



de equilíbrio limite por corte ao longo da superfície de deslizamento. Trata-se de método das lamelas - a massa delimitada pela superfície de deslizamento é subdividida em um número de fatias variável, que é função da geometria da massa deslizante e dos diferentes tipos de materiais que a constituem. O fator de segurança ao deslizamento de um determinado talude é calculado através de processo numérico iterativo que satisfaz à todas as condições de equilíbrio. Adotou-se este método, por ser considerado, na literatura, como o mais rigoroso.

No respeitante às superfícies de deslizamento, a sua definição foi feita por busca automática, pelo programa Slide. Define-se uma malha onde será feita a procura do círculo mais desfavorável, malha esta que é "varrida" por incrementos segundo os eixos dos "x" e "y" pré-estabelecidos, sendo também variável o raio do círculo. Foram sempre analisados círculos superficiais, intermediários e profundos.

No que respeita à consideração das pressões neutras o programa permite o recurso a hipóteses alternativas, tendo sido no caso em estudo, recorrido as seguintes:

- **Parâmetro B:**

Esta hipótese foi utilizada no estudo da fase de construção tendo o parâmetro B sido caracterizado em função dos materiais constantes da seção transversal. A pressão neutra em um dado ponto foi tomada igual ao produto $n = B \sigma_v$, onde σ_v é a tensão vertical neste ponto. O parâmetro de pressão neutra $B = 0,10$ foi estimado a partir da análise dos ensaios de caracterização geotécnica dos solos dos empréstimos. Com base neste critério foi estabelecida a malha de pontos de pressão neutra para entrada no programa computacional.

- **Rede de Fluxo:**

Hipótese utilizada para a fase de operação, tendo sido a malha de pontos de pressão neutra calculada a partir das linhas equipotenciais obtidas na análise de percolação.

A barragem foi dimensionada considerando-se as condições de carregamento clássicas nas análises de estabilidade de barragens, que são, para a obra em tela, final de período construtivo e período de funcionamento.

Para as seções mais desfavoráveis foram analisadas as seguintes situações da vida da obra:

- Fase de Construção - talude de jusante;
- Fase de Operação - talude de jusante;

a) Características geotécnicas dos materiais

Apresentam-se em seguida as propriedades geotécnicas dos materiais constituintes do corpo da barragem, cuja definição teve em conta a caracterização geotécnica anexa.

Assim foram definidas as seguintes propriedades:

- **Aterro compactado**

- peso específico $\gamma = 19,7 \text{ kN/m}^3$;
 - coesão $c' = 20 \text{ kPa}$;
 - ângulo de atrito interno $\phi' = 28^\circ$.
- Envoltória de resistência de Mohr-Coulomb: $\tau = 20 + \sigma \text{tg}28^\circ$.

b) Análise dos resultados obtidos

Apresentam-se nas Tabelas nº 5.2 e 5.3 os fatores de segurança que traduzem a estabilidade global do corpo da barragem para as seções analisadas.

TABELA 5.2

Luiz Roberto Costa
Engenheiro
CREACE 1605273-19

Luiz Roberto Costa
Engenheiro
CREA: 1605273-19

Handwritten signatures and initials.



**ESTABILIDADE DOS TALUDES DA BARRAGEM – SEÇÃO NO LEITO DO RIACHO
FATORES DE SEGURANÇA**

SITUAÇÃO ANALISADA	FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS	CRITÉRIOS DE SEGURANÇA (*)
Fase de Construção Talude Montante	1,417	1,3
Fase de Operação Talude Jusante	1,647	1,5

(*) Cruz, 1996.

TABELA 5.3

**ESTABILIDADE DOS TALUDES DA BARRAGEM – SEÇÃO NAS OMBREIRAS
FATORES DE SEGURANÇA**

SITUAÇÃO ANALISADA	FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS	CRITÉRIOS DE SEGURANÇA (*)
Fase de Construção Talude Jusante	1,601	1,3
Fase de Operação Talude Jusante	1,751	1,5

Os fatores de segurança mínimos obtidos para as diferentes fases de vida da obra garantem a sua adequada estabilidade sendo superiores aos valores exigidos pelo critério, constantes nas Tabelas 5.2 e 5.3.

Nas Figuras 5.10 e 5.11 são apresentados os círculos de ruptura obtidos e respectivos fatores de segurança mínimos, para seção homogênea do solo.

Luiz Manoel Leal
Engenheiro Civil
CREA: 10628 - 5

Luiz Alves de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

H *CMR*
JA



10. ORÇAMENTO E ANÁLISE DE CUSTOS

No orçamento das obras do açude Terra Vermelha em forma de planilha, estão discriminados os serviços, os quantitativos, os preços unitários e totais de cada item.

Os volumes constantes dos quantitativos previstos para cada serviço foram obtidos nas seções dos desenhos de projeto para os materiais compactados ou espalhados, e nos cortes para os volumes de escavação.

Os preços unitários dos serviços referentes às obras civis foram obtidos a partir da Tabela da SEINFRA..

11. CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO

O programa de construção do Açude Terra Vermelha é apresentado no Cronograma de Implantação anexo. O cronograma mostra o empreendimento em suas fases principais de construção e fornecimentos.

Os estudos elaborados para definição dos prazos de execução, concluíram pela adoção de um período de 02 meses para execução da obra.

Procurou-se, no desenvolvimento do programa de construção do Açude Terra Vermelha, adequá-lo às características hidrológicas do semi-árido brasileiro, que impõem ao riacho objeto dessa obra, um regime intermitente. Tipicamente o riacho sem denominação oficial permanece seco durante a maior parte do ano, com escoamento praticamente entre os meses de fevereiro a março. Esta peculiaridade do riacho permite que a execução da obra seja levada a cabo sem a necessidade de construção de estruturas de desvio, fato este, que se reveste de importância no respeitante à redução do orçamento global da obra. Assim sendo, o programa de construção deverá respeitar rigorosamente o regime hidrológico da região.

Tendo em vista estas condições, a construção da barragem deverá ser executada na seguinte seqüência:

- Execução do vertedouro;
- Execução da barragem no trecho das ombreiras direita e esquerda;
- Execução da barragem na zona baixa do eixo e leito do rio, após o período de chuvas.

12. EQUIPAMENTO MÍNIMO

Para cumprimento do cronograma de implantação previsto no item 8 deste relatório, será necessário alocar a quantidade mínima de equipamentos indicada na lista a seguir.

ITEM	EQUIPAMENTO	QUANT. MÍNIMA
1	Trator de esteiras tipo CAT-D8 ou similar	1
2	Carregadeira frontal tipo CAT-966 ou similar	1
3	Caminhão basculante M. Benz, cap. 18 t ou similar	2
4	Motoniveladora tipo FIAT-FG70 ou similar	1
5	Caminhão pipa cap. 10.000l	1
6	Rolo compactador pé de carneiro, auto-propelido, tipo CA-25 ou similar	1
7	Compactador manual	1
8	Grade de disco - 24"	1

Luiz Humberto Leal
Engenheiro Civil
CREA-02/10525-D

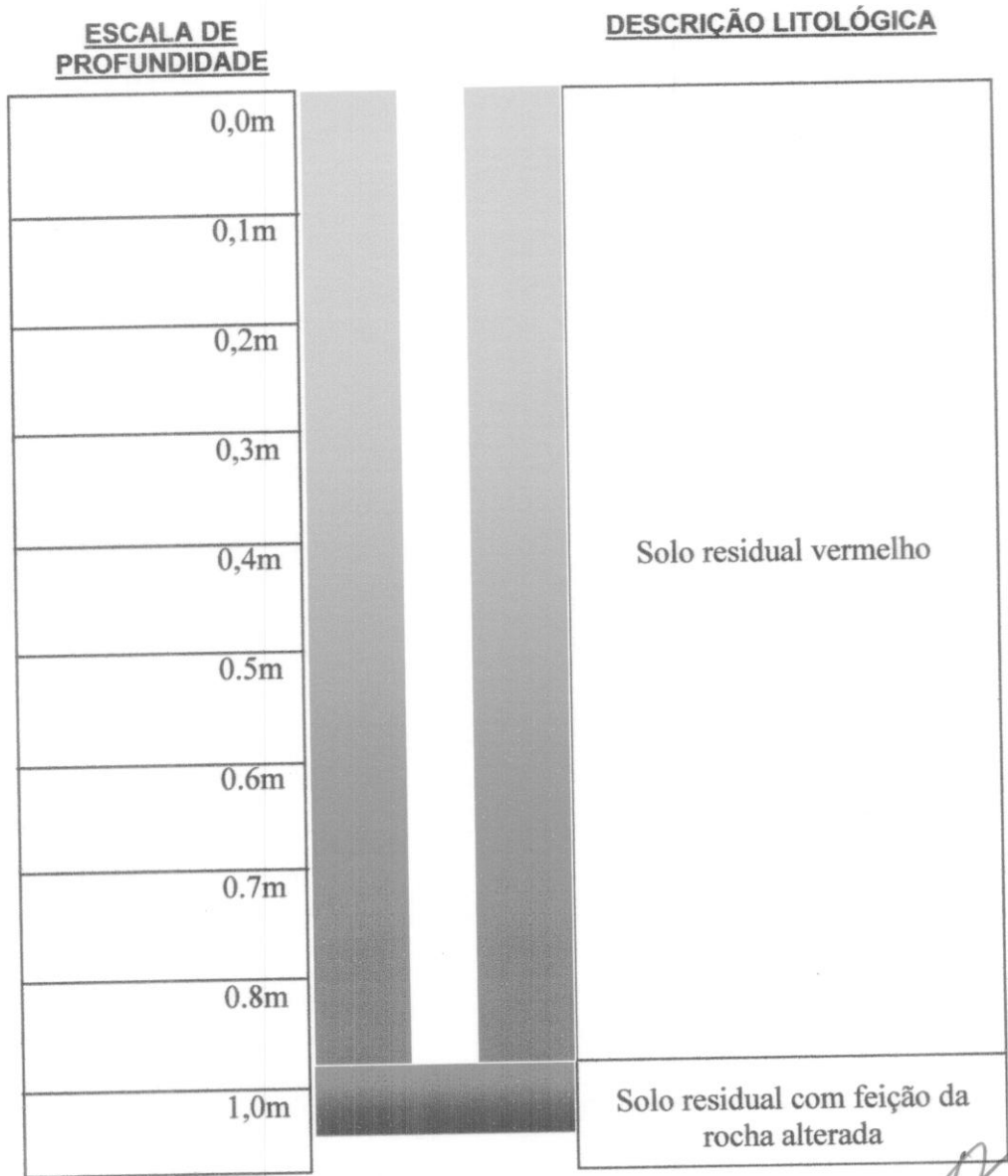
Luiz Alcy de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

AÇUDE TERRA VERMELHA, AURORA-CE.
PERFIL CONSTRUTIVO
SONDAGEM - PÁ E PICARETA



32

Proprietário: Domínio Público		
Município: Aurora	Distrito:	
Localidade: Terra Vermelha	Distância p/ Sede: 34 km	
Sondagem Nº 01	Profundidade: 1,00	Nível Estático: Não identificado
Localização: Estaca 0 + 10,00		
Data Início: mai/2015		Data Término: mai/2015



Luiz Humberto Leal
 Engenheiro Civil
 CREA/CE 10025 - D

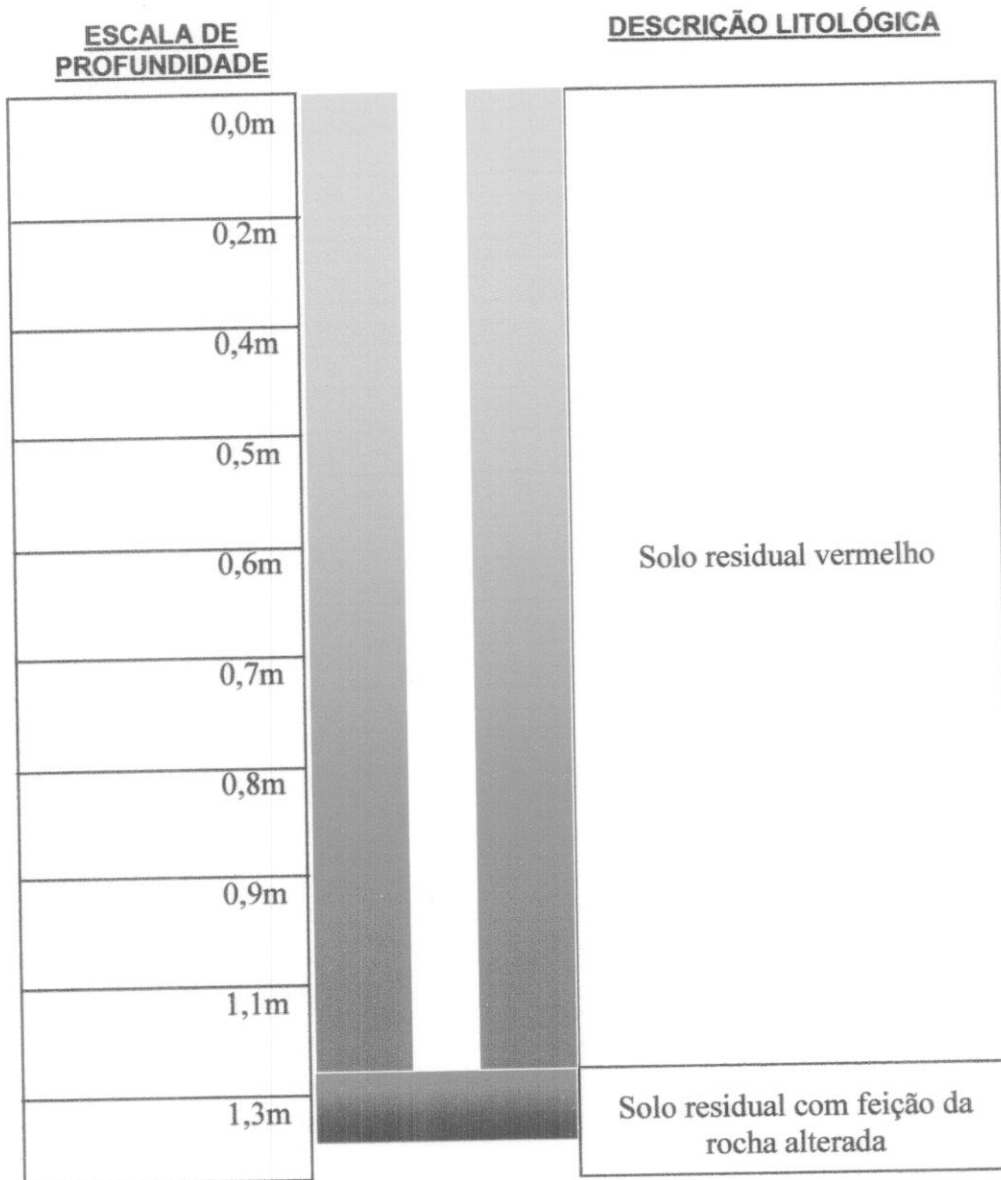
Luiz Mops de Freitas
 Engenheiro Civil
 CREA: 1605275549

mas

**AÇUDE TERRA VERMELHA, AURORA-CE.
 PERFIL CONSTRUTIVO
 SONDAGEM - PÁ E PICARETA**



Proprietário: Domínio Público		
Município: Aurora	Distrito:	
Localidade: Terra Vermelha	Distância p/ Sede: 34 km	
Sondagem N° 02	Profundidade: 1,30	Nível Estático: Não identificado
Localização: Estaca 2		
Data Início: Mai/2015	Data Término: Mai/2015	



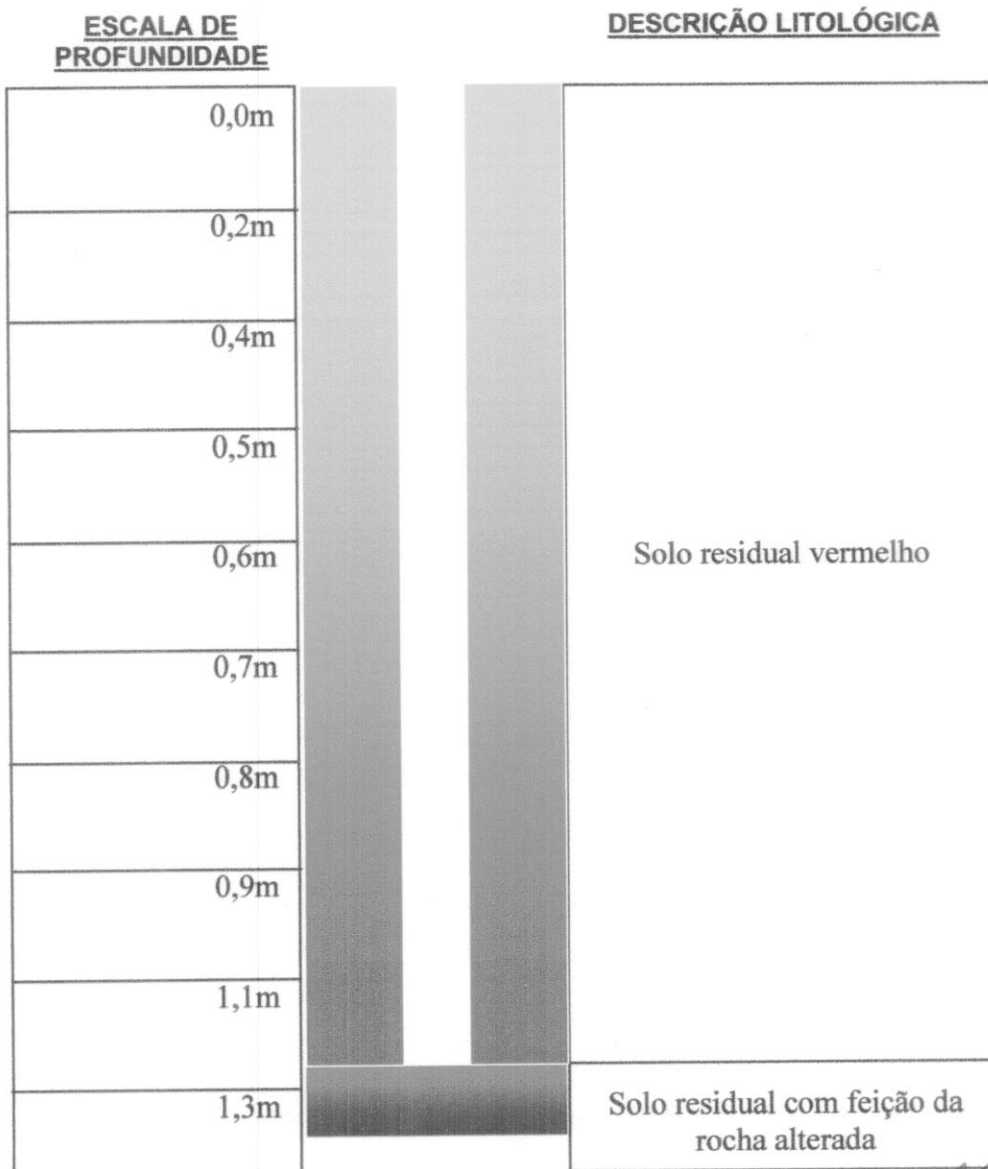
Luiz Humberto Leal
 Engenheiro Civil
 CREA-CE 10515 - D

Luiz Lopes da Freitas
 Engenheiro Civil
 CREA: 1605275549

AÇUDE TERRA VEVRMELHA, AURORA-CE.
PERFIL CONSTRUTIVO
SONDAGEM – PÁ E PICARETA



Proprietário: Domínio Público		
Município: Aurora	Distrito:	
Localidade: Terra Vermelha	Distância p/ Sede: 34 km	
Sondagem N° 01	Profundidade: 1,30	Nível Estático: Não identificado
Localização: Estaca 2+15,00		
Data Início: Mai/2015	Data Término: Mai/2015	



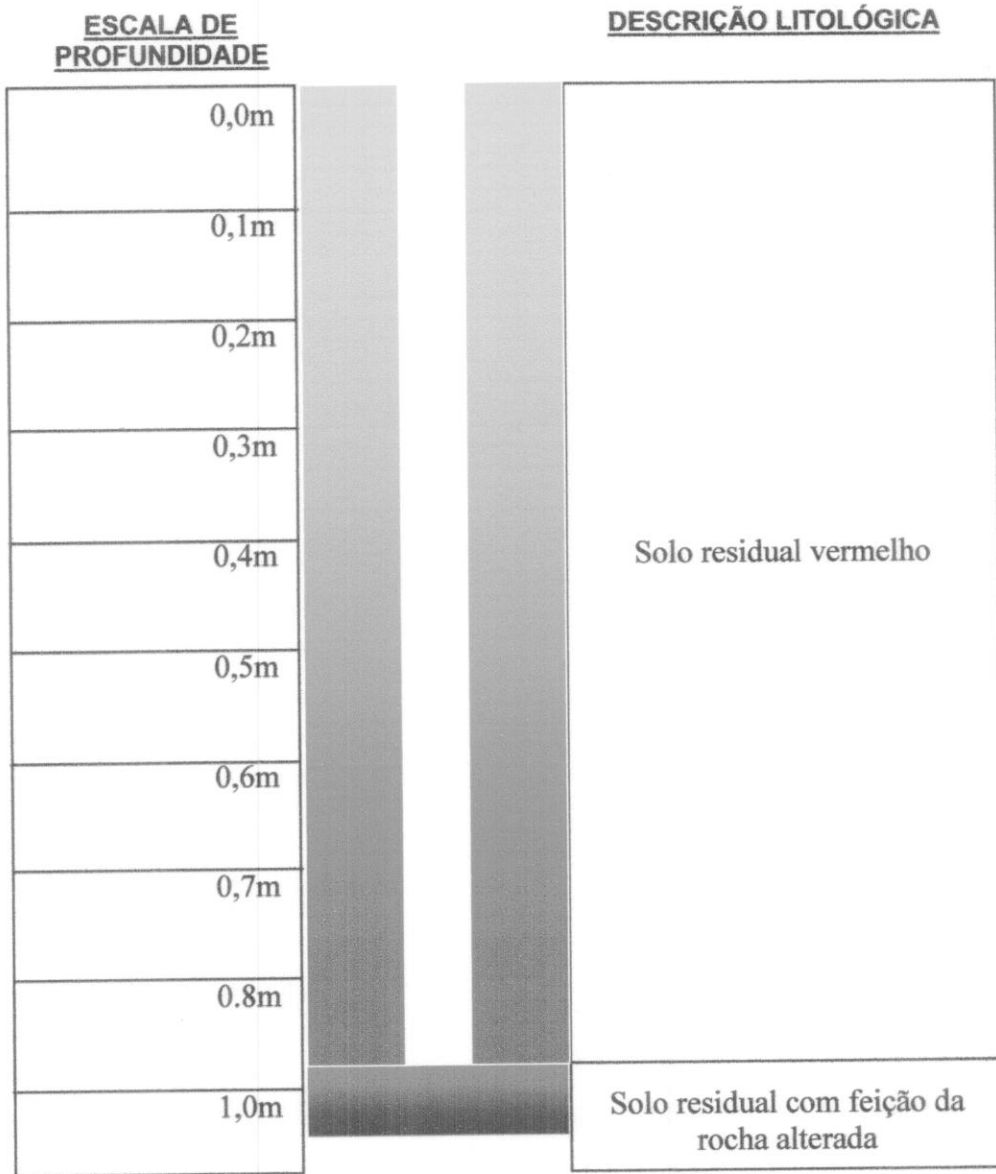
Luiz Roberto Leal
 Engenheiro Civil
 CREA/CE 10525 - D

Luiz Alves de Freitas
 Engenheiro Civil
 CREA: 1605275549

AÇUDE TERRA VEWRMELHA, AURORA-CE.
PERFIL CONSTRUTIVO
SONDAGEM – PÁ E PICARETA



Proprietário: Domínio Público		
Município: Aurora	Distrito:	
Localidade: Terra Vermelha	Distância p/ Sede: 34 km	
Sondagem N° 04	Profundidade: 1,00	Nível Estático: Não identificado
Localização: Estaca 4		
Data Início: Mai/2015	Data Término: Mai/2015	



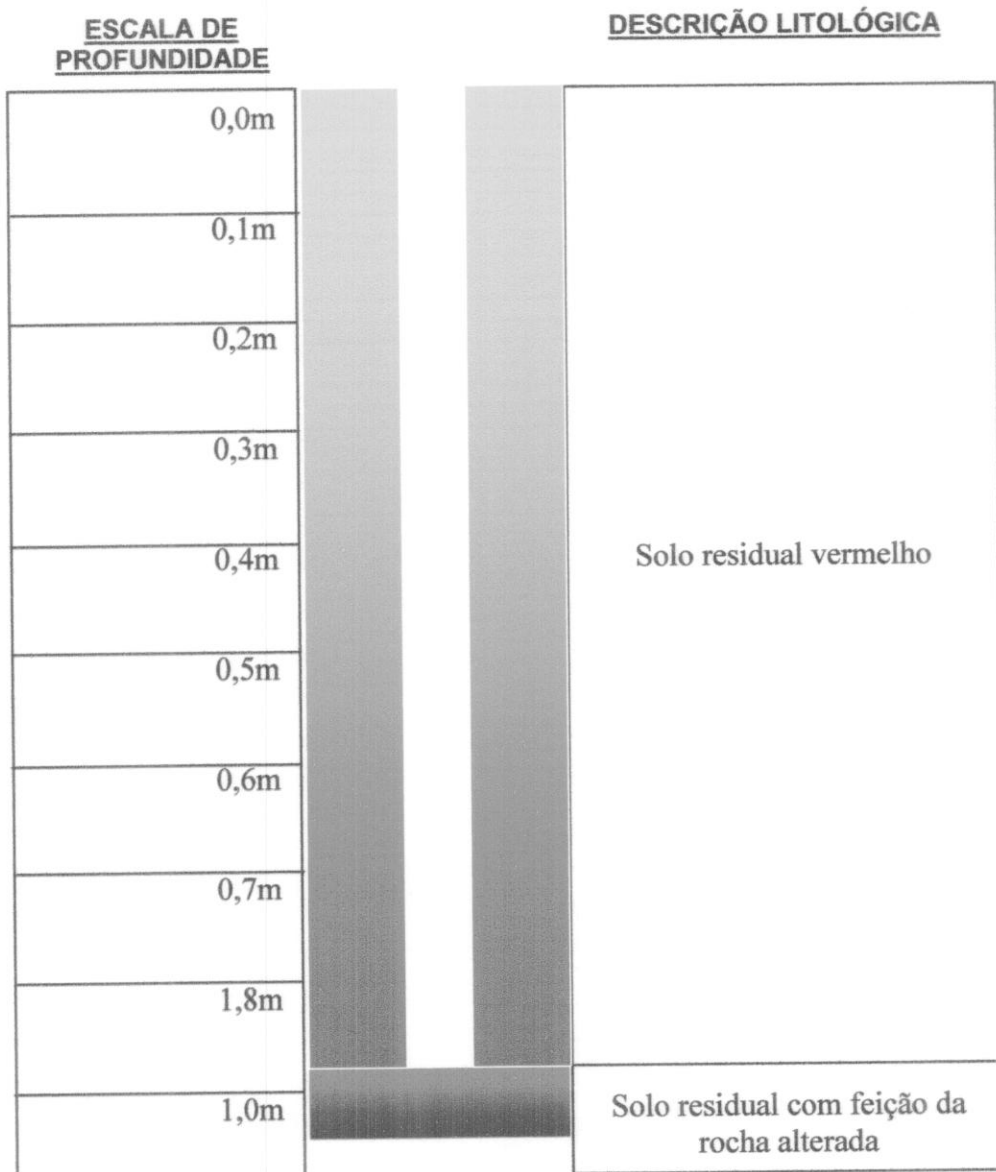
Luiz Flávio Leal
 Engenheiro Civil
 CREA-CE 18516-D

Luiz Alves de Freitas
 Engenheiro Civil
 CREA: 1605275549

AÇUDE TERRA VEWRMELHA, AURORA-CE.
PERFIL CONSTRUTIVO
SONDAGEM – PÁ E PICARETA



Proprietário: Domínio Público		
Município: Aurora	Distrito:	
Localidade: Terra Vermelha	Distância p/ Sede: 34 km	
Sondagem Nº 05	Profundidade: 1,00	Nível Estático: Não identificado
Localização: Estaca 4+10,00 - SANGRADOURO		
Data Início: Mai/2015		
Data Término: Mai/2015		



Luiz Humberto Leal
 Engenheiro Civil
 CREA-CE 10525 - D

Luiz Alves de Freitas
 Engenheiro Civil
 CREA: 1605275549

37

PREFEITURA MUNICIPAL DE AURORA-CE.
PROJETO EXECUTIVO DO AÇUDE TERRA VERMELHA



VIABILIDADE AMBIENTAL

1. PLANO DE DESMATAMENTO CONVENCIONAL E LIMPEZA DA BACIA HIDRÁULICA. O desmatamento e limpeza a ser executado nas áreas de projeção do maciço, sangradouro, empréstimos e bacia hidráulica serão rigorosamente delimitados em função dos elementos técnicos existentes no projeto e executado conforme premissa da Prefeitura Municipal de Aurora-Ce. As áreas adjacentes ao lago terão sua cobertura vegetal preservada e onde houver degradação pré-existente ou causada pela retirada de materiais (empréstimos) destinados à execução da obra, o solo será recomposto com material proveniente de bota-fora e/ou expurgos, criando assim, condições de remanejamento orgânico do solo onde, de forma natural, a vegetação brotará total e definitivamente.
2. PLANO DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DE JAZIDAS, BOTA-FORAS E CANTEIRO DE OBRAS. Os locais de empréstimos (jazidas) terão seus taludes rebaixados e devidamente nivelados, criando-se curvas de drenagem superficial que impeça o surgimento de fatores erosivos. Os bota-foras serão aplainados e adequados à topografia local.
3. PLANO DE REASSENTAMENTO DA POPULAÇÃO ATINGIDA. Na superfície territorial da bacia hidráulica não existe unidades residenciais e/ou qualquer tipo de edificação.
4. PERDA DE INFRAESTRUTURAS EXISTENTES. Não existe na bacia hidráulica do Açude Terra Vermelha, nada que justifique ser considerados elementos de infraestrutura.
5. PLANO DE IDENTIFICAÇÃO/RESGATE DO PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO. Na bacia hidráulica do açude Terra Vermelha não existe qualquer testemunho material que justifique a presença de peças do patrimônio arqueológico.
6. ANÁLISE AMBIENTAL, QUALIDADE DA ÁGUA, SALINIZAÇÃO. O pretense Açude Terra Vermelha fará dessa localidade inóspita, um aprazível local onde a população terá, além da pesca e da agricultura de subsistência, motivos para o lazer e saudável convívio social. O Riacho sem denominação, fora do período chuvoso apresenta-se totalmente seco, impossibilitando coleta para execução de análise química da água. No entanto, informações obtidas através de moradores das imediações da localidade Terra Vermelha, local do projeto, que ao longo de décadas convivem na região, asseguram que durante o período das chuvas colhe-se na correnteza do referido riacho, água comprovadamente palatável, isenta de sabores acusadores da presença de sais minerais (cloreto de sódio).

Luiz Humberto Leal
Engenheiro Civil
CREA-CE 10095-D

Luiz Aldey de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549



PREFEITURA MUNICIPAL DE AURORA-CE.
PROJETO DO AÇUDE TERRA VERMELHA

ESTUDO DE RECONHECIMENTO

2014

Handwritten marks:
UM...
JA H

AÇUDE TERRA VERMELHA



ESTUDO DE RECONHECIMENTO

1) INTRODUÇÃO

O projeto visa a construção de uma barragem de terra na localidade Sítio Terra Vermelha, Município de Aurora-Ceará.

Os parâmetros hidrológicos bem como os dimensionamentos da barragem e do sangradouro seguiram as determinações do DNOCS, pertinentes ao assunto e já consagradas pelo uso.

O local apresenta-se favorável para a construção de uma pequena barragem de terra que proporcionando um reservatório de razoável capacidade, certamente irá contribuir para o fortalecimento da infra-estrutura hídrica da região, notadamente em relação ao consumo humano e animal.

Observa-se pelo perfil do boqueirão a ser barrado, conforme plantas do projeto básico, que haverá condições favoráveis para o acúmulo de água durante os períodos secos, favorecendo o desenvolvimento da piscicultura.

A Portaria Nº 70 de 02/02/2004 do Ministério da Integração Nacional estabelece em seu Art. 4º, que para os empreendimentos considerados de pequeno porte, isto é, com capacidade reguladora da bacia hidrográfica inferior a 50 km², os projetos poderão ser acompanhados de estudos mais simplificados.

Neste caso, o empreendimento em questão, se enquadra como de pequeno porte por possuir acumulação inferior ou igual a 500.000m³ e bacia hidrográfica inferior a 50,00km².

2) ESTUDO DE RECONHECIMENTO

O Estudo de Reconhecimento consiste na coleta e síntese dos indicadores sócio-econômicos, climáticos, de solos, vegetação, geologia, hidrogeologia, temperatura, umidade, evaporação, vento, insolação e outros disponíveis, da região em foco.

Pelos resultados colhidos podemos concluir que a região é bastante propícia à execução do empreendimento. Segundo os dados históricos, a precipitação média anual proporciona escoamento superficial capaz de armazenar um volume de água suficiente para atender as demandas da população local. O relevo, tipo de solo e a vegetação local indicam sítio adequado à construção de barramento de terra. Os indicadores

Luiz Humberto Leal
Engenheiro Civil
CREA-CE 11225 - D

Luiz Alves de Freite
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549



sociais demonstram a real situação de carência de recursos hídricos, principalmente durante os períodos de estiagem.

Com a verificação em toda a área ao redor da barragem e visando a identificação de possíveis locais de exploração de materiais, somando-se aos dados obtidos através dos levantamentos topográficos e cartográficos, estudou-se para o local determinado duas alternativas de materiais e serem empregados (terra e alvenaria de pedra), optando-se ao final pela barragem de terra, por apresentar custos mais baixos e disponibilidade de material de boa qualidade e quantidade bem próximo ao local das obras.

Em seguida são apresentados de forma consolidada todas as informações e dados da região em estudo:

- CLIMA:.....Tropical quente semi-árido.
- PLUVIOSIDADE
MÉDIA:.....884,90mm.
- PERÍODO MAIS CHUVOSO:.....Janeiro a Abril.
- TEMPERATURA MÉDIA ANUAL:.....26^o a 28^o
- EVAPORAÇÃO TOTAL ANUAL:.....1.988mm.
- UMIDADE RELATIVA:.....61,8%.
- INSOLAÇÃO TOTAL:.....2.897,6 horas.
- NEBULOSIDADE:.....4,9.
- RELEVO:.....Depressão sertaneja, maciços residuais
- SOLOS:
 - Solos aluviais, solos litólicos, latossolo vermelho-amarelo, podizólico vermelho-amarelo, terra roxa estruturada similar.(PE2).
- VEGETAÇÃO:
 - Floresta Caducifólia Espinosa, Caatinga Arbustiva Aberta.

3) DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES (IRH) E (ICB)

ÍNDICE DE RENDIMENTO HÍDRICO (IRH)

O índice de rendimento hídrico deverá ser inferior a dois e é calculado pela fórmula:

$$IRH = \frac{bh}{BH} \times 100$$

Onde:

bh = área da bacia hidráulica = 48.407,71m²

BH = área da bacia hidrográfica = 5.360.000,00m²

Luiz Humberto Leal
 Engenheiro Civil
 CREA-CE 110525 - D

Luiz Afonso de Freitas
 Engenheiro Civil
 CREA: 1605275849



Logo:

IRH = 0,90 (satisfazendo a exigência da Portaria Nº 70) < 2,00

ÍNDICE DE CONTROLE DA BACIA (ICB)

O índice de rendimento hídrico deverá ser inferior a 2,5 e é calculado pela fórmula:

$$ICB = \frac{VCB}{VAA}$$

Onde:

VCB = volume acumulado na bacia hidrográfica = 0m³ (inexiste barramentos existentes à montante do local, no interior da bacia hidrográfica).

VAA = volume afluente anual = 220.051,43m³m³

Logo:

IRH = 0 (satisfazendo a exigência da Portaria Nº 70) < 2,50

Luiz Gilberto Leal
Engenheiro Civil
CREA: CE 10525 - D

Luiz Alves de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

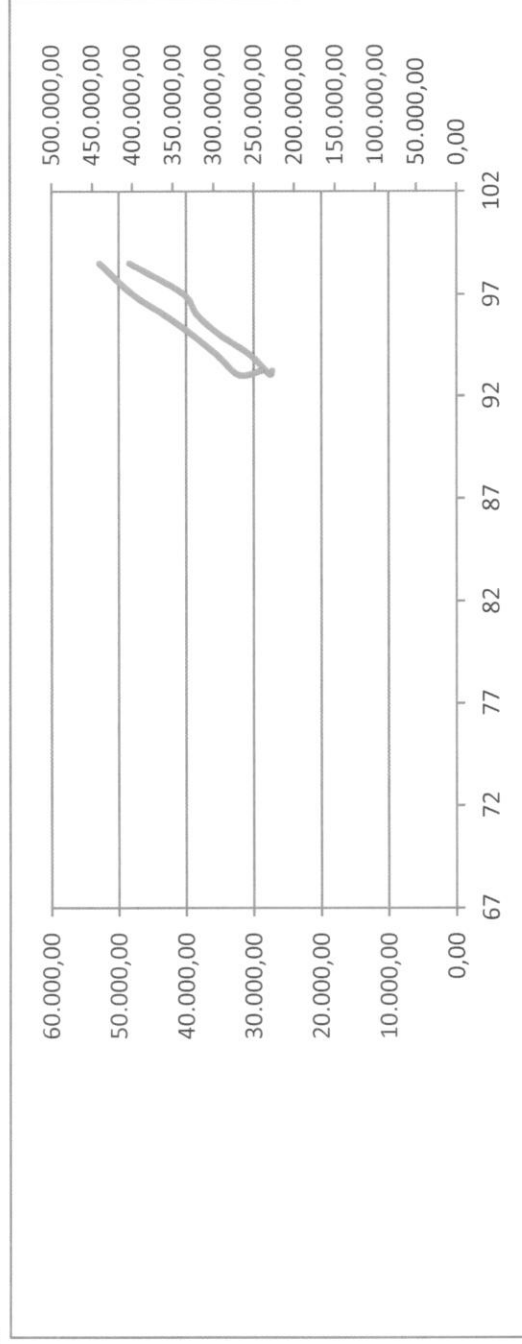
[Handwritten signatures]

AÇUDE TERRA VERMELHA, MUNICÍPIO DE AURORA-CE
BACIA HIDRÁULICA

DIAGRAMA COTA, ÁREA, VOLUME.

COTA	ÁREA	VOLUME
98,5	48.407,71	440.102,86
97	40.443,17	399.659,69
96	38.440,00	361.219,69
95	35.122,65	326.097,04
94	30.543,87	295.553,17
93	27.543,00	268.010,17
93,2	27.220,40	240.789,77

ABRI



VOLUME
ÁREA

[Handwritten signature]

Luiz Felipe de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549





LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO EM RELAÇÃO AO ESTADO



Luiz Humberto Leal
Engenheiro Civil
CREA-09/0525 - D

JA

Luiz Alves de Freitas
Engenheiro
CREA: 160527

Luiz A.