



	<b>EMPRESA MARANHENSE DE ADMINISTRAÇÃO PORTUÁRIA</b> <b>E M A P</b> GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO			
	TÍTULO: <b>RELATÓRIO – PROJETO CONCEITUAL</b> <b>SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DOS BERÇOS 101 E 102</b>			
	PROJETO: <b>Contratação de Empresa especializada para execução do Projeto de Recuperação estrutural dos Berços 103 e 106 (infra, meso e superestruturas) e Recuperação Catódica dos Berços 101 e 102, no Porto do Itaqui em São Luís – MA.</b>			
	Nº EMAP: 2017.14-RL-GER-1001-0004-R00	DATA: 08/2017	REVISÃO: 00	Nº FOLHA: 2 de 12

Nº PLANAVE: 1.16.137-OS-01/00 – RL-B01-E04-0002-A

## ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	OBJETIVO .....	3
3	DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA .....	3
3.1	DOCUMENTOS DO CLIENTE .....	3
3.2	NORMAS TÉCNICAS.....	3
3.3	PROJETO CONCEITUAL .....	3
4	DOCUMENTOS A SEREM DETALHADOS NO PROJETO EXECUTIVO.....	4
5	DESCRIÇÃO BÁSICA DO PROJETO.....	5
5.1	Estruturas a serem protegidas .....	5
5.2	Premissas .....	7
5.3	Parâmetros a serem utilizados na memória de cálculo .....	7
6	MEMÓRIA DE CÁLCULO BÁSICA.....	8
6.1	Metodologia de cálculo.....	8
6.2	Área ser protegida.....	8
6.3	Cálculo da corrente de proteção.....	8
6.4	Cálculo da massa anódica .....	9
7	PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO E MONTAGEM.....	9
7.1	Fixação dos anodos .....	9
7.2	Interligação elétrica entre as estruturas a serem protegidas.....	9
8	PRÉ OPERAÇÃO .....	10
9	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO .....	10
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	10
11	LISTA DE MATERIAIS .....	11

	<b>EMPRESA MARANHENSE DE ADMINISTRAÇÃO PORTUÁRIA</b> <b>EMAP</b> GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO			
	TÍTULO: <b>RELATÓRIO – PROJETO CONCEITUAL</b> <b>SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DOS BERÇOS 101 E 102</b>			
	PROJETO: <b>Contratação de Empresa especializada para execução do Projeto de Recuperação estrutural dos Berços 103 e 106 (infra, meso e superestruturas) e Recuperação Catódica dos Berços 101 e 102, no Porto do Itaqui em São Luís – MA.</b>			
	Nº EMAP: 2017.14-RL-GER-1001-0004-R00	DATA: 08/2017	REVISÃO: 00	Nº FOLHA: 3 de 12

Nº PLANAVE: 1.16.137-OS-01/00 – RL-B01-E04-0002-A

## 1 INTRODUÇÃO

O presente documento tem como objetivo apresentar as premissas, métodos, critérios e procedimentos para o projeto básico do sistema de proteção catódica das estruturas metálicas submersas dos berços 101 e 102 do Porto de Itaqui em São Luís no Maranhão.

## 2 OBJETIVO

Apresentar o projeto básico do sistema de proteção catódica das estacas pranchas (gabiões e juntas) submersas dos berços 101 e 102 do Porto de Itaqui.

## 3 DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

### 3.1 DOCUMENTOS DO CLIENTE


- BNA/61.129/226.206/00/11.
- BNA/61.129/226.206/00/11.
- C107 E 109-DES-0101-11-001 REV 2.
- C107 E 109-DES-0101-11-003 REV 1.
- RP2402-001 REV C.

### 3.2 NORMAS TÉCNICAS

- DNV-RP-B401:2010 – Cathodic protection design.
- ABNT NBR 10387:2016 – Anodos de liga de alumínio para proteção catódica.
- NACE TM0497-2012 – Measurement Techniques Related to Criteria for Cathodic Protection on Underground or Submerged Metallic Piping Systems

### 3.3 PROJETO CONCEITUAL

- 2017.14-DS-GER-1001-0003-R00 – Projeto conceitual do sistema de proteção catódica dos berços 101 e 102 do Porto de Itaqui

	<b>EMPRESA MARANHENSE DE ADMINISTRAÇÃO PORTUÁRIA</b> <b>EMAP</b> GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO			
	TÍTULO: <b>RELATÓRIO – PROJETO CONCEITUAL</b> <b>SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DOS BERÇOS 101 E 102</b>			
	PROJETO: <b>Contratação de Empresa especializada para execução do Projeto de Recuperação estrutural dos Berços 103 e 106 (infra, meso e superestruturas) e Recuperação Catódica dos Berços 101 e 102, no Porto do Itaqui em São Luís – MA.</b>			
	Nº EMAP: 2017.14-RL-GER-1001-0004-R00	DATA: 08/2017	REVISÃO: 00	Nº FOLHA: 4 de 12

Nº PLANAVE: 1.16.137-OS-01/00 – RL-B01-E04-0002-A

#### 4 DOCUMENTOS A SEREM DETALHADOS NO PROJETO EXECUTIVO

O projeto executivo deverá tomar como base as premissas apresentadas no decorrer desse projeto básico e, pelo menos, os seguintes documentos devem ser apresentados:

- Lista de documentos: apresentar os documentos do projeto.
- Relatório de levantamento de campo: levantamento detalhado de todas as estruturas que serão protegidas.
- Memorial descritivo: descrição do sistema de proteção catódica a ser instalado.
- Memória de cálculo: dimensionamento do sistema de proteção catódica galvânico.
- Especificação técnica de instalação e montagem: procedimentos a serem adotados na instalação e montagem do sistema de proteção catódica.
- Especificação técnica de pré-operação: metodologia de medições e testes a serem adotadas após a instalação dos anodos galvânicos para verificar a eficiência do sistema de proteção catódica
- Especificação técnica de operação e manutenção: procedimentos de inspeção e manutenção a serem adotados durante a vida útil do sistema de proteção catódica.
- Lista de materiais: materiais necessários à montagem do sistema de proteção catódica.
- Desenho de distribuição geral e/ou detalhes: desenhos detalhados do sistema de proteção catódica.

	<b>EMPRESA MARANHENSE DE ADMINISTRAÇÃO PORTUÁRIA</b> <b>EMAP</b> GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO			
	TÍTULO: <b>RELATÓRIO – PROJETO CONCEITUAL</b> <b>SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DOS BERÇOS 101 E 102</b>			
	PROJETO: <b>Contratação de Empresa especializada para execução do Projeto de Recuperação estrutural dos Berços 103 e 106 (infra, meso e superestruturas) e Recuperação Catódica dos Berços 101 e 102, no Porto do Itaqui em São Luís – MA.</b>			
	Nº EMAP: 2017.14-RL-GER-1001-0004-R00	DATA: 08/2017	REVISÃO: 00	Nº FOLHA: 5 de 12

Nº PLANAVE: 1.16.137-OS-01/00 – RL-B01-E04-0002-A

## 5 DESCRIÇÃO BÁSICA DO PROJETO

### 5.1 Estruturas a serem protegidas

O sistema de proteção catódica deverá considerar os gabiões e juntas do G1 ao G5 e do G14 ao G22, dos berços 101 e 102, em sua face submersa voltada para o canal de navegação.

Em função de alguns gabiões estarem desativados (G6 ao G13) e não terem mais função alguma, estes podem ser desconsiderados no projeto executivo (caso esta seja a decisão do cliente final). Estes não serão considerados no projeto básico.

A princípio as estacas tubulares com camisa metálica perdida não serão protegidas catódicamente. Entretanto, caso o cliente final decida por protegê-las, estas deverão ser incorporadas ao projeto executivo.

Para fins de cálculo, será considerada uma porção submersa linear de 12 metros para as estacas prancha.

Para fins de cálculo, será considerada uma porção enterrada (cravada) linear de 3 metros abaixo do fundo do mar.

A tabela 1 a seguir contém as quantidades e áreas consideradas no projeto básico.

	<b>EMPRESA MARANHENSE DE ADMINISTRAÇÃO PORTUÁRIA</b> <b>EMAP</b> GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO			
	TÍTULO: <b>RELATÓRIO – PROJETO CONCEITUAL</b> <b>SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DOS BERÇOS 101 E 102</b>			
	PROJETO: <b>Contratação de Empresa especializada para execução do Projeto de Recuperação estrutural dos Berços 103 e 106 (infra, meso e superestruturas) e Recuperação Catódica dos Berços 101 e 102, no Porto do Itaqui em São Luís – MA.</b>			
	Nº EMAP: 2017.14-RL-GER-1001-0004-R00	DATA: 08/2017	REVISÃO: 00	Nº FOLHA: 6 de 12

Nº PLANAVE: 1.16.137-OS-01/00 – RL-B01-E04-0002-A

*Nota: as profundidades submersa e cravada devem ser confirmadas no projeto executivo.*

Tabela 1 – quantidade e áreas

Gabião (G) Junta (J)	Qtd. de estacas	Estaca tipo T1 - 30cm de largura	Estaca tipo T2 - 40cm de largura	Prof. média considerad a (m)	Prof. cravada considerad a (m)	Área total T1 submersa (m <sup>2</sup> )	Área total T2 submersa (m <sup>2</sup> )	Área total T1 cravada (m <sup>2</sup> )	Área total T2 cravada (m <sup>2</sup> )
G1	50	25	25	12	3	90	120	22,5	30
J G1/G2	10	5	5	12	3	18	24	4,5	6
G2	35	18	17	12	3	64,8	81,6	16,2	20,4
J G2/G3	8	4	4	12	3	14,4	19,2	3,6	4,8
G3	41	21	40	12	3	75,6	192	18,9	48
J G3/G4	9	5	4	12	3	18	19,2	4,5	4,8
G4	41	21	20	12	3	75,6	96	18,9	24
J G4/G5	11	6	5	12	3	21,6	24	5,4	6
G5	45	23	22	12	3	82,8	105,6	20,7	26,4
G14	41	21	20	12	3	75,6	96	18,9	24
J G14/G15	11	6	5	12	3	21,6	24	5,4	6
G15	41	21	20	12	3	75,6	96	18,9	24
J G15/G16	11	6	5	12	3	21,6	24	5,4	6
G16	41	21	20	12	3	75,6	96	18,9	24
J G16/G17	9	5	4	12	3	18	19,2	4,5	4,8
G17	41	21	20	12	3	75,6	96	18,9	24
J G17/G18	9	5	4	12	3	18	19,2	4,5	4,8
G18	41	21	20	12	3	75,6	96	18,9	24
J G18/G19	9	5	4	12	3	18	19,2	4,5	4,8
G19	41	21	20	12	3	75,6	96	18,9	24
J G19/G20	11	6	5	12	3	21,6	24	5,4	6
G20	43	22	21	12	3	79,2	100,8	19,8	25,2
J G20/G21	5	3	2	12	3	10,8	9,6	2,7	2,4
G21	45	23	22	12	3	82,8	105,6	20,7	26,4
J G21/G22	9	5	4	12	3	18	19,2	4,5	4,8
G22	90	45	45	12	3	162	216	40,5	54

	<b>EMPRESA MARANHENSE DE ADMINISTRAÇÃO PORTUÁRIA</b> <b>EMAP</b> GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO			
	TÍTULO: <b>RELATÓRIO – PROJETO CONCEITUAL</b> <b>SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DOS BERÇOS 101 E 102</b>			
	PROJETO: <b>Contratação de Empresa especializada para execução do Projeto de Recuperação estrutural dos Berços 103 e 106 (infra, meso e superestruturas) e Recuperação Catódica dos Berços 101 e 102, no Porto do Itaqui em São Luís – MA.</b>			
	Nº EMAP: 2017.14-RL-GER-1001-0004-R00	DATA: 08/2017	REVISÃO: 00	Nº FOLHA: 7 de 12

Nº PLANAVE: 1.16.137-OS-01/00 – RL-B01-E04-0002-A

## 5.2 Premissas

O sistema de proteção catódica a ser instalado para a proteção contra a corrosão das estacas prancha dos gabiões/Juntas, na porção submersa, será realizada através de anodos galvânicos em liga de alumínio. Estes anodos devem estar em conformidade com a norma brasileira ABNT NBR 10387 em sua última versão.

O sistema de proteção catódica deverá ser dimensionado para uma vida útil de 15 anos.

O critério de proteção adotado para o sistema de proteção catódica será: potenciais mais negativos do que -0,80 V, em relação ao eletrodo de referência Ag/AgCl, conforme recomenda a NACE TM0497.

As estacas prancha possuem revestimento anticorrosivo em coal-tar deteriorado.

Os anodos deverão ser fixados diretamente nas estacas. A melhor forma de fixação deverá ser definida no projeto executivo.

## 5.3 Parâmetros a serem utilizados na memória de cálculo

- Material dos anodos: liga de alumínio.
- Vida útil dos anodos: 15 anos.
- Densidade de corrente para as estruturas submersas:
  - Inicial: 150 mA/m<sup>2</sup>;
  - Média: 70 mA/m<sup>2</sup>;
  - Final: 100 mA/m<sup>2</sup>.
- Densidade de corrente para as estruturas enterradas (cravadas no fundo do mar):
  - Inicial/média/final: 20 mA/m<sup>2</sup>.
- Capacidade de corrente do anodo: 2.200 Ah/kg.
- Fator de utilização dos anodos: 85%.

	<b>EMPRESA MARANHENSE DE ADMINISTRAÇÃO PORTUÁRIA</b> <b>E M A P</b> GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO			
	TÍTULO: <b>RELATÓRIO – PROJETO CONCEITUAL</b> <b>SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DOS BERÇOS 101 E 102</b>			
	PROJETO: <b>Contratação de Empresa especializada para execução do Projeto de Recuperação estrutural dos Berços 103 e 106 (infra, meso e superestruturas) e Recuperação Catódica dos Berços 101 e 102, no Porto do Itaqui em São Luís – MA.</b>			
	Nº EMAP: 2017.14-RL-GER-1001-0004-R00	DATA: 08/2017	REVISÃO: 00	Nº FOLHA: 8 de 12

Nº PLANAVE: 1.16.137-OS-01/00 – RL-B01-E04-0002-A

- Eficiência do revestimento: 30%.
- Fator de segurança: máx. 10%.

## 6 MEMÓRIA DE CÁLCULO BÁSICA

### 6.1 Metodologia de cálculo

A metodologia de cálculo a ser adotada no projeto executivo deverá estar de acordo com a DNV-RP-B401.

Alternativamente, por experiência da projetista, outra metodologia de cálculo pode ser adotada, desde que aprovadas pelo cliente final.

### 6.2 Área ser protegida

As seguintes áreas unitárias, para cada tipo de estaca, serão consideradas:

- Estaca prancha tipo 1 (0,3 m de largura):
- Submersa: 3,6 m<sup>2</sup>;
- Cravada: 0,9 m<sup>2</sup>.
- Estaca prancha tipo 2 (0,4 m de largura):
- Submersa: 4,8 m<sup>2</sup>;
- Cravada: 1,2 m<sup>2</sup>.

### 6.3 Cálculo da corrente de proteção

Utilizando-se a metodologia de cálculo proposta pela DNV-RP-B401 e considerando-se os parâmetros indicados no item 5.2, temos a seguinte corrente média de proteção:

- Estaca do tipo 1: 0,20 A;
- Estaca do tipo 2: 0,28 A

No projeto executivo, deve-se calcular a corrente inicial e final para fins de verificação do dimensionamento dos anodos.



	<b>EMPRESA MARANHENSE DE ADMINISTRAÇÃO PORTUÁRIA</b> <b>EMAP</b> GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO			
	TÍTULO: <b>RELATÓRIO – PROJETO CONCEITUAL</b> <b>SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DOS BERÇOS 101 E 102</b>			
	PROJETO: <b>Contratação de Empresa especializada para execução do Projeto de Recuperação estrutural dos Berços 103 e 106 (infra, meso e superestruturas) e Recuperação Catódica dos Berços 101 e 102, no Porto do Itaqui em São Luís – MA.</b>			
	Nº EMAP: 2017.14-RL-GER-1001-0004-R00	DATA: 08/2017	REVISÃO: 00	Nº FOLHA: 9 de 12

Nº PLANAVE: 1.16.137-OS-01/00 – RL-B01-E04-0002-A

#### 6.4 Cálculo da massa anódica

A massa anódica é definida em função da corrente média que foi calculada.

Adotando-se a metodologia da DNV-RP-B401, temos a seguinte massa anódica mínima por estaca prancha:

- Estaca do tipo 1: 15 kg;
- Estaca do tipo 2: 21 kg.

Considerando-se os cálculos básicos, o tipo de anodo de alumínio da norma brasileira ABNT NBR 10387 recomendado será: “AQS-20 de alma curva” para a estaca tipo 1 e “AQS-26 de alma curva” para a estaca tipo 2. Deverá ser soldado um anodo por estaca.

*Nota: a quantidade e formato final dos anodos deverão ser definidos no projeto executivo em função das estruturas que efetivamente serão protegidas. Alternativamente, pode-se utilizar um anodo com massa maior para proteger um grupo de estacas que possuam contato elétrico entre si ou um anodo menor se a área da estaca a ser protegida estiver reduzida.*

## 7 PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO E MONTAGEM

### 7.1 Fixação dos anodos

Os anodos devem ser soldados diretamente nas estruturas metálicas submersas, tomando-se o cuidado para que fiquem posicionados a pelo menos 3 metros abaixo da maré mínima. O procedimento de soldagem mais adequado deve ser definido no projeto executivo.

### 7.2 Interligação elétrica entre as estruturas a serem protegidas.

Como definiu-se que o projeto será por proteção catódica galvânica, não será necessário interligar todas as estruturas. Entretanto cada estrutura isolada deve receber quantidade de anodo suficiente para garantir sua proteção contra corrosão.

	<b>EMPRESA MARANHENSE DE ADMINISTRAÇÃO PORTUÁRIA</b> <b>EMAP</b> GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO			
	TÍTULO: <b>RELATÓRIO – PROJETO CONCEITUAL</b> <b>SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DOS BERÇOS 101 E 102</b>			
	PROJETO: <b>Contratação de Empresa especializada para execução do Projeto de Recuperação estrutural dos Berços 103 e 106 (infra, meso e superestruturas) e Recuperação Catódica dos Berços 101 e 102, no Porto do Itaqui em São Luís – MA.</b>			
	Nº EMAP: 2017.14-RL-GER-1001-0004-R00	DATA: 08/2017	REVISÃO: 00	Nº FOLHA: 10 de 12

Nº PLANAVE: 1.16.137-OS-01/00 – RL-B01-E04-0002-A

Caso verifique-se que a necessidade de interligação, esta deve ser feita com cabos elétrico e solda exotérmica. A bitola mínima do cabo de interligação deve ser de 16 mm<sup>2</sup>. Alternativamente pode-se utilizar barras de aço ou vergalhão para fazer a interligação.

## 8 PRÉ OPERAÇÃO

O procedimento definitivo de pré operação deve ser definido no projeto executivo.

Antes de se instalar os anodos, é recomendável que os potenciais naturais das estacas sejam medidos.

Após a instalação dos anodos e após o período de polarização das estacas (pelo menos 30 dias após instalação dos anodos), o potencial das estacas deve estar mais negativo do que - 0,80 V em relação ao eletrodo de referência de prata/cloreto de prata. Este deve ser o critério de proteção adotado para a proteção das estacas.

*Nota: caso o potencial não atinja este valor, deve-se instalar mais anodos.*

## 9 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

O procedimento de operação e manutenção do sistema de proteção catódica será definido no projeto executivo.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As premissas apresentadas para serem utilizadas no projeto executivo devem ser confirmadas e validadas.

O projeto do sistema de proteção catódica não contempla nenhum cálculo estrutural, logo, após definida a massa final (quantidade de anodos) por estrutura, caberá ao responsável

	<b>EMPRESA MARANHENSE DE ADMINISTRAÇÃO PORTUÁRIA</b> <b>EMAP</b> GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO			
	TÍTULO: <b>RELATÓRIO – PROJETO CONCEITUAL</b> <b>SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DOS BERÇOS 101 E 102</b>			
	PROJETO: <b>Contratação de Empresa especializada para execução do Projeto de Recuperação estrutural dos Berços 103 e 106 (infra, meso e superestruturas) e Recuperação Catódica dos Berços 101 e 102, no Porto do Itaqui em São Luís – MA.</b>			
	Nº EMAP: 2017.14-RL-GER-1001-0004-R00	DATA: 08/2017	REVISÃO: 00	Nº FOLHA: 11 de 12

Nº PLANAVE: 1.16.137-OS-01/00 – RL-B01-E04-0002-A

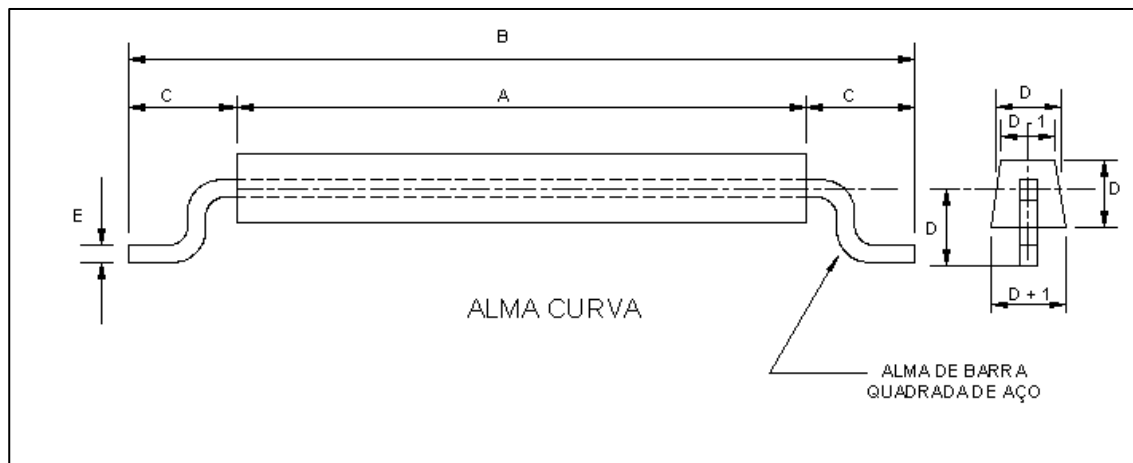
pelo empreendimento definir se as massas a serem utilizadas comprometem ou não as estruturas.

Deve-se solicitar a última versão dos desenhos das estruturas metálicas do porto para execução do projeto executivo.

## 11 LISTA DE MATERIAIS

A quantidade final de anodos deverá ser definida no projeto executivo.

Os anodos a serem utilizados devem ser em liga de alumínio do tipo AQS, conforme figura e tabela a seguir.



**Figura 1 – Anodo do tipo AQS**

Tipo	Dimensões (mm)					Massa líquida (kg)	Massa bruta (kg)
	A	B	C	D	E		
AQS-20	1825	2075	125	58,5	15,9	15,68	19,97
AQS-26	1825	2075	125	67,5	15,9	21,28	25,58

**Tabela – 1 – Dimensões dos anodos AQS**

	<b>EMPRESA MARANHENSE DE ADMINISTRAÇÃO PORTUÁRIA</b> <b>E M A P</b> GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO			
	TÍTULO: <b>RELATÓRIO – PROJETO CONCEITUAL</b> <b>SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DOS BERÇOS 101 E 102</b>			
	PROJETO: <b>Contratação de Empresa especializada para execução do Projeto de Recuperação estrutural dos Berços 103 e 106 (infra, meso e superestruturas) e Recuperação Catódica dos Berços 101 e 102, no Porto do Itaqui em São Luís – MA.</b>			
	Nº EMAP: 2017.14-RL-GER-1001-0004-R00	DATA: 08/2017	REVISÃO: 00	Nº FOLHA: 12 de 12

Nº PLANAVE: 1.16.137-OS-01/00 – RL-B01-E04-0002-A

**Tabela 2 – Lista de Material**

Item	Material	Quantidade
1	<p>Anodo de liga de alumínio do tipo AQS-20 de alma curva, de acordo com a norma brasileira ABNT NBR 10387 e com a seguinte composição química:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zn: 2,500 a 5,750</li> <li>• In: 0,016 a 0,040</li> <li>• Fe: 0,090 máx.</li> <li>• Si: 0,120 máx.</li> <li>• Cu: 0,003 máx.</li> <li>• Cd: 0,002 máx.</li> <li>• Outros elementos: 0,020 máx. (cada)</li> <li>• Al: restante</li> </ul>	385 un
2	<p>Anodo de liga de alumínio do tipo AQS-20 de alma curva, de acordo com a norma brasileira ABNT NBR 10387 e com a seguinte composição química:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zn: 2,500 a 5,750</li> <li>• In: 0,016 a 0,040</li> <li>• Fe: 0,090 máx.</li> <li>• Si: 0,120 máx.</li> <li>• Cu: 0,003 máx.</li> <li>• Cd: 0,002 máx.</li> <li>• Outros elementos: 0,020 máx. (cada)</li> <li>Al: restante</li> </ul>	383 un