



**AURORA**  
LITHIUM

QUADRANTE



# AURORA LITHIUM, S.A.

UNIDADE INDUSTRIAL DE CONVERSÃO DE LÍTIO

## PROJETO DE EXECUÇÃO ESTRUTURAS MEMÓRIA DESCRITIVA

Revisão 00

Lisboa, 17 de junho de 2024





**AURORA**  
LITHIUM

T2023-594-01-EX-EST-MD-001

ESTRUTURAS  
MEMÓRIA DESCRITIVA

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO
00	17/06/2024	Emissão inicial

## AURORA LITHIUM, S.A.

### UNIDADE INDUSTRIAL DE CONVERSÃO DE LÍTIO

PROJETO DE EXECUÇÃO

ESTRUTURAS

MEMÓRIA DESCRITIVA

#### ÍNDICE GERAL

<b><u>1</u></b>	<b><u>INTRODUÇÃO</u></b>	<b><u>4</u></b>
1.1	ÂMBITO .....	4
1.2	LOCALIZAÇÃO .....	5
<b><u>2</u></b>	<b><u>CÓDIGOS, NORMAS E ESPECIFICAÇÕES</u></b>	<b><u>6</u></b>
2.1	EUROCÓDIGOS .....	6
2.2	ESPECIFICAÇÕES DA AURORA LITHIUM .....	6
<b><u>3</u></b>	<b><u>MATERIAIS</u></b>	<b><u>7</u></b>
3.1	AÇO EM PERFIS E CHAPAS .....	7
3.2	BETÃO .....	7
3.3	AÇO EM VARÃO .....	7
<b><u>4</u></b>	<b><u>CRITÉRIOS BÁSICOS DE PROJETO</u></b>	<b><u>8</u></b>
4.1	PERÍODO DE VIDA ÚTIL, CLASSES DE FIABILIDADE, CONSEQUÊNCIA E EXECUÇÃO 8	
4.2	ENQUADRAMENTO GEOTÉCNICO .....	8
<b><u>5</u></b>	<b><u>AÇÕES DE CÁLCULO E COMBINAÇÕES DE AÇÕES</u></b>	<b><u>8</u></b>
5.1	AÇÕES DE CÁLCULO .....	8
5.1.1	CARGAS PERMANENTES .....	8
5.1.2	SOBRECARGAS .....	9
5.1.3	TEMPERATURA .....	9
5.1.4	NEVE .....	10
5.1.5	VENTO .....	10
5.1.6	SISMO .....	10
5.2	COMBINAÇÕES DE AÇÕES .....	11
<b><u>6</u></b>	<b><u>CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO</u></b>	<b><u>12</u></b>



**AURORA**  
LITHIUM

T2023-594-01-EX-EST-MD-001

ESTRUTURAS  
MEMÓRIA DESCRITIVA

<b>6.1 GERAL.....</b>	<b>12</b>
<b>6.2 VERIFICAÇÕES DE ESTABILIDADE.....</b>	<b>12</b>
<b>6.3 CONTROLO DE ASSENTAMENTOS .....</b>	<b>13</b>
<b>6.4 MODELOS DE CÁLCULO .....</b>	<b>13</b>
<b>6.5 CONSIDERAÇÕES GEOMÉTRICAS.....</b>	<b>16</b>
6.5.1 EDIFÍCIO DE ARMAZENAMENTO DE CONCENTRADO DE ESPODUMENA – DESCARGA/ALIMENTAÇÃO .....	16
6.5.2 ARMAZÉM DE SULFATO DE SÓDIO E HIDRÓXIDO DE LÍTIÓ .....	16
6.5.3 ARMAZÉM DE RESÍDUOS DE ALUMINOSSILICATOS E NEUTRALIZAÇÃO/REMOÇÃO DE IMPUREZAS.....	16
6.5.4 CONCENTRADO DE ÁCIDO – COBERTURA DE CALCINADO SULFATADO.....	17

## **AURORA LITHIUM, S.A.**

### **UNIDADE INDUSTRIAL DE CONVERSÃO DE LÍTIO**

#### **PROJETO DE EXECUÇÃO**

#### **ESTRUTURAS**

#### **MEMÓRIA DESCRITIVA**

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 ÂMBITO**

Este documento refere-se à memória de cálculo das estruturas e fundações dos seguintes equipamentos, tanques e armazéns da Unidade Industrial da Aurora.

- Tanques de Hidróxido de Sódio – Cáustico
- Tanques de Ácido Sulfúrico
- Concentrado de Ácido – Cobertura de Calcinado Sulfatado
- Área de Terras de Diatomáceas
- Área de Carbonato de Sódio
- Moínho de Bolas
- Filtragem de Lixiviação
- Tanques de Ácido Hidroclorídrico
- Armazém do Calcinado Sulfatado
- Área de Causticização
- Edifício de Armazenamento de Concentrado de Espodumena – Descarga/Alimentação
- Armazém de Sulfato de Lítio
- Tanques de Neutralização
- Tanques de Remoção de Impurezas
- Armazém de Sulfato de Sódio e Hidróxido de Lítio
- Armazém de Resíduos de Aluminossilicatos e Neutralização/Remoção de Impurezas
- Tanque de Neutralização
- Silo de Carbonato de Lítio
- Tanques de Remoção de Impurezas
- Tanque de Hidróxido de Lítio
- Tanques de Filtragem de Lixiviação
- Tanque de Resíduo de Sulfato de Sódio Anidro
- Tanque de Armazenagem de Calcários
- Subestações
- Reservatório de Água de Incêndio

## 1.2 LOCALIZAÇÃO

A Refinaria Aurora Lithium será localizada na baía industrial da SAPEC em Setúbal, Lisboa.

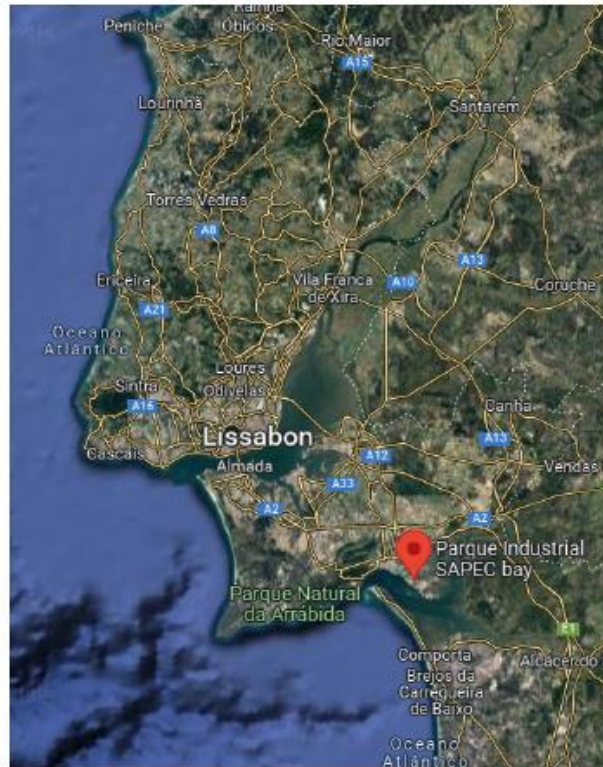


Figura 1.1 – Localização da Unidade Industrial de Conversão de Lítio Aurora Lithium

## **2 CÓDIGOS, NORMAS E ESPECIFICAÇÕES**

A conceção, materiais, mão-de-obra e ensaios devem ser efetuados de acordo com a última edição dos seguintes códigos, normas e especificações atuais (em caso de conflito entre eles, a ordem de precedência é a seguinte):

- Eurocódigos incluindo Anexos Nacionais Portugueses
- Especificações da Aurora Lithium
- Outras normas e regulamentos

### **2.1 EUROCÓDIGOS**

- NP EN 1990 – Eurocódigo 0 – Bases para o projeto de estruturas;
- NP EN 1991 – Eurocódigo 1 – Ações em estruturas;
- NP EN 1992 – Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de betão;
- NP EN 1993 – Eurocódigo 3 – Projeto de estruturas de aço;
- NP EN 1993 – Eurocódigo 6 – Projeto de estruturas de alvenaria;
- NP EN 1993 – Eurocódigo 7 – Projeto geotécnico;
- NP EN 1998 – Eurocódigo 8 – Projeto de estruturas para resistência aos sismos;
- NP EN 206 – Betão – Especificação, desempenho, produção e conformidade;
- NP EN 10025 – Produtos laminados a quente de aços de construção;
- NP EN 10056 – Cantoneiras de abas iguais e desiguais de aço de construção;
- NP EN 14399 – Elementos de ligação roscados de construção de alta resistência aptos a pré-esforço;
- NP EN 1090 – Especificações técnicas para estruturas de aço;

### **2.2 ESPECIFICAÇÕES DA AURORA LITHIUM**

- PO-ENG-AES-1400-101: Movimentos de Terras;
- PO-ENG-AES-1400-103: Estradas e Pavimentação;
- PO-ENG-AES-1400-105: Prospeção geotécnica;
- PO-ENG-AES-1400-106: Fundações de tanques de armazenagem;
- PO-ENG-AES-1700-102: Projeto estrutural;
- PO-ENG-AES-1700-103: Materiais de construção;
- PO-ENG-AES-1700-106: Resistência ao fogo;
- PO-ENG-AES-1800-101: Aço estrutural;

### 3 MATERIAIS

#### 3.1 AÇO EM PERFIS E CHAPAS

- O S275 JR será utilizado como aço estrutural para toda as estruturas, para secções laminadas a quente e elementos soldados.
- Porcas e parafusos devem ser de aço galvanizado de classe 8.8 e em conformidade com as normas EN ISSO 898-1 e EN 15048-1.

#### 3.2 BETÃO

As classes de resistência dos materiais de betão utilizados são os seguintes:

**Tabela 3.1 – Propriedades do betão utilizado**

Tipo	Classe	Classe de exposição	Diâmetro máximo agregado	Teor de cloretos
Betão de limpeza	C12/15	X0	20	Cl 1,0
Fundações (incluindo estacas)	C35/45	XA3	20	Cl 0,4
Superestrutura	C35/45	XA3	20	Cl 0,4

#### 3.3 AÇO EM VARÃO

De acordo com a NP EN 1992-1-1, LNEC E 450 e LNEC E 460, o tipo de aço para armaduras em betão deverá ser A500 NR.

Os valores do recobrimento mínimo nominal das armaduras em betão, de acordo com a norma NP EN 1992-1-1 §4.4.1.2 e a classe estrutural, devem ser:

**Tabela 3.2 – Recobrimentos nominais mínimos**

Elementos	C <sub>nom</sub>
Lajes, vigas e pilares	20 mm
Fundações	50 mm
Betão em contacto com água, solo e ar exterior	50 mm
Betão não exposto ao contacto com o terreno ou com o ar exterior	50 mm
Betão em estacas	75 mm

Devem ser usados espaçadores por forma a assegurar estes valores de recobrimento.



## **4 CRITÉRIOS BÁSICOS DE PROJETO**

### **4.1 PERÍODO DE VIDA ÚTIL, CLASSES DE FIABILIDADE, CONSEQUÊNCIA E EXECUÇÃO**

Todas as estruturas devem ser projetadas para um período de vida útil de 50 anos.

Todas as estruturas devem ser de classe de fiabilidade RC2, classe de consequência CC2 e classe de execução EXC2 (exceção feita para vigas em ponte rolante em que a última deve ser EXC3).

### **4.2 ENQUADRAMENTO GEOTÉCNICO**

No que toca a trabalhos de prospeção geotécnica, foram realizadas 86 sondagens no local que permitiram recolher a seguinte informação acerca do cenário geotécnico:

1. Estrato superficial de aterro composto por areias finas granulares siltosas, com fragmentos de diferentes tamanhos e cores. Este aparece sobretudo na zona central, sul e sudeste da obra.
2. Estrato de aluviões de areias finas siltosas e argilosas castanhas, amarelas e cinzentas de espessuras entre 0.40m e 4.50m. Este aparece sobretudo na zona noroeste e este da obra.
3. Estrato argiloso composto por argilas arenosas por vezes intercalado com o estrato arenoso e identificado desde a zona central até à zona norte da obra.
4. Estrato arenoso composto por areias siltosas e argilosas identificado em todas as sondagens realizadas, por vezes intercalado com conglomerados ferruginosos.

O nível freático identificado varia entre os 4.9m e 11.6m de profundidade.

## **5 AÇÕES DE CÁLCULO E COMBINAÇÕES DE AÇÕES**

A definição das cargas de dimensionamento e combinações foi desenvolvida de acordo com as normas NP EN 1990 e NP EN-1991.

### **5.1 AÇÕES DE CÁLCULO**

#### **5.1.1 CARGAS PERMANENTES**

Cargas permanentes são todas aquelas que transferem uma ação à estrutura permanente ao longo do tempo, como é o caso do peso próprio dos elementos estruturais e outras cargas não estruturais associadas a acessórios que estão anexados à estrutura numa forma permanente, tais como equipamentos, tanques, chapas de pavimento, isolamentos, condutas, etc.

Considera-se um peso próprio do betão armado de 25.00 kN/m<sup>3</sup> e do aço estrutural de 78.50 kN/m<sup>3</sup>.

### 5.1.2 SOBRECARGAS

Devem ser considerados os seguintes valores mínimos de sobrecarga de utilização:

**Tabela 5.1 – Recobrimentos nominais mínimos**

<b>Sobrecargas</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
Plataformas de permutação de calor	5.00
Plataformas de gerador/compressor	10.00
Zonas de operação e serviços	4.00
Plataformas de acesso e passadiços	2.50
Áreas de armazenagem pesada	10.00
Áreas de armazenagem leve	5.00
Escadas públicas e de saída	5.00
Escadas da fábrica	3.00
Coberturas	0.40

### 5.1.3 TEMPERATURA

Os efeitos da temperatura nas estruturas são considerados com base nas indicações do Eurocódigo 1: Parte 1-5.

Restrições ao movimento das estruturas devem ser consideradas fruto duma variação de temperatura devido aos efeitos térmicos e retração do betão e do aço estrutural.

A tabela seguinte define a componente de variação uniforme de temperatura  $\Delta T_u$ , responsável pelos movimentos longitudinais do elemento, de dilatação ou contração:

**Tabela 5.2 – Variação uniforme de temperatura**

<b>PARÂMETRO</b>	<b>VERÃO</b>	<b>INVERNO</b>
Zona	B	B
Temperatura do ar à sombra ( $T_{\max}$   $T_{\min}$ )	40 °C	0 °C
$\eta$ (tem conta a orientação da superfície exterior)	1.0	
Temperatura do ar ambiente interior ( $T_{in}$ )	25 °C	18 °C
Temperatura do ar ambiente exterior ( $T_{out}$ )	$T_{\max} + 2 \text{ °C} = 42 \text{ °C}$	$T_{\min} = 0 \text{ °C}$

PARÂMETRO	VERÃO	INVERNO
Temperatura média dos elementos estruturais ( $T = (T_{in} + T_{out}) / 2$ )	33.5 °C	9.0 °C
Temperatura média inicial ( $T_0$ )	15 °C	
Variação uniforme de temperatura ( $\Delta T_u = T - T_0$ )	18.5 °C	-6.0 °C

#### 5.1.4 NEVE

De acordo com a norma NP EN 1991-1-3 a carga da neve de Setúbal corresponde à Zona Z3:

- $C_e = 1.00$  coeficiente de exposição
- $C_t = 1.00$  coeficiente térmico
- $\mu_i = 0.80$  coeficiente de forma
- Valor de carga característico  $s_k = 0.10 \text{ kN/m}^2$
- Valor de carga de dimensionamento  $s = 0.80 \times 1.00 \times 1.00 \times 0.10 = 0.08 \text{ kN/m}^2$

No entanto, numa forma simplificada e conservativa, uma carga de  $0.10 \text{ kN/m}^2$  é considerada.

#### 5.1.5 VENTO

A ação do vento é considerada segundo as expressões e os fatores indicados no Eurocódigo 1: Parte 1-4. Considera-se que a estrutura se encontra na zona B e categoria de terreno II, o que corresponde a uma velocidade de referência do vento  $v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$ .

**Tabela 5.3 – Valores de pressão de pico do vento em função da altura considerada**

Height (m)	Pressure (kN/m <sup>2</sup> )
0 to 10	1.08
10 to 20	1.34*
20 to 30	1.50
30 to 40	1.62

#### 5.1.6 SISMO

A ação do sismo é definida nos modelos de cálculo de acordo com a norma NP EN 1998-1 – Projeto de estruturas para resistência ao sismo.

O fator de importância para a análise sísmica é igual a 1.0 tendo em conta a tabela NA.II da NP EN 1998-1, pelo que os fatores de carga nas combinações sísmicas foram

considerados 1.0 na direção principal do sismo considerado e 0,30 na direção perpendicular secundária.

A ação sísmica proveniente dum aceleração imposta na base é representada por um espectro de resposta elástica para um amortecimento crítico de 5%.

Foram considerados dois espectros de resposta diferentes:

- Tipo 1: Sismo de magnitude elevada e de grande comprimento focal
  - a) País: Portugal;
  - b)  $a_g/g$ : 0.222
  - c) Direção: Horizontal;
  - d) Tipo de solo: C
  
- Tipo 2: Sismo de magnitude moderada e de pequeno comprimento focal
  - a) País: Portugal;
  - b) Direção: Horizontal;
  - c)  $a_g/g$ : 0.217
  - d) Tipo de solo: C

A componente vertical do sismo é desprezada uma vez que  $a_{vg} < 0,25 g$  (ver EN 1998-1 ponto 4.3.3.5.2)

## 5.2 COMBINAÇÕES DE AÇÕES

As combinações de ações utilizadas são subdivididas em categorias com base no tipo de estado limite considerado:

- ELS-EQU = Verificação de derrubamento e levantamento de fundações.
- ELS-STR/GEO = Verificação das tensões transmitidas pelas fundações ao terreno, verificação de deslizamento das fundações, Verificação da capacidade resistente de fundações, Verificação da capacidade resistente da superestrutura (globais e locais).
- ELS-Characterística = Deformações verticais e horizontais dos elementos estruturais, verificação das tensões nos elementos de betão.
- ELS-Frequente/Quase-permanente = Verificação de assentamentos das fundações, verificação do nível de fendilhação em elementos de betão.

As combinações de Estado Limite Último são obtidas utilizando as fórmulas seguintes:

- Combinações para situações de projeto persistentes ou não permanentes de acordo com a norma NP EN 1990 (6.10):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Combinações para situações de projeto acidentais de acordo com a norma NP EN 1990 (6.11b):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_d + (\psi_{1,1} \text{ or } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Combinações para situações de projeto sísmicas de acordo com a norma EN 1990 (6.12b):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + E + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

As combinações de Estado Limite de Serviço são obtidas utilizando as fórmulas seguintes:

- Combinação Característica EN 1990 (6.14b)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Combinação Frequente EN 1990 (6.15b)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Combinação Quase-permanente EN 1990 (6.16b)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Os coeficientes parciais utilizados nas expressões das combinações de Estado Limite de Serviço adotadas vêm descritos nas tabelas A1.1 e A1.4 da norma NP-EN 1990. Devem ser tomados como 1.0 exceto quando indicado na norma indicada.

## 6 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

### 6.1 GERAL

As fundações das estruturas são dimensionadas de acordo com a EN1997-1 e considerando os diferentes parâmetros anteriormente introduzidos no âmbito deste documento.

### 6.2 VERIFICAÇÕES DE ESTABILIDADE

Verificam-se situações de deslizamento e derrubamento de fundações para estados limites que envolvam ações sísmicas e do vento majoradas por coeficientes unitários.

O coeficiente de segurança a adotar para situações de derrubamento e deslizamento fruto da ação do vento é de 1.5, enquanto que para ações sísmicas deve ser de 1.25.

O coeficiente de atrito entre o terreno de fundação e o betão deve ser igual a  $\tan 3/4 \phi$  (sendo  $\phi$  igual ao ângulo de atrito interno do solo).

A fundação deverá ter pelo menos 90% da sua área em planta comprimida para verificação ao derrube em situações de projeto operacionais normais. Exceção feita para estruturas  $h/d > 10$  cuja fundação deve estar comprimida na sua totalidade.

### 6.3 CONTROLO DE ASSENTAMENTOS

Assentamentos totais e diferenciais devem ser inferiores aos valores máximos indicados na tabela seguinte e avaliados sob condição de Estado Limite de Serviço.

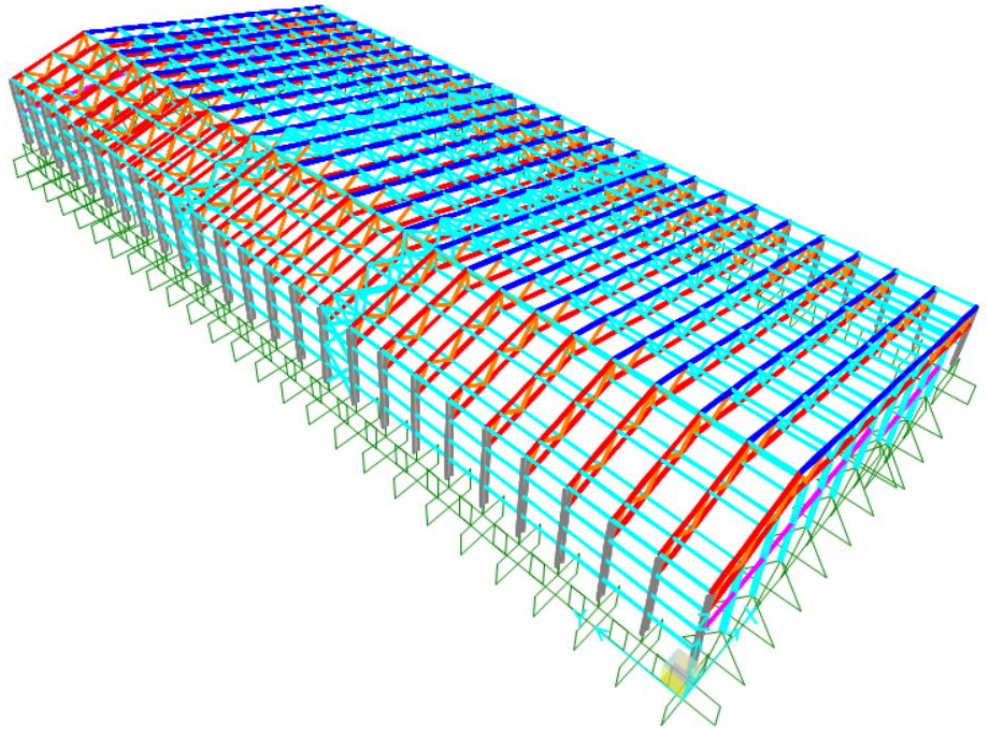
**Tabela 6.1 – Critérios de controlo de assentamentos**

<b>Tipo de fundação</b>	<b>Assentamento total [mm]</b>	<b>Assentamento diferencial [mm]</b>
Equipamentos e Tanques	25	15

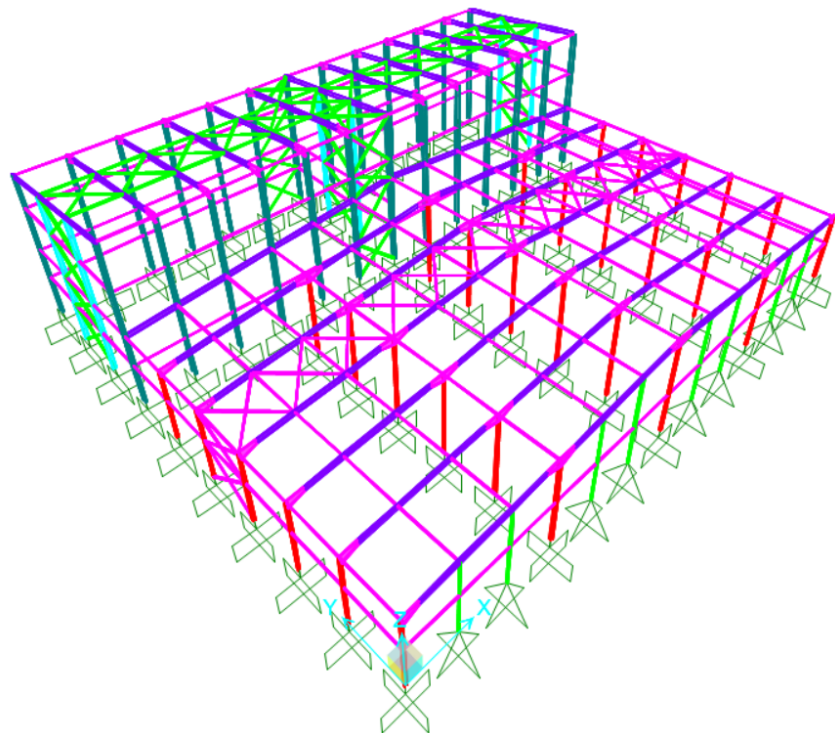
### 6.4 MODELOS DE CÁLCULO

As seguintes imagens representam os modelos de cálculo 3D desenvolvidos no programa *SAP2000 versão 24* das seguintes estruturas metálicas:

- Edifício de Armazenamento de Concentrado de Espodumena – Descarga/Alimentação
- Armazém de Sulfato de Sódio e Hidróxido de Lítio
- Armazém de Resíduos de Aluminossilicatos e Neutralização/Remoção de Impurezas
- Concentrado de Ácido – Cobertura de Calcinado Sulfatado

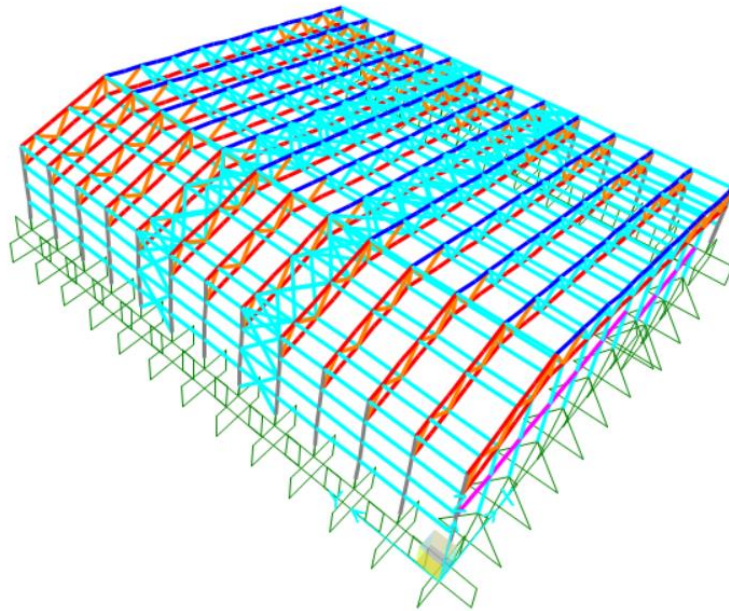


**Figura 6.2 – Modelo de Cálculo 3D: Edifício de Armazenamento de Concentrado de Espodumena – Descarga/Alimentação**

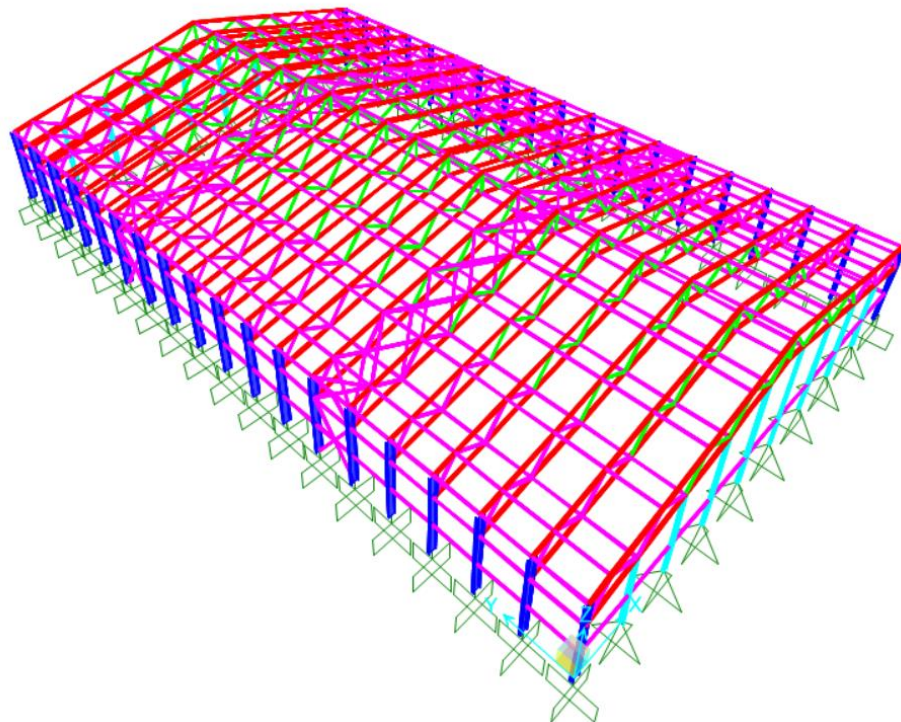


**Figura 6.3 – Modelo de Cálculo 3D: Armazém de Sulfato de Sódio e Hidróxido de Lítio**



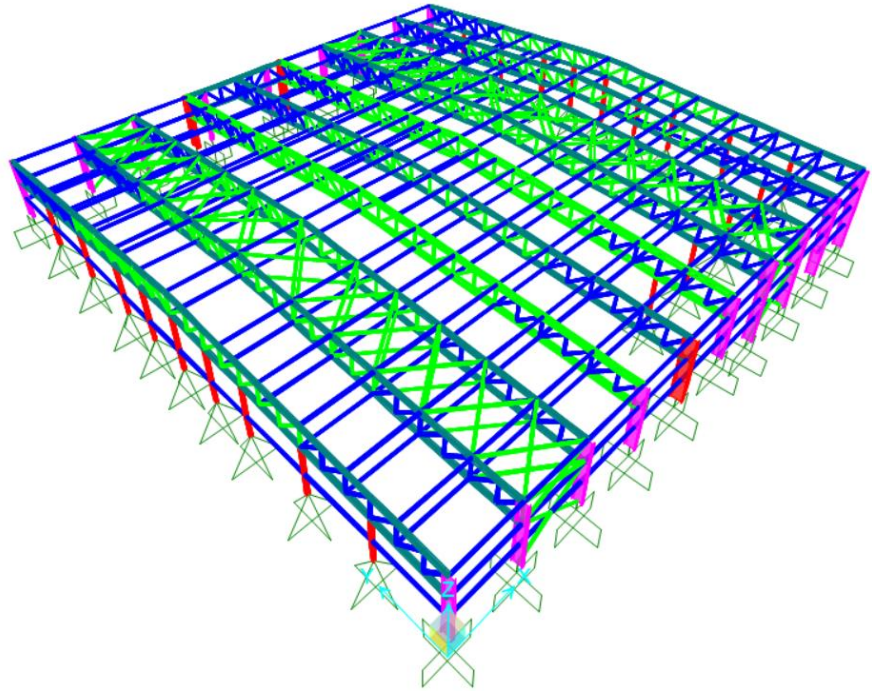


**Figura 6.4 – Modelo de Cálculo 3D: Armazém de Resíduos de Aluminossilicatos e Neutralização/Remoção de Impurezas – Edifício 1**



**Figura 6.5 – Modelo de Cálculo 3D: Armazém de Resíduos de Aluminossilicatos e Neutralização/Remoção de Impurezas – Edifício 2**





**Figura 6.6 – Modelo de Cálculo 3D: Concentrado de Ácido – Cobertura de Calcinado Sulfatado**

## 6.5 CONSIDERAÇÕES GEOMÉTRICAS

Dada à incerteza associada à definição da geometria em planta das estruturas metálicas mencionadas no subcapítulo anterior, apresentam-se de seguida as considerações mais importantes que possibilitaram a sua análise estrutural na presente fase do projeto.

### 6.5.1 EDIFÍCIO DE ARMAZENAMENTO DE CONCENTRADO DE ESPODUMENA – DESCARGA/ALIMENTAÇÃO

1. As dimensões em planta do edifício são 70.5mx143.8m (ao eixo);
2. Consideram-se 6 paredes estruturais de 50cm de espessura distanciadas de 28.8 metros;
3. Afastamento entre pórticos treliçados de 5.75m;

### 6.5.2 ARMAZÉM DE SULFATO DE SÓDIO E HIDRÓXIDO DE LÍTIU

1. As dimensões em planta do edifício são 78.0mx67.5m (ao eixo);
2. Cumeeira situada a 39.0m (78.0/2) da extremidade do edifício;
3. Afastamento entre pórticos treliçados de 7.50m numa direção e 6.50m na outra.

### 6.5.3 ARMAZÉM DE RESÍDUOS DE ALUMINOSSILICATOS E NEUTRALIZAÇÃO/REMOÇÃO DE IMPUREZAS

4. As dimensões em planta do edifício são 108.0mx67.5m (ao eixo);



5. Cumeeira situada a 33.8m (67.5/2) da extremidade do edifício;
6. Afastamento entre pórticos treliçados de 6.0m;

6.5.4 CONCENTRADO DE ÁCIDO – COBERTURA DE CALCINADO SULFATADO

1. As dimensões em planta do edifício são 64.8mx67.2m (ao eixo);
2. Cumeeira situada a 33.6m (67.2/2) da extremidade do edifício;
3. Afastamento entre pórticos treliçados de 7.2m;