

**CALB**

LITHIUM BATTERY GIGAFACTORY PLANT

**PROJETO DE EXECUÇÃO  
ESTUDO HIDROLÓGICO E  
HIDRÁULICO DA RIBEIRA DA BÊBEDA  
NOTA TÉCNICA**

Versão 00

Lisboa, 14 de julho de 2023



<b>VERSÃO</b>	<b>DATA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
00	14/07/2023	Primeira edição

**CALB****LITHIUM BATTERY GIGAFACORY PLANT****PROJETO DE EXECUÇÃO****ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DA RIBEIRA DA BÊBEDA****NOTA TÉCNICA****ÍNDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>INTENSE RAINFALL</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>3</b>	<b>FLOOD ANALYSIS</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>3.1</b>	<b>CONCENTRATION TIME</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>3.2</b>	<b>HEC-HMS MODEL</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>HYDRAULIC ANALYSIS</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>4.1</b>	<b>GENERAL CONSIDERATIONS</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>4.2</b>	<b>DATA BASE</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>4.3</b>	<b>GEOMETRY AND BOUNDARY CONDITIONS</b>	<b>10</b>
<b>4.4</b>	<b>RESULTS</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONS</b>	<b>15</b>

**ÍNDICE DE TABELAS**

Table 2.1 – Precipitation (mm) for different return periods (T) and durations (Sines udographic station 26D/01)	5
Table 3.1 – Flood peaks and volumes for several return periods on the Bêbeda stream	8

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figure 1.1 – Bêbeda stream basin	5
Figure 3.1 – Flood hydrographs for several return periods on the Bêbeda stream	7



Figure 3.2 – Precipitation hietogram and flood hydrograph for T=500 years on the Bêbeda stream .....	7
Figure 4.1 – Digital Model Terrain (ALOS 3D).....	11
Figure 4.2 – Hydraulic model calculations sections .....	11
Figure 4.3 – Flood map for a 10-year return period .....	12
Figure 4.4 – Flood map for a 20-year return period .....	13
Figure 4.5 – Flood map for a 50-year return period .....	13
Figure 4.6 – Flood map for a 100-year return period .....	14
Figure 4.7 – Flood map for a 500-year return period .....	14



## CALB

# LITHIUM BATTERY GIGAFACTORY PLANT

## PROJETO DE EXECUÇÃO

### ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DA RIBEIRA DA BÊBEDA

#### NOTA TÉCNICA

## 1 INTRODUÇÃO

O presente documento refere-se à análise das cheias na ribeira da Bêbeda de forma a avaliar o seu eventual impacto no projeto de drenagem da plataforma da fábrica (a área em análise corresponde aos cerca de 50 ha considerados para a 1ª fase de 15 GWh).

A análise de cheias efetuada compreende o desenvolvimento de um estudo hidrológico e hidráulico da ribeira da Bêbeda tendo em consideração os registos pluviométricos da estação udográfica de Sines (26D/01). Os caudais de cheia da ribeira de Bêbeda, para diferentes períodos de retorno (2, 10, 20, 50, 100 e 500 anos), foram estimados através do modelo HEC-HMS (desenvolvido pelo *US Army Corps of Engineers*), tendo por base o conceito de hidrograma unitário, que constitui a relação de transformação da precipitação em escoamento.

A bacia hidrográfica da ribeira de Bêbeda, definida num troço situado em frente da fábrica, tem uma área de cerca de 14,7 km<sup>2</sup> (Figura 1.1). A ribeira da Bêbeda desenvolve-se no sentido Este-Oeste e tem uma extensão de cerca de 10,7 km, desde a sua nascente até ao troço em estudo. Nesse trecho, a declividade da linha de água é de cerca de 0,022 m/m (2,18%).

Com o objetivo de avaliar o impacto das cheias da ribeira da Bêbeda no sistema de drenagem da fábrica, foi elaborado um modelo hidráulico 1D, que permite a análise dos níveis máximos de água na área de estudo, nomeadamente na margem esquerda da ribeira da Bêbeda.



Figura 1.1 – Bacia hidrográfica da ribeira da Bêbeda

## 2 PRECIPITAÇÕES INTENSAS

O cálculo dos hidrogramas de cheia para os períodos de retorno mencionados, no final de uma secção da ribeira da Bêbeda apresentada na figura acima, é efetuado através das precipitações.

A precipitação é caracterizada pelo período de retorno, pela duração, pelo intervalo de tempo e pela sua distribuição temporal. A partir da publicação “Análise de Fenómenos Extremos – Precipitações Intensas em Portugal Continental” (2001), elaborada por Cláudia Brandão, Rui Rodrigues e Joaquim Pinto da Costa para a “Direção dos Serviços de Recursos Hídricos”, foi recolhida e analisada informação relativa a precipitações intensas

Para a estação de referência mencionada, encontram-se indicadas na Tabela seguinte os valores de precipitação para diferentes períodos de retorno e durações. A estação de Sines situa-se aproximadamente a 8.0 km a sudoeste da plataforma da Fábrica.

Tabela 2.1 – Precipitação (mm) para diferentes períodos de retorno (T) e durações (Estação udográfica de Sines 26D/01)

T (anos)	30 min	60 min (1 h)	120 min (2 h)	180 min (3 h)	60 min (6 h)	1440 min (24 h)
2	13.7	16.7	20.3	22.7	27.7	40.7
10	21.2	26.3	32.1	36.1	44.1	60.7
20	24.0	30.0	36.7	41.3	50.5	68.3
50	27.7	34.8	42.7	48.0	58.9	78.7
100	30.4	38.4	47.1	53.0	65.0	85.9
500	36.8	46.5	57.1	64.3	78.9	103.2

### 3 METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DAS CHEIAS

#### 3.1 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração foi estimado pela aplicação das expressões de Temez e de Kirpich. O tempo de concentração ( $t_c$ ) adotado foi de 3 horas.

#### 3.2 MODELO HEC-HMS

Para a aplicação do modelo de transformação da precipitação em escoamento foi utilizado o software HEC-HMS do *US Army Corps of Engineers*, tendo por base o conceito do hidrograma unitário, o qual representa a relação de transformação da precipitação em escoamento em bacias hidrográficas. O hidrograma unitário combinado com valores adequados de precipitação permite gerar, para os períodos de retorno pretendidos, o caudal de ponta de cheia e o hidrograma de cheia respetivo. Em geral, considera-se que o período de retorno da cheia é o mesmo da precipitação que a origina. Adicionalmente, a metodologia utilizada na análise hidrológica das cheias contemplou as seguintes etapas

- Definição do número de escoamento da bacia hidrográfica em função das suas características geológicas e de uso do solo, com vista a considerar o método do *Soil Conservation Service (SCS)* na avaliação das perdas de água na bacia hidrográfica e, por conseguinte, na determinação da precipitação útil que contribui para o escoamento.
- Definição do hidrograma unitário do SCS, que exige como parâmetro o tempo de atraso ou tempo de *lag* (h), tendo sido adotado no presente estudo, para este parâmetro, um valor correspondente a 0,6 do tempo de concentração (t).

Optou-se neste estudo por se considerar fenómenos de precipitação com duração igual a 3 vezes o tempo de concentração da bacia em estudo.

A distribuição temporal da precipitação foi obtida pela aplicação do método dos blocos alternados usado pelo *Corps of Engineers*, incluído no modelo HEC-HMS.

Neste trabalho admitiu-se que as perdas na bacia hidrográfica seguiriam aproximadamente o modelo do SCS, que se baseia fundamentalmente na definição de um parâmetro, o número de escoamento (CN). Este parâmetro tem em conta fundamentalmente o tipo do solo e a sua ocupação e as condições antecedentes de humidade do solo. Considerou os valores de 9,4 mm e 84,4, respetivamente, para as perdas iniciais por infiltração e para o número de escoamento, correspondendo às condições antecedentes de humidade (AMC III).

Os hidrogramas de cheia obtidos são apresentados na figura seguinte, assim como os caudais de ponta de cheia e os volumes de cheia correspondentes.

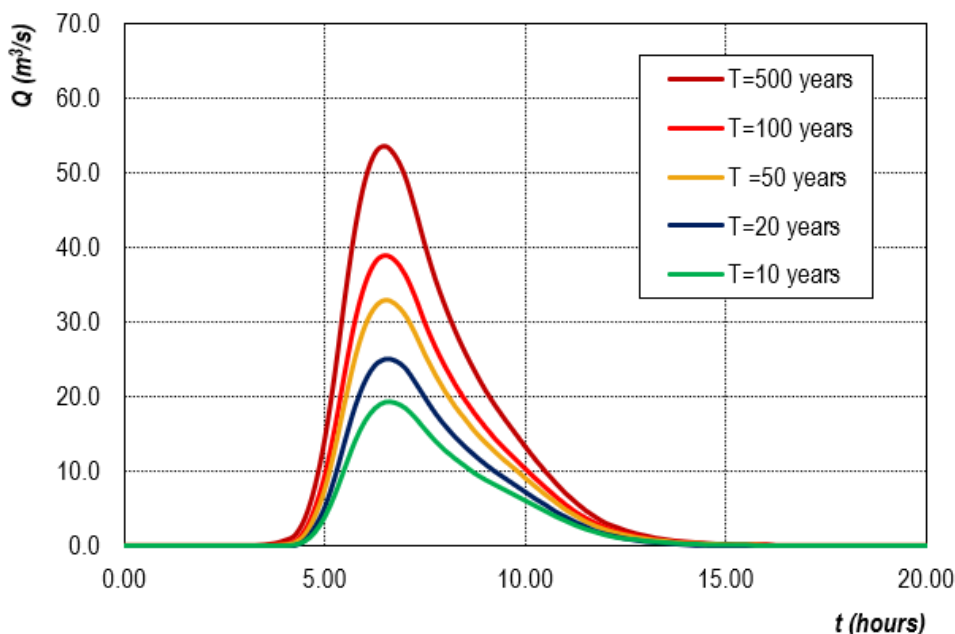


Figura 3.1 – Hidrograma de cheia para diferentes períodos de retorno na ribeira da Bêbeda

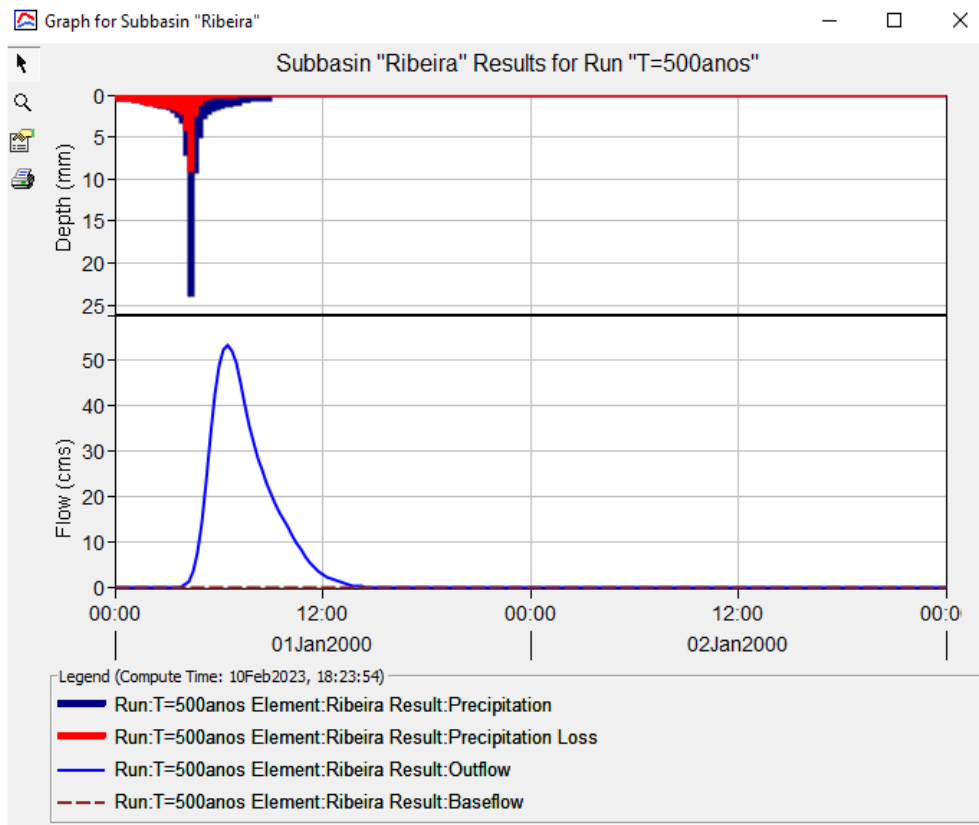


Figura 3.2 – Hietograma da precipitação e hidrograma de cheia para o período de retorno T=500 anos para a ribeira da Bêbeda



**Tabela 3.1 – Caudais e volumes de cheia para diferentes períodos de retorno na ribeira da Bêbeda**

<b>T</b> <b>(anos)</b>	<b>Q</b> <b>(m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>V</b> <b>(hm<sup>3</sup>)</b>
10	19.2	0.26
20	25.2	0.33
50	32.9	0.43
100	39.0	0.51
500	53.5	0.69

## 4 ESTUDO HIDRÁULICO

### 4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Neste capítulo, é apresentado o estudo de modelação hidráulica da área do projeto.

Com o objetivo de avaliar o impacto das cheias da ribeira da Bêbeda no sistema de drenagem da fábrica, foi elaborado um modelo hidráulico 1D, permitindo a análise dos níveis máximos de água na área de estudo, nomeadamente na margem esquerda da ribeira da Bêbeda.

Foram estudados os seguintes períodos de retorno: 10 anos, 20 anos, 50 anos, 100 anos e 500 anos.

A modelação foi realizada no *software* HEC-RAS versão 6.3 (agosto de 2022). O programa HEC-RAS (*River Analysis System*), de autoria do *Hydrologic Engineering Center of the United States Army Corps of Engineers*, permite a simulação de escoamentos (modelos unidimensionais, bidimensionais ou mistos 1D/2D) em regime variável e/ou regime permanente, através de uma rede de canais, considerando o princípio da conservação da massa (ou princípio da continuidade) e o princípio da conservação da quantidade de movimento, traduzido matematicamente através de um sistema de equações de derivadas parciais. O modelo lineariza as equações de Saint-Venant usando o método desenvolvido por Chen (1973) e, juntamente com as condições fronteira, resolve numericamente o sistema adaptando o algoritmo UNET desenvolvido por Barkaus (1992).

A simulação hidráulica dos fenómenos fluviais (em que se verifica uma influência recíproca entre o escoamento e a sua fronteira) é extremamente complexa, tendo como consequência o recurso a formulações físicas e matemáticas simplificadas para a resolução prática dos problemas. Pela análise das expressões analíticas, utilizadas no modelo HEC-RAS para o escoamento em regime permanente, foram identificadas as seguintes hipóteses simplificativas:

- Não é analisada a evolução temporal do fenómeno das cheias. Assim, os dados de entrada nas várias secções de cálculo são, para além da geometria do curso de água e coeficientes de perdas, os caudais de ponta de cheia e não os hidrogramas.
- O escoamento é gradualmente variado (distribuição hidrostática de pressões).
- O escoamento é unidirecional (a carga total é a mesma em todos os pontos da secção transversal).
- O declive longitudinal da linha de água é pequeno, podendo a altura do escoamento ser representada pelo valor lido na vertical.
- Assume-se que as simplificações admitidas neste modelo não introduzem erros significativos.

Os troços dos cursos de água em estudo correspondem a trechos de características marcadamente fluviais em que o escoamento se processa em regime lento, isto é, controlado pelos níveis de água a jusante.

O *software* considerado está interligado com *software* GIS, integrando modelos digitais de terreno, permitindo a integração de dados hidrológicos e o seu cálculo.

O modelo hidráulico selecionado para a propagação da onda de cheia está georreferenciado, o que permite tirar partido das diferentes ferramentas de visualização e cartografia e facilitar a integração com as restantes componentes do estudo.

A informação topográfica disponível foi integrada num modelo digital de terreno.

A componente de cálculo hidráulico utilizada foi unidimensional, com escoamento em regime permanente.

No presente capítulo é apresentada a descrição da construção do modelo, das condições fronteira e dos resultados da simulação.

#### 4.2 DADOS DE BASE

No desenvolvimento dos estudos hidráulicos, foram considerados os seguintes dados base:

- [1] Planta geral da fábrica.
- [2] Modelo digital do terreno, importado do ALOS World 3D – 30m, um conjunto de dados global gerado a partir de imagens coletadas usando o *Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping* (PRISM) a bordo do Satélite Avançado de Observação Terrestre (ALOS) de 2006 a 2011. Como descrito pela Agência de Exploração Aeroespacial do Japão: A Agência de Exploração Aeroespacial do Japão (JAXA) lança o conjunto de dados do modelo de superfície digital global (DSM) com uma resolução horizontal com malha de aprox. 30 metros (1 arcsec) gratuitamente. O conjunto de dados foi compilado com imagens adquiridas pelo Satélite Avançado de Observação de Terra "DAICHI" (ALOS). O conjunto de dados é publicado com base no conjunto de dados DSM (versão de malha de 5 metros) dos "Dados topográficos 3D mundiais", que são os dados de elevação em escala global mais precisos no momento, e a sua precisão de elevação é, também, de momento, líder de nível mundial como uma versão de malha de 30 metros. Espera-se que este conjunto de dados seja útil para pesquisa científica, educação, bem como para o setor de serviços privados que usa informações geoespaciais.

#### 4.3 GEOMETRIA DO MODELO E CONDIÇÕES DE FRONTEIRA

Para a elaboração do modelo geométrico dos cursos de água em estudo e suas margens, foram consideradas informações topográficas do ALOS World 3D. Além disso, foi também utilizado o *Google Earth Pro*.

O primeiro passo consistiu na definição de uma área de estudo, sobre o modelo digital do terreno já referido em 4.2 e apresentado na Figura 4.1.

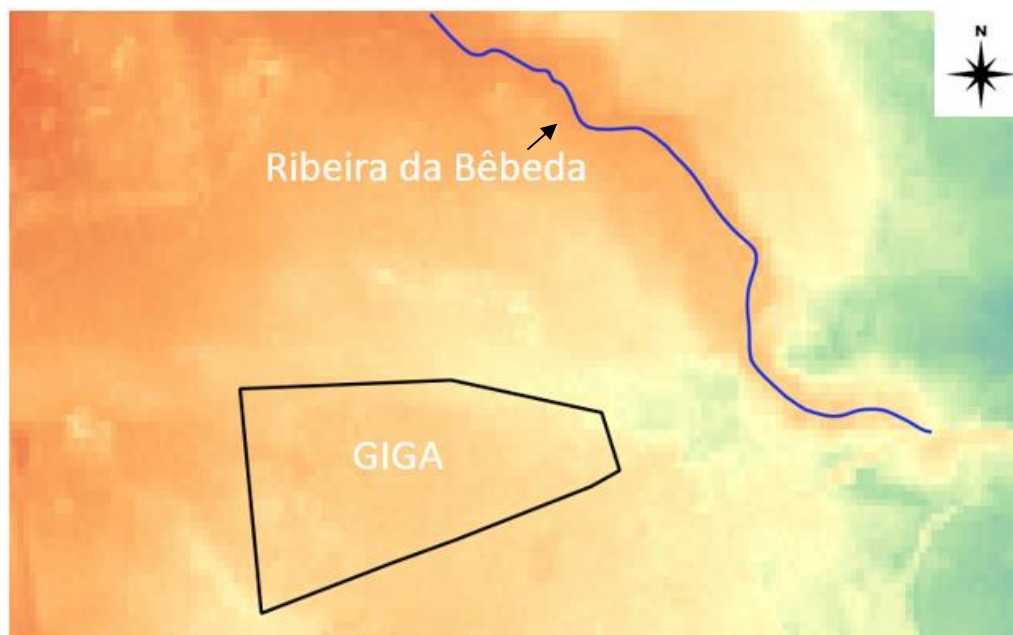


Figura 4.1 – Modelo digital do terreno (ALOS 3D)

Após inserir o DTM no modelo, foram criadas 17 seções transversais ao longo do curso de água, a fim de realizar o cálculo unidimensional das curvas de vazão. A primeira seção transversal localiza-se a jusante da autoestrada A26, e a última localiza-se num local onde a cheia já não tem influência sobre a área de estudo. Ambos os limites são adequados para garantir que as condições de fronteira, apresentadas a seguir (Figura 4.2), não afetam os resultados nas seções mais relevantes do estudo.

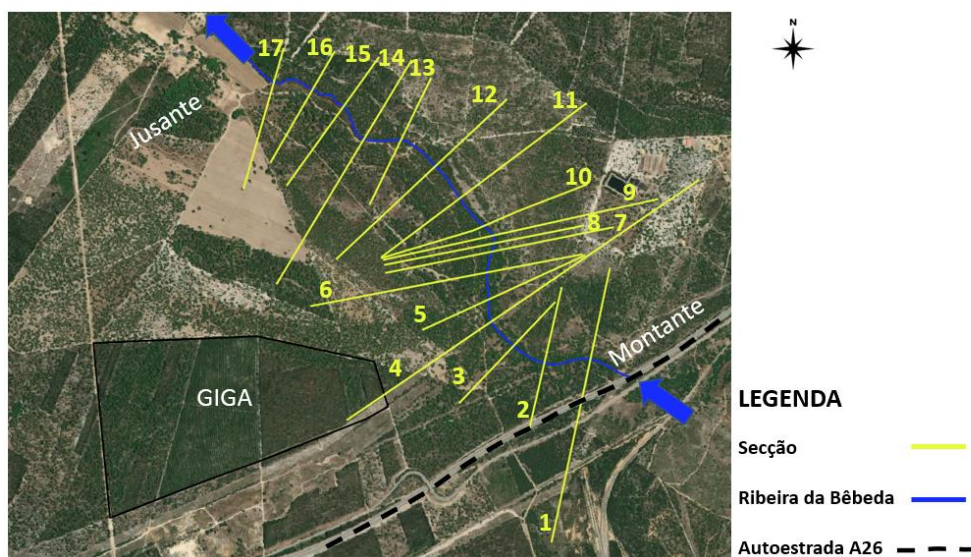


Figura 4.2 – Seções de cálculo do modelo hidráulico

Os coeficientes de rugosidade de Manning foram estabelecidos em função da geometria e do tipo de vegetação que ocupa o leito do rio, tendo sido adotado um coeficiente de Manning conservador de  $n = 0,05 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ , para toda a extensão do troço modelado.

Os coeficientes de perdas de carga no escoamento quando ocorre uma contração ou expansão são 0,1 e 0,3, valores típicos para transições graduais.

Para as condições de fronteira de montante e de jusante foi considerado o regime permanente com linha de energia de declive igual a 0,01 m/m.

#### 4.4 RESULTADOS

Dados os resultados da simulação, observa-se que as áreas de inundação não têm influência sobre a área de implantação da fábrica, para nenhum dos períodos de retorno em estudo. As figuras a seguir ilustram os mapas de inundação para períodos de retorno de 10, 20, 50, 100 e 500 anos.

Para período de retorno de 10 anos:

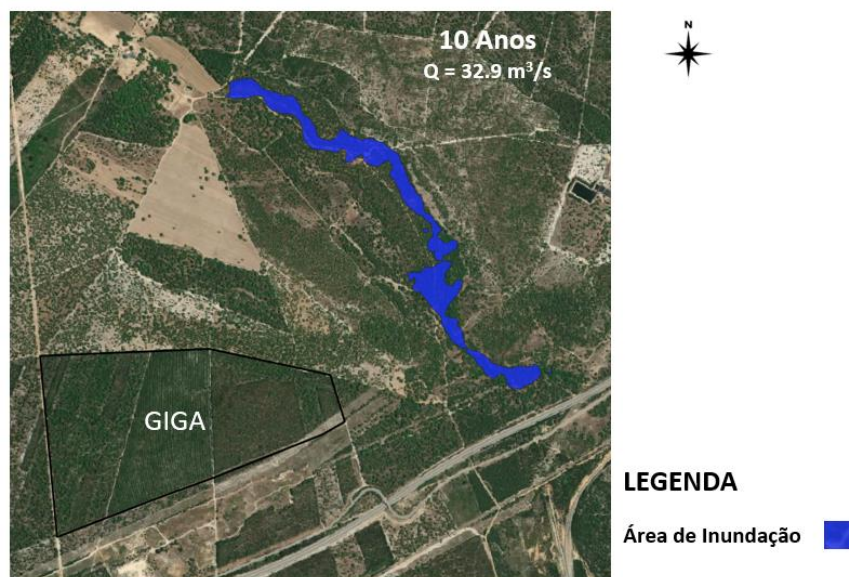


Figura 4.3 – Mapa de inundação para o período de retorno de 10-anos

Para período de retorno de 20 anos:

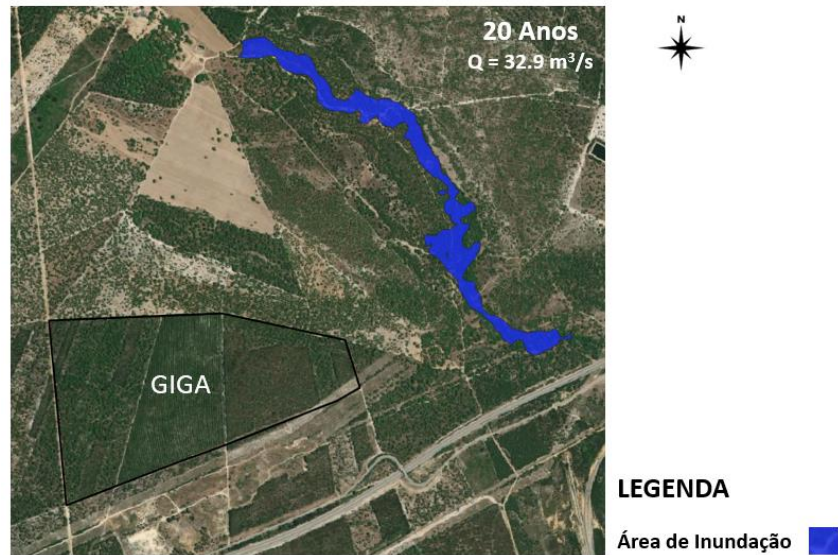


Figure 4.4 – Mapa de inundação para o período de retorno de 20-anos

Para período de retorno de 50 anos:

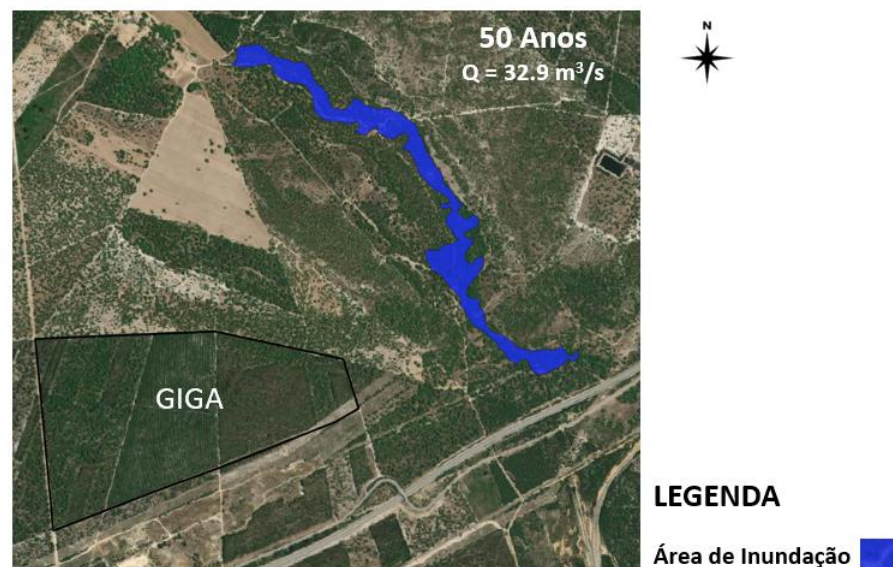


Figure 4.5 – Mapa de inundação para o período de retorno de 50-anos

Para período de retorno de 100 anos:

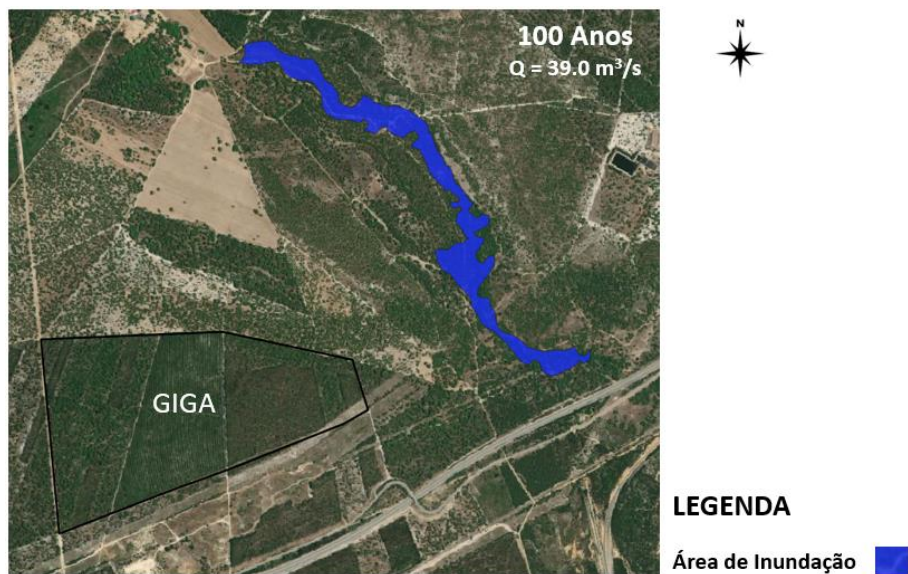


Figure 4.6 – Mapa de inundação para o período de retorno de 100-anos

Para período de retorno de 500 anos:

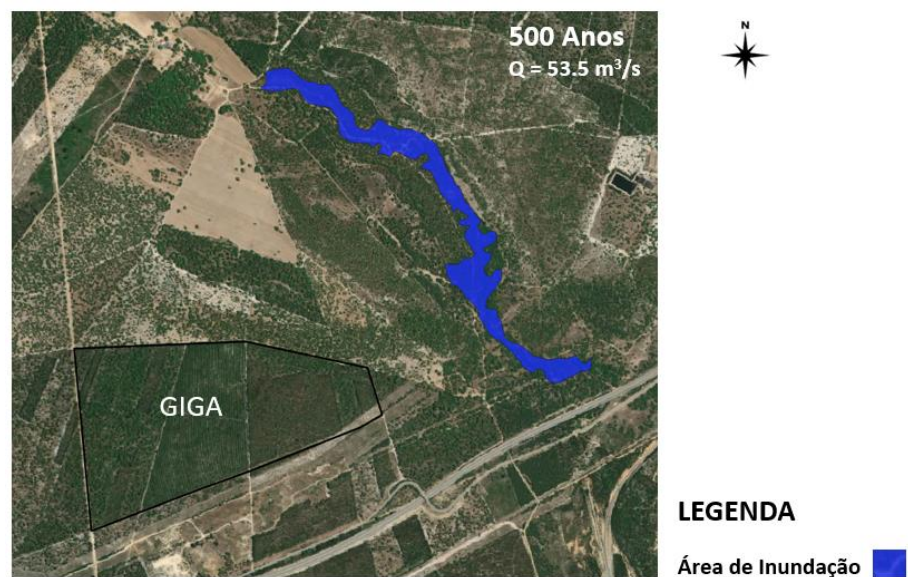


Figure 4.7 – Mapa de inundação para o período de retorno de 500-anos



## 5 CONCLUSÕES

Com o objetivo de avaliar o eventual impacto das cheias da ribeira da Bêbeda no projeto de drenagem da plataforma da fábrica, é apresentada uma panorâmica da bacia hidrográfica da ribeira da Bêbeda, bem como a estimativa de caudais e volumes de cheias, associados a diferentes períodos de retorno, e respetivos níveis de cheia.

Pode-se concluir que, para os períodos de retorno estudados nesta nota técnica, não se observa influência da cheia da ribeira da Bêbeda na área do projeto.