

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



VERSÃO	DATA	DESCRIÇÃO
00	14/07/2023	Primeira edição

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

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

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 km² (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.

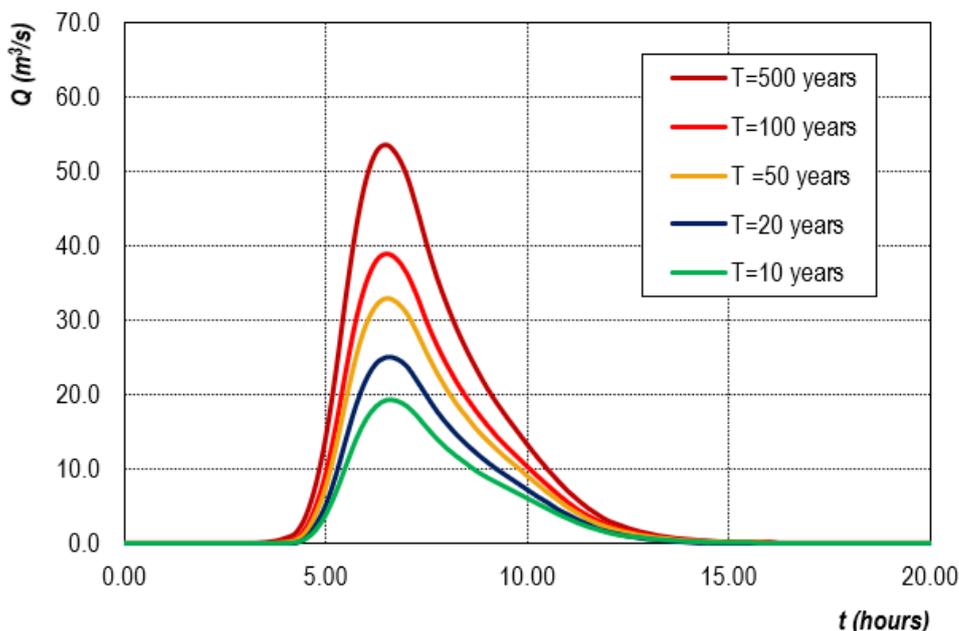


Figura 3.1 – Hidrograma de cheia para diferentes períodos de retorno na ribeira da Bêbeda

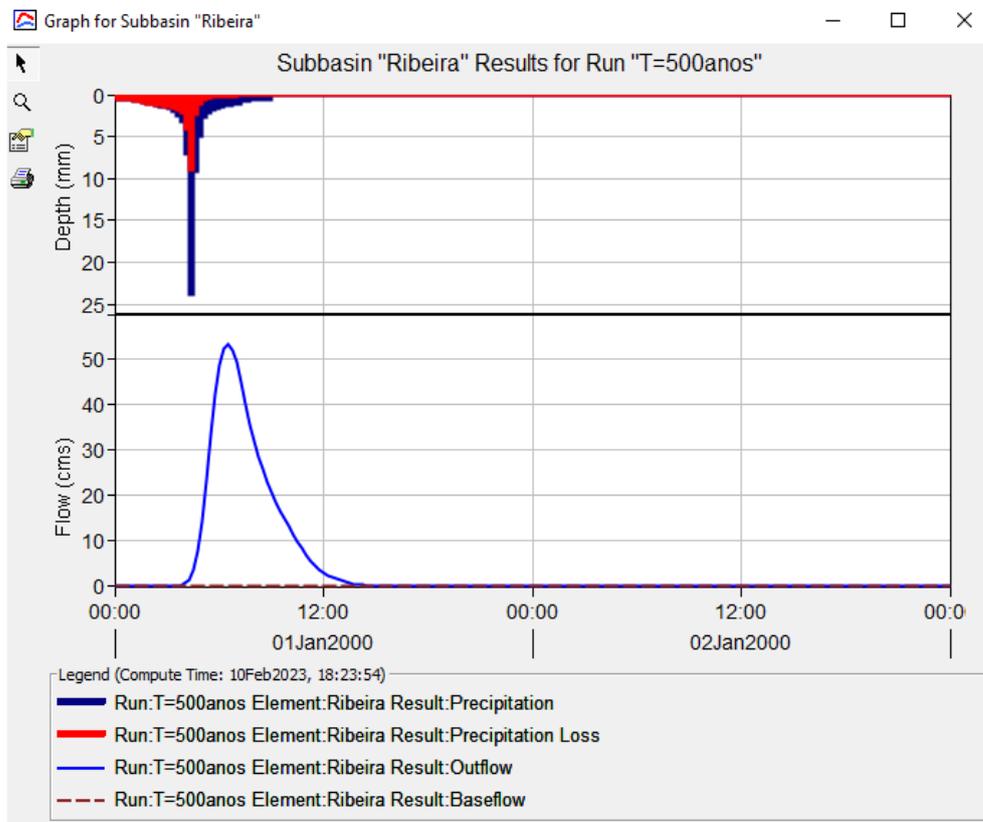


Figura 3.2 – Hietograma da precipitação e hidrograma de cheia para o período de retorno T=500 anos para a ribeira da Bêbeda

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

T (anos)	Q (m³/s)	V (hm³)
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.

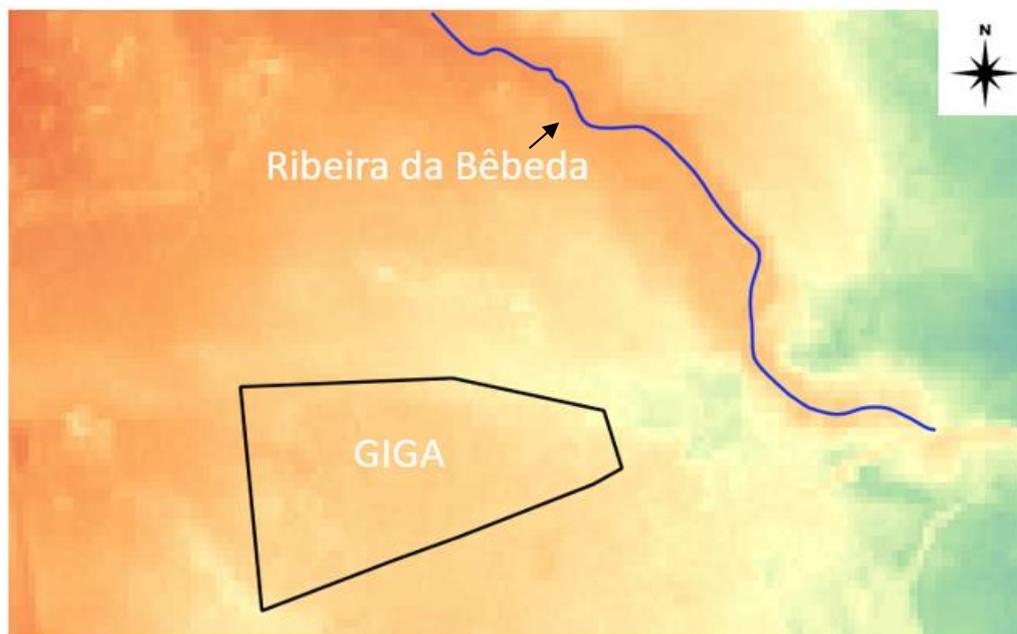


Figura 4.1 – Modelo digital do terreno (ALOS 3D)

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.

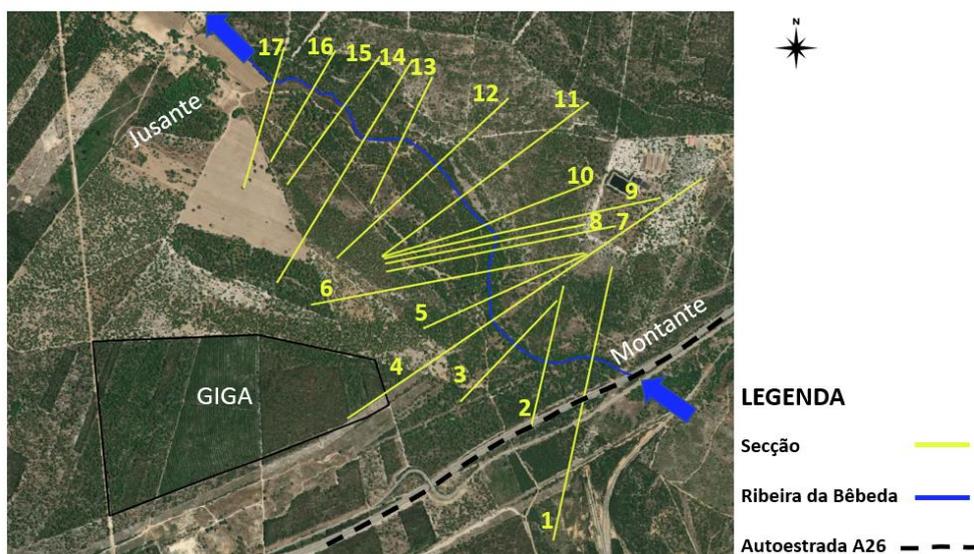


Figura 4.2 – Seções de cálculo do modelo hidráulico

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:

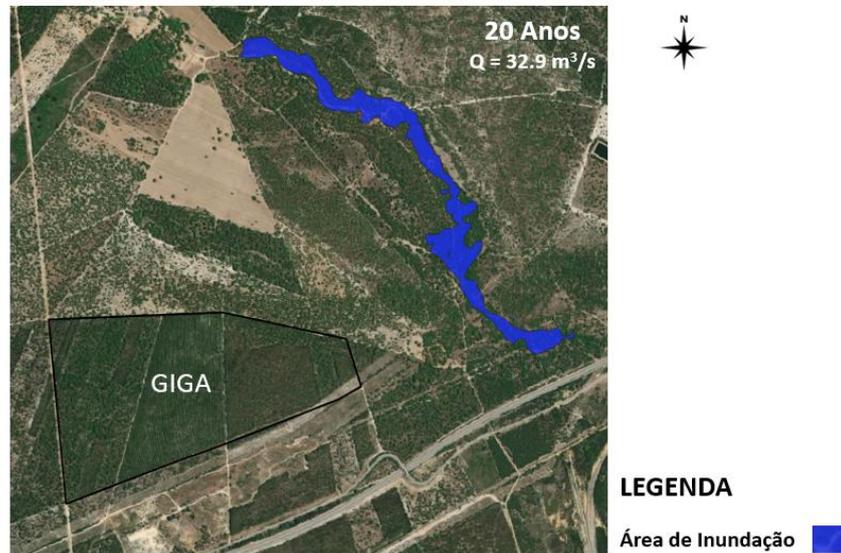


Figure 4.4 – Mapa de inundação para o período de retorno de 20-anos

Para período de retorno de 50 anos:

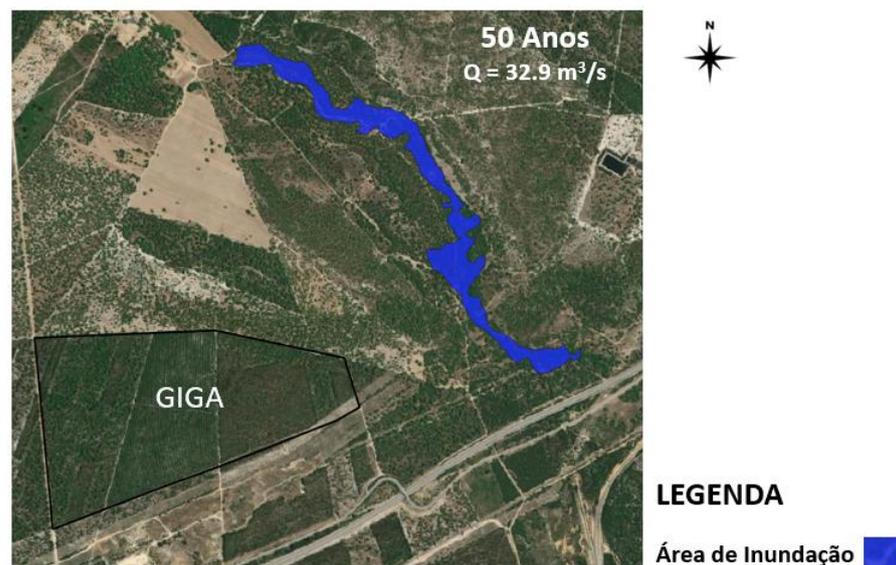


Figure 4.5 – Mapa de inundação para o período de retorno de 50-anos

Para período de retorno de 100 anos:

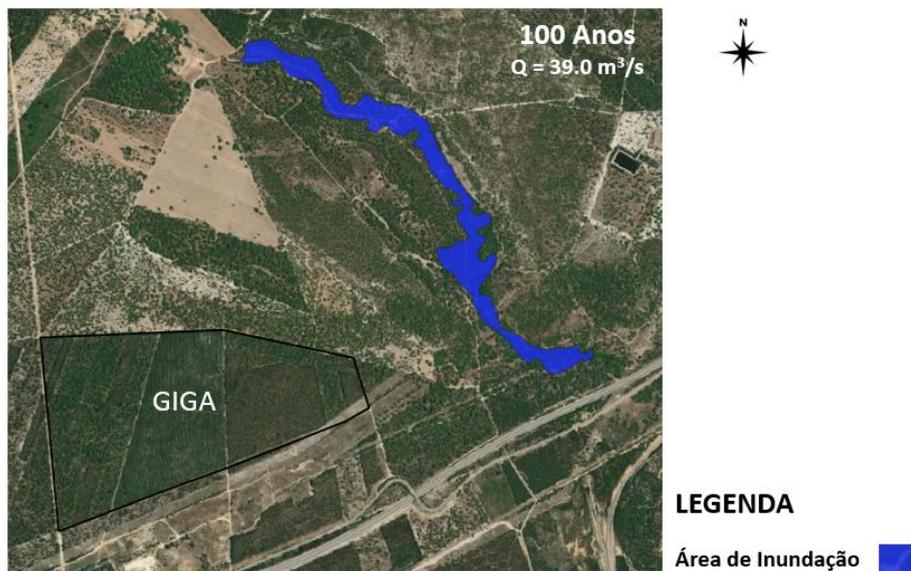


Figure 4.6 – Mapa de inundação para o período de retorno de 100-anos

Para período de retorno de 500 anos:

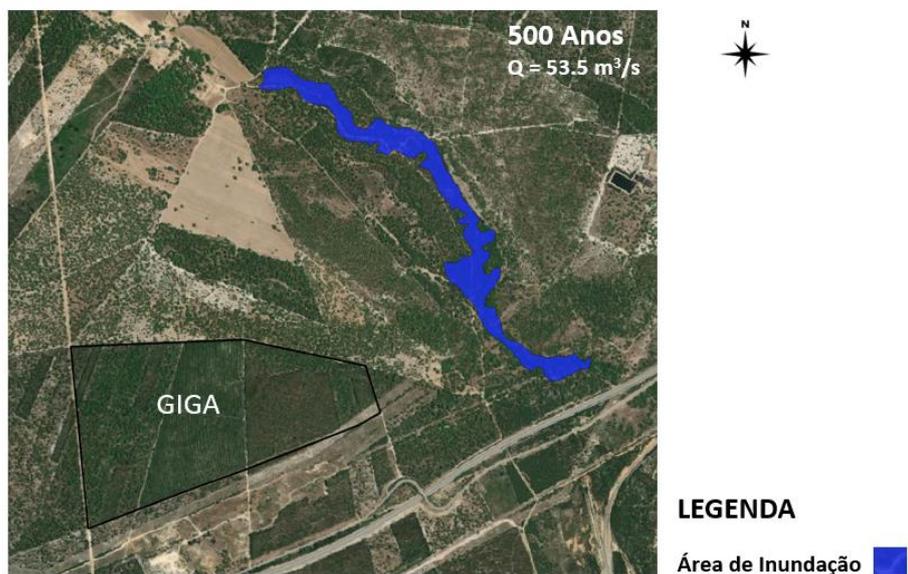


Figure 4.7 – Mapa de inundação para o período de retorno de 500-anos



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.