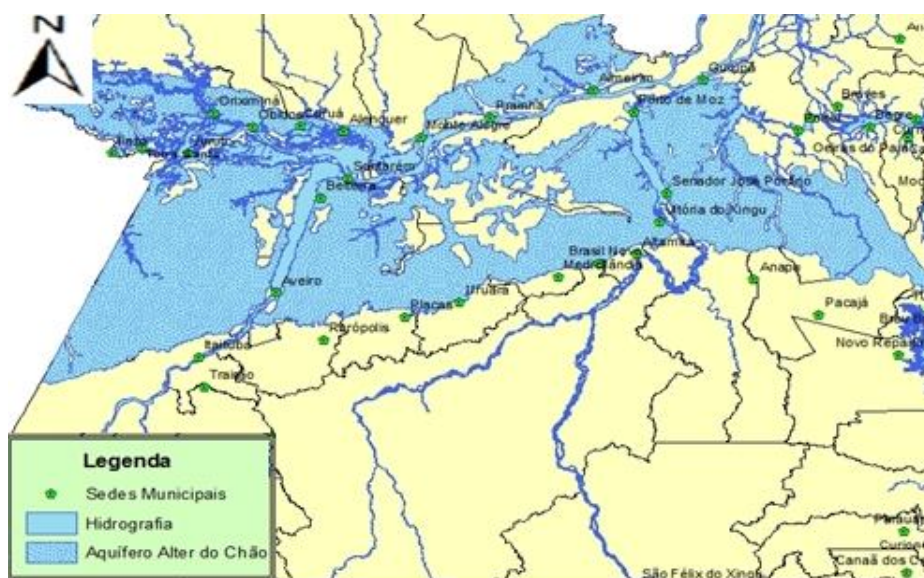


Figura 2.4 - Mapa da extensão da formação Alter-do-Chão e aquífero (CPRM, 2012).

2.4 O MUNICÍPIO POSSUI 03 (TRÊS) TIPOS GEOMORFOLÓGICOS

De acordo com o Projeto RADAMBRASIL (CARVALHO, 1974), a Planície Amazônica, o Planalto Rebaixado da Amazônia e o Planalto Tapajós-Xingu têm papel representativo como as principais unidades geomorfológicas identificadas no município de SANTARÉM/PA; como mostra a figura 2.5. A Planície Amazônica ocupa a porção norte do município e constitui as áreas de várzea, temporariamente submetidas às inundações do rio Amazonas. Representa uma planície fluvial, levemente alçada em relação à lâmina d'água e possui as menores altitudes regionais, em geral próximas a 20 metros.

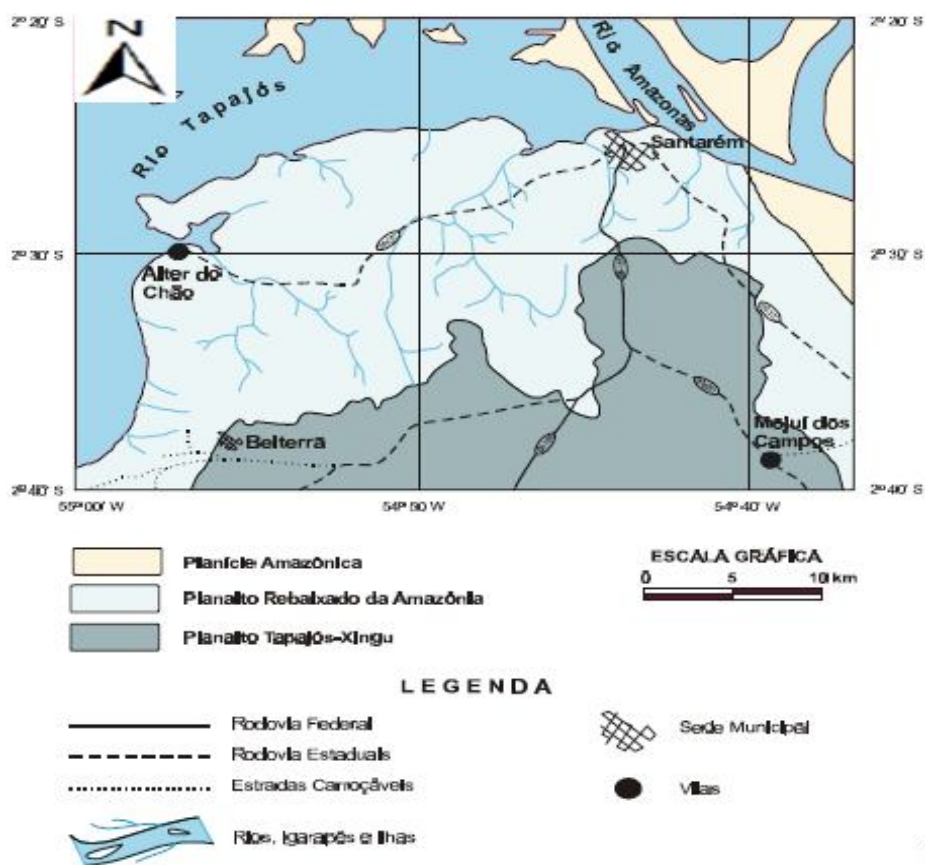


Figura 2.5 - Mapa Geomorfológico do município de SANTARÉM/PA (OLIVEIRA *et al.*, 2000).

Compreende depósitos aluviais atuais e subatuais, com predomínio de argilas e areias. O Planalto Rebaixado da Amazônia constitui uma superfície intermediária entre a planície supramencionada e o Planalto Tapajós-Xingu. Está bem caracterizado na porção centro-norte do município, ao sul da sede municipal e ao norte da serra de Piquiatuba, situado entre as cotas de 50 e 100 metros. Representa uma superfície pediplanada, desenvolvida sobre as

rochas da Formação Alter-do-Chão. Nesse domínio morfológico, o PRIMAZ/SANTARÉM passa a caracterizar através de pesquisa a presença de aquíferos livres, semi-confinados e confinados, com suas respectivas profundidades (OLIVEIRA, 1996). A cidade de Santarém está situada nesse domínio.

O Planalto Tapajós-Xingu é a feição morfológica dominante na porção centro-sul do município, situada nas maiores altitudes regionais, entre 100 e 150 metros, em média. É caracterizado por elevações de topo plano, com encostas escarpadas e ravinadas, em forma de platôs, onde desenvolve uma drenagem espaçada e profunda. Na área de Mojuí dos Campos, a geologia de superfície revela uma região de platôs, relacionada à Formação Alter-do-Chão, com um capeamento argiloso de 30 (trinta) metros de espessura, onde é frequente o nível de arenito ferruginoso, quartzoso, com alto grau de diagênese e com espessura de até 10 (dez) metros. Encimando essa cobertura, ocorre o depósito aluvionar / coluvionar do Quaternário, constituído de areias, siltes e argilas com cascalhos subordinados (OLIVEIRA *et al.*, 2000).

Segundo (EMBRAPA, 2001), quanto aos solos, no Planalto Tapajós – Xingu predomina o Latossolo amarelo de textura muito argilosa e argilosa, conforme amostras coletadas nas comunidades ao longo da rodovia Santarém-Curuá-Una. (DURIGAN, 2013) ao realizar estudos no Planalto Tapajós – Xingu observa que em todas as áreas existe um aumento gradativo no teor de argila do solo quando também aumenta a profundidade, isto indica que esta ocorrendo os processos de eluviação e iluviação da argila do horizonte superficial para o subsuperficial. Esse processo é bastante comum em Latossolos e Argissolos, principalmente em regiões de precipitação elevada como na Amazônia.

2.4.1 A LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

De posse dessas informações, em SANTARÉM/PA é possível encontrar 03 tipos de geomorfologia, ou seja, o agregado miúdo apresenta variação em seus resultados dependendo do local em que for coletado. A área de estudo (jazida indicada no mapa) é concentrada no Planalto Rebaixado da Amazônia, nas coordenadas geográficas 02° 27' 52,32" de latitude Sul e 54° 45' 02,63" de longitude Oeste Gr; como mostra a figura 2.6.



Figura 2.6 – Mapa de localização da jazida no município de SANTARÉM/PA (GOOGLE, 2014).

Intercalada na seqüência arenosa, ocorre camadas argilosas, cuja coloração varia de avermelhada a mosqueada, esbranquiçada, creme e lilás, em geral pouco consolidadas, às vezes contém lentes de arenito friável. Segundo (OLIVEIRA *et al.*, 2000), o arenito apresenta, por vezes, marcantes estruturas sedimentares, representada por estratificação cruzada acanalada e cruzada tabular, de pequeno e médio porte. A Formação Alter-do-Chão está bem caracterizada nas porções leste, sul e oeste do município, ao constituir uma morfologia típica, com elevações de topo plano, bordas escarpadas e fortemente ravinadas, na forma de platôs.

No topo desses platôs, é freqüente a presença de crosta ferruginosa, laterítica; às vezes, é desmantelada, ao constituir um nível concrecionário. Essa crosta, em geral, é responsável pela preservação dos platôs que caracteriza a Formação Alter-do-Chão. À leste de SANTARÉM/PA também ocorre depósito aluvial recente e sub-recente, constituído por argilas, siltes, areias e cascalhos, distribuídos ao longo das planícies de inundação dos

principais cursos d'água, com destaque para o sedimento argiloso que caracteriza a várzea do rio Amazonas (OLIVEIRA et al., 2000). De acordo com os relatos (IBGE, 2007) os solos profundos, de coloração amarelada, perfil muito homogêneo e com boa drenagem que ocupa grande extensão de terra no Baixo e Médio Amazonas é classificado como latossolo.

O Latossolo Amarelo mapeado na área é proveniente de rocha sedimentar da Formação Alter –do-Chão do Período Cretáceo/Terciário, constituído por arenito fino, siltitos, argilitos caulíníticos vermelhos e amarelos, arenitos brancos: horizontes conglomerados e arenitos grosseiros, inclusive arenito Manaus encontrado predominantemente em relevo plano e suave ondulado, em interflúvios tabulares do Planalto Rebaixado da Amazônia (Médio Amazonas) e do Planalto Tapajós – Xingu, situados no limite leste da área entre a Rodovia Transamazônica e a margem direita do rio Amazonas até a fronteira dos Estados do Pará e do Amazonas, limite este também a oeste da área, sob vegetação de floresta e de cerrado (EMBRAPA, 2010).

2.4.2 OS EXTRATOS GEOLÓGICOS E O GUIA IDENTIFICATÓRIO DE SOLOS

O município de SANTARÉM está situado na Bacia Sedimentar do Amazonas, nos domínios da Formação Alter-do-Chão e ocupa cerca de 70 % do espaço municipal. (OLIVEIRA *et al.* 2000), mostra a figura 2.7 como o sumário da litoestratigrafia da bacia sedimentar do amazonas. Essa Formação é constituída por clásticos continentais, de idade Cretáceo Superior/Terciário, representado por arenito caulínico, finos a grossos, às vezes com níveis conglomeráticos; no local, ocorre nível ferruginoso, silicificado.

ERA	PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA
CENOZÓICA	QUATERNÁRIO		ALUVIÕES	Argilas, Siltes, Areias e Cascalhos
	TERCIÁRIO		SOLIMÕES	Argilitos Vermelhos e Cinzentos
MESOZÓICA	CRETÁCEO	JAVARI	ALTER DO CHÃO	Arenitos, Siltitos, Argilitos, Conglomerados
	JURÁSSICO		DIABASIO PENATECAUA	Diabásios finos a grosseiros
	TRIÁSSICO			
PALEOZÓICA	PERMIANO	TAPAJÓS	ANDIRÁ	Siltitos Vermelhos e Verdes Arenitos, Folhelhos
	CARBONÍFERO		NOVA OLINDA	Evaporitos: Halitas, Anidritas
			ITAITUBA	Calcários, Margas
			MONTE ALEGRE	Arenitos, Siltitos e Folhelhos
		CURUÁ	FARO	Arenitos finos e grosseiros
			ORIXIMINÁ	Arenitos, Pelitos
			CURIRI	Diamictitos, folhelhos e siltitos
	DEVONIANO	URUPADI	BARREIRINHA	Folhelhos pretos
			ERERÉ	Siltitos, Folhelhos, Arenitos
	SILURIANO	TROMBETAS	MAECURU	Arenitos, Pelitos
			MANACAPURU	Arenitos, Pelitos
			PITINGA	Folhelhos, Diamictitos
			NHAMUNDÁ	Arenitos
	ORDOVICIANO			AUTÁS-MIRIM
CAMBRIANO				
PRÉ-CAMBRIANO (Indiferenciado)		PURUS	ACARI	Calcários e Dolomitos.
			PROSPERANÇA	Arenitos, Siltitos, Argilitos, Arcósios
				Granitos, Gnaisses, Riólitos, Andesito, Granodioritos, Dacitos, Quartzitos, Xistos.

Figura 2.7 – Sumário da estratigrafia da bacia sedimentar do amazonas (OLIVEIRA *et al.*, 2000).

(TANCREDI, 1996) mostra através da figura 2.8 que os processos de evolução da paisagem da Formação Alter-do-Chão, na região de Santarém, resulta em uma geomorfologia com formas tabulares do Planalto Tapajós-Xingu e do Planalto Rebaixado da Amazônia, ao constituir o platô localizado na parte sul. Mais ao norte, margeando os rios Tapajós e Amazonas é identificado a superfície de aplainamento e os inselbergs.

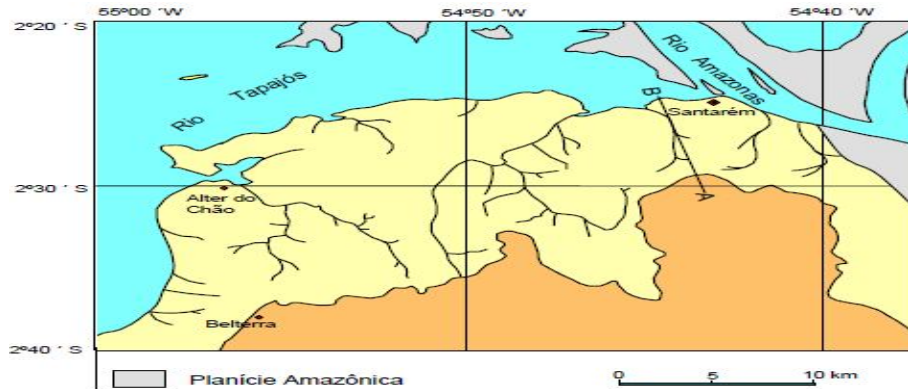


Figura 2.8 – Quadro geomorfológico e seção (AB) em planta, da cidade de SANTARÉM/PA (TANCREDI, 1996).

Nesta área, a erosão atua com mais intensidade, conforme é visto na seção (AB) geológica esquemática da figura 2.9; com remoção da parte superior e com altitudes decrescentes até a da planície amazônica. A feição geomorfológica influencia fortemente as condições hidrogeológicas da formação Alter-do-Chão. Na parte sul, predomina um platô com altitude que atinge 200m e que em superfície é constituído de camadas argilosas, com espessuras totais de cerca de 50m.

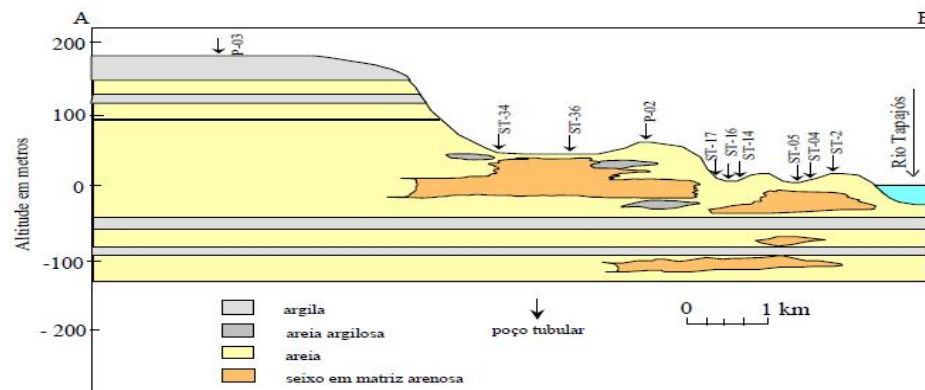


Figura 2.9 – Seção (AB) geológica esquemática da Formação Alter-do-Chão na região de SANTARÉM/PA (TANCREDI, 1996).

(OLIVEIRA *et al.*, 2000) mostra o perfil do poço estratigráfico 1-AC-1-PA, executado pela PETROBRÁS, no município de SANTARÉM. Nesse poço, é estabelecida a espessura de 521 metros para a Formação Alter-do-Chão no referido município, como mostra a figura 2.10. Ao recobrir essa unidade, ocorre localmente, um pacote argilo-arenoso, cuja coloração varia de avermelhada a amarelada ou mosqueada, contendo às vezes, lentes de arenitos finos, caulinos, amarelados, friáveis, com estratificações cruzadas e plano-paralelas. Essa cobertura evolui, localmente, para espessos pacotes de Latossolo amarelado. Na cidade de SANTARÉM, com base nas observações de campo e na perfuração de poço profundo, é possível constatar que a litologia é caracterizada, de modo geral, por arenitos, siltitos, argilitos e, subordinadamente, por conglomerados, em alternância de cores claras e avermelhadas.

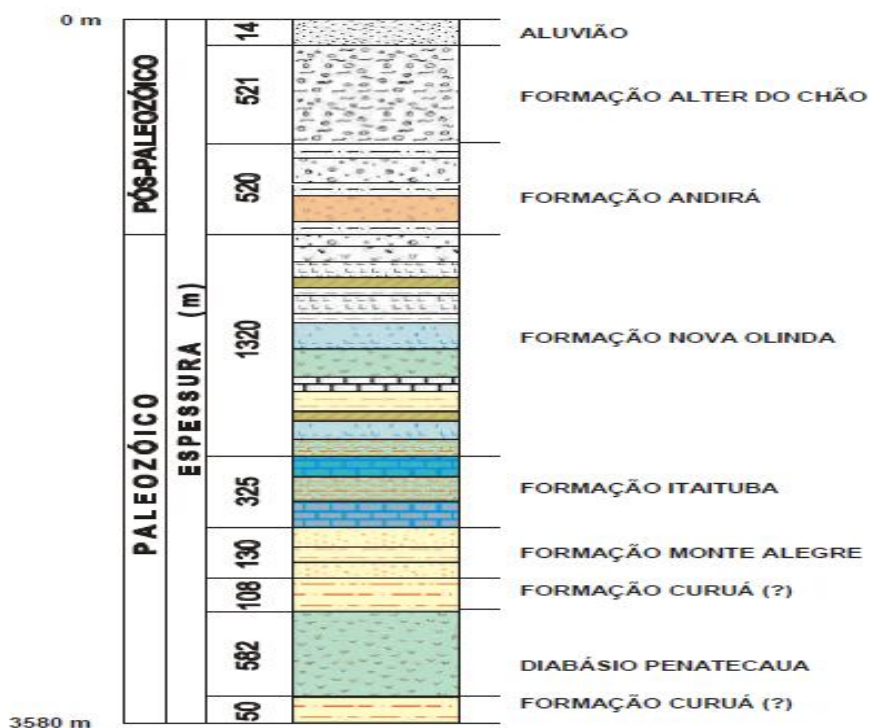


Figura 2.10 - Perfil do poço estratigráfico 1-AC-1-PA (OLIVEIRA *et al.*, 2000).

(TANCREDI, 1996) relata que o solo de SANTARÉM/PA está localizado na Planície Rebaixada da Amazônia. (OLIVEIRA *et al.*, 2000) descreve a existência de um pacote argilo-arenoso, cuja coloração varia de avermelhada a amarelada ou mosqueada, contendo às vezes, lentes de arenitos finos, caulinos, amarelados, localmente de espessos pacotes de Latossolo amarelado na Planície Rebaixada da Amazônia.

(SANTOS, 2006), após estudo, ilustra que o solo amazônico é formado por argila e argila arenosa, o qual constitui o horizonte B do solo conhecido pedologicamente por latossolo, solo podzólico e terra roxa que em sua maioria é laterítico. (CAMPOS, 2009), define o solo da amazônia como latossolo amarelo. De posse dessas informações, a figura 2.11 mostra o Guia identificatório de solos tropicais, para obter contração, inchamento, penetração com cone de 10g, penetração com cone de 30g e índice de reabsorção dos solos. Os dados contidos na tabela têm como objetivo contribuir á nível de referência para fins comparativos de valores aos agregados miúdos encontrados no município de SANTARÉM/PA.

Classes de Solos	Características dos Solos	Contração (%)	Inchamento (%)	Penetração (mm) Cone de 10g	Penetração (mm) Cone de 30 g	Índice de Reabsorção
LATERÍTICOS	TÍPICOS	>2	< 1	0	0	negativo
	ARGILOSOS	≥6	≤10,5	≤4	≤6	< 0,6
	ARENOSOS	2 a 6	≤10,5	≤4	≤6	< 0,6
	AREIAS	≤2	≤10,5	≤4	≤6	< 0,6
TRANSICIONAIS	ARGILOSOS	≥6	5,5 a 13	3 a 5	6 a 8	0,3 a 0,9
	ARENOSOS	2 a 6	5,5 a 13	3 a 5	6 a 8	0,3 a 0,9
	AREIAS	≤2	5,5 a 13	3 a 5	6 a 8	0,3 a 0,9
NÃO LATERÍTICOS	ARGILOSOS	≥6	> 8	≥4	≥8	> 0,4
	SILTOSOS	2 a 4	9 a 15	≥6	≥11	0,4 a 0,7
	ARENOSOS	2 a 6	> 8	≥4	≥8	> 0,4
	AREIAS	≤2	> 5	≥4	≥8	> 0,4

Figura 2.11 – Guia Identificatório de solos tropicais (SANTOS, 2006).

2.5 AS FORMAS DE EXTRAÇÃO DE AREIA NO MUNICÍPIO

O valor encontrado na superfície e subsuperfície mostra que o estrato geológico que constitui a Formação Alter-do-Chão apresenta rochas clásticas arenosas, siltosas e argilosas. Argilitos e argilas de coloração variada, em geral amarela ou vermelha, e também lilás, creme, branca (caulínicas) e cinza (com matéria orgânica), às vezes compacta, integra os aquícludes, (OLIVEIRA *et al.*, 2000). Fato este comprovado no subsolo do município que é tipicamente arenoso e apresenta coloração variada, cito: branca, róseo, vermelha, laranja, lilás e amarela; como mostra a figura 2.12.



Figura 2.12 – Perfil em cores da jazida de agregado miúdo.

Sua composição além de argila, óxido de ferro e quartzo contém percentuais de material pulverulento. A exploração de areia no município de SANTARÉM, localizado no oeste do estado do PARÁ é do tipo fossa seca, ou seja, quando o depósito está situado acima do lençol freático. O termo é empregado quando a retirada do material acontece em cava ou á céu aberto, através de exploração mecânica ou manual; como mostra a figura 2.13.



Figura 2.13 – Extração de areia. Á esquerda: exploração mecânica; á direita: exploração manual.

Com base nas informações já mencionadas neste trabalho, a variação de cor no solo é devido ao intemperismo físico, químico e biológico sofrido ao longo do tempo. (MEIER, 2011) descreve que a extração manual é um processo extremamente rudimentar, realizado através de pás. A extração manual ou mecânica no município ocasiona a separação ou a mistura inadequada da granulometria dos grãos; como mostra a figura 2.14; além de uma má separação de materiais indesejáveis como argila, galhos e folhas.

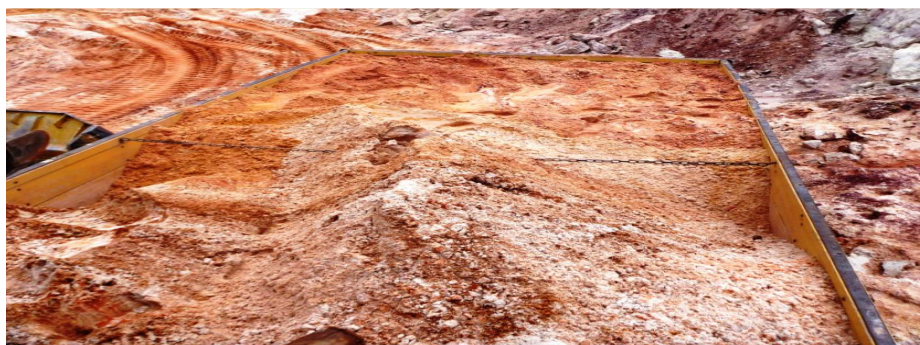


Figura 2.14 – A separação ou a mistura inadequada da granulometria dos grãos.

2.6 AGREGADOS - PROPRIEDADES GERAIS

O agregado constitui uma elevada porcentagem do concreto (cerca de 75,0%), de modo que as suas características têm importância nas proporções empregadas e na economia do concreto. O agregado em geral é formado por partícula dura e resistente, isentas de produtos deletérios, tais como: argila, mica, silte, sais, matéria orgânica e outros. A composição granulométrica dos agregados é determinada em ensaios padronizados de peneiração. A curva granulométrica fica dentro de certos limites, fixados nas especificações, de modo que o agregado misturado apresente um bom entrosamento, com pequeno volume de espaço vazio entre suas partículas. Esse bom entrosamento resulta em economia de pasta de cimento, que é o material mais caro do concreto. É denominada porcentagem acumulada em uma dada peneira a porcentagem das partículas de agregado maiores que a abertura dessa peneira. A composição granulométrica é representada em uma curva tendo como abscissa a abertura da peneira e como ordenada as respectivas porcentagens acumuladas.

2.6.1 AGREGADOS MIÚDOS

Tipos de frações ou partículas minerais do solo, segundo a Escala de tamanho das partículas minerais dos solos, em mm, proposta pela Sociedade Internacional de Ciência do solo (ISSC) é apresentado através da tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Escala de tamanho das partículas minerais dos solos (BUENO, 2012).

Fração	Limites dos diâmetros das partículas (mm)
Argila	< 0,002
Silte ou limo	0,002 – 0,02
Areia Fina	0,02 – 0,2
Areia grossa	0,2 – 2
Cascalho	2 - 20
Pedras	> 20

É definida as principais frações de tamanho do solo, como: a fração areia, a fração silte e a fração argila. Já a areia é dividida em grossa, média, fina e muito fina, conforme o valor do seu módulo de finura, que é a soma das porcentagens retidas acumuladas, nas peneiras da série normal, dividida por 100, cito:

- Areia grossa - módulo de finura entre 3,3 e 4,0;
- Areia média - módulo de finura entre 2,4 e 3,3;
- Areia fina - módulo de finura entre 1,9 e 2,4;
- Areia muito fina - módulo de finura menor que 1,9.

Cada referido valor é indicado pela NBR 7211 (ABNT, 2009), com valores aproximados. Esta ainda define todas as características obrigatórias para os agregados de concreto. A areia ótima para o concreto armado apresenta módulo de finura entre 2,2 e 2,9, porém a faixa entre 1,5 e 2,2 é considerada utilizável inferior e, por conseguinte a faixa entre 2,90 e 3,50 é considerada utilizável superior.

2.6.2 AGREGADOS GRAÚDOS

O tamanho mais utilizado em concreto armado comum é a brita 1 ou uma mistura de britas 1 e 2. O agregado graúdo é classificado conforme o tamanho da partícula componente (diâmetros mínimos e máximos); cito:

- Brita 0 → 4,8 mm á 9,5 mm;
- Brita 1 → 9,5 mm á 19,0 mm;
- Brita 2 → 19,0 mm á 25,0 mm;
- Brita 3 → 25,0 mm á 50,0 mm;
- Brita 4 → 50,0 mm á 76,0 mm;
- Brita 5 → 76,0 mm á 100,0 mm;

2.7 CIMENTO

Em geral, é denominado por cimento qualquer material capaz de ligar os agregados, formando um corpo sólido.

2.7.1 CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland é cimento hidráulico produzido pela pulverização de clínquer formado essencialmente por silicatos de cálcio hidratados, com adição de sulfatos de cálcio e outros compostos de forma a garantir o quimismo. Esse quimismo está relacionado a certa proporção de determinados compostos químicos da mistura, dentro de limites específicos, para proporcionar a formação de compostos hidráulicos e conferir a propriedade ligante do cimento Portland. O cimento Portland é fabricado nas etapas seguintes:

- Mistura e moagem de materiais calcários e argilosos, nas proporções adequadas;
- Tratamento térmico da mistura, em fornos rotativos, até a formação de um material vitrificado, denominado clínquer (1.400°C a 1.550°C);

➤ Moagem do clínquer com 4% a 6% de gesso.

Ao variar a composição do cimento é possível obter diversos tipos, com diferentes características quanto ao tempo de pega, calor de hidratação, resistência mecânica, resistência a sulfatos, etc. A especificação americana ASTM C 150 distingue cinco tipos de cimento Portland e a figura 2.15 mostra a composição e a principal propriedade.

TIPO	CARACTERÍSTICA PREDOMINANTE	COMPOSIÇÃO (%)				RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (EM RELAÇÃO À RESISTÊNCIA DO CIMENTO TIPO I)			
		1	2	3	4	1 DIA	7 DIAS	28 DIAS	3 MESES
I	Tipo de uso corrente	50	24	11	8	1	1	1	1
II	Moderado calor de hidratação / Moderada resistência a sulfatos	42	33	5	13	0,75	0,85	0,90	1
III	Elevada resistência inicial	60	13	9	8	1,90	1,20	1,10	1
IV	Baixo calor de hidratação	26	50	5	12	0,55	0,55	0,75	1
V	Elevada resistência a sulfato	40	40	4	9	0,65	0,75	0,85	1

1 - $(CaO)_3(SiO_2)$ Silicato tricálcio; 2 - $(CaO)_2(SiO_2)$ Silicato dicálcio;
 3 - $(CaO)_3(Al_2O_3)$ Aluminato tricálcio; 4 - $(CaO)_4(Al_2O_3)(Fe_2O_3)$

Figura 2.15 – Tipos de cimento Portland - ASTM C 150 (IBRACON, 2011).

O cimento é moído em pó muito fino, não sendo possível determinar sua composição granulométrica por meio de peneiras. O grau de finura é medido em aparelhos de permeabilidade do ar, denominado Blaine, o qual é expresso pela “superfície específica”, que é a superfície total de todas as partículas contidas em um grama de cimento. A superfície específica média (comumente chamada de Blaine por ser o nome do ensaio que a determina) dos cimentos é cerca de 2600 cm²/g, com exceção do cimento tipo III, o qual é moído com maior finura, onde é obtido Blaine da ordem de 3000 cm²/g. O aumento da finura produz maior velocidade de hidratação, o que resulta em maior resistência inicial e conseqüentemente maior geração de calor. Os dois silicatos de cálcio $(CaO)_3(SiO_2)$ e $(CaO)_2(SiO_2)$, constitui a maior parte do cimento, cerca de 75%, sendo os principais responsáveis pelas suas propriedades cimentícias.

A figura 2.16 mostra a variação das resistências e o tempo de concreto realizado com cinco tipos de cimento da especificação americana ASTM. A resistência do concreto com cimento usual, tipo I, foi tomada igual a 300 kgf/cm^2 , na idade de 28 dias, o traço utilizado para a consecução dos corpos-de-prova é de 335 kg/m^3 .

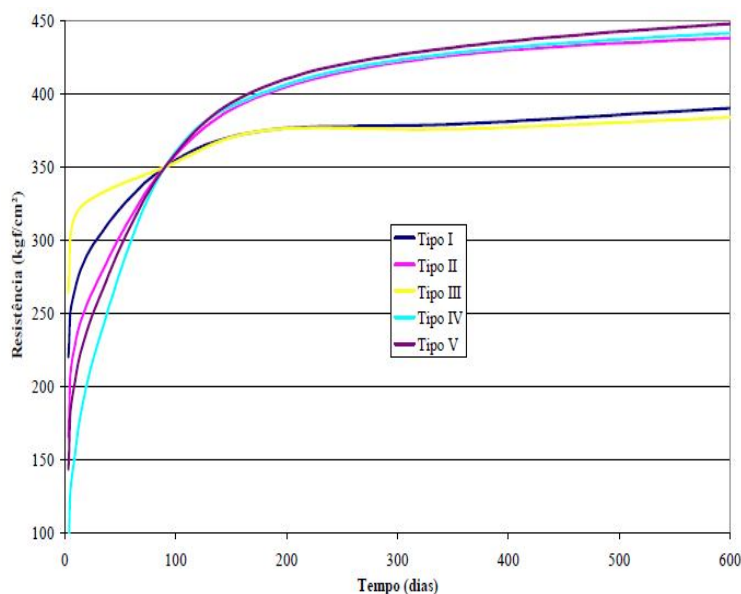


Figura 2.16 – Gráfico da relação resistência x tempo de cura (ANDOLFATO, 2002).

2.7.2 CIMENTOS PORTLAND MODIFICADO

O cimento Portland é fabricado com diversas alterações, no intuito de obter um comportamento especial. Dentre os cimentos Portland modificado é citado o cimento Portland com pozolana, de alto-forno e com filer calcário. O cimento Portland com pozolana é o cimento comum adicionado de pozolana, na proporção de 15% a 50% da massa total do aglomerante. O cimento pozolânico apresenta a seguinte propriedade:

- Pequena velocidade na liberação de calor de hidratação;
- Elevada resistência a águas sulfatadas e ácidas.

O cimento de alto-forno é obtido misturando, ao clínquer, escória de alto-forno granulada, na proporção de 35% a 70% da massa total do aglomerante. A propriedade do cimento de alto-forno é semelhante à do cimento pozolânico. E o cimento com filer calcário é o material proveniente da rocha calcária finamente moída, o qual adicionado ao cimento Portland produz concretos mais trabalháveis, porque o grão ou partícula desse material, uma vez alojado entre os grãos dos demais componentes do concreto, desempenha o papel de lubrificante. A adição de filer calcário causa um efeito químico e físico durante a hidratação do cimento. O efeito químico é limitado pela formação de carboaluminatos, com influência na pega. O efeito físico da adição calcária deve unicamente ao preenchimento dos poros por ser geralmente um material extremamente fino.

2.8 DOSAGEM DE CONCRETO

No Brasil, ainda não há um texto consensual de como realizar um estudo de dosagem. A inexistência de um consenso nacional cristalizado numa norma brasileira sobre os procedimentos e parâmetros de dosagem tem levado vários pesquisadores a propor seus próprios métodos de dosagem, muitas vezes confundidos com uma recomendação da instituição na qual trabalha, ou através da qual é publicado. Apesar dos métodos de dosagem diferir entre si, certas atividades é comum a todos, como, por exemplo, o cálculo da resistência média de dosagem, a correlação da resistência á compressão com a relação água/cimento para determinado tipo e classe de cimento, sempre e quando um estudo de dosagem tiver por objetivo a obtenção de uma resistência especificada. Um estudo de dosagem é realizado visando obter a mistura ideal e mais econômica, numa determinada região e com os materiais ali disponíveis, para atender uma série de requisitos. Essa série será maior ou menor, segundo a complexidade do trabalho a ser realizado e segundo o grau de esclarecimento técnico e prático do usuário do concreto que demanda o estudo. Os vários requisitos básicos, á princípio, pode ser citado como:

➤ A **resistência mecânica** do concreto que é o parâmetro mais frequentemente especificado. A resistência á compressão é a mais utilizada, embora a resistência à tração por flexão também seja muito comum em projetos de pavimentos de concreto. A resistência à compressão dos concretos é tradicionalmente utilizada como parâmetro principal de dosagem e controle da qualidade dos concretos destinados a obras correntes. Isso é devido, por um lado, á relativa simplicidade do procedimento de moldagem dos corpos-de-prova e

do ensaio de compressão, e, por outro, ao fato da resistência á compressão ser um parâmetro sensível ás alterações de composição da mistura, ao permitir inferir modificações em outras propriedades do concreto.

➤ A **trabalhabilidade** que é requerida por todos os concretos; adequada a cada situação específica. O condicionante vem definido pelos projetos arquitetônicos e estruturais (fôrmas, taxas de armadura, detalhes geométricos), pelo equipamento a ser utilizado (bomba, carrinhos, giricas, caçambas e outros), pelas necessidades de acabamento (sarrafeado, polido, lixado e outros) e pelas condições ambientais (temperatura, insolação, ventos, umidade relativa).

➤ Na **durabilidade** onde é necessário o concreto ser durável frente ás solicitações ás quais será exposto durante sua vida útil. A durabilidade depende tanto de fatores extrínsecos aos concretos, tais como presença de sais, maresia, chuvas ácidas, umidade relativa, natureza da solicitação mecânica a que tiver sujeito (carga monotônica, cíclica, longa ou curta duração, impactos), quanto de fatores intrínsecos, tais como tipo de cimento, relação a/c, adições, aditivos e outros. Do ponto de vista do projeto estrutural a normalização busca assegurar certa durabilidade da estrutura a partir das especificações de relação água/cimento máxima; da resistência á compressão mínima; da espessura mínima de cobrimento de concreto á armadura e ao consumo mínimo de cimento, para cada uma das condições de exposição previstas a que está submetido os elementos estruturais de uma obra ao longo de sua vida útil.

➤ A **deformabilidade** que tem relação com o módulo de elasticidade, a retração hidráulica, a deformação inicial ou imediata e, principalmente, a deformação lenta (fluência) do concreto é especificada pelos projetistas estruturais mais esclarecidos. Essa deformação própria de todo o material de construção pode ter, no caso do concreto, grandes e nefastas interferências com os demais elementos construtivos (paredes, pisos, caixilhos, elevadores, escadas rolantes, pontes rolantes, etc.).

➤ Na **sustentabilidade**, de forma geral, onde é possível reduzir, em muitas estruturas, o consumo de concreto através do aumento da resistência mecânica, principalmente em pilares. Esse fato é observado no concreto há anos, cuja resistência tem aumentado de forma contínua, principalmente na última década. Em parte, é devido também á evolução da qualidade do cimento Portland que tem apresentado melhor desempenho mecânico.

2.9 PROPRIEDADES DO CONCRETO

As principais propriedades do concreto fresco é determinada por equipamentos e técnica de execução – transporte, lançamentos e adensamento do concreto, - bem como pelas próprias características geométricas da estrutura a ser concretada, enquanto que as principais propriedades do concreto endurecido é normalmente expressa pelo projetista da estrutura.

2.9.1 PROPRIEDADES DO CONCRETO: ESTADO FRESCO

▪ **Trabalhabilidade** - compreende duas propriedades fundamentais: consistência ou fluidez e coesão. A consistência depende da quantidade de água adicionada ao concreto e a coesão reflete sobre a capacidade do concreto em manter sua homogeneidade durante o processo de adensamento – diretamente ligada a quantidade de finos presente na mistura e da granulometria dos agregados e sua proporção. A referida trabalhabilidade é afetada por 02(dois) fatores:

No fator interno:

- Consistência: é função da relação água / materiais secos (umidade do concreto);
- Traço: proporção relativa entre cimento e agregados;
- Granulometria: depende da distribuição e da proporção relativa entre eles;
- Forma dos grãos do agregado;
- Tipo e finura do cimento.

E no fator externo:

- Tipo de aplicação;
- Tipo de mistura: manual ou mecânica;
- Tipo de transporte: calhas ou bombas;
- Tipo de lançamento e adensamento;
- Dimensões e armadura da peça a executar;

Na trabalhabilidade existe métodos a ser utilizado, mas todos tem como base a deformação causada a uma massa de concreto e/ou deformação pré-estabelecida; o método mais conhecido é a consistência pelo abatimento do tronco de cone (slump test). Há outros tipos de ensaios, cito: ensaio de remodagem de powers – utilizado com maior frequência em laboratório, ensaio vebê – recomendado para concreto mais seco e a mesa de espalhamento – indicado para concretos com maior plasticidade.

- **Exsudação** - é provocada pela impossibilidade dos constituintes sólidos fixarem toda a água da mistura, porém depende muito das propriedades do cimento, o que resulta no enfraquecimento da aderência pasta-agregado e pasta-armadura, aumento da permeabilidade e formação de nata de cimento sobre a superfície do concreto. Para evitar a referida exsudação é necessário alguns cuidados: não utilizar agregados miúdos sem parcela conveniente de finos, utilizar cimentos de maior finura e utilizar aditivos plastificantes.

- **Retração** – propriedade que o material pode apresentar devido a diferentes fatores, como a evaporação da água e hidratação dos compostos do cimento. O primeiro tipo de retração, plástica, ocorre devido á rápida perda de água de amassamento, seja por absorção pelas formas, pelos agregados, ou o pela evaporação para o ambiente. Como a retração é oriunda da movimentação da água, que pode sair por evaporação ou entrar por capilaridade, quanto maior for o fator água/cimento maior será, evidentemente, a retração plástica.

2.9.2 PROPRIEDADES DO CONCRETO ENDURECIDO

- **Massa específica** - varia conforme o tipo de agregado empregado. No concreto armado, concreto não armado, concretos com agregados leves, concretos com agregados pesados equivale respectivamente á 2.500 kg/m^3 , 2.300 kg/m^3 , 1.800 kg/m^3 e 3.700 kg/m^3 ;

- **Resistência á esforços mecânicos** – é afetada por: relação água/cimento, idade, forma e graduação dos agregados, tipo de cimento, forma e dimensão dos corpos-de-prova, velocidade de aplicação de carga de ensaio, duração da carga, cura e teor de ar incorporado;

- **Módulo de deformação** - é a medida de deformidade do concreto, o módulo de deformação aumenta com a evolução da hidratação. O módulo de deformação do agregado tem influência sobre o módulo de deformação do concreto, aumenta, um pouco, com o aumento da resistência. Não há uma correlação muito definida entre módulo de deformação e resistência;

- **Retração** – pode incidir a retração autógena que é a reação de hidratação do cimento, é acompanhada de uma redução de volume. A referida retração propicia o aparecimento de fissuras, ocorre com o concreto rico em cimento, a prevenção é difícil. Pode ser minimizada com menor consumo de cimento, com uso de aditivos redutores de água. Outros fatores que influencia: composição química, teor de cimento na composição, quantidade de água de amassamento, condição climática, aumento da temperatura, espessura do corpo-de-prova;

- **Fluência** - deformação lenta apresentada pelo concreto quando submetido a um carregamento permanente, não desaparece com a retirada da carga. Ocorre como na retração, é um fenômeno que ocorre na pasta. Fatores que influenciam na fluência: Quantidade de pasta, idade do carregamento, relação tensão/resistência e perda de umidade do concreto;

- **Permeabilidade** - o concreto é necessariamente um material poroso. Está relacionada com a porosidade da pasta e tem influência na durabilidade, a principal causa de porosidade é a maior quantidade de água para hidratar o aglomerante e ao evaporar deixa vazios. A porosidade depende principalmente da relação água/cimento e grau de hidratação da pasta. Com a passagem da água pelo concreto ocorre a absorção e a permeabilidade;

- **Carbonatação** – o resultado é a menor proteção da armadura, onde o pH cai de 13 para menos de 10 (aproximadamente 8,5) e o concreto é mais compacto, pois dificulta a penetração da umidade e do próprio ar. É um fenômeno lento, depende da permeabilidade do concreto e tem influência da relação água/cimento sobre a penetração da carbonatação;

- **Durabilidade ao ataque de sulfatos** - é definido em função das condições a que o concreto deve ser submetido. Elementos que asseguram uma boa durabilidade: baixa permeabilidade e o tipo de cimento. A solução é o cimento com baixa proporção de aluminato;

- **Colmatação** - fechamento de microfissuras por partículas de cimento ainda não hidratação. É como se fosse a cicatrização de uma ferida. É mais intenso em concretos novos, em que há bastante cimento não hidratado;

- **Condutibilidade elétrica** – é variável com a composição e umidade. É um mal condutor de eletricidade, não chegando, porém, a ser um isolante;

- **Adesão** - Depende do grau de irregularidades e da porosidade presente no concreto. De uma maneira geral não existe problema de adesão superficial em superfícies limpas de concreto. Concreto com forma de madeira bruta tem mais facilidade de adesão superficial que os feitos com forma metálica, compensada e plástica. Geralmente, devido a retração, a união do concreto novo com o velho é fraca. A menor dilatação do material cerâmico em relação ao concreto prejudica a adesão entre esses dois materiais.

2.10 INFLUÊNCIA DO AGREGADO

Agregado – material que é adicionado à massa de cimento e água para dar origem a um corpo, no intuito de tornar o resultado mais econômico. Hoje ele representa cerca de oitenta por cento do peso do concreto, onde é de conhecimento, que além de sua influência benéfica quanto à retração e à resistência, o tamanho, a densidade e a forma dos seus grãos pode definir várias das características desejadas em um concreto.

Geralmente, as propriedades dos agregados são discutidas em duas partes com base nas propriedades que afetam (1) as proporções de dosagem e (2) o comportamento do concreto fresco e endurecido. Devido à considerável sobreposição dos dois aspectos, é mais apropriado dividir as propriedades nos seguintes grupos, baseados na microestrutura e condicionantes de fabricação:

- **Características dependentes da porosidade:** massa específica, absorção de água, resistência, dureza, módulo de elasticidade e sanidade;
- **Características dependentes das condições prévias de exposição e condicionantes de fabricação:** tamanho, forma e textura das partículas;
- **Características dependentes da composição química e mineralógica:** resistência, dureza, módulo de elasticidade e substâncias deletérias presentes.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar a coleta, caracterização e dosagem dos materiais, bem como, utilizar equipamentos e procedimentos para ensaios é necessário fundamentar a metodologia em pesquisa bibliográfica da literatura e normas disponíveis. A especificação granulométrica da areia (agregado miúdo), assim como o conhecimento da sua dimensão máxima e do seu módulo de finura é de extrema importância, pois a característica do referido material influencia na trabalhabilidade e no custo do concreto ou argamassa. Além disso, areia muito grossa produz mistura pouco trabalhável e areia muito fina aumenta a demanda de água para a hidratação do cimento.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL

3.1.1 AGREGADO MIÚDO

O agregado miúdo é um material granular sem forma e volume definido, em geral inerte, com dimensões e propriedades adequadas para o uso na construção civil; (MEIER, 2011). A Especificação Brasileira EB-4, estabelece que o agregado miúdo, é a areia natural quartzosa, ou a artificial, resultante do britamento de rochas estáveis, de diâmetro máximo igual ou inferior a 4,8 mm. Ao caracterizar o agregado miúdo é realizado procedimento e utilizado material normatizado para a determinação da: massa específica, massa unitária, análise da composição granulométrica, dentre outros.

A determinação da massa específica do agregado miúdo é realizada de acordo com a NBR 52 (ABNT, 2003), subitem 4.2, o qual descreve que o frasco CHAPMAN é feito de vidro composto de dois bulbos e de um gargalo graduado. No estrangulamento existente entre os dois bulbos há um traço que corresponde a 200 cm³ e acima dos bulbos está localizado o tubo graduado de 375 cm³ a 450 cm³. Inicialmente o frasco é aferido e em seguida é verificado os devidos volumes correspondentes às graduações. Inserir água no frasco até a marca de 200 cm³ e deixar em repouso, para que a água aderida às faces internas escorra totalmente, em seguida colocar cuidadosamente 500 g de agregado miúdo seco no frasco, o qual é devidamente agitado para eliminar as bolhas de ar.

A amostra é colhida de acordo com o critério da NBR 26 (ABNT, 2001) e seco em estufa por 24 horas com temperatura que varia entre 105 °C a 110 °C. A leitura no nível atingido pela água no gargalo do frasco indica o volume em cm³, ocupado pelo conjunto água-agregado. E para evitar que a água evapore, a referida amostra fica em repouso por 24 horas e devidamente protegido. Neste trabalho o ensaio é realizado em 02 (duas) amostras de agregado miúdo. Através da equação 1, proposta na referida NBR 52 (ABNT, 2003) – norma para determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman – método de ensaio, subitem 7.1, é determinado a massa específica tanto para o agregado miúdo de cor branca quanto para o agregado miúdo de cor róseo:

$$\gamma = \frac{500}{L-200} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde,

γ = massa específica do agregado miúdo; é expresso em g/cm³;

L = leitura do frasco (volume ocupado pelo conj. água-agregado miúdo); é expresso em cm³.

Para determinar a massa unitária, é necessário utilizar um recipiente em material metálico, onde a amostra é colocada sem qualquer adensamento e dessa forma reproduz a situação da obra. Neste trabalho é necessário utilizar os seguintes materiais: uma balança com limite de erro de aproximadamente 0,5% das massas a determinar, recipiente paralelepípedo de material metálico com 15 dm³ de volume e 316 mm x 316 mm de base com 150 mm de altura, concha para lançar o material, haste para regularizar o agregado, pincel para limpeza da balança e uma amostra do agregado miúdo, que fora posto por 24 horas em temperatura que varia entre 105 °C a 110 °C. A amostra á ensaiar deve ter no mínimo o dobro do volume do recipiente utilizado; o enchimento do recipiente é realizado em uma altura de lançamento não superior á 10 e 12 cm da borda para simular as condições de obra. Após encher o recipiente em demasia, utilizar uma régua metálica e fazer a arrasadura da superfície para eliminar o excesso; em seguida é registrado o peso da amostra.

Com base na NBR 45 (ABNT, 2006) – norma para agregado em estado solto é determinada a massa unitária tanto para o agregado miúdo de cor branca quanto para o agregado miúdo de cor róseo. Esta norma relaciona o peso do recipiente vazio, peso do recipiente com agregado, pelo volume do recipiente; seu resultado é obtido através da equação 2.

$$\delta = \frac{(m_{ra} - m_r)}{V_{rec}} \quad (\text{Eq. 2})$$

onde,

δ = massa unitária do agregado miúdo; é expresso em kg/dm³;

m_r = Peso do recipiente vazio; é expresso em kg;

m_{ra} = Peso do recipiente com agregado; é expresso em kg;

V_{rec} = Volume do recipiente; é expresso em dm³.

O ensaio de análise granulométrica para agregados está normalizado pela NBR 248 (ABNT, 2003), o qual descreve o processo a utilizar para determinar a porcentagem retida em massa que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada. O passo seguinte é encaixar as peneiras limpas, formando um conjunto, com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo; encaixar também o fundo na base. Colocar a amostra ou partes dela na peneira superior, de modo a evitar a formação de uma camada espessa de material sobre qualquer uma das peneiras, a deformação da tela e prejuízos ao peneiramento. Em seguida, após colocar a amostra seca obtida no ensaio de material pulverulento sobre o conjunto de peneiras, tampar também a peneira superior. Promover a agitação mecânica do conjunto durante 5 a 15 minutos. Após a agitação mecânica, remover o material retido em cada peneira para uma bandeja para posterior pesagem. Escovar a tela em ambos os lados para limpar a peneira. O material removido pelo lado interno é considerado como retido (juntar na bandeja) e o despreendido na parte inferior como passante (juntar com o material retido da peneira imediatamente inferior). Com o peneiramento do agregado miúdo e de posse dos dados é possível determinar:

➤ A dimensão máxima característica; definida como a grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa;

➤ A dimensão mínima característica; definida como a abertura de malha, em milímetros, da peneira da série normal ou intermediária, a qual corresponde uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente superior a 95% em massa;

➤ O módulo de finura; definido como o valor da soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100. O módulo de finura é determinado com aproximação de 0,01.

➤ A construção da curva de distribuição granulométrica, tão importante para a classificação dos solos, bem como, a estimativa de parâmetros para filtros, bases estabilizadas, permeabilidade, capilaridade etc.

Para determinar o teor de material pulverulento para agregados é utilizado a NBR 7219 (ABNT, 1987); o qual define material pulverulento como: partículas minerais com dimensão inferior a 0,075 mm, inclusive os materiais solúveis em água, presentes nos agregados, bem como, estabelece o método para determinar por lavagem, agregados, da quantidade de material mais fino que a abertura de malha da peneira de 75 µm. Tanto a partícula de argila quanto outro material é dispersa por lavagem, assim como o material solúvel em água é eliminado do agregado durante o ensaio.

Ao iniciar o ensaio é utilizada uma balança com a capacidade mínima de 5 kg e resolução de 5 g, estufa, conjunto de duas peneiras 1,2 mm e 0,075 mm, recipiente resistente para permitir a agitação vigorosa sem perda de água ou da amostra e com dimensões suficientes para reter a amostra de agregado e a água de recobrimento, bacia para a água, dois recipientes de vidro transparente com dimensões iguais, haste para agitação. Secar previamente as duas amostras de ensaio em estufa a 105 °C - 110 °C até constância de massa, determinar suas massas secas (M_1 e M_2), colocar a amostra M_1 no recipiente e recobrir com água, agitar o material, com o auxílio de uma haste, de forma a provocar a separação e suspensão das partículas finas; tomar cuidado para não provocar abrasão no material. Despejar a água cuidadosamente através das peneiras para não perder material. A peneira de 1,2 mm é posicionada sobre a peneira de 0,075 mm, para proteger contra esforços provocados por excesso de material ou por partículas de grandes dimensões, que eventualmente seja carregada pela água de lavagem e não adicionar detergentes, dispersantes ou outras substâncias à água de lavagem.

Lançar o material retido nas peneiras, de volta ao recipiente, e repetir a operação de lavagem, até que a água de lavagem se torne limpa. Fazer a comparação visual de limpeza da água, antes e depois da lavagem; utilizar recipiente de vidro transparente. Ao terminar a operação de lavagem, recolocar o material no recipiente, recobrir com água, e deixar o conjunto em repouso o tempo necessário para decantar as partículas. Retirar a água em excesso, com o

auxílio de bisnaga para facilitar a posterior secagem em estufa, tomando o cuidado de não provocar perda de material. Secar o agregado em estufa a 105 °C - 110 °C até constância de massa e determinar sua massa final seca (M_{1F}); através da equação 3. Repetir os procedimentos para a segunda amostra (M_2), para determinação do valor da massa final seca da amostra (M_{2F}) utilizando a equação 4. O teor de materiais pulverulentos de cada amostra é obtido pela diferença entre as massas da amostra antes e depois da lavagem, expresso em porcentagem da massa da amostra ensaiada, conforme as expressões a seguir:

- Teor de materiais pulverulentos (M_A ; caso da 1ª amostra):

$$m_A = \frac{m_1 - m_{1f}}{m_1} \times 100\% \quad (\text{Eq. 3})$$

- Teor de materiais pulverulentos (M_B ; caso da 2ª amostra):

$$m_B = \frac{m_2 - m_{2f}}{m_2} \times 100\% \quad (\text{Eq. 4})$$

O resultado é obtido pela média aritmética das duas determinações. A diferença obtida nas duas determinações não deve ser maior que 0,5% para agregado graúdo e 1,0% para agregado miúdo. Quando esta condição não for atendida, realizar uma terceira determinação, e adotar, como resultado, a média aritmética dos dois valores mais próximos obtidos.

3.1.2 AGREGADO GRAÚDO

Neste trabalho é ensaiado apenas 01(um) tipo de agregado graúdo, extraído de jazida e britado, o referido agregado graúdo é proveniente do município de MONTE ALEGRE/PA. A determinação da massa específica – processo da balança hidrostática é realizado conforme a NBR 53 (ABNT, 2009); o princípio deste ensaio tem como base a lei de Arquimedes: "Todo corpo imerso num fluido está sujeito a uma força de baixo para cima igual ao peso do líquido por ele deslocado". O valor do empuxo é determinado pela diferença entre a massa de uma amostra em condição normal (m) e sua massa imersa (m_i). Se o fluido em questão for água (densidade igual a 1), então o valor desta força em kgf será numericamente igual ao volume da amostra (em dm³).

Pesar a amostra (m), zerar a balança com o recipiente que conterá a amostra quando imersa na água, colocar a amostra no recipiente imerso e realizar a pesagem imersa (mi). Secar a amostra á $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ até massa constante, deixar esfriar até a temperatura ambiente durante 1h a 3 h ou até que o agregado esteja a uma temperatura que permita sua manipulação (aproximadamente 50°C) e pesar com precisão de 1 g (m, agregado seco). O ensaio de análise granulométrica para agregados está normalizado pela NBR 248 (ABNT, 2003), o qual descreve o processo á utilizar para determinar a porcentagem retida em massa que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada. É usado o mesmo procedimento descrito no item 3.1.1 e em seguida é dado início á granulometria do agregado graúdo.

3.1.3 CIMENTO

O cimento tipo CP II – Z – 32 – RS, segundo o (IBRACON, 2011) é denominado como Cimento Portland Composto com Pozolana e Resistente á Sulfato. Este será o cimento utilizado nos ensaios. A marca escolhida é do fornecedor NASSAU, fabricado em ITAITUBA/PA; o mesmo é comercializado em sacos de 50 kg. Não há necessidade de ensaiar o material em laboratório, a empresa fornece os dados, basta entrar em contato com a equipe técnica da NASSAU. A informação solicitada á referida empresa é apresentada a seguir:

- Massa específica do cimento = 3.110 kg/m^3 .

3.2 DOSAGEM

A dosagem é o proporcionamento adequado entre os materiais de forma econômica e eficiente para atingir a resistência e consistência requerida no projeto; neste trabalho é empregado o método do ACI/ABCP, adaptado para os agregados brasileiros. Para o método, os valores de resistência à compressão do concreto é obtido em função da relação a/c (água/cimento) e da resistência do cimento ficando na faixa entre 10 e 40 MPa. A trabalhabilidade adequada para a moldagem in loco é de semi-plástica à fluída. A relação a/c (água/cimento) é fixada em função da resistência e da durabilidade; o consumo de água é obtido em função do abatimento. O proporcionamento entre agregado graúdo e miúdo é realizado ao determinar o teor ótimo do agregado graúdo, este é o ponto chave do método,

que vai influenciar na trabalhabilidade e custo final. O consumo de areia fica em função do teor de pasta e agregado graúdo. Adotar o critério do volume absoluto para determinar o volume de agregado miúdo, tendo em vista que o consumo do cimento varia de 200 a 400 kg/m³. A vantagem do método é a facilidade em dosar o material, fornecer o menor teor de areia para misturas plásticas e proporcionar economia e facilidade de identificação de misturas inadequadas. Entre as desvantagens é possível citar:

- limita a resistência entre 10 à 40 MPa;
- não abrangência à todos os agregados;
- o gráfico que fornece a relação a/c (água/cimento) não especifica o tipo de cimento, cita apenas a resistência à compressão ao 28º dia;
- quando não obter o fcj especificado, é necessário nova dosagem para a correção da relação a/c (água/cimento).

3.3 ENSAIOS

(SÉRGIO, 2013) cita 02 (dois) tipos de ensaios indiretos: ensaios destrutíveis e ensaios não destrutíveis. No ensaio não destrutível é utilizado para análise o concreto fresco e para os ensaios destrutíveis é confeccionado o corpo-de-prova. Neste item é descrito o traço á confeccionar, quantitativo de corpo-de-prova, a produção do concreto, abatimento do tronco de cone, moldagem dos corpos-de-prova e por fim é realizado o ensaio padronizado á compressão simples dos corpos-de-prova cilíndricos.

Devido ao quantitativo de corpo-de-prova á confeccionar é fundamental realizar uma adaptação nos volumes dos traços. Apenas o traço controlado em laboratório é adaptado para 7,00 (sete) kg de cimento. Para confeccionar o traço é necessário selecionar 02 (dois) tipos de agregado miúdo (areia), cito: uma de cor branca e outra de cor rósea, o que resulta em 03 (três) traços com resistência a ser alcançada de 20 MPa. A areia de cor branca é responsável por gerar o primeiro traço e definir 06 (seis) corpos-de-prova para o ensaio. A areia de cor rósea é responsável por gerar o segundo traço e definir 06 (seis) corpos-de-prova; ambos foram controlados em laboratório. O terceiro traço é o utilizado na maioria das obras de pequeno porte, ou seja, o traço estimado. No ensaio do referido traço é definido também 06

(seis) corpos-de-prova ao usar a areia de cor branca e 06 (seis) corpos-de-prova ao usar a areia de cor rósea. Para realizar estes ensaios é preciso utilizar corpos-de-prova cilíndricos com dimensões de 100 mm de diâmetro de base e 200 mm de altura, totalizando 24 (vinte e quatro) corpos-de-prova.

Para a produção do concreto é necessário realizar a pesagem, o material é colocado na betoneira de acordo com a seguinte sequência: agregado graúdo; 50 % da quantidade de água; cimento e areia. O restante de água é adicionado de forma gradual até conseguir uma boa consistência do concreto fresco. Segundo (HELENE, 1993), o concreto fresco é preparado por mistura manual, realizada em obras pequenas, ou mecânica realizada em tambores rotativos, as betoneiras. A consistência é relacionada com o estado de fluidez da mistura, quanto mais fluido, melhor será a trabalhabilidade. A consistência e a trabalhabilidade do concreto fresco depende da composição do concreto, da quantidade de água adicionada, da granulometria dos agregados, de aditivos etc. A dosagem deve considerar a consistência necessária para as condições da obra. O abatimento do tronco de cone é executado de acordo com a NBR 67 (ABNT, 1998), o processo utiliza o cone de ABRAMS, que é constituído de um tronco de cone de chapa metálica, semelhante a um funil, com 30 cm de altura, base maior de 20 cm e base menor de 10 cm. O ensaio é realizado sobre uma base rígida (chapa metálica) nivelada; como mostra a figura 3.1. e de acordo com os procedimentos, cito:

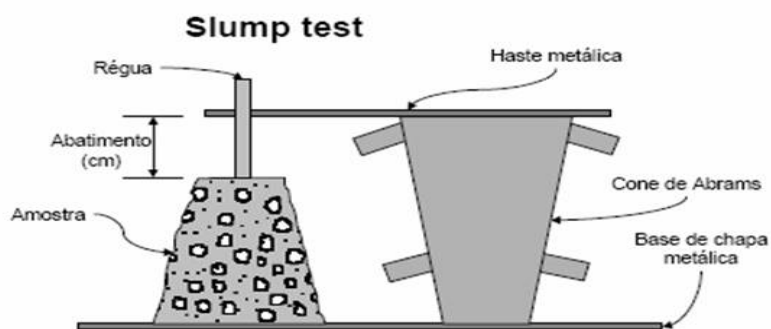


Figura 3.1. Ilustração do slump test e materiais utilizados para o ensaio (HELENE, 1993).

- Recolher a amostra de concreto após a mistura passar pelo processo de homogeneização dentro da betoneira;
- Preencher o cone com a amostra em 03 camadas iguais e em seguida aplicar com o auxílio de uma haste metálica 25 golpes uniformemente distribuídos em cada camada a fim de adensar;

- Compactar a última camada, retirar o excesso de concreto e alisar a superfície com uma régua metálica;
- Retirar o cone, içar com cuidado na direção vertical;
- Imediatamente após retirar o cone, colocar invertido ao lado da massa abatida e com auxílio da haste como referência de altura é medida a distância entre a parte inferior da haste e o ponto médio do concreto, expressar o resultado em centímetros; a figura 3.1 mostra os materiais utilizados para o slump test.

Após misturar o componente constituinte do concreto é necessário realizar o teste de abatimento do tronco de cone para cada mistura, com o objetivo de comparar com o abatimento pré-estabelecido para cada traço de concreto. Em seguida é confeccionado o corpo-de-prova para ser submetido a ensaio de compressão no intuito de determinar a resistência característica através de um cronograma pré-estabelecido de rompimento para cada período. Para cada traço é confeccionado 06 (seis) corpos-de-prova cilíndricos com 100 mm de base e 200 mm de altura, o corpo-de-prova segue o seguinte cronograma de rompimento: 02 (dois) corpos-de-prova para sete dias, 02 (dois) corpos-de-prova para quatorze dias e 02 (dois) corpos-de-prova para 28 dias. Para confeccionar o corpo-de-prova é necessário seguir a recomendação da NBR 5738 (ABNT, 2015). Preparar o molde, como mostra a figura 3.2, untar com uma camada de óleo mineral; em seguida colocar o concreto uniformemente distribuído no molde, com o auxílio da concha, em camadas aproximadamente iguais.



Figura 3.2 - Molde cilíndrico de 100 mm x 200 mm.

Na dimensão adotada para o molde (100 mm x 200 mm), é colocado duas camadas; a primeira recebeu 15(quinze) golpes uniformemente em toda a seção transversal e a segunda camada mais 15(quinze) golpes; sempre com cuidado para que a haste não ultrapassasse as camadas e por fim a superfície do corpo-de-prova é alisada com auxílio de uma colher de pedreiro. O corpo-de-prova permanece na fôrma, nas condições de cura inicial, por 24h. Após a desforma, identificar e transportar o corpo-de-prova para um tanque contendo água e cal diluída a fim de completar a cura.

O ensaio para determinar a resistência à compressão do corpo-de-prova segue a recomendação da NBR 5739 (ABNT, 2007). O corpo-de-prova é retirado da cura saturada e deixado em descanso por aproximadamente 15 minutos para que a umidade superficial evapore; em seguida, a superfície inferior e superior é capeada e retificada. Geralmente é usado para capear os corpos-de-prova um material que tenha boa aderência e que seja compatível quimicamente com o concreto, isto é, que não reaja com o concreto, seja fluido no momento da aplicação e quando endurecido apresente um acabamento liso e plano; como mostra a figura 3.3. Esse processo de retífica das superfícies serve para corrigir pequenas falhas de planicidade que porventura houver, proporcionando assim uma melhor distribuição das cargas quando submetida ao ensaio de compressão. Para realizar o capeamento no corpo-de-prova é necessário preencher o molde com a pasta de cimento e em seguida apoiar a superfície inferior do referido corpo-de-prova no molde para poder capear, o mesmo processo é realizado para a extremidade oposta. Após retirar o molde, o corpo-de-prova é colocado em uma máquina para receber as cargas de compressão.



Figura 3.3 – Corpo-de-prova capeado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste trabalho é utilizado para todas as dosagens o mesmo agregado miúdo, ou seja, areia, mas com coloração diferente, sendo uma amostra de areia de **cor branca** e outra amostra de areia de **cor róseo**. Após conhecer toda a metodologia envolvida para caracterizar o agregado miúdo, o passo seguinte é realizar cálculos para determinar a massa específica, massa unitária, resistência característica e dosagem, determinação do traço, consumo dos materiais envolvidos na mistura, dentre outros resultados.

4.1 RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO

Ter o conhecimento do valor da massa específica e massa unitária de um agregado é extremamente importante e muito utilizado na prática. O termo massa unitária é utilizado quando um volume é ocupado tanto pelos agregados como pelos espaços vazios, visto que não é possível compactar as partículas de modo a não deixar espaços vazios entre elas. Segundo (BASÍLIO, 1995) a maioria dos agregados miúdos que produz concreto normal (com massa específica de aproximadamente $2,4 \text{ g/cm}^3$) possui massa unitária próxima a $1,5 \text{ kg/dm}^3$. Em situações especiais, onde o concreto convencional não pode ser utilizado é usado então agregado leve, com massa unitária menor que $1,1 \text{ kg/dm}^3$, ou agregados pesados, com massa unitária superior a $2,0 \text{ kg/dm}^3$ (SIQUEIRA, 2008). Esses valores são utilizados para o cálculo do consumo do material por metro cúbico de concreto.

Para efeitos de dosagem é necessário conhecer o espaço ocupado pelas partículas do agregado. Após os procedimentos descritos no item 3.1.1; o valor encontrado de massa específica (γ) tanto para o agregado miúdo de cor branca quanto para o agregado miúdo de cor rósea é **$2,6 \text{ g/cm}^3$** . Segundo (MEIER, 2011) o cálculo da massa específica do agregado miúdo varia entre $2,6$ e $2,7 \text{ g/cm}^3$. E o valor encontrado de massa unitária do agregado de cor branca (δ_B) é **$1,6 \text{ kg/dm}^3$** , diferente da massa unitária encontrada para o agregado de cor rósea (δ_R) que é **$1,7 \text{ kg/dm}^3$** . A maioria do agregado miúdo que produz concreto normal (com massa específica de aproximadamente $2,4 \text{ g/cm}^3$) possui massa unitária próxima a $1,5 \text{ kg/dm}^3$, (MEIER, 2011).

O passo seguinte é analisar a granulometria do agregado miúdo. Para realizar o primeiro e segundo ensaio é utilizada uma amostra de peso igual á $999,3$ gramas e outra com peso igual

á 999,2 gramas; respectivamente. Logo em seguida, uma sequência de peneiras de malha de intervalo que inicia em 4,7 mm e finaliza com uma peneira de 75 µm é usado para auxiliar no referido ensaio. A amostra de agregado miúdo escolhida é a de **cor branca**; o resultado é apresentado através das tabelas 4.1 e 4.2.

Tabela 4.1 – Granulometria – agregado miúdo de cor **branca** – 1º ensaio.

1º Ensaio – Peso da Amostra (g) – 999,3				
Peneira	Peso (g)	% Massa Retida	% Retida	% Acumulada
4,7 mm	2,6	2,6	0,2	0,2
2,3 mm	10,6	13,3	1,0	1,3
1,1 mm	38,6	52,0	3,8	5,2
600 µm	195,3	247,3	19,5	24,7
300 µm	583,3	830,6	58,3	83,1
150 µm	154,0	984,6	15,4	98,5
75 µm	12,6	997,3	1,2	99,8
Fundo	2,0	999,3	0,2	100,0
Massa total	999,3			

Tabela 4.2 – Granulometria – agregado miúdo de cor **branca** – 2º ensaio.

2º Ensaio – Peso da Amostra (g) – 999,2				
Peneira	Peso (g)	% Massa Retida	% Retida	% Acumulada
4,7 mm	2,4	2,4	0,2	0,2
2,3 mm	10,7	13,1	1,0	1,3
1,1 mm	38,6	51,8	3,8	5,1
600 µm	195,3	247,2	19,5	24,7
300 µm	583,3	830,5	58,3	83,1
150 µm	153,9	984,5	15,4	98,5
75 µm	12,7	997,2	1,2	99,8
Fundo	2,0	999,2	0,2	100,0
Massa total	999,2			

A análise da granulometria visa classificar as partículas de uma amostra pelos respectivos tamanhos e medir as frações correspondentes a cada tamanho. Essa análise tem grande importância e aplicação prática principalmente para determinar o módulo de finura e a curva granulométrica utilizado na dosagem do concreto, no intuito de obter um melhor controle da homogeneidade dos lotes de agregados recebidos na obra. Com base na informação do item 3.1.1 e de posse do valor descrito na Tabela 4.1 – Granulometria - areia de cor **branca** – 1º ensaio e Tabela 4.2 – Granulometria - areia de cor **branca** – 2º ensaio; é possível determinar que:

- A dimensão máxima característica é igual a 2,3 mm;
- A dimensão mínima característica é igual a 150 µm;
- O módulo de finura é igual a 2,1.

Para realizar o primeiro e segundo ensaio é utilizada uma amostra de peso igual a 1.000,0 gramas e outra com peso igual a 999,9 gramas; respectivamente. Logo em seguida, uma sequência de peneiras de malha de intervalo que inicia em 4,7 mm e finaliza com uma peneira de 75 µm é usado para auxiliar no referido ensaio. A amostra de agregado miúdo escolhida é a de **cor róseo**; o resultado é apresentado através das tabelas 4.3 e 4.4.

Tabela 4.3 – Granulometria – agregado miúdo de cor **róseo** – 1º ensaio.

1º Ensaio – Peso da Amostra (g) – 1.000,0				
Peneira	Peso (g)	% Massa Retida	% Retida	% Acumulada
4,7 mm	16,6	16,6	1,6	1,6
2,3 mm	57,3	74,0	5,7	7,4
1,1 mm	150,6	224,6	15,0	22,4
600 µm	303,3	528,0	30,3	52,8
300 µm	338,6	866,6	33,8	86,6
150 µm	119,3	986,0	11,9	98,6
75 µm	12,0	998,0	1,2	99,8
Fundo	2,0	1.000,0	0,2	100,0
Massa total	1.000,0			

Tabela 4.4 – Granulometria – agregado miúdo de cor **róseo** – 2º ensaio.

2º Ensaio – Peso da Amostra (g) – 999,9				
Peneira	Peso (g)	% Massa Retida	% Retida	% Acumulada
4,7 mm	16,6	16,6	1,6	1,6
2,3 mm	57,3	73,9	5,7	7,4
1,1 mm	150,6	224,6	15,0	22,4
600 µm	303,3	528,0	30,3	52,8
300 µm	338,6	866,6	33,8	86,6
150 µm	119,3	985,9	11,9	98,6
75 µm	11,9	997,9	1,2	99,8
Fundo	2,0	999,9	0,2	100,0
Massa total	999,9			

A análise da granulometria visa classificar as partículas de uma amostra pelos respectivos tamanhos e medir as frações correspondentes a cada tamanho. Essa análise tem grande importância e aplicação prática principalmente para determinar o módulo de finura e a curva granulométrica utilizado na dosagem do concreto, no intuito de obter um melhor controle da homogeneidade dos lotes de agregados recebidos na obra. Com base na informação do item 3.1.1 e de posse do valor descrito na Tabela 4.3 – Granulometria - areia de cor **róseo** – 1º ensaio e Tabela 4.4 – Granulometria - areia de cor **róseo** – 2º ensaio; é possível determinar que:

- A dimensão máxima característica é igual á 4,7 mm;
- A dimensão mínima característica é igual á 150 µm;
- O módulo de finura é igual á 2,7.

Após extrair os valores fornecidos pelas tabelas 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 - Granulometria – agregado miúdo de cor **branca** e de cor **róseo** – 1º e 2º ensaio; respectivamente é dado início à construção da curva granulométrica do agregado miúdo, que reúne também o valor do limite inferior e superior da zona ótima e o valor do limite inferior e superior da zona utilizável; como mostra a figura 4.1:

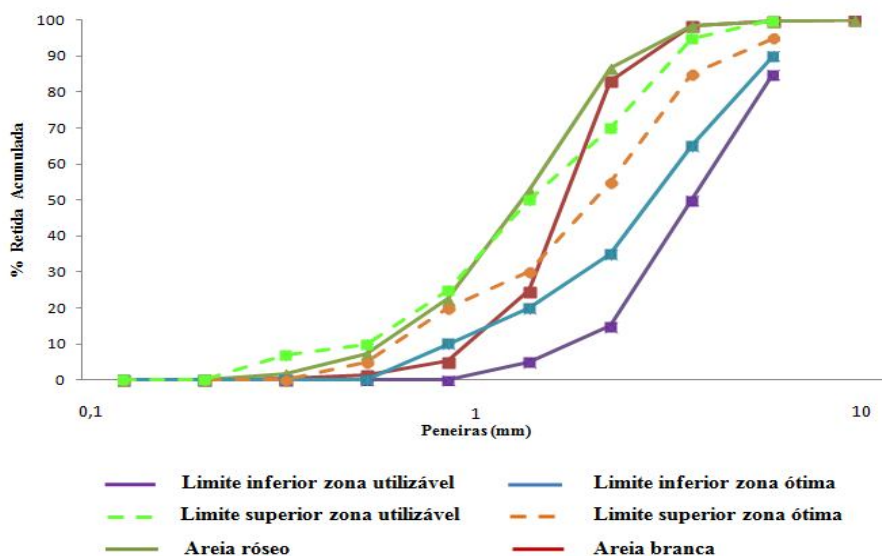


Figura 4.1 - Curva Granulométrica do agregado miúdo – porcentagem retida acumulada.

É possível observar inicialmente na figura 4.1 que a amostra de agregado miúdo de cor **róseo** tange o limite superior da zona utilizável. Por conseguinte, tanto a amostra de agregado miúdo de cor **branca**, quanto a amostra de cor **róseo** é deslocada do limite superior da zona utilizável, para em outro momento voltar ao referido limite, o qual é definido na NBR 7211 (ABNT, 2009). O agregado miúdo de cor **branca** é denominado como **areia fina** e o agregado miúdo de cor **róseo** como **areia média**, pois a referida norma classifica o agregado miúdo através do seu módulo de finura (MF) da seguinte forma:

$$2,9 < MF < 3,5 \text{ ----- Grossa}$$

$$2,2 < MF < 2,9 \text{ ----- Média}$$

$$1,5 < MF < 2,2 \text{ ----- Fina}$$

A matéria orgânica encontrada no agregado é oriunda da decomposição de vegetais aparecendo sob a forma de húmus e argila orgânica. Além dos materiais deletérios encontrados na areia, outro fator nocivo ao concreto ou argamassa é a quantidade de material pulverulento, limitado em no máximo 5% da massa total do agregado miúdo, segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009). Após os procedimentos descritos no item 3.1.1; o valor encontrado de material pulverulento (m_A) tanto para o agregado miúdo de cor **branca** quanto para o agregado miúdo de cor **róseo** é **0,2%**. Logo, o resultado do teor de material pulverulento do agregado miúdo tanto o de cor **branca** quanto o de cor **róseo** está dentro do limite estipulado pela referida norma.

4.2 RESULTADO DA MASSA ESPECÍFICA E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO GRAÚDO

A análise da granulometria do agregado graúdo visa classificar as partículas de uma amostra pelos respectivos tamanhos e medir as frações correspondentes a cada tamanho. O valor encontrado de massa específica (d) do agregado graúdo proveniente do município de MONTE ALEGRE/PA é **2,5 g/cm³**. Para a referida análise é aplicado o procedimento do item 3.1.1 e apresentado na tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Granulometria do agregado graúdo.

Peso da Amostra (g) - 1.998,9			
Peneira	Peso (g)	% Retida	% Acumulada
19,0 mm	104,6	5,2	5,2
12,5 mm	1342,0	67,1	72,3
9,5 mm	401,3	20,0	92,4
6,3 mm	92,6	4,6	97,0
4,8 mm	15,3	0,7	97,8
2,4 mm	0,0	0,0	97,8
Fundo	43,0	2,1	100,0
Massa total	1.998,9		

Essa análise tem grande importância e aplicação prática principalmente para determinação da dimensão máxima característica utilizada na dosagem do concreto e para ter um melhor controle da homogeneidade dos lotes de agregados recebidos na obra. Com base nas informações do item 3.1.1 e de posse dos dados obtidos da Tabela 4.5 – Granulometria – agregado graúdo, o valor encontrado para a dimensão máxima característica (DMC) é igual a **19,0 mm**. Para o presente trabalho, o agregado graúdo coletado no município de MONTE ALEGRE/PA é classificado como **brita 1**. O valor correspondente ao material natural é obtido a partir de ensaios de caracterização física dos agregados; quanto ao valor do material industrializado é obtido com o fabricante, através do setor técnico. As características físicas dos materiais utilizados para a determinação do traço é apresentada através da tabela 4.6 e suas unidades descrita por norma brasileira (nbr).

Tabela 4.6 – Características físicas dos materiais utilizados.

Materiais Utilizados	Tipo / Origem	Massa Específica (g/cm ³)	Massa Unitária (kg/dm ³)	Módulo de Finura	Material Pulverulento (%)
Cimento	CPII-Z-32	3,1	-	-	-
Areia branca	Natural	2,6	1,6	2,1	0,2
Areia rósea	Natural	2,6	1,7	2,7	0,2
Brita 1	Pedra britada basalto	2,5	1,4	-	-
Água	Potável	1,0	1,0	-	-

4.3 RESULTADO DO CÁLCULO DE DOSAGEM DO TRAÇO DO CONCRETO (MÉTODO DO ACI/ABCP)

Para realizar o cálculo de resistência de dosagem ($f_{cj_{28}}$) é necessário considerar um f_{ck} igual a 20,0 MPa para 28 dias e adotar um controle de qualidade razoável o que fornece um desvio padrão S_d igual a 7,0 conforme determina a NBR 12655 (ABNT, 2006). De posse dessas considerações, o valor encontrado de resistência de dosagem é **31,55 MPa**. É na prática de dosagem do traço que surge a oportunidade de determinar o abatimento do tronco de cone. Ao utilizar a tabela descrita no anexo é obtido o valor de 100 ± 20 mm para o abatimento, pois o tipo de construção escolhido é o concreto utilizado em vigas e pilares.

Após a determinação do DMC do agregado graúdo pela análise granulométrica e da obtenção do valor do abatimento do tronco de cone é possível utilizar a tabela descrita no anexo, concreto sem ar incorporado; onde a referida tabela estabelece o consumo de água para a mistura. Neste caso, o consumo de água (C_{ag}) é igual á **202,0 kg/m³**. A qualidade do concreto está diretamente vinculada com a relação água/cimento ($f_{a/c}$); ao utilizar a equação de ABRAMS (Chicago 1918) é possível calcular esta relação. O cimento Portland especificado anteriormente no sub-ítem 3.1.3 será utilizado em conjunto com os agregados neste trabalho. De posse da informação de fck e da resistência de dosagem, o valor encontrado na relação água/cimento é de **0,52**. Segundo (SÉRGIO, 2013) um concreto com esta relação água/cimento é considerado impermeável aos sete dias de sua concretagem.

Para o cálculo do consumo de cimento (C) é utilizado os valores já mencionados no texto e a fórmula descrita no anexo; com base nessas informações o valor encontrado para o consumo de cimento é **388,5 kg/m³**. De posse dos valores da dimensão máxima característica do agregado graúdo, do módulo de finura do agregado miúdo de cor **branca** e da massa unitária do referido agregado que é igual á 1.410,0 kg/m³, é necessário utilizar a tabela descrita no anexo, para retirar o valor correspondente ao volume de agregados secos por unidade de concreto (V_c). Após reunir essas informações é possível obter o consumo de agregado graúdo referente á amostra de cor **branca** (C_{BB}), cujo valor encontrado é **1.029,3 kg/m³**. O mesmo raciocínio é desenvolvido para obter o consumo de agregado graúdo da amostra de cor **rósea** (C_{BR}), ou seja, é mantido o mesmo valor de dimensão máxima característica do agregado graúdo e da massa unitária do agregado miúdo, porém o valor a utilizar é do módulo de finura do agregado miúdo de cor **róseo**; o que resulta no valor de **944,7 kg/m³**.

Para a determinação do consumo de agregado miúdo é utilizada a fórmula contida no anexo e os valores já relatado na tabela 4.6; com base nessas informações o consumo de agregado miúdo da amostra de cor **branca** (C_{mB}) é **423,5 kg/m³**. Empregar o mesmo raciocínio, porém utilizar valores referentes ao agregado de cor **róseo** para determinar o consumo de agregado miúdo da amostra de cor **róseo** (C_{mR}), cujo valor é **507,1 kg/m³**. Ao determinar os valores dos consumos do agregado miúdo de cor **branca** e **rósea**, do consumo de agregado graúdo, do cimento e da água que compõe a mistura, o passo seguinte é determinar o traço unitário, que consiste em calcular a quantidade certa que cada um destes elementos terá em massa.

De posse dos valores coletados na amostra de agregado miúdo de cor **branca** é dado início ao procedimento de substituir os referidos valores, na relação descrita no anexo, o que resulta no 1º (primeiro) traço em massa e expresso pela relação **1: 1,09: 2,65: 0,52**. O mesmo raciocínio é desenvolvido para obter o traço de propriedade da amostra de cor **róseo**, o que resulta no 2º (segundo) traço em massa e expresso pela relação **1: 1,30: 2,43: 0,52**. E o 3º (terceiro) traço, também em massa é o utilizado na maioria das obras de pequeno porte, ou seja, o traço estimado (empírico); onde a forma de medir o material é através de latas ou baldes; o qual é expresso pela relação **1: 2,5: 3,5** e adicionado 12(doze) litros de água à mistura. Uma vez confeccionado os traços é dado início ao registro de seus respectivos abatimentos. O traço controlado em laboratório obteve como resultado valores de 100 ± 20 mm, tanto para o primeiro traço que utiliza amostra de agregado miúdo de cor **branca** quanto para o segundo traço que utiliza amostra de agregado miúdo de cor **róseo**. O abatimento do terceiro traço, ou seja, o traço estimado obteve valor de 130 ± 20 mm. O valor obtido determinou a consistência do concreto para cada mistura. A tabela 4.7 apresenta o abatimento medido em cada mistura.

Tabela 4.7 – Valores dos abatimentos.

Tipo de traço em análise	Origem do agregado graúdo	Abatimento estabelecido (mm)	Abatimento medido (mm)
Fck = 20 MPa – traço controlado em laboratório	Monte Alegre	100 ± 20 mm	100 mm
Fck = 20 MPa – traço estimado	Monte Alegre		130 mm

Ao utilizar como referência o abatimento estabelecido para a mistura e com base nos valores demonstrados na tabela 4.7, o abatimento medido no traço controlado em laboratório é diferente do traço estimado. Segundo (SÉRGIO, 2013) o abatimento medido de 100 mm é classificado como plástica (média) utilizada em estrutura corrente através de adensamento manual. Enquanto que no abatimento de 130 mm a classificação é definida como úmida utilizada em estrutura corrente **sem grande responsabilidade** empregando adensamento manual. A próxima etapa é o cálculo da superfície de contato dos corpos-de-prova que possui $D = 100$ mm (diâmetro do molde cilíndrico) e área igual a **7854 mm^2** .

4.4 RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS Á COMPRESSÃO DOS CORPOS-DE-PROVA

Após realizar o procedimento do item 3.3 é dado início ao ensaio para determinar a resistência à compressão do corpo-de-prova, com base na recomendação da NBR 5739 (ABNT, 2007). O resultado encontrado nos ensaios á compressão, utilizando os corpos-de-prova das amostras pertencentes ao traço controlado em laboratório é apresentado através da tabela 4.8 – **traço controlado** - agregado miúdo de cor **branca**. O referido ensaio corresponde aos corpos-de-prova com resistência característica (fck) á ser encontrada de 20 MPa, para as idades de 07, 14 e 28 dias.

Tabela 4.8 – **Traço controlado** - Valores das tensões de rompimento para resistência característica (fck = 20 MPa) – agregado miúdo de cor **branca (B)**.

CORPO DE PROVA (CP)	Idade de Ruptura (dias)	Carga Aplicada (N)	Área de Contato (mm ²)	Tensão de Ruptura (MPa)
CP-1B	07	143.720,0	7854	18,3
CP-2B	07	144.790,0	7854	18,4
CP-3B	14	159.000,0	7854	20,2
CP-4B	14	169.810,0	7854	21,6
CP-5B	28	176.190,0	7854	22,4
CP-6B	28	161.160,0	7854	20,5

De posse das informações contidas na tabela 4.8 é seguro afirmar que: aos 7 dias a resistência máxima registrada é de 18,4 MPa, aos 14 dias a resistência máxima atingida é de 21,6 MPa e aos 28 dias a resistência máxima é de 22,4 MPa. É estimado no início do cálculo de dosagem a resistência característica (fck) de 20 MPa á ser encontrada. A referida tabela mostra que aos 14 dias de idade, o traço controlado que agrega em sua composição a areia de granulometria fina e de cor **branca** ultrapassa a resistência desejada.

Após realizar o procedimento do item 3.3 é dado início ao ensaio para determinar a resistência à compressão do corpo-de-prova, com base na recomendação da NBR 5739 (ABNT, 2007). O resultado encontrado nos ensaios à compressão, utilizando os corpos-de-prova das amostras pertencentes ao traço controlado em laboratório é apresentado através da tabela 4.9 – **traço controlado** - agregado miúdo de cor **róseo**. O referido ensaio corresponde aos corpos-de-prova com resistência característica (fck) a ser encontrada de 20 MPa, para as idades escolhidas de 07, 14 e 28 dias.

Tabela 4.9 – **Traço controlado** - Valores das tensões de rompimento para resistência característica (fck = 20 MPa) – agregado miúdo de cor **róseo (R)**.

CORPO DE PROVA (CP)	Idade de Ruptura (dias)	Carga Aplicada (N)	Área de Contato (mm ²)	Tensão de Ruptura (MPa)
CP-7R	07	154.680,0	7854	19,6
CP-8R	07	150.090,0	7854	19,1
CP-9R	14	165.630,0	7854	21,0
CP-10R	14	167.070,0	7854	21,2
CP-11R	28	169.890,0	7854	21,6
CP-12R	28	157.770,0	7854	20,0

De posse das informações contidas na tabela 4.9 é seguro afirmar que: aos 7 dias a resistência máxima registrada é de 19,6 MPa, aos 14 dias a resistência máxima atingida é de 21,2 MPa e aos 28 dias a resistência máxima é de 21,6 MPa. É estimado no início do cálculo de dosagem a resistência característica (fck) de 20 MPa a ser encontrada. A referida tabela mostra que aos 14 dias de idade, o traço controlado que agrega em sua composição a areia de granulometria média e de cor **róseo** também ultrapassa a resistência desejada. Ao comparar os resultados das tabelas 4.8 e 4.9 na idade de 28 dias é possível verificar que a diferença entre os agregados miúdos de cor **branca** e de cor **róseo** é aproximadamente igual a 1,0 MPa; o que representa uma grande diferença quando se trata de resistência característica (fck) a ser alcançada.

Após realizar o procedimento do item 3.3 é dado início ao ensaio para determinar a resistência à compressão do corpo-de-prova, com base na recomendação da NBR 5739 (ABNT, 2007). O resultado encontrado nos ensaios à compressão, utilizando os corpos-de-prova das amostras pertencentes ao traço estimado é apresentado através da tabela 4.10 – **traço estimado** - agregado miúdo de cor **branca**. O referido ensaio corresponde aos corpos-de-prova com resistência característica (fck) a ser encontrada de 20 MPa, para as idades escolhidas de 07, 14 e 28 dias.

Tabela 4.10 – **Traço estimado** - Valores das tensões de rompimento para resistência característica (fck = 20 MPa) – agregado miúdo de cor **branca (B)**.

CORPO DE PROVA (CP)	Idade de Ruptura (dias)	Carga Aplicada (N)	Área de Contato (mm ²)	Tensão de Ruptura (MPa)
CP-1B	07	62.750,0	7854	7,9
CP-2B	07	65.280,0	7854	8,3
CP-3B	14	84.570,0	7854	10,7
CP-4B	14	79.000,0	7854	10,0
CP-5B	28	95.160,0	7854	12,1
CP-6B	28	96.690,0	7854	12,3

De posse das informações contidas na tabela 4.10 é seguro afirmar que: aos 7 dias a resistência máxima registrada é de 8,3 MPa, aos 14 dias a resistência máxima atingida é de 10,7 MPa e aos 28 dias a resistência máxima é de 12,3 MPa. É estimado no início do cálculo de dosagem a resistência característica (fck) de 20 MPa a ser encontrada. A referida tabela mostra que até o limite em estudo de 28 dias de idade, o traço estimado que agrega em sua composição a areia de granulometria fina e de cor **branca** não ultrapassa a resistência desejada.

Após realizar o procedimento do item 3.3 é dado início ao ensaio para determinar a resistência à compressão do corpo-de-prova, com base na recomendação da NBR 5739 (ABNT, 2007). O resultado encontrado nos ensaios à compressão, utilizando os corpos-de-prova das amostras pertencentes ao traço estimado é apresentado através da tabela 4.11 – **traço estimado** - agregado miúdo de cor **róseo**. O referido ensaio corresponde aos corpos-de-prova com resistência característica (fck) a ser encontrada de 20 MPa, para as idades escolhidas de 07, 14 e 28 dias.

Tabela 4.11 – **Traço estimado** - Valores das tensões de rompimento para resistência característica (fck = 20 MPa) – agregado miúdo de cor **róseo (R)**.

CORPO DE PROVA (CP)	Idade de Ruptura (dias)	Carga Aplicada (N)	Área de Contato (m ²)	Tensão de Ruptura (MPa)
CP-7R	07	25.920,0	7854	3,3
CP-8R	07	26.830,0	7854	3,4
CP-9R	14	30.920,0	7854	3,9
CP-10R	14	35.750,0	7854	4,5
CP-11R	28	40.310,0	7854	5,1
CP-12R	28	39.390,0	7854	5,0

De posse das informações contidas na tabela 4.11 é seguro afirmar que: aos 7 dias a resistência máxima registrada é de 3,4 MPa, aos 14 dias a resistência máxima atingida é de 4,5 MPa e aos 28 dias a resistência máxima é de 5,1 MPa. É estimado no início do cálculo de dosagem a resistência característica (fck) de 20 MPa a ser encontrada. A referida tabela mostra que até o limite em estudo de 28 dias de idade, o traço estimado que agrega em sua composição a areia de granulometria fina e de cor **róseo** não ultrapassa a resistência desejada.

5 CONCLUSÃO

Ao caracterizar o agregado miúdo de cor branca e o agregado miúdo de cor róseo, o resultado encontrado apresenta diferenças em suas respectivas granulometrias. Esta diferença é demonstrada através do cálculo da massa unitária e do módulo de finura oriunda da análise granulométrica realizada nos agregados, o que leva a classificar como fina o agregado miúdo de cor branca e o agregado miúdo de cor róseo como média. Ao mesmo tempo entra em análise o agregado graúdo, o qual manteve seus resultados dentro da norma estabelecida. Já o valor definido de massa específica é igual tanto para o agregado miúdo de cor branca quanto para o agregado de cor rósea.

Na análise cabe também investigar o teor de material pulverulento, pois além dos materiais deletérios presentes na areia, outro fator nocivo ao concreto ou argamassa é a quantidade de material pulverulento, limitado em no máximo 5% da massa total do agregado miúdo, segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009). O material pulverulento, quando presente em grande quantidade, aumenta a necessidade de água para uma mesma consistência. Em vista disso, mesmo com a inexistência de materiais deletérios é avaliado o teor de material pulverulento nas amostras de agregado miúdo; por conseguinte o resultado observado atende a referida norma. Após realizar os cálculos de consumo de materiais é descrito os 02 (dois) traços controlados em laboratório, na mesma oportunidade o traço estimado é citado. Por se tratar de agregados com granulometria diferentes o resultado apreciado é de traços desiguais.

De posse dos valores dos referidos traços é possível comparar os valores encontrados entre o abatimento do tronco de cone estabelecido e o abatimento do tronco de cone dos traços controlados em laboratório. É importante também comparar em relação ao valor obtido no abatimento do tronco de cone do traço estimado. Para o traço controlado em laboratório o resultado é satisfatório, pois mantém o mesmo valor do abatimento estabelecido, ao contrário do traço estimado, cujo resultado apresenta elevação de valor quando comparado com o valor do abatimento estabelecido, o que demonstra presença de muita umidade no referido traço.

Na etapa final da pesquisa é realizado ensaios de compressão das amostras através de corpo-de-prova. No ensaio que utiliza a amostra de agregado miúdo de cor branca e róseo, cujo traço é controlado em laboratório, o resultado obtido com a compressão dos corpos-de-prova atende a resistência desejada de 20 MPa. Mas ao romper os corpos-de-prova, no ensaio que utiliza a amostra de agregado miúdo de cor branca e róseo, cujo traço é estimado, o

resultado obtido não atende a resistência desejada de 20 MPa. Por se tratar de traço estimado (empírico) a análise dos resultados aponta para alguns motivos:

- A inexistência de controle técnico no local para auxiliar na execução do traço estimado, evitando dessa forma um concreto com baixa resistência;
- A umidade presente na areia acresce á relação a/c uma quantidade de água que interfere no resultado;
- A quantidade de água acrescida acima do valor determinado pelo traço com o intuito de oferecer plasticidade prejudica a resistência;
- A falta de finos principalmente na areia média provoca a exudação e permeabilidade resultando dessa forma na baixa resistência.

Como a areia constitui em média 40% do volume total do concreto é de extrema importância à utilização de agregados com especificações técnicas adequadas. A ausência de controle tecnológico é oriunda de uma interpretação equivocada de que o agregado é considerado inerte e não afeta a propriedade do concreto. Entretanto, a considerável influência que o agregado exerce na resistência, trabalhabilidade e durabilidade, demonstra a importância deste material, merecendo uma maior atenção na sua seleção. Essa diversificação de solo, dos parâmetros de qualidade e dos índices físicos dos agregados miúdos de SANTARÉM/PA serve de indicação ao técnico que pretende trabalhar com a areia encontrada no município, pois a referida diversificação interfere no desempenho de concretos.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No caso de areia natural extraída de bacia sedimentar é comum encontrar substância deletéria no agregado, alterando sua característica final, quando utilizadas em concretos e argamassas. A ausência de controle de qualidade na obra resulta em influência de forma negativa na resistência do concreto estimado. É importante ressaltar também, que o controle tecnológico e o desenvolvimento de procedimentos de forma correta dá origem á um fator água/cimento preciso. Isto proporciona uma boa trabalhabilidade, sem comprometer a resistência, o abatimento do tronco de cone e a confecção dos corpos de prova; além de influenciar de forma positiva nos resultados. A presente pesquisa, evidentemente não esgota o assunto, pois há necessidade de realizar outros estudos para delinear um perfil mais acurado da qualidade das areias em nossa região. Como sugestão para trabalhos futuros é necessário realizar os seguintes estudos:

- Caracterizar o agregado miúdo extraído em SANTARÉM/PA, de cor: vermelha, lilás, amarela, creme, marrom e roxo;
- Analisar o teor de material pulverulento encontrado no agregado miúdo de cor: vermelha, lilás, amarela, creme, marrom e roxo;
- Confeccionar corpos-de-prova, realizar a compressão e registrar sua resistência ao utilizar o agregado miúdo de cor: vermelha, lilás, amarela, creme, marrom e roxo, tanto para traço controlado quanto para traço estimado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: informação e documentação – trabalhos acadêmicos – apresentação. Rio de Janeiro, 2011. 11p.
2. _____ NBR 248 – Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.
3. _____ NBR 26 – Amostragem de agregados. Rio de Janeiro, 2001. 3p.
4. _____ NBR 45 – Agregado em estado solto - Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 2006. 3p.
5. _____ NBR 52 – Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2003. 3p.
6. _____ NBR 53 – Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009. 8p.
7. _____ NBR 5738 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015. 6p.
8. _____ NBR 5739 – Concreto – ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007. 4p.
9. _____ NBR 6023: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24p.
10. _____ NBR 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998. 4p.
11. _____ NBR 7211 – Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009. 9p.

12. _____ NBR 7219 – Determinação do teor de materiais pulverulentos nos agregados. Rio de Janeiro, 1987. 2p.
13. BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. revisada. LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. Rio de Janeiro, 2000. 471 p
14. CAMPOS, D. F. **O Solo de acordo com suas cores**. 9 p. Trabalho de curso- Faculdades Unidas do Norte de Minas-FUNORTE/SOEBRAS. 2009. Disponível em www.google.com.br. Acesso em 13 Set. 2014.
15. CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Aquífero ALTER-DO-CHÃO no estado do PARÁ**. Rimas. Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas. Relatório diagnóstico. Bacia sedimentar do amazonas. v. 7, Belo Horizonte, 2012. 49 p. Disponível em www.cprm.gov.br/publique. Acesso em 27 Ago. 2014.
16. DURIGAN, M. R. **Caracterização química e física das áreas de estudo em SANTARÉM, PARÁ**. 99 p. Dissertação de (Mestrado). Piracicaba, 2013. Disponível em www.google.com.br. Acesso em 27 Ago. 2014.
17. EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Rodrigues, T. E. et al. **Caracterização, mapeamento e classificação dos solos**. Embrapa Amazônia Oriental: Secretaria de Estado de Projetos Estratégicos. Venturieri, A.; Monteiro, M. de A.; Menezes, C. R. C. (Ed.). ZEE: zoneamento ecológico-econômico da zona Oeste do Estado do Pará. Belém, 2010. Disponível em www.bdpa.cnptia.embrapa.br. Acesso em 20 Out. 2014.
18. EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Avaliação do potencial químico e físico dos solos sob diversos sistemas de uso da terra em SANTARÉM, estado do PARÁ**. Boletim de pesquisa número 33. Belém, 2001. 32p. Disponível em www.bdpa.cnptia.embrapa.br. Acesso em 27 Ago. 2014.
19. HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. PINI Editora. São Paulo, 1993. 348 p.

20. HORBE, A. M. C.; HORBE, M. A.; SUGUIO, K. G. **Tropical Spodosols in northeastern Amazonas State**. Brasil. Vol.119(1), pp.55-68. 2004. Disponível em www.periodicos.capes.gov.br. Acesso em 20 Out. 2014.
21. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Características da população e dos domicílios**. Censo Demográfico 2010. Resultados do universo. Rio de Janeiro, 2011. 270 p. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em 20 Ago. 2014.
22. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro, 2007. 316 p. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em 20 Ago. 2014. 316p
23. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Síntese de indicadores sociais**. Uma análise das condições de vida da população brasileira. Rio de Janeiro, 2010. 317 p. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em 20 Ago. 2014.
24. ISAIA, G. C. **Concreto: ciência e tecnologia**. IBRACON. Editora: Arte Interativa. v.1. São Paulo, 2011. 584 p.
25. LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. 176 p. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2001. (Tese de Doutorado). Disponível em www.google.com.br. Acesso em 27 Ago. 2014.
26. MEIER, D. **Análise da qualidade do agregado miúdo fornecido em CURITIBA e região metropolitana**. 60 p. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Paraná. 2011. Disponível em www.google.com.br. Acesso em 13 Set. 2014.
27. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. **Levantamento de recursos naturais**. Projeto radam. Programa de Integração Nacional. 5º distrito DNPM. v. 5, Rio de Janeiro, 1974. 435 p. Disponível em www.biblioteca.ibge.gov.br/visualização/livros/liv24022.pdf. Acesso em 13 Ago. 2014.

28. OLIVEIRA, J. R. de et al. **Caracterização hidrogeológica da cidade de Santarém e das vilas de MOJUÍ DOS CAMPOS e ALTER – DO - CHÃO com proposta técnica para a perfuração de poços tubulares profundos.** In: 1st Joint World Congress on Groundwater. 2000. Disponível em www.aguassubterraneas.abas.org. Acesso em 20 Out. 2014.
29. PEDROSO, C.; LOPES, J. B. de O. **Análise das características do agregado miúdo extraído da região metropolitana de CURITIBA.** 39 p. Monografia de trabalho de diplomação. Universidade Federal do Paraná. 2005. Disponível em www.google.com.br. Acesso em 03 Set. 2014.
30. SANTANA, J. de A.; FERREIRA, E. de A. M. **A influência da quantidade do teor de materiais pulverulentos nos resíduos de britagem, nas resistências do concreto nas primeiras idades.** Anais do VI Simpósio EPUSP sobre estruturas de concreto, Bahia, 2006. 29 p. Disponível em www.engipapers.com.br. Acesso em 13 Ago. 2014.
31. SANTOS, E. F. dos. **Estudo comparativo de diferentes sistemas de classificações geotécnicas aplicadas aos solos tropicais.** 145 p. Dissertação de (Mestrado). São Carlos, 2006. Disponível em www.google.com.br. Acesso em 03 Set. 2014.
32. **Seção v - gênese, morfologia e classificação do solo** – Caracterização Morfológica, Micromorfológica e Físico-Hídrica de Solos... 581. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 29:581-595. 2005. Disponível em www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n4/26107.pdf. Acesso em 17 Nov. 2014.

ANEXOS

1 - PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DO TRAÇO (MÉTODO DO ACI/ABCP)

Para determinar uma dosagem adequada e obter como resposta um concreto de qualidade é importante seguir os procedimentos descritos, cito:

- a) Saber quais as características dos materiais empregados: agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (brita). Com relação ao cimento é necessário conhecer: a classe, o tipo, a procedência e validade do referido material;
- b) Saber qual o fck requerido no projeto estrutural para então determinar o fcj;
- c) Determinar o abatimento de tronco de cone – Slump Test requerido; através da tabela determinação do abatimento do tronco de cone;

Determinação do abatimento do tronco de cone (SÉRGIO, 2013).

Tipos de construção	Abatimento do tronco de cone em (mm)	
	Máximo*	Mínimo
Fundações, Paredes e Sapatas armadas	75	25
Sapatas não Armadas, Caixões e Paredes de Vedação	75	25
Vigas e Paredes Armadas	100	25
Pilares de Edifícios	100	25
Pavimento e Laje	75	25
Concreto Massivo	50	25

* Podem ser aumentados de 25 mm quando não são utilizados vibradores mecânicos.

- d) Determinar o **DMC** (Dimensão Máxima Característica) do agregado graúdo, com base no resultado da granulometria;

- e) Estimar o consumo de água e o teor de ar incorporado, através da tabela determinação do consumo de água;

Determinação do consumo de água (SÉRGIO, 2013).

Consumo de água*, em Kg/m ³								
Abatimento (mm)	Dimensão máxima característica dos agregados, em mm.							
	9,5	12,5	19,0	25,0	38,0	50,0	75,0	150,0
Concreto sem ar Incorporado								
25	208	199	187	178	163	154	130	113
75 a 100	228	217	202	193	178	169	145	125
150 a 175	243	228	214	202	187	178	160	-
Mais de 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Teor aproximado de ar aprisionado em 5 mm.	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
Concreto com ar Incorporado								
25 a 50	181	175	166	160	148	142	122	107
75 a 100	202	193	181	175	163	157	133	119
150 a 175	217	205	193	184	172	166	154	-
Mais de 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Teor recomendável total de ar, em %, em função do grau de exposição.								
Fraco	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Moderado	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Severo	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

f) Determinar a relação água/cimento através da equação, de ABRAMS;

$$f_{a/c} = 1,11 \cdot \frac{\log 92,8}{f_{cj28}}$$

g) Calcular o consumo de cimento, através da equação:

$$C = \frac{\text{Quantidade de água}}{\text{fator a/c}}$$

h) Determinar o consumo de agregado graúdo, através da tabela determinação do consumo de agregado graúdo;

Determinação do consumo de agregado graúdo (SÉRGIO, 2013).

Dimensão Máxima característica do agregado, em mm. $\varnothing_{\text{máx}}$ Brita →		Volume de Agregados secos por unidade de concreto.				
		9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
Módulos de Finura (MF)	1,80	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
	2,00	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
	2,20	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
	2,40	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785
	2,60	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
	2,80	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
	3,00	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
	3,20	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
	3,40	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
	3,60	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

- i) Determinar o consumo de agregado miúdo para 1,00 m³ de concreto, através da equação:

$$C_m = \left[1 - \frac{C}{d_c} + \frac{C_B}{d_B} + \frac{C_{ag}}{d_{ag}} \right] \cdot d_m$$

onde,

- C = Consumo de Cimento; é expresso em kg/m³;
- C_m = Consumo da areia; é expresso em kg/m³;
- C_B = Consumo da brita; é expresso em kg/m³;
- C_{ag} = Consumo de água; é expresso em kg/m³;
- d_c = massa específica do concreto; é expresso em kg/m³;
- d_B = massa específica da brita; é expresso em kg/m³;
- d_{ag} = massa específica da água; é expresso em kg/m³;
- d_m = massa unitária da areia; é expresso em kg/m³;

- j) Finalmente determinar o traço Unitário:

$$1 : a : b : x$$

Sendo,

- a = C_m/C → quantidade de areia;
- b = C_B/C → quantidade de brita;
- x = C_{ag}/C → quantidade de água;

2 – CRONOGRAMA DAS DATAS DE ROMPIMENTO DOS CORPOS-DE-PROVA

Tipo de agregado miúdo	Tipo de traço analisado	CORPO DE PROVA (CP)	Data da Ruptura		
			07 dias de idade	14 dias de idade	28 dias de idade
Branca	Controlado	CP1, CP2	05/03/2014	-	-
Rósea	Controlado	CP7, CP8	05/03/2014	-	-
Branca	Controlado	CP3, CP4	-	12/03/2014	-
Rósea	Controlado	CP9, CP10	-	12/03/2014	-
Branca	Controlado	CP5, CP6	-	-	26/03/2014
Rósea	Controlado	CP11, P12	-	-	26/03/2014
Branca	Estimado	CP1, CP2	18/03/2014	-	-
Rósea	Estimado	CP7, CP8	18/03/2014	-	-
Branca	Estimado	CP3, CP4	-	25/03/2014	-
Rósea	Estimado	CP9, CP10	-	25/03/2014	-
Branca	Estimado	CP5, CP6	-	-	08/04/2014
Rósea	Estimado	CP11, P12	-	-	08/04/2014

3 – RELATÓRIOS DE SERVIÇOS DA SEMINFRA.

A - Relatório da SEMINFRA – Mês de Janeiro de 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA - SEMINFRA
 CNPJ (MF) 05.182.233/0007-61 / Av. Barão do Rio Branco,s/nº - Aeroporto Velho

JANEIRO - 2013	
DOCUMENTOS EXPEDIDOS	QUANTIDADE
ALVARÁ DE CONSTRUÇÃO	31
CERTIFICADO DE HABITE-SE	33
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ENERGIA	
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ÁGUA	4
ISSQN	33
DECLARAÇÃO PARA ABERTURA DE FIRMAS	72
ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE
ANÁLISE DE PROJETOS	40
VISTORIA PARA ABERTURA DE FIRMAS	80
RELATÓRIO DE FICALIZAÇÃO	25
NOTIFICAÇÃO	4
AUTO DE INFRAÇÃO	12
TERMO DE EMBARGO	4
DENUNCIA	41
INTERDIÇÃO	1

B - Relatório da SEMINFRA – Mês de Fevereiro de 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA - SEMINFRA
 CNPJ (MF) 05.182.233/0007-61 / Av. Barão do Rio Branco,s/nº - Aeroporto Velho

FEVEREIRO - 2013	
DOCUMENTOS EXPEDIDOS	QUANTIDADE
ALVARÁ DE CONSTRUÇÃO	16
CERTIFICADO DE HABITE-SE	21
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ENERGIA	
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ÁGUA	1
ISSQN	21
DECLARAÇÃO PARA ABERTURA DE FIRMAS	81
ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE
ANÁLISE DE PROJETOS	42
VISTORIA PARA ABERTURA DE FIRMAS	90
RELATÓRIO DE FICALIZAÇÃO	19
DENUNCIA	45
NOTIFICAÇÃO	17
AUTO DE INFRAÇÃO	18
TERMO DE EMBARGO	4
INTIMAÇÃO/DEMOLIÇÃO	1
INTERDIÇÃO	1

C - Relatório da SEMINFRA – Mês de Março de 2013.



PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA - SEMINFRA
 CNPJ (MF) 05.182.233/0007-61 / Av. Barão do Rio Branco, s/nº - Aeroporto Velho

MARÇO - 2013	
DOCUMENTOS EXPEDIDOS	QUANTIDADE
ALVARÁ DE CONSTRUÇÃO	38
CERTIFICADO DE HABITE-SE	32
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ENERGIA	
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ÁGUA	3
ISSQN	33
DECLARAÇÃO PARA ABERTURA DE FIRMAS	101
ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE
ANÁLISE DE PROJETOS	16
VISTORIA PARA ABERTURA DE FIRMAS	125
RELATÓRIO DE FICALIZAÇÃO	16
DENUNCIA	55
NOTIFICAÇÃO	17
AUTO DE INFRAÇÃO	45
TERMO DE EMBARGO	5
INTIMAÇÃO/DEMOLIÇÃO	7
INTERDIÇÃO	

D - Relatório da SEMINFRA – Mês de Abril de 2013.



PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA - SEMINFRA
 CNPJ (MF) 05.182.233/0007-61 / Av. Barão do Rio Branco, s/nº - Aeroporto Velho

ABRIL - 2013	
DOCUMENTOS EXPEDIDOS	QUANTIDADE
ALVARÁ DE CONSTRUÇÃO	32
CERTIFICADO DE HABITE-SE	19
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ENERGIA	
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ÁGUA	1
ISSQN	39
DECLARAÇÃO PARA ABERTURA DE FIRMAS	126
ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE
ANÁLISE DE PROJETOS	40
VISTORIA PARA ABERTURA DE FIRMAS	140
RELATÓRIO DE FICALIZAÇÃO	62
DENUNCIA	29
NOTIFICAÇÃO	27
AUTO DE INFRAÇÃO	78
TERMO DE EMBARGO	3
INTIMAÇÃO/DEMOLIÇÃO	
INTERDIÇÃO	3

E - Relatório da SEMINFRA – Mês de Maio de 2013.



PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA - SEMINFRA
 CNPJ (MF) 05.182.233/0007-61 / Av. Barão do Rio Branco, s/nº - Aeroporto Velho

MAIO - 2013	
DOCUMENTOS EXPEDIDOS	QUANTIDADE
ALVARÁ DE CONSTRUÇÃO	34
CERTIFICADO DE HABITE-SE	22
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ENERGIA	
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ÁGUA	6
ISSQN	22
DECLARAÇÃO PARA ABERTURA DE FIRMAS	93

ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE
ANÁLISE DE PROJETOS	40
VISTORIA PARA ABERTURA DE FIRMAS	110
RELATÓRIO DE FICALIZAÇÃO	47
DENUNCIA	23
NOTIFICAÇÃO	165
AUTO DE INFRAÇÃO	22
TERMO DE EMBARGO	
INTIMAÇÃO/DEMOLIÇÃO	3
INTERDIÇÃO	

F - Relatório da SEMINFRA – Mês de Junho de 2013.



PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA - SEMINFRA
 CNPJ (MF) 05.182.233/0007-61 / Av. Barão do Rio Branco, s/nº - Aeroporto Velho

JUNHO - 2013	
DOCUMENTOS EXPEDIDOS	QUANTIDADE
ALVARÁ DE CONSTRUÇÃO	48
CERTIFICADO DE HABITE-SE	22
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ENERGIA	
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ÁGUA	3
ISSQN	22
DECLARAÇÃO PARA ABERTURA DE FIRMAS	89

ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE
ANÁLISE DE PROJETOS	60
VISTORIA PARA ABERTURA DE FIRMAS	120
RELATÓRIO DE FICALIZAÇÃO	51
DENUNCIA	24
NOTIFICAÇÃO	172
AUTO DE INFRAÇÃO	34
TERMO DE EMBARGO	2
INTIMAÇÃO/DEMOLIÇÃO	1
INTERDIÇÃO	

G - Relatório da SEMINFRA – Mês de Agosto de 2013.



PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA - SEMINFRA
 CNPJ (MF) 05.182.233/0007-61 / Av. Barão do Rio Branco, s/n° - Aeroporto Velho

AGOSTO - 2013	
DOCUMENTOS EXPEDIDOS	QUANTIDADE
ALVARÁ DE CONSTRUÇÃO	42
CERTIFICADO DE HABITE-SE	18
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ENERGIA	
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ÁGUA	1
ISSQN	18
DECLARAÇÃO PARA ABERTURA DE FIRMAS	104
ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE
ANÁLISE DE PROJETOS	50
VISTORIA PARA ABERTURA DE FIRMAS	120
RELATÓRIO DE FICALIZAÇÃO	82
DENUNCIA	14
NOTIFICAÇÃO	125
AUTO DE INFRAÇÃO	74
TERMO DE EMBARGO	6
INTIMAÇÃO/DEMOLIÇÃO	1
INTERDIÇÃO	


H - Relatório da SEMINFRA – Mês de Setembro de 2013.



PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA - SEMINFRA
 CNPJ (MF) 05.182.233/0007-61 / Av. Barão do Rio Branco, s/n° - Aeroporto Velho

SETEMBRO/2013	
DOCUMENTOS EXPEDIDOS	QUANTIDADE
ALVARÁ DE CONSTRUÇÃO	63
CERTIFICADO DE HABITE-SE	29
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ENERGIA	
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ÁGUA	1
ISSQN	29
DECLARAÇÃO PARA ABERTURA DE FIRMAS	121
ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE
ANÁLISE DE PROJETOS	70
VISTORIA PARA ABERTURA DE FIRMAS	135
RELATÓRIO DE FICALIZAÇÃO	45
DENUNCIA	
NOTIFICAÇÃO	44
AUTO DE INFRAÇÃO	28
TERMO DE EMBARGO	5
INTIMAÇÃO/DEMOLIÇÃO	1
INTERDIÇÃO	

I - Relatório da SEMINFRA – Mês de Outubro de 2013.



PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA - SEMINFRA
 CNPJ (MF) 05.182.233/0007-61 / Av. Barão do Rio Branco, s/nº - Aeroporto Velho

OUTUBRO/2013	
DOCUMENTOS EXPEDIDOS	QUANTIDADE
ALVARÁ DE CONSTRUÇÃO	52
CERTIFICADO DE HABITE-SE	18
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ENERGIA	
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ÁGUA	
ISSQN	18
DECLARAÇÃO PARA ABERTURA DE FIRMAS	105

ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE
ANÁLISE DE PROJETOS	60
VISTORIA PARA ABERTURA DE FIRMAS	120
RELATÓRIO DE FICALIZAÇÃO	57
DENÚNCIA	9
NOTIFICAÇÃO	36
AUTO DE INFRAÇÃO	23
TERMO DE EMBARGO	7
INTIMAÇÃO/DEMOLIÇÃO	1
INTERDIÇÃO	1

J - Resumo dos relatórios da SEMINFRA - Ano de 2013.



PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM
SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA - SEMINFRA
 CNPJ (MF) 05.182.233/0007-61 / Av. Barão do Rio Branco, s/nº - Aeroporto Velho

RELATORIO DO ANO DE 2013	
DOCUMENTOS EXPEDIDOS	QUANTIDADE
ALVARÁ DE CONSTRUÇÃO	485
CERTIFICADO DE HABITE-SE	281
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ENERGIA	
ALVARÁ PARA LIGAÇÃO DE ÁGUA	24
ISSQN	264
DECLARAÇÃO DE HABITE-SE	1185

ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE
ANÁLISE DE PROJETOS	588
VISTORIA PARA ABERTURA DE FIRMAS	1355
RELATÓRIO DE FICALIZAÇÃO	551
DENÚNCIA	260
NOTIFICAÇÃO	672
AUTO DE INFRAÇÃO	388
TERMO DE EMBARGO	40
INTIMAÇÃO/DEMOLIÇÃO	6
INTERDIÇÃO	20