



ANEXO VIII
COMANDO DA AERONÁUTICA
GRUPAMENTO DE APOIO DOS
AFONSOS DIVISÃO DE
INFRAESTRUTURA APROVO

MARLOS FELIPE DOS SANTOS Cel Int
Chefe do Grupamento de Apoio dos Afonsos.

DIVISÃO DE INFRAESTRUTURA DO GAP-AF

GRUPAMENTO DE APOIO DOS AFONSOS

Praça General Aranha, 20 – Marechal Hermes– Rio de Janeiro, RJ.

MEMORIAL DESCRITIVO.

INSTALAÇÃO DOS MÓDULOS INDUSTRIAIS METÁLICOS DE
ARMAZENAMENTO AÉREO HORIZONTAL DO GRUPAMENTO DE APOIO
DOS AFONSOS – GAP-AF

MEMORIAL DESCRITIVO

TÉCNICO:

JÚLIO CÉSAR **LOPES** SIMÕES
2º TEN QOCON CIV - CREA/RJ 2014118434

VISTO:

ALEXANDRE **SANCHES** DA SILVA Cel Int
Chefe da Subdivisão de Infraestrutura

NÚMERO:

MD 01/GAP-AF/SENG/2026

DATA:

18/02/2026

REVISÃO:

00

GRUPAMENTO DE APOIO DOS AFONSOS – DIVISÃO DE INFRAESTRUTURA		
RESPONSÁVEL TÉCNICO		
DISCIPLINA	AUTOR TÉCNICO	CREA/RJ
Avaliação de Imóveis	Júlio César Lopes Simões 2T QOCON CIV	2014118434
AUTOR	COORDENADOR TÉCNICO	SUPERVISOR TÉCNICO

SUMÁRIO

RESPONSÁVEL TÉCNICO.....	2
INSTALAÇÃO DOS MÓDULOS INDUSTRIAIS METÁLICOS DE ARMAZENAMENTO AÉREO HORIZONTAL DO GRUPAMENTO DE APOIO DOS AFONSOS – GAP-AF.....	7
1. OBJETIVO.....	7
1.1 Referências.....	8
2. ETAPA DE DEMOLIÇÃO E PREPARAÇÃO DA ÁREA.....	8
2.1 Demolição de Piso Intertravado.....	8
2.2 Demolição de Lajes de Concreto Armado.....	9
3. RECONSTITUIÇÃO DE BASE E SUB-BASE.....	9
3.1 Base de Brita Graduada Simples (BGS).....	9
3.2 Sub-base Solo-Brita com Cimento (8%).....	9
4. PAVIMENTAÇÃO EM CONCRETO ARMADO.....	9
4.1 Piso Estrutural.....	9
4.2 Juntas.....	9
5. SISTEMA DE DRENAGEM OLEOSA.....	9
6. INSTALAÇÃO DOS MÓDULOS INDUSTRIAIS DE ARMAZENAMENTO.....	10
6.1 Caracterização dos Módulos.....	10
6.2 Bacia de Contenção Integrada.....	10
6.3 Sistema de Respiro.....	10
6.4 Indicador de Nível.....	10
6.5 Sistema de Aterramento.....	10
7. SISTEMA DE ABASTECIMENTO.....	10
9. SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA).....	11
10. SISTEMA DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO.....	11
11. TESTES E COMISSIONAMENTO.....	11
12. ENTREGA TÉCNICA.....	11
13. ESTRUTURAÇÃO PARA PROCESSO LICITATÓRIO (TERMO DE REFERÊNCIA).....	11
13.1 Objeto.....	11
13.2 Regime de Execução.....	11
13.3 Especificações Técnicas Mínimas.....	12
13.4 Obrigações da Contratada.....	13
13.5 Critérios de Medição e Recebimento.....	13
14. CRITÉRIOS DE HABILITAÇÃO TÉCNICA.....	13
14.1 Qualificação Técnica Operacional.....	13
14.2 Qualificação Técnica Profissional.....	13
15. DEMONSTRAÇÃO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO.....	14
15.1 Premissas de Projeto.....	14
15.2 Carga por Roda.....	14
15.3 Tensão de Contato.....	14
15.4 Verificação Simplificada de Espessura.....	14
15.5 Volume de Concreto.....	14
15.6 Armadura Recomendada.....	14
16. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO PELO MÉTODO DE WESTERGAARD.....	15
16.1 Parâmetros Adotados.....	15
16.2 Raio de Rigidez Relativa.....	15
16.3 Tensão Máxima – Carga Interior (Westergaard).....	15

16.4 Verificação.....	15
17. DIMENSIONAMENTO DA BASE PARA APOIO DOS TANQUES.....	16
17.1 Dados dos Tanques.....	16
17.2 Área de Apoio Estimada.....	16
17.3 Tensão Transmitida ao Solo.....	16
17.4 Verificação da Pressão Admissível.....	16
17.5 Recomendações Executivas.....	16
18. VERIFICAÇÃO DE RECALQUE ESTIMADO.....	17
18.1 Premissas Geotécnicas Adotadas.....	17
18.2 Estimativa de Recalque Imediato (Fundação Superficial Rígida).....	17
18.3 Verificação.....	17
19. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DAS BASES DOS TANQUES.....	17
19.1 Geometria Adotada.....	17
19.2 Verificação Simplificada à Flexão.....	17
19.3 Cálculo da Armadura Necessária.....	18
19.4 Armadura Adotada.....	18
19.5 Disposição Recomendada.....	18
20. VERIFICAÇÃO À PUNÇÃO DA BASE DE CONCRETO.....	18
20.1 Premissas.....	18
20.2 Perímetro Crítico de Punção.....	19
20.3 Tensão Solicitante de Punção.....	19
20.4 Resistência do Concreto à Punção.....	19
20.5 Verificação.....	19
21. MODELAGEM DE COMBINAÇÃO DE CARGAS – TANQUE PARCIALMENTE CHEIO.....	19
21.1 Situação 1 – Tanque 100% cheio.....	19
21.2 Situação 2 – Tanque 50% cheio.....	19
21.3 Situação 3 – Tanque 10% cheio (condição crítica de excentricidade interna).....	20
22. COMBINAÇÕES DE CARGA – ELU E ELS.....	20
22.1 Ações Consideradas.....	20
22.2 Combinação no Estado Limite Último (ELU).....	20
22.3 Combinação no Estado Limite de Serviço (ELS).....	21
23. VERIFICAÇÃO DE FISSURAÇÃO (ELS-F).....	21
23.1 Tensão no Aço em Serviço.....	21
23.2 Controle de Abertura de Fissuras.....	22
23.3 Conclusão de Fissuração.....	22
24. CONCLUSÃO FINAL ESTRUTURAL.....	22

FOLHA - RESUMO	
Dados do Solicitante:	
Comando da Aeronáutica (COMAER)	
Interessado:	Grupamento de Apoio dos Afonsos GAP-AF
Proprietário:	União Federal.
Objetivo da Avaliação:	Implantação de Sistema de Armazenamento e Abastecimento de Combustíveis
Dados do Imóvel:	
Endereço completo:	Av. Marechal Fontenelle, 2.000 - Campo dos Afonsos, Rio de Janeiro - RJ, 21740-000
Cidade/Estado:	Rio de Janeiro – RJ
Área total:	525,00 m ²
Tipo de imóvel:	Instalação institucional com sistema interno de armazenamento e abastecimento de Combustíveis (posto de abastecimento próprio).
Método de Avaliação:	
Método utilizado:	<p>O método adotado para elaboração do presente estudo técnico baseou-se em abordagem sistemática de engenharia, estruturada nas seguintes etapas:</p> <p>Levantamento de Dados e Análise Documental</p> <p>Coleta e análise de projetos existentes, memoriais, especificações técnicas, certificados de conformidade, ARTs, relatórios anteriores e demais documentos pertinentes à instalação.</p> <p>Inspeção Técnica em Campo</p> <p>Realização de inspeção visual detalhada das áreas civis, estruturais, mecânicas e elétricas, com registro fotográfico e identificação de condições executivas, interferências, manifestações patológicas e conformidade com normas técnicas aplicáveis.</p> <p>Caracterização de Cargas e Premissas de Projeto</p> <p>Definição das ações permanentes e variáveis, incluindo peso próprio das estruturas, carga dos tanques em diferentes níveis de operação, ações operacionais e parâmetros geotécnicos estimados.</p> <p>Modelagem Estrutural e Verificações Analíticas</p> <p>Dimensionamento do pavimento rígido pelo modelo de placa sobre fundação elástica (método de Westergaard);</p> <p>Verificação das bases dos tanques quanto à flexão, punção e tensões transmitidas ao solo;</p> <p>Análise nos Estados Limites Último (ELU) e de Serviço (ELS), conforme critérios da ABNT NBR 6118;</p> <p>Verificação geotécnica preliminar conforme diretrizes da ABNT NBR 6122.</p> <p>Avaliação de Conformidade Normativa</p> <p>Conferência da aderência da solução proposta às normas técnicas pertinentes, incluindo:</p>

	<p>ABNT NBR 15461 (tanques metálicos aéreos);</p> <p>ABNT NBR 5410 (instalações elétricas);</p> <p>ABNT NBR 5419 (SPDA);</p> <p>NR-20 (segurança com inflamáveis).</p> <p>Síntese Técnica e Conclusão</p> <p>Consolidação dos resultados das verificações estruturais, geotécnicas e operacionais, com emissão de parecer conclusivo quanto à segurança, estabilidade, conformidade normativa e viabilidade da implantação.</p> <p>O método adotado garante rastreabilidade técnica das premissas utilizadas, coerência entre modelagem e execução proposta, bem como aderência às boas práticas de engenharia estrutural, geotécnica e de segurança industrial.</p>
--	---

Local e Data:	
Rio de Janeiro	18 de Fevereiro de 2026

INSTALAÇÃO DOS MÓDULOS INDUSTRIAIS METÁLICOS DE ARMAZENAMENTO AÉREO HORIZONTAL DO GRUPAMENTO DE APOIO DOS AFONSOS – GAP-AF

1. OBJETIVO

O presente Memorial Descritivo tem por finalidade estabelecer, de forma detalhada e tecnicamente fundamentada, os critérios de engenharia, normas aplicáveis, requisitos executivos, parâmetros de controle tecnológico e condições de segurança necessários à execução das obras civis e à instalação completa do sistema de armazenamento e abastecimento de combustíveis líquidos inflamáveis.

O escopo compreende:

Execução das obras de infraestrutura civil e bases estruturais;

Instalação dos módulos industriais metálicos de armazenamento aéreo horizontal;

Montagem das unidades de abastecimento (bombas);

Execução das instalações elétricas em área classificada;

Implantação do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA);

Execução do sistema de prevenção e combate a incêndio;

Implantação do sistema de drenagem e contenção de efluentes oleosos;

Realização de testes, comissionamento e entrega técnica final da instalação.

A instalação será composta por 04 (quatro) módulos industriais metálicos de armazenamento aéreo horizontal, dotados de bacia de contenção integrada, fabricados em conformidade com a ABNT NBR 15461 e certificados pelo INMETRO (OCP 0135), distribuídos da seguinte forma:

02 (dois) tanques de gasolina, com capacidade nominal individual de 15.000 litros, cada qual equipado com sua respectiva unidade de bombeamento;

02 (dois) tanques de óleo diesel, com capacidade nominal individual de 15.000 litros, cada qual equipado com sua respectiva unidade de bombeamento.

A capacidade total instalada será de 60.000 litros, compreendendo gasolina e óleo diesel.

Cada módulo deverá possuir bacia de contenção estanque, com capacidade volumétrica mínima correspondente a 110% do volume nominal do respectivo tanque, garantindo retenção integral do produto armazenado em caso de vazamento ou ruptura, conforme boas práticas de engenharia, normas ambientais e diretrizes de segurança aplicáveis.

A implantação deverá observar integralmente as exigências da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), normas técnicas da ABNT, regulamentações do Corpo de Bombeiros Militar competente, normas de segurança do trabalho aplicáveis a inflamáveis (NR-20) e demais legislações ambientais vigentes.

1.1 Referências

A metodologia adotada fundamentou-se em procedimentos técnicos sistematizados de vistoria e verificação de conformidade, contemplando inspeções visuais detalhadas, levantamento fotográfico georreferenciado, análise documental dos projetos e registros existentes, bem como coleta de informações por meio de entrevistas técnicas com os responsáveis pela operação e manutenção.

Normas Técnicas da ABNT:

- A. ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.
- B. ABNT NBR 6122 – Projeto e execução de fundações.
- C. ABNT NBR 15461 – Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – Tanques metálicos aéreos.
- D. ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão.
- E. ABNT NBR 5419 – Proteção contra descargas atmosféricas.
- F. ABNT NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho (aplicável aos critérios gerais de durabilidade).
- G. ABNT NBR 12693 – Sistemas de proteção por extintores de incêndio.
- H. ABNT NBR 13434 – Sinalização de segurança contra incêndio e pânico.

Regulamentações Técnicas e Normas de Segurança:

- I. NR-20 – Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis.
- J. Regulamentos técnicos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) aplicáveis ao armazenamento e abastecimento de combustíveis.
- K. Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar da respectiva unidade federativa.

Bibliografia Técnica – Engenharia Estrutural e Pavimentação:

- L. H. M. Westergaard – Theory of Stresses in Concrete Pavements (publicações clássicas sobre placas apoiadas em fundação elástica).
- M. Arthur Casagrande – Fundamentos de Mecânica dos Solos.
- N. Karl Terzaghi – Princípios da Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações.
- O. Manual de Pavimentos Rígidos – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).
- P. Manual de Mecânica dos Solos – Fundação Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Bases de Custos e Orçamento:

- Q. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (Caixa Econômica Federal/IBGE).

2. ETAPA DE DEMOLIÇÃO E PREPARAÇÃO DA ÁREA

2.1 Demolição de Piso Intertravado

- Área: 525 m²
- Espessura média: 10 cm
- Volume estimado: 52,5 m³
- Execução mecanizada com remoção de entulho para local licenciado.
- Destinação conforme Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).

2.2 Demolição de Lajes de Concreto Armado

- Execução parcial conforme levantamento em campo.
- Corte controlado para preservação de estruturas adjacentes.
- Retirada e destinação ambientalmente adequada.

3. RECONSTITUIÇÃO DE BASE E SUB-BASE

3.1 Base de Brita Graduada Simples (BGS)

- Espessura: 15 cm
- Volume: 78,75 m³
- Compactação mínima: 95% Proctor Normal
- Controle tecnológico com ensaio de densidade in situ.

3.2 Sub-base Solo-Brita com Cimento (8%)

- Espessura: 10 cm
- Resistência mínima à compressão simples: 2,1 MPa aos 7 dias
- Compactação controlada
- Cura úmida mínima de 3 dias

4. PAVIMENTAÇÃO EM CONCRETO ARMADO

4.1 Piso Estrutural

- Área: 525 m²
- Espessura mínima: 15 cm (dimensionamento estrutural conforme carga veicular)
- Concreto $f_{ck} \geq 30$ MPa
- Classe de agressividade ambiental compatível com exposição a hidrocarbonetos
- Armadura em malha soldada dimensionada conforme projeto estrutural
- Slump controlado (80 ± 20 mm)
- Cura química

4.2 Juntas

- Corte mecanizado com espaçamento máximo de 4,00 m
- Selagem com mastique resistente a combustíveis

5. SISTEMA DE DRENAGEM OLEOSA

- Execução de 98,3 m lineares de canaletas metálicas galvanizadas com grelhas removíveis
- Declividade mínima de 1%
- Direcionamento para Caixa Separadora de Água e Óleo (SAO)
- Sistema dimensionado conforme normas técnicas aplicáveis

6. INSTALAÇÃO DOS MÓDULOS INDUSTRIAIS DE ARMAZENAMENTO

6.1 Caracterização dos Módulos

Cada módulo é composto por:

- Tanque metálico cilíndrico horizontal aéreo em aço carbono
- Fabricação conforme ABNT NBR 15461
- Certificação INMETRO – OCP 0135
- Placa de identificação com número de série e capacidade nominal
- Fundo abaulado
- Tratamento anticorrosivo interno e externo

6.2 Bacia de Contenção Integrada

- Estrutura metálica soldada
- Capacidade volumétrica mínima $\geq 110\%$ do volume armazenado
- Sistema de drenagem controlada
- Teste de estanqueidade antes da operação

6.3 Sistema de Respiro

- Respiro atmosférico vertical
- Dispositivo corta-chamas
- Dimensionamento conforme normas de armazenamento de líquidos inflamáveis

6.4 Indicador de Nível

- Visor externo graduado
- Monitoramento visual direto do volume armazenado

6.5 Sistema de Aterramento

- Aterramento individual de cada tanque
- Interligação equipotencial
- Resistência de aterramento conforme projeto elétrico

7. SISTEMA DE ABASTECIMENTO

- 04 (quatro) bombas elétricas individuais
- Motor adequado para área classificada
- Mangueira reforçada para combustível
- Bico automático com sistema de corte
- Tubulação metálica externa com conexões vedadas
- Ensaio hidrostático das linhas antes da operação

8. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

- Alimentação trifásica conforme padrão local
- Infraestrutura conforme NBR 5410
- Classificação de área conforme normas de atmosferas explosivas
- Equipamentos apropriados para área classificada

- Quadro geral com proteção individualizada

9. SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)

- Projeto conforme NBR 5419
- Interligação equipotencial dos tanques e estruturas metálicas
- Medição e registro da resistência de aterramento

10. SISTEMA DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO

- Extintores conforme classificação de risco
- Sinalização fotoluminescente
- Rede de hidrantes conforme projeto aprovado
- Atendimento à NR-20
- Treinamento operacional quando aplicável

11. TESTES E COMISSIONAMENTO

- Teste de estanqueidade dos tanques e bacias
- Teste hidrostático das tubulações
- Medição do sistema de aterramento
- Registro fotográfico
- Emissão de ARTs

12. ENTREGA TÉCNICA

- Projetos executivos “as built”
- Relatórios de ensaios
- Certificados INMETRO dos tanques
- Manual de operação e manutenção
- Limpeza final e liberação para operação

13. ESTRUTURAÇÃO PARA PROCESSO LICITATÓRIO (TERMO DE REFERÊNCIA)

13.1 Objeto

Contratação de empresa especializada para execução das obras civis, fornecimento, instalação, testes e comissionamento de 04 (quatro) módulos industriais metálicos de armazenamento aéreo horizontal de óleo diesel e gasolina, com capacidade total de 60.000 litros, incluindo sistema de abastecimento, drenagem oleosa, instalações elétricas, SPDA e sistema de prevenção e combate a incêndio.

13.2 Regime de Execução

Empreitada por preço global, compreendendo fornecimento de materiais, mão de obra, equipamentos, transporte, testes, documentação técnica e responsabilidade técnica.

13.3 Especificações Técnicas Mínimas

A contratada deverá:

Considerando que os tanques já se encontram disponíveis e não integram o objeto de fornecimento da contratada, esta deverá executar exclusivamente os serviços de infraestrutura, montagem, interligação, adequação técnica e comissionamento, atendendo às seguintes especificações mínimas:

I – Recebimento técnico, posicionamento, nivelamento e fixação dos tanques metálicos horizontais aéreos com bacia de contenção integrada, previamente adquiridos pela contratante, assegurando sua instalação conforme a ABNT NBR 15461 e orientações do fabricante;

II – Verificação da capacidade das bacias de contenção, comprovando que cada unidade possui volume mínimo correspondente a 110% do volume nominal do respectivo tanque, garantindo estanqueidade e integridade estrutural;

III – Execução das bases e do piso estrutural em concreto armado, com resistência característica mínima $f_{ck} \geq 30$ MPa, espessura mínima de 15 cm (ou conforme dimensionamento estrutural específico), incluindo preparo do subleito, base, armaduras, lançamento, adensamento, cura e controle tecnológico do concreto;

IV – Implantação do sistema de drenagem superficial e contenção de efluentes oleosos, com declividades adequadas, canaletas metálicas ou de concreto, tubulações estanques e direcionamento para sistema separador água-óleo, em conformidade com as normas ambientais vigentes;

V – Execução das instalações elétricas em área classificada, contemplando infraestrutura, cabeamento, painéis, dispositivos de proteção e intertravamento, utilizando materiais e equipamentos adequados a atmosferas potencialmente explosivas, conforme normas técnicas aplicáveis e diretrizes da NR-20;

VI – Implantação do sistema de aterramento e do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), dimensionado e executado conforme projeto específico e em conformidade com a ABNT NBR 5419;

VII – Execução das interligações hidráulicas e mecânicas entre tanques, bombas e linhas de abastecimento, incluindo válvulas, conexões, dispositivos de segurança e acessórios;

VIII – Realização de testes de estanqueidade, ensaios hidrostáticos e testes funcionais, abrangendo tanques, bacias de contenção, tubulações, bombas e sistemas elétricos, antes da entrada em operação, com emissão de relatórios técnicos e registros comprobatórios;

IX – Fornecimento de ARTs, relatórios técnicos e documentação de comissionamento, assegurando a conformidade da instalação com as exigências da ANP, do Corpo de Bombeiros e demais órgãos competentes.

Fica expressamente estabelecido que não integra o escopo contratual o fornecimento dos tanques de armazenamento, limitando-se a contratada à sua correta instalação, adequação técnica e comissionamento.

13.4 Obrigações da Contratada

- Emitir ARTs de execução civil, elétrica e mecânica;
- Apresentar certificados de conformidade dos tanques;
- Entregar relatórios de testes e medições;
- Fornecer manual de operação e manutenção;
- Entregar o projeto “as built”.

13.5 Critérios de Medição e Recebimento

A medição será realizada por etapa concluída, mediante verificação técnica e apresentação dos relatórios de ensaio. O recebimento definitivo ocorrerá após comissionamento completo do sistema e validação documental.

O presente Memorial passa a integrar o Termo de Referência como anexo técnico, estabelecendo os parâmetros mínimos de desempenho, segurança e conformidade normativa para contratação.

14. CRITÉRIOS DE HABILITAÇÃO TÉCNICA

14.1 Qualificação Técnica Operacional

A empresa licitante deverá comprovar:

I – Execução anterior de obra similar compatível com instalação de sistema de armazenamento e abastecimento de combustível, mediante apresentação de Atestado de Capacidade Técnica emitido por pessoa jurídica de direito público ou privado; II – Experiência comprovada em execução de pavimentação em concreto estrutural para tráfego pesado; III – Execução comprovada de instalação de tanques metálicos aéreos com bacia de contenção; IV – Execução de instalações elétricas em área classificada; V – Execução de sistema de prevenção e combate a incêndio.

Os atestados deverão estar acompanhados das respectivas Certidões de Acervo Técnico (CAT).

14.2 Qualificação Técnica Profissional

A contratada deverá possuir em seu quadro técnico:

- Engenheiro Civil responsável pelas obras civis e pavimentação;
- Engenheiro Mecânico ou Industrial responsável pela instalação dos tanques e sistemas de bombeamento;
- Engenheiro Eletricista responsável pelas instalações elétricas, aterramento e SPDA.

Todos deverão possuir registro ativo no conselho profissional competente e emitir ART específica para suas áreas de atuação.

15. DEMONSTRAÇÃO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO

15.1 Premissas de Projeto

- Área do pavimento: 525 m²
- Espessura adotada: 15 cm
- Concreto fck = 30 MPa
- Sub-base estabilizada com resistência $\geq 2,1$ MPa
- Tráfego previsto: caminhão tanque com peso bruto total estimado de 23.000 kg
- Carga por eixo traseiro estimada: 16.000 kg

15.2 Carga por Roda

Considerando eixo traseiro duplo:

Carga por roda $\approx 16.000 \text{ kg} / 4 \text{ rodas} = 4.000 \text{ kg} \approx 39,2 \text{ kN}$

15.3 Tensão de Contato

Considerando pressão média de contato do pneu de 0,7 MPa:

Área aproximada de contato por roda:

$A = \text{Carga} / \text{Pressão} \quad A = 39.200 \text{ N} / 700.000 \text{ N/m}^2 \approx 0,056 \text{ m}^2$

Raio equivalente:

$r \approx \sqrt{(A/\pi)} \approx 0,133 \text{ m}$

15.4 Verificação Simplificada de Espessura

Adotando método simplificado de verificação para pavimentos rígidos:

Espessura mínima recomendada para tráfego pesado leve a moderado: 14 a 16 cm.

Espessura adotada: 15cm \rightarrow compatível com carregamento previsto.

15.5 Volume de Concreto

$V = \text{Área} \times \text{Espessura} \quad V = 525 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m} = 78,75 \text{ m}^3$

15.6 Armadura Recomendada

Malha soldada dimensionada conforme projeto estrutural, com taxa mínima de armadura de retração $\geq 0,15\%$ da seção transversal.

Área de aço mínima por metro:

$A_s = 0,0015 \times (100 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}) \quad A_s = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m}$

A malha deverá atender ou superar esse valor.

A espessura e configuração estrutural adotadas atendem preliminarmente ao carregamento estimado, sendo apresentado a seguir aprofundamento pelo método de Westergaard para pavimentos rígidos.

16. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO PELO MÉTODO DE WESTERGAARD

16.1 Parâmetros Adotados

- $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- Módulo de elasticidade do concreto (E_c) $\approx 30 \text{ GPa}$
- Coeficiente de Poisson (ν) $= 0,15$
- Espessura da placa (h) $= 0,15 \text{ m}$
- Módulo de reação do subleito (k) adotado $= 50 \text{ MN/m}^3$ (subleito compactado com sub-base estabilizada)
- Carga por roda (P) $= 39,2 \text{ kN}$
- Raio de contato (a) $= 0,133 \text{ m}$

16.2 Raio de Rigidez Relativa

$$l = [(E_c \times h^3) / (12 \times k \times (1 - \nu^2))]^{1/4}$$

Substituindo:

$$l = [(30 \times 10^9 \times 0,15^3) / (12 \times 50 \times 10^6 \times (1 - 0,15^2))]^{1/4}$$

$$l \approx 0,74 \text{ m}$$

16.3 Tensão Máxima – Carga Interior (Westergaard)

$$\sigma = (3P / 2\pi h^2) \times [\ln(l/a) + 0,615]$$

Substituindo valores:

$$\sigma \approx (3 \times 39.200) / (2\pi \times 0,15^2) \times [\ln(0,74 / 0,133) + 0,615]$$

$$\sigma \approx 2,05 \text{ MPa}$$

16.4 Verificação

Resistência à tração na flexão estimada do concreto:

$$f_{ct,flex} \approx 0,7 \times \sqrt{f_{ck}} \approx 0,7 \times \sqrt{30} \approx 3,83 \text{ MPa}$$

Comparação:

$$\sigma_{solicitante} = 2,05 \text{ MPa} \quad f_{ct,flex} = 3,83 \text{ MPa}$$

Coeficiente de segurança aproximado $\approx 1,87$

Conclusão: A espessura de 15 cm apresenta desempenho estrutural adequado para o carregamento considerado.

17. DIMENSIONAMENTO DA BASE PARA APOIO DOS TANQUES

17.1 Dados dos Tanques

Tanques de 15.000 L: Peso específico do diesel $\approx 0,85$ kN/L Peso do combustível ≈ 12.750 kg ≈ 125 kN Peso estimado do tanque metálico ≈ 20 kN Carga total aproximada por tanque = 145 kN

Tanques de 10.000 L: Peso do combustível ≈ 8.500 kg ≈ 83 kN Peso do tanque ≈ 15 kN Carga total aproximada por tanque = 98 kN

17.2 Área de Apoio Estimada

Considerando base metálica com apoio distribuído em berço de concreto de 3,00 m \times 1,50 m:

$$\text{Área} = 4,50 \text{ m}^2$$

17.3 Tensão Transmitida ao Solo

Para tanque de 15.000 L:

$$\sigma = 145 \text{ kN} / 4,50 \text{ m}^2 \approx 32,2 \text{ kN/m}^2$$

Para tanque de 10.000 L:

$$\sigma \approx 21,8 \text{ kN/m}^2$$

17.4 Verificação da Pressão Admissível

Adotando tensão admissível conservadora do solo:

$$\sigma_{\text{adm}} = 100 \text{ kN/m}^2$$

Comparação:

$$32,2 \text{ kN/m}^2 < 100 \text{ kN/m}^2$$

Fator de segurança $\approx 3,1$

17.5 Recomendações Executivas

- Base em concreto armado com espessura mínima de 20 cm sob cada tanque;
- Armadura dupla malha ou barras CA-50 dimensionadas conforme esforço de flexão local;
- Lastro de brita compactada ≥ 10 cm;
- Verificação geotécnica local obrigatória antes da execução;
- Ensaios de compactação do subleito.

Conclusão: As tensões transmitidas ao solo encontram-se amplamente abaixo da tensão admissível adotada, indicando segurança geotécnica preliminar adequada, condicionada à confirmação por sondagem local.

18. VERIFICAÇÃO DE RECALQUE ESTIMADO

18.1 Premissas Geotécnicas Adotadas

- Solo de fundação: areia argilosa compactada
- Módulo de deformabilidade (E_s) estimado: 25 MPa
- Coeficiente de Poisson do solo (ν_s): 0,30
- Largura característica da fundação (B): 1,50 m
- Tensão aplicada máxima (tanque 15.000 L): 32,2 kN/m²

18.2 Estimativa de Recalque Imediato (Fundação Superficial Rígida)

Para fundações rasas, pode-se estimar o recalque elástico imediato por:

$$s \approx (q \times B \times (1 - \nu_s^2)) / E_s$$

Substituindo:

$$s \approx (32.200 \text{ N/m}^2 \times 1,50 \times (1 - 0,30^2)) / 25.000.000 \text{ N/m}^2$$

$$s \approx 0,0017 \text{ m} \approx 1,7 \text{ mm}$$

18.3 Verificação

Recalques admissíveis usuais para estruturas metálicas apoiadas em base rígida: 10 a 25 mm.

Recalque estimado: 1,7 mm

Conclusão: O recalque estimado é significativamente inferior ao limite admissível, indicando comportamento satisfatório da fundação sob as cargas previstas.

19. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DAS BASES DOS TANQUES

19.1 Geometria Adotada

- Dimensão da base: 3,00 m × 1,50 m
- Espessura da base: 20 cm
- Concreto: $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- Aço: CA-50 ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)

19.2 Verificação Simplificada à Flexão

Considerando a base como placa apoiada sobre solo elástico com carregamento distribuído uniforme ($q = 32,2 \text{ kN/m}^2$), momento fletor máximo aproximado:

$$M \approx q \times L^2 / 8$$

Adotando $L = 1,50 \text{ m}$:

$$M \approx 32,2 \times 1,50^2 / 8 \approx 9,05 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

19.3 Cálculo da Armadura Necessária

Altura útil aproximada:

$$d \approx 0,20 - 0,04 \text{ (cobrimento)} - 0,01 \approx 0,15 \text{ m}$$

Momento resistente:

$$A_s = M / (0,87 \times f_{yk} \times d)$$

$$A_s \approx 9.050 \text{ N}\cdot\text{m} / (0,87 \times 500.000.000 \text{ N/m}^2 \times 0,15)$$

$$A_s \approx 0,00014 \text{ m}^2/\text{m} \approx 1,40 \text{ cm}^2/\text{m}$$

19.4 Armadura Adotada

Adota-se:

- Barras Ø10 mm (área = 0,785 cm²)
- Espaçamento: 20 cm

Área fornecida por metro:

$$A_{s,\text{forn}} \approx 3,93 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Resultado: Armadura fornecida superior à necessária (1,40 cm²/m), garantindo margem de segurança adequada.

19.5 Disposição Recomendada

- Malha inferior principal nas duas direções (Ø10 c/20 cm);
- Armadura superior de distribuição (Ø8 c/20 cm);
- Cobrimento mínimo: 4 cm;
- Lastro de brita compactada de 10 cm sob a base;
- Junta de dessolidarização entre base do tanque e pavimento adjacente.

Conclusão: A armadura especificada atende aos esforços solicitantes estimados, apresentando coeficiente de segurança adequado para as cargas permanentes e eventuais variações operacionais.

20. VERIFICAÇÃO À PUNÇÃO DA BASE DE CONCRETO

20.1 Premissas

- Carga máxima tanque 15.000 L: 145 kN
- Área de contato efetiva concentrada nos berços metálicos: estimada em 0,30 m × 3,00 m por apoio longitudinal
- Espessura da base: 20 cm
- Altura útil (d): 15 cm
- $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Considerando comportamento semelhante a carga linear distribuída ao longo do berço.

20.2 Perímetro Crítico de Punção

Para verificação conservadora, adota-se perímetro crítico a $2d$ da face do apoio:

$$u \approx 2 \times (3,00 + 2 \times 0,30) + 4 \times d \quad u \approx 2 \times (3,60) + 0,60 \approx 7,80 \text{ m}$$

20.3 Tensão Solicitante de Punção

$$\tau_{sd} = V_{sd} / (u \times d)$$

$$\tau_{sd} \approx 145.000 \text{ N} / (7,80 \times 0,15) \quad \tau_{sd} \approx 0,124 \text{ MPa}$$

20.4 Resistência do Concreto à Punção

$$\tau_{rd} \approx 0,27 \times \sqrt{f_{ck}} \quad \tau_{rd} \approx 0,27 \times \sqrt{30} \approx 1,48 \text{ MPa}$$

20.5 Verificação

$$\tau_{sd} = 0,124 \text{ MPa} \quad \tau_{rd} = 1,48 \text{ MPa}$$

Resultado: $\tau_{sd} \ll \tau_{rd}$

Conclusão: A base apresenta ampla segurança à punção, não sendo necessária armadura específica adicional para este modo de ruptura.

21. MODELAGEM DE COMBINAÇÃO DE CARGAS – TANQUE PARCIALMENTE CHEIO

21.1 Situação 1 – Tanque 100% cheio

Carga total = 145 kN Distribuição uniforme

21.2 Situação 2 – Tanque 50% cheio

Peso combustível $\approx 62,5 \text{ kN}$ Peso próprio tanque $\approx 20 \text{ kN}$ Carga total $\approx 82,5 \text{ kN}$

Nova tensão transmitida ao solo:

$$\sigma_{50\%} \approx 82,5 / 4,50 \approx 18,3 \text{ kN/m}^2$$

Recalque estimado proporcional:

$$s_{50\%} \approx 1,7 \text{ mm} \times (82,5 / 145) \approx 0,97 \text{ mm}$$

21.3 Situação 3 – Tanque 10% cheio (condição crítica de excentricidade interna)

Peso combustível $\approx 12,5$ kN Carga total $\approx 32,5$ kN

Nesta condição pode ocorrer deslocamento do centro de gravidade longitudinal, porém devido ao formato cilíndrico horizontal com apoio contínuo, a redistribuição de tensões permanece dentro da área de contato.

Momento adicional estimado por excentricidade máxima de 5% do comprimento (0,15 m):

$$M_{exc} \approx 32,5 \times 0,15 \approx 4,9 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Momento resistente da base (por metro):

$$MR_d \approx A_s \times 0,87 \times f_{yk} \times d$$

Considerando A_s fornecida ($3,93 \text{ cm}^2/\text{m}$): $MR_d \approx 25 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ (aprox.)

Resultado: $MR_d \gg M_{exc}$

Conclusão Geral das Combinações:

As situações de tanque parcialmente cheio reduzem a solicitação global vertical e não produzem condições críticas para flexão, punção ou recalque, mantendo-se coeficientes de segurança satisfatórios para todas as combinações analisadas.

22. COMBINAÇÕES DE CARGA – ELU E ELS

22.1 Ações Consideradas

G1 – Peso próprio da base de concreto G2 – Peso próprio do tanque metálico G3 – Peso do combustível (variável conforme nível) Q1 – Ações acidentais operacionais (impacto leve e variações dinâmicas) – adotado coeficiente de majoração de 10%

22.2 Combinação no Estado Limite Último (ELU)

Combinação fundamental:

$$ELU = 1,4 \times (G1 + G2 + G3) + 1,4 \times Q1$$

Para tanque 100% cheio:

Carga característica total ≈ 145 kN

Carga de cálculo:

$$N_d \approx 1,4 \times 145 \approx 203 \text{ kN}$$

Nova tensão transmitida ao solo:

$$\sigma_d \approx 203 / 4,50 \approx 45,1 \text{ kN}/\text{m}^2$$

Comparação com tensão admissível conservadora ($100 \text{ kN}/\text{m}^2$):

$45,1 < 100 \rightarrow$ Segurança mantida.

Momento solicitante majorado:

$$M_d \approx 1,4 \times 9,05 \approx 12,67 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

Momento resistente disponível ($M_{Rd} \approx 25 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$)

$M_{Rd} > M_d \rightarrow$ Verificação atendida no ELU.

22.3 Combinação no Estado Limite de Serviço (ELS)

Combinação quase permanente:

$$ELS = G_1 + G_2 + \psi_2 \times G_3$$

Adotando $\psi_2 = 0,6$ (reservatório com variação de nível):

$$\text{Carga ELS} \approx 20 \text{ kN (tanque)} + 0,6 \times 125 \text{ kN} \approx 95 \text{ kN}$$

Tensão de serviço:

$$\sigma_{ELS} \approx 95 / 4,50 \approx 21,1 \text{ kN/m}^2$$

Recalque proporcional estimado:

$$s_{ELS} \approx 1,7 \text{ mm} \times (95 / 145) \approx 1,1 \text{ mm}$$

Resultado: valores compatíveis com limites usuais de serviço.

23. VERIFICAÇÃO DE FISSURAÇÃO (ELS-F)

23.1 Tensão no Aço em Serviço

Momento de serviço (tanque cheio):

$$M_s \approx 9,05 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

Tensão aproximada no aço:

$$\sigma_s \approx M_s / (A_s \times z)$$

Adotando:

$$A_s = 3,93 \text{ cm}^2/\text{m} = 3,93 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m} \quad z \approx 0,9d \approx 0,135 \text{ m}$$

$$\sigma_s \approx 9.050 / (3,93 \times 10^{-4} \times 0,135) \quad \sigma_s \approx 170 \text{ MPa (aprox.)}$$

23.2 Controle de Abertura de Fissuras

Para ambiente não agressivo severo e elemento não tracionado diretamente por flexão exposta:

Limite usual de abertura de fissura: 0,3 mm

Com $\sigma_s \approx 170$ MPa (bem inferior ao escoamento de 500 MPa) e taxa de armadura superior à mínima, estima-se abertura característica inferior ao limite normativo.

23.3 Conclusão de Fissuração

- Armadura adotada superior à mínima normativa;
- Tensões de serviço moderadas;
- Condições favoráveis ao controle de fissuração;
- Atende ao Estado Limite de Serviço.

24. CONCLUSÃO FINAL ESTRUTURAL

Com base nos critérios normativos adotados, nas premissas de carregamento consideradas e nas verificações estruturais e geotécnicas desenvolvidas, conclui-se que a solução técnica proposta para a implantação do sistema de armazenamento e abastecimento de combustíveis apresenta **viabilidade estrutural, estabilidade geotécnica e conformidade normativa**, atendendo aos requisitos de segurança, desempenho e durabilidade.

As análises contemplaram:

- Dimensionamento do pavimento rígido pelo método de Westergaard, com verificação no Estado Limite Último (ELU) e no Estado Limite de Serviço (ELS);
- Verificação das bases dos tanques quanto à flexão, punção e combinações de carga;
- Análise de recalques estimados sob carregamento máximo e condições parciais de operação;
- Avaliação de controle de fissuração em regime de serviço;
- Compatibilidade entre tensões transmitidas ao solo e tensão admissível conservadora adotada.

Os resultados demonstraram que:

- As tensões atuantes permanecem significativamente inferiores às resistências de cálculo do concreto e do solo;
- Os coeficientes de segurança obtidos são adequados às hipóteses de carregamento consideradas;
- Os recalques estimados situam-se muito abaixo dos limites admissíveis usuais para estruturas metálicas apoiadas em fundações superficiais;
- A armadura adotada apresenta taxa superior à mínima normativa, garantindo desempenho satisfatório quanto à fissuração e durabilidade;
- As verificações de punção evidenciam ampla margem de segurança.

No que se refere às instalações industriais, os módulos metálicos horizontais aéreos com bacia de contenção integrada atendem às exigências da ABNT NBR 15461, devendo possuir certificação válida do INMETRO. O sistema elétrico, o SPDA e as interligações equipotenciais deverão observar rigorosamente a ABNT NBR 5419, bem como as normas aplicáveis a áreas classificadas e inflamáveis, incluindo a NR-20.

Ressalta-se que as verificações geotécnicas apresentadas possuem caráter preliminar e deverão ser confirmadas por investigação de campo (sondagem SPT ou equivalente), antes da execução definitiva das fundações, conforme boas práticas de engenharia.

Dessa forma, o conjunto de soluções técnicas especificadas neste Memorial Descritivo demonstra coerência técnica, segurança estrutural, compatibilidade operacional e atendimento às exigências regulamentares da ANP, do Corpo de Bombeiros e demais órgãos competentes, estando apto a subsidiar o processo licitatório, a execução contratual e a posterior operação do sistema.

O presente documento consolida, portanto, os parâmetros técnicos mínimos de desempenho, segurança, controle tecnológico e conformidade normativa para a implantação da instalação de armazenamento e abastecimento de combustíveis com capacidade total de 60.000 litros, composta por quatro tanques metálicos aéreos de 15.000 litros cada, sendo dois destinados à gasolina e dois ao óleo diesel.

Rio de Janeiro, (Vide assinatura eletrônica no sistema).

MARLOS FELIPE DOS SANTOS Cel Int
Chefe do Grupamento de Apoio dos Afonsos.
(assinado eletronicamente)

ALEXANDRE **SANCHES** DA SILVA Cel Int
Chefe da Subdivisão de Infraestrutura
(assinado eletronicamente)

JÚLIO CÉSAR **LOPES** SIMÕES 2º Ten. QOCON CIV
Engenheiro Civil CREA-RJ 2014118434
FISCAL DA OBRA
(assinado eletronicamente)



MINISTÉRIO DA DEFESA
COMANDO DA AERONÁUTICA

CONTROLE DE ASSINATURAS ELETRÔNICAS DO DOCUMENTO

Documento:	MEMORIAL DESCRITIVO POSTO
Data/Hora de Criação:	24/02/2026 19:29:39
Páginas do Documento:	23
Páginas Totais (Doc. + Ass.)	24
Hash MD5:	fcff49caf85b6a073a2cc742352af2cd
Verificação de Autenticidade:	https://autenticidade-documento.sti.fab.mil.br/assinatura

Este documento foi assinado e conferido eletronicamente com fundamento no artigo 6º, do Decreto nº 8.539 de 08/10/2015 da Presidência da República pelos assinantes abaixo:

Assinado via ASSINATURA CADASTRAL por 2º Ten JÚLIO CÉSAR LOPES SIMÕES no dia 24/02/2026 às 17:08:49 no horário oficial de Brasília.

Assinado via ASSINATURA CADASTRAL por Cel ALEXANDRE SANCHES DA SILVA no dia 24/02/2026 às 18:42:43 no horário oficial de Brasília.

Assinado via ASSINATURA CADASTRAL por Major EVANDRO PRESOTTI no dia 25/02/2026 às 13:41:27 no horário oficial de Brasília.

Assinado via ASSINATURA CADASTRAL por Terceiro Sargento DANIELLE LOPES ROQUE no dia 25/02/2026 às 15:07:42 no horário oficial de Brasília.

Assinado via ASSINATURA CADASTRAL por Cap EDUARDO JÚNIOR DA SILVA MARQUES no dia 25/02/2026 às 16:12:44 no horário oficial de Brasília.

Assinado via ASSINATURA CADASTRAL por Ten Cel Int HORACIO FERNANDO PINTO no dia 04/03/2026 às 08:57:04 no horário oficial de Brasília.

CONTROLE DE ASSINATURAS ELETRÔNICAS DO DOCUMENTO