

Anexo C

Metodologias usadas para a Definição da
Situação de Referência

ÍNDICE

C1	INTRODUÇÃO	C1
C1.1	VISÃO GERAL	C1
C2	QUALIDADE DO AR	C2
C2.1	VISÃO GERAL	C2
C2.2	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO PARA A PROTECÇÃO DA SAÚDE HUMANA	C2
C2.3	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO PARA A PROTECÇÃO DE HABITATS ECOLÓGICOS	C3
C2.4	CRITÉRIOS DE SIGNIFICÂNCIA	C3
C2.5	RECEPTORES	C6
C2.6	INPUTS E METODOLOGIA DE UM MODELO DE DISPERSÃO A PARTIR DE UMA FONTE FIXA	C6
C2.6.1	<i>Visão geral</i>	C6
C2.6.2	<i>Modelo de Dispersão</i>	C9
C2.6.3	<i>Cenários Operacionais</i>	C9
C2.6.4	<i>Inputs para a modelação das unidades de GNL</i>	C9
C2.6.5	<i>Inputs para a Modelação dos Queimadores</i>	C13
C2.6.6	<i>Seleção de Dados Meteorológicos</i>	C13
C2.6.7	<i>Ponderação dos Efeitos do Terreno</i>	C15
C2.6.8	<i>Ponderação do efeito descendente dos edifícios (Building Downwash)</i>	C15
C2.6.9	<i>Conversão de NO_x para NO₂</i>	C15
C2.6.10	<i>Eventos não-rotineiros</i>	C16
C3	ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	C17
C3.1	INTRODUÇÃO	C17
C3.2	CÁLCULO DA PEGADA DE CARBONO	C17
C3.2.1	<i>Metodologia</i>	C17
C3.2.2	<i>Definição dos limites das emissões</i>	C18
C3.3	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO	C19
C3.4	ÂMBITO DA PEGADA DE CARBONO	C20
C3.4.1	<i>Introdução</i>	C20
C3.4.2	<i>Limite Organizacional e Operacional</i>	C20
C3.4.3	<i>Calendário</i>	C21
C3.4.4	<i>Actividades Geradoras de Emissões do Projecto</i>	C21
C3.5	PRESSUPOSTOS DA ESTIMATIVA DOS DADOS OPERACIONAIS DA ACTIVIDADE	C22
C4	RUÍDO	C24
C4.1	ABORDAGEM E METODOLOGIA	C24
C4.1.1	<i>Visão geral</i>	C24
C4.1.2	<i>Receptores Sensíveis ao Ruído</i>	C24
C4.2	PREVISÃO DO IMPACTO	C26
C4.2.1	<i>Metodologia de Previsão do Ruído - Unidade de GNL</i>	C26
C4.2.2	<i>Cenários de Modelação</i>	C28
C4.2.3	<i>Metodologia de Previsão do Ruído - Pista de Aterragem</i>	C33

C4.3	AVALIAÇÃO DA SIGNIFICÂNCIA	C35
C4.3.1	<i>Visão geral</i>	C35
C4.3.2	<i>Limiar de impacto dos níveis de ruído</i>	C35
C4.3.3	<i>Avaliar a Significância do Impacto de Ruído</i>	C36
C4.3.4	<i>Critérios de ruído - Unidade de Produção de GNL</i>	C37
C4.3.5	<i>Critérios de Avaliação de Ruído – Aeroporto</i>	C38
C4.4	RECOLHA DE DADOS PARA A DEFINIÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA	C39
C4.4.1	<i>Visão geral</i>	C39
C4.5	METODOLOGIA DE RECOLHA DE DADOS	C39
C4.5.1	<i>Medições de Longo Prazo</i>	C40
C4.5.2	<i>Medições de Curto Prazo</i>	C40
C5	SOLOS	C42
C5.1	METODOLOGIA	C42
C5.2	INVESTIGAÇÃO DA ÁREA 1	C42
C5.2.1	<i>Recolha de Dados</i>	C43
C5.2.2	<i>Programa de Amostragens</i>	C45
C5.3	ABORDAGEM DE INVESTIGAÇÃO PARA A ÁREA 2	C45
C6	HIDROLOGIA	C46
C6.1	METODOLOGIA	C46
C6.1.1	<i>Introdução</i>	C46
C6.1.2	<i>Delineamento dos Cursos de Água e dos Limites das Bacia Hidrográficas</i>	C46
C6.1.3	<i>Determinação de Estimativas de Precipitação Máxima</i>	C46
C6.1.4	<i>Determinação do Nível Limite de Inundação</i>	C48
C7	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	C49
C7.1	ABORDAGEM	C49
C7.2	INVESTIGAÇÃO INICIAL DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA	C49
C7.2.1	<i>Revisão da Bibliografia</i>	C49
C7.2.2	<i>Recenseamento Hídrico</i>	C50
C7.2.3	<i>Perfurações geotécnicas</i>	C53
C7.2.4	<i>Avaliação Geoquímica</i>	C54
C7.3	INVESTIGAÇÃO ADICIONAL DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA	C54
C7.3.1	<i>Perfuração de furos</i>	C54
C7.3.2	<i>Testes aos Aquíferos</i>	C55
C7.3.3	<i>Amostragem de Água</i>	C56
C7.3.4	<i>Garantia de Qualidade/Controlo de Qualidade - QA/QC</i>	C57
C7.3.5	<i>Levantamento Topográfico</i>	C58
C7.4	METODOLOGIA DE MODELAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	C58
C7.4.1	<i>Desenvolvimento do Modelo Conceptual do Local</i>	C58
C7.4.2	<i>Abordagem da Modelação</i>	C59
C7.4.3	<i>Calibração do Modelo</i>	C60
C7.4.4	<i>Seleção do Software</i>	C61
C7.4.5	<i>Limitações do Modelo</i>	C61
C7.5	MODELO NUMÉRICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	C62
C7.5.1	<i>Configuração do Modelo</i>	C62

C7.5.2	<i>Parâmetros do Modelo</i>	C66
C7.5.3	<i>Calibração no Estado Estacionário</i>	C68
C7.5.4	<i>Calibração Transiente</i>	C73
C7.6	<i>CENÁRIOS DE MODELAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA</i>	C78
C7.6.1	<i>Determinação do modelo</i>	C80
C7.6.2	<i>Correcção do rebaixamento</i>	C82
C8	<i>ECOLOGIA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS</i>	C84
C8.1	<i>VISÃO GERAL</i>	C84
C8.2	<i>LOCAIS DE AMOSTRAGEM</i>	C84
C8.3	<i>AVALIAÇÃO DA ÁGUA DOCE</i>	C87
C8.3.1	<i>Qualidade da Água</i>	C87
C8.3.2	<i>Diatomáceas</i>	C88
C8.3.3	<i>Integridade do Habitat (IHI)</i>	C89
C8.3.4	<i>Macroinvertebrados</i>	C92
C8.3.5	<i>Peixes</i>	C93
C8.3.6	<i>Integridade Ecológica / Estado Ecológico Actual</i>	C94
C8.4	<i>AVALIAÇÃO DO ESTUÁRIO</i>	C96
C8.4.1	<i>Sedimento</i>	C96
C8.4.2	<i>Qualidade da Água</i>	C100
C8.4.3	<i>Microalgas e Diatomáceas</i>	C100
C8.4.4	<i>Invertebrados</i>	C101
C8.4.5	<i>Peixes</i>	C102
C8.4.6	<i>Contagens de Aves</i>	C103
C8.4.7	<i>Vegetação</i>	C104
C8.5	<i>AVALIAÇÃO DA TERRA HÚMIDA</i>	C104
C8.5.1	<i>Classificação das Terras Húmidas</i>	C104
C8.5.2	<i>Critérios para Determinar a Extensão das Terras Húmidas</i>	C108
C8.5.3	<i>Estado Ecológico Ribeirinho Actual (VEGRAI)</i>	C109
C8.5.4	<i>Avaliação de Serviços do Ecossistema</i>	C110
C8.5.5	<i>Sensibilidade da Terra Húmida</i>	C113
C8.5.6	<i>Requisitos da Zona Tampão (Buffer)</i>	C115
C8.6	<i>LIMITAÇÕES DO ESTUDO</i>	C116
C9	<i>VEGETAÇÃO</i>	C118
C9.1	<i>REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA E ESTUDOS DE GABINETE</i>	C118
C9.2	<i>LEVANTAMENTOS DE CAMPO</i>	C118
C9.3	<i>AVALIAÇÃO DA FLORA DA LISTA VERMELHA</i>	C119
C10	<i>HERPETOFAUNA</i>	C121
C10.1	<i>REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA E ESTUDOS DE GABINETE</i>	C121
C10.2	<i>LEVANTAMENTOS DE CAMPO</i>	C122
C10.2.1	<i>Armadilhas da Herpetofauna</i>	C122
C10.2.2	<i>Monitorização do Clima</i>	C123
C10.2.3	<i>Pesquisa Activa</i>	C124
C10.2.4	<i>Amostragem Oportuniística</i>	C125
C10.2.5	<i>Entrevistas com habitantes locais</i>	C125
C10.3	<i>LIMITAÇÕES E PRESSUPOSTOS</i>	C126

C11	MAMÍFEROS	C128
C11.1	REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA E ESTUDOS DE GABINETE	C128
C11.2	LEVANTAMENTOS DE CAMPO	C128
C11.2.1	<i>Calendário</i>	C129
C11.2.2	<i>Metodologia de Recolha de Dados</i>	C129
C11.3	LIMITAÇÕES	C132
C12	AVIFAUNA	C133
C12.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ESTUDOS DE GABINETE	C133
C12.2	LEVANTAMENTOS DE CAMPO E ESTUDOS DE GABINETE	C133
C12.3	LIMITAÇÕES E PRESSUPOSTOS	C135
C13	ECOLOGIA MARINHA	C137
C13.1	VISÃO GERAL	C137
C13.2	PRESSUPOSTOS, LIMITAÇÕES E INCERTEZAS	C138
C13.3	RECOLHA DE DADOS - ÁREA EM ALTO MAR	C138
C13.3.1	<i>Oceanografia</i>	C138
C13.3.2	<i>Plâncton</i>	C139
C13.3.3	<i>Sedimento</i>	C139
C13.3.4	<i>Estruturas de Recife</i>	C140
C13.4	RECOLHA DE DADOS - BAÍA DE PALMA E PENÍNSULA DE AFUNGI	C141
C13.4.1	<i>Propriedades da Coluna de Água na Baía de Palma</i>	C143
C13.4.2	<i>Propriedades dos Sedimentos e Características do Leito do Mar</i>	C143
C13.4.3	<i>Praias Arenosas Entre-marés</i>	C143
C13.4.4	<i>Distribuição de Ervas Marinhas</i>	C145
C13.4.5	<i>Recifes de Corais pouco Profundos e Afloramentos</i>	C146
C13.4.6	<i>Recifes de Coral</i>	C146
C13.4.7	<i>Peixes</i>	C148
C13.5	METODOLOGIA AJUSTADA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO	C148
C13.5.1	<i>Ambiente perto da Costa da Baía de Palma</i>	C149
C13.5.2	<i>Ambiente em Alto Mar</i>	C151
C14	PAISAGEM E IMPACTO VISUAL	C152
C14.1	METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO	C152
C14.2	ÁREA DE ESTUDO	C153
C14.3	METODOLOGIA - PASSOS-CHAVE	C153
C14.3.1	<i>Sensibilidade da Paisagem Terrestre e Marítima</i>	C154
C14.3.2	<i>Sensibilidade dos Observadores em Pontos de Observação</i>	C155
C14.3.3	<i>Magnitude da Mudança</i>	C155
C14.3.4	<i>Significância dos Impactos</i>	C156
C15	RESÍDUOS	C157
C15.1	ÂMBITO DO ESTUDO	C157
C16	SOCIOECONOMIA	C158

C16.1	VISÃO GERAL	C158
C16.2	SELECÇÃO DO LOCAL - VISITAS PRELIMINARES E MAPEAMENTO DOS LOCAIS	C158
C16.3	PREPARAÇÃO PARA OS LEVANTAMENTOS SOCIOECONÓMICOS	C158
C16.4	VISITAS DE CAMPO, ENTREVISTAS E INQUÉRITOS	C158
C16.4.1	<i>Fase 1 do estudo socioeconómico - Novembro de 2011</i>	C159
C16.4.2	<i>Fase 2 do Estudo Socioeconómico - Janeiro de 2012</i>	C159
C16.5	PREPARAÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA SOCIAL E AVALIAÇÃO DO IMPACTO	C161
C16.6	INSTRUMENTOS DE RECOLHA DE DADOS	C161
C16.6.1	<i>Questionário aos Agregados Familiares (AFs)</i>	C161
C16.6.2	<i>Grupos de Focais de Discussão (FGD)</i>	C161
C16.6.3	<i>Entrevistas Semi-Estruturadas a Pessoas-Chave</i>	C161
C16.7	DEFINIÇÃO DA AMOSTRA	C162
C17	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO NA SAÚDE (AIS)	C164
C17.1	METODOLOGIA AIS	C164
C17.1.1	<i>Forma e Natureza da Avaliação do Impacto na Saúde</i>	C164
C17.1.2	<i>Áreas de Saúde Ambiental</i>	C166
C17.1.3	<i>Perfil da Comunidade</i>	C167
C17.1.4	<i>Avaliação do Risco e Categorização do Impacto</i>	C168
C17.1.5	<i>Impactos Directos Versus Indirectos</i>	C169
C17.1.6	<i>Impactos Cumulativos</i>	C169
C17.1.7	<i>Gestão e Mitigação</i>	C169
C17.1.8	<i>Consulta Pública das Partes Interessadas</i>	C171
C18	ARQUEOLOGIA	C172
C18.1	VISÃO GERAL	C172
C18.1.1	<i>Estudo de Gabinete</i>	C172
C18.1.2	<i>Investigações de Campo</i>	C172

C1 INTRODUÇÃO

C1.1 VISÃO GERAL

Este anexo fornece as metodologias desenvolvidas e utilizadas pelos vários especialistas ambientais e socioeconómicos para recolher, interpretar e apresentar as conclusões de base para respectivos estudos de especialistas. Nos casos onde se recorreu a modelação (por exemplo, qualidade do ar e ruído), a metodologia para a modelação e quaisquer suposições consideradas são fornecidas nas secções relevantes. Este anexo é estruturado da seguinte forma:

- Secção C2 Qualidade do Ar
- Secção C3 Alterações Climáticas
- Secção C4 Ruído
- Secção C5 Solos
- Secção C6 Hidrologia
- Secção C7 Águas subterrâneas
- Secção C8 Ecologia das Águas Superficiais
- Secção C9 Vegetação
- Secção C10 Herpetologia
- Secção C11 Mamíferos
- Secção C12 Avifauna
- Secção C13 Ecologia Marinha
- Secção C14 Estudos Paisagísticos e Visuais
- Secção C15 Resíduos
- Secção C16 Socioeconomia
- Secção C17 Saúde
- Secção C18 Arqueologia

A metodologia de Avaliação de Impacto (AI) utilizada pelos especialistas baseia-se na metodologia desenvolvida e distribuída pela ERM e Impacto, e que é descrita no *Capítulo 3* do EIA. Quaisquer desvios a esta metodologia foram incluídos neste anexo, nos respectivos estudos. As secções que apresentam diferentes abordagens são a Qualidade do Ar e Estudos Paisagísticos e Visuais. Estes casos são diferentes porque a metodologia geral de avaliação de impacto não se adequava às especificidades do tema. Portanto, para estes aspectos são aqui descritas metodologias mais adequadas.

C2.1 VISÃO GERAL

Esta secção apresenta a metodologia utilizada para a descrição da situação de referência da qualidade do ar e da avaliação dos potenciais impactos que poderão surgir como resultado da operação da fábrica. Foram efectuadas visitas ao local de modo a obter medições para a definição da situação de referência da qualidade do ar. A avaliação de impacto utilizada difere da metodologia prevista no *Capítulo 3* do Relatório de AIA e é mais adequada para avaliações específicas da qualidade de ar.

C2.2 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO PARA A PROTECÇÃO DA SAÚDE HUMANA

As emissões atmosféricas em questão nesta directriz estão enquadradas nos Regulamentos sobre Padrões de Qualidade Ambiental e de Emissão de Efluentes (Decreto 18/2004 de 2 de Junho e Decreto n.º 67/2010, de 31 de Dezembro (alterações ao Anexo I e inclusão dos Anexos 1A e 1B ao Decreto n.º 18/2004)). As Directrizes de SSA (Saúde, Segurança e Ambiente) da IFC (Sociedade Financeira Internacional - IFC) da Fábrica de GNL (IFC General Environmental Guidelines and the IFC EHS LNG Facility Guidelines) estão de acordo com as Directrizes para Qualidade do Ar -Actualização Global da OMS (2005), conforme previsto na *Tabela 2.1*. Tanto os padrões nacionais de qualidade do ar como os padrões da OMS foram utilizados na avaliação. Esta abordagem foi adoptada para garantir que os resultados são robustos, e porque os padrões de Moçambique não cobrem os impactos associados aos PM₁₀ e PM_{2.5}.

Tabela 2.1 Padrões de Qualidade do Ar e Directrizes

Poluente	Período de referência	Valor de Referência (µg/m ³)	
		OMS	Moçambique Decreto n.º 67/2010
SO ₂	1 ano		40
	24 horas	125 (Alvo intermédio-1)	100
		50 (Alvo intermédio-2)	
		20 (padrão)	
1 hora		800	
	10-minutos	500 (padrão)	500
NO ₂ *	1 ano	40 (padrão)	10
	24 horas		-
	1 hora	200 (padrão)	190
TSP	1 ano		60
	24 horas		150
PM ₁₀	1 ano	70 (Alvo intermédio-1)	-
		50 (Alvo intermédio-2)	
		30 (Alvo intermédio-3)	
		20 (padrão)	

Poluente	Período de referência	Valor de Referência ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		OMS	Moçambique Decreto n.º 67/2010
PM _{2.5}	24 horas	150 (Alvo intermédio-1)	-
		100 (Alvo intermédio-2)	-
		75 (Alvo intermédio-3)	-
	1 ano	50 (padrão)	-
		35 (Alvo intermédio-1)	-
		25 (Alvo intermédio-2)	-
CO	24 horas	15 (Alvo intermédio-3)	-
		10 (padrão)	-
		75 (Alvo intermédio-1)	-
	Média de 8 horas	50 (Alvo intermédio-2)	10 000
		37,5 (Alvo intermédio-3)	30 000
		25 (padrão)	100 000
Ozono	Média de 1 hora	60 000	120
	15 minutos	60 000	160
	30 minutos	60 000	50
	24-horas	60 000	50
Benzeno	Média de 1 ano	4.4 x 10 ⁻⁶	4.4 x 10 ⁻⁶

* O MICOA deu permissão para que o Projecto utilize o padrão de NO₂ da OMS em vez do padrão Moçambicano de NO₂.

O Projecto irá cumprir os limites em negrito ("*bold*")

C2.3 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO PARA A PROTECÇÃO DE HABITATS ECOLÓGICOS

Os impactos relacionados directamente com a qualidade do ar (ou seja, NO_x e SO₂) não são específicos de habitats ou espécies e são os mesmos para todos os locais. O NO_x e o SO₂ são especialmente relevantes neste contexto, pois ambos desempenham um papel na acidificação da água e do solo, sendo que o NO_x, também contribui para a eutrofização. Os critérios utilizados nesta avaliação resultam de Directivas Europeias e constam da *Tabela 2.2*.

Tabela 2.2 Níveis críticos de Qualidade do Ar utilizados para a avaliação dos impactos sobre receptores ecológicos sensíveis

Poluente	Período de Média e Estatística	Critério de Avaliação ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fonte
NO _x	Média anual	30	PQA (1)
SO ₂	Média anual	20	PQA5

C2.4 CRITÉRIOS DE SIGNIFICÂNCIA

A magnitude dos impactos foi quantificada utilizando técnicas de previsão baseadas em modelos de dispersão pormenorizados. A magnitude do impacto

(1) Padrão para a Qualidade do Ar - estes são derivados do CAFÉ.

baseia-se na "Contribuição do Projecto" (CP), que corresponde ao impacto decorrente exclusivamente das emissões relacionadas com o Projecto. Para determinar a significância desses impactos, é necessário considerar a situação de referência existente. A CP adicionada à situação de referência existente é descrita como a concentração previsível no ambiente (CPA). Os dados da situação de referência encontram-se disponíveis desde 24 de Fevereiro a 27 de Junho, mas apenas para o NO₂ e NO_x. Assim sendo, nem todas as CPAs podem ser elaboradas para esta avaliação. Com base nos resultados iniciais da situação de referência, iremos supor que a atmosfera local se classifica como não-degradada.

Quando se considera a significância dos impactos na qualidade do ar, todos os receptores são considerados igualmente sensíveis. Isto resulta do facto de que todos os receptores irão sentir efeitos semelhantes na saúde quando expostos a um aumento da poluição do ar. Por conseguinte, a significância do impacto depende da magnitude do mesmo, com respeito à situação de referência existente (como acima referido, a atmosfera local é definida como não-degradada com base nos dados da situação de referência inicial). Os critérios de significância utilizados neste estudo para avaliar a saúde humana seguem as directrizes do IFC, mas são alargados para fornecer uma indicação da importância dos impactos.

Ao considerar os receptores ecológicos sensíveis, geralmente todos os receptores são considerados igualmente sensíveis aos poluentes principais de interesse (NO_x e SO₂).

A significância dos impactos previstos foi avaliada por meio de comparação com padrões da qualidade do ar e directrizes estabelecidas na *Secção C2.2* e na *Tabela 2.1* acima. A significância dos impactos é baseada principalmente no facto de estes padrões de qualidade do ar serem excedidos e contribuir ou não com uma proporção substancial dos poluentes atmosféricos para a atmosfera local.

O IFC diferencia a significância dos impactos, com base na qualidade do ar existente na situação de referência nas proximidades do projecto. Basicamente, esta baseia-se no facto de existir um risco significativo de poluição atmosférica da situação de referência que resulte numa ultrapassagem das directrizes para a qualidade do ar; isto será descrito mais detalhadamente em baixo.

As Directrizes Gerais de ASS do IFC estipulam:

"Os projectos com fontes significativas de emissões atmosféricas e potencial de impactos significativos para a qualidade do ar deverão evitar ou minimizar os impactos, garantindo que:

- As emissões não resultem em concentrações de poluentes que atinjam ou superem as orientações e normas relevantes da qualidade ambiental, aplicando normas nacionais legisladas, ou, na sua ausência, as actuais Directrizes para a Qualidade do Ar da OMS, ou de outras fontes reconhecidas internacionalmente.*

- *As emissões não contribuam com uma parcela muito significativa para as concentrações totais permitidas pelas directrizes e normas de qualidade do ar. Como regra geral, sugere-se que se assegure cerca de 25% do total permitido pelas directrizes para permitir a implementação futura de projectos sustentáveis na mesma atmosfera local (não degradada)".*

E:

"Uma atmosfera local deve ser considerada como tendo ar de má qualidade [degradada] caso os padrões para a qualidade do ar legisladas a nível nacional ou as Directrizes para a Qualidade do Ar da OMS sejam ultrapassadas de forma significativa".

As directrizes da IFC afirmam ainda que:

"Instalações ou projectos localizados dentro de correntes aéreas de baixa qualidade e dentro ou junto de áreas determinadas como ecologicamente sensíveis (por exemplo, parques nacionais), devem assegurar que qualquer aumento nos níveis de poluição será o menor possível, e que equivale a uma fracção das directrizes ou padrões para a qualidade do ar aplicáveis a curto prazo e médias anuais estabelecidas na avaliação ambiental específica do projecto".

Com base nas directrizes da IFC, correntes aéreas degradadas são, por conseguinte, definidas nesta avaliação como um local onde a qualidade do ar de referência é já superior aos padrões de qualidade do ar.

A significância dos impactos é, por conseguinte, definida em termos da sua magnitude (por exemplo, o processo de contribuição ou CP), e se as concentrações de referência de poluição são superiores ou inferiores às normas de qualidade do ar. Fazendo uso desta abordagem, foram definidos os critérios de significância para a qualidade do ar. Estes são apresentados na *Tabela 2.3*. Como dito acima, ainda não estão disponíveis os dados completos da situação de referência (a monitorização começou em Fevereiro de 2012). Com base nos resultados iniciais da situação de referência, iremos assumir que a atmosfera local (ou as correntes aéreas) se classifica como não degradada.

Tabela 2.3 *Critérios de significância para a Avaliação de poluentes no ar¹*

Significância do impacto	Magnitude do impacto	
	Correntes aéreas não-degradadas	Correntes aéreas degradada
Insignificante	<i>Negligenciável:</i> CP <25% de PQA	<i>Negligenciável:</i> CP <10% de PQA
Baixa Adversa	<i>Baixa:</i> CP entre 25% e 50% de PQA e CPA <100% de PQA	<i>Baixa:</i> CP entre 10% e 30% de PQA e CPA <100% de PQA
Moderada Adversa	<i>Média:</i> CP entre 50% e 75% de PQA, e CPA <100% de PQA; ou <i>Média:</i> CP entre 25% e 50% de PQA, e CPA > 100% de PQA	<i>Média:</i> CP entre 30% e 50% de PQA, e CPA >100% de PQA; ou
Alta Adversa	<i>Alta:</i> CP entre 75% e 100% de PQA e CPA <100% de PQA; ou	<i>Alta:</i> CP entre 50% e 100% de PQA e CPA > 100% de PQA; ou

(1) ¹ o significado para os seres humanos e ecologia são tratados como o mesmo à luz de qualquer informação alternativa.

Significância do impacto	Magnitude do impacto	
	Correntes aéreas não-degradadas	Correntes aéreas degradada
	<i>Alta:</i> CP entre 50% e 75% de PQA, e CPA >100% de PQA	
Crítica	<i>Muito Alta:</i> CP>100% de PQA;	<i>Muito Alta:</i> CP>100% de PQA
Adversa	<i>Muito Alta:</i> CP entre 75% e 100% de PQA e CPA >100% de PQA	
CP: Contribuição do Processo		PQA: Padrão de Qualidade do Ar
CPA: Concentração Ambiental Prevista		

C2.5

RECEPTORES

Os padrões e directrizes para a qualidade do ar aplicam-se em todos os locais fora do local do projecto (ver *Tabela 2.1* e *Figura 2.1*).

A fim de captar o máximo de impactos fora do local do projecto, o modelo utiliza quatro grelhas de receptores com as seguintes características:

- grelha 1:
 - resolução = 50 m;
 - extensão em volta dos limites da Fábrica = 1 - 2,9 km;
- grelha 2:
 - resolução = 100 m;
 - extensão em volta dos limites da Fábrica = 3,6 - 6,7 km;
- grelha 3:
 - resolução = 500 m;
 - extensão em volta da grelha 2 = 5 km;
- grelha 4:
 - resolução = 1000 m;
 - extensão = Reserva Nacional de Rovuma proposta.

Os impactos de maior dimensão no ar foram avaliados para todos os locais fora do local do projecto dentro da grelha do receptor.

C2.6

INPUTS E METODOLOGIA DE UM MODELO DE DISPERSÃO A PARTIR DE UMA FONTE FIXA

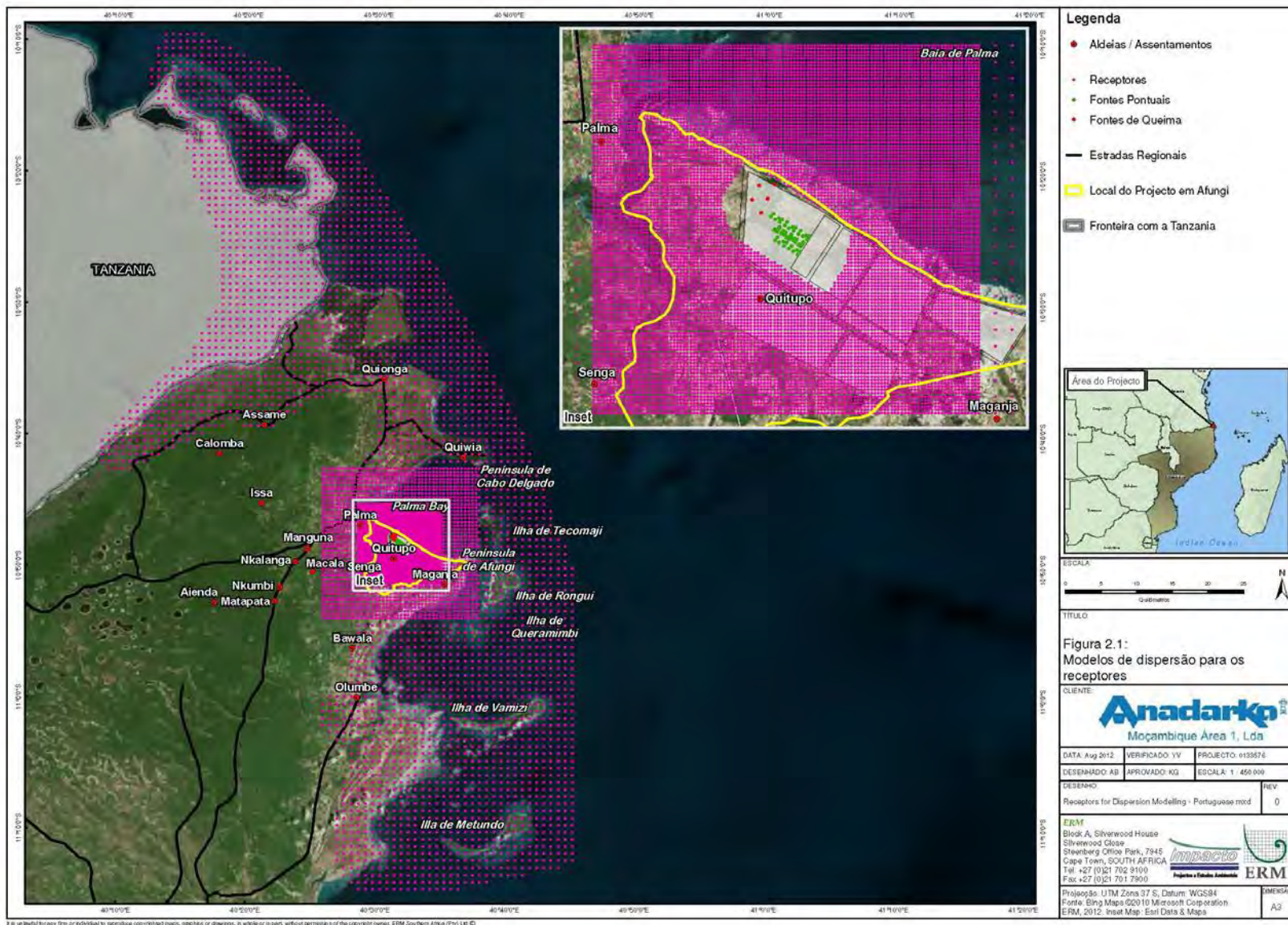
C2.6.1

Visão geral

O potencial para ocorrerem impactos na qualidade do ar devido às emissões do Projecto é avaliado através da comparação dos impactos previstos com as normas e directrizes para a protecção da saúde humana e os níveis críticos para a protecção da ecologia sensível, tal como descrito acima. A avaliação utiliza um modelo de dispersão para prever o aumento das concentrações de poluentes ao nível do solo, que seja imputável à instalação, para determinar se existe potencial para a ocorrência de impactos significativos.

O modelo de dispersão detalhado é utilizado para prever as concentrações de poluentes nos locais ao nível do solo em receptores sensíveis fora do limite da unidade. São utilizados cinco anos de dados meteorológicos sequenciais de hora em hora, de modo a que a variabilidade inter-anual seja incorporada no modelo. Os resultados da avaliação são baseados no resultado do pior cenário possível de entre qualquer um dos cinco anos meteorológicos utilizados.

Figura 2.1 Receptores para Modelação da Dispersão



C2.6.2 *Modelo de Dispersão*

O modelo utilizado na avaliação é o modelo de dispersão da Agência de Protecção Ambiental Estados Unidos, o AERMOD.

O AERMOD é considerado apropriado para este tipo de avaliação, uma vez que é um modelo reconhecido na prática de avaliação de impacto na qualidade do ar por várias organizações, incluindo o IFC.

C2.6.3 *Cenários Operacionais*

A avaliação da qualidade do ar avaliou os impactos de 4 cenários operacionais. Estes cenários são os seguintes:

Cenário 1 (operação de fase normal 1):

- Unidades 1 e 2 em funcionamento normal; e
- Sem queima.

Cenário 2 (apenas avaliação de curto prazo, operação de fase normal 1 com um evento máximo de queima):

- Unidades 1 e 2 em funcionamento normal; e
- 60 minutos de queima de emergência num queimador.

Cenário 3 (operação de fase normal 2):

- Unidades 1, 2, 3, 4, 5 e 6 em funcionamento normal; e
- Sem queima.

Cenário 4 (apenas avaliação de curto prazo, operação de fase normal 2 com um evento máximo de queima):

- Unidades 1, 2, 3, 4, 5 e 6 em funcionamento normal; e
- 60 minutos de queima de emergência em três queimadores.

C2.6.4 *Inputs para a modelação das unidades de GNL*

Cada unidade de GNL é composta pelas seguintes fontes de emissão relevantes:

- 1 Turbina de Compressor MR (47 MWth);
- 1 Turbina de Compressor PR (47 MWth);
- 1 Aquecedor de óleo quente (15 MWth);
- 4 Turbinas geradoras (total de 116 MW térmicos) para a Unidade 1;
- 3 Turbinas geradoras (total de 99 MW térmicos) para as Unidades 2-6;
- 1 Incinerador de gás ácido (3,5 MWth) por 2 unidades.

Os parâmetros da chaminé para as fontes de emissão de uma unidade de GNL são indicados na *Tabela 2.4*.

Os dados de emissões de poluentes que têm sido utilizados na avaliação para estas fontes são apresentados na *Tabela 2.5*. Como grande parte do projecto da unidade ainda não é conhecida, os dados precisos relativos à emissão não

estão disponíveis. Assim, o cliente forneceu os dados de emissão com base em factores de emissão bibliográficos¹ (excepto para o SO₂, que foi calculado com base no balanço de material e teor de enxofre).

Os CPs são baseados na modelação das emissões nos limites de concepção do projecto.

(2) AP-42 Compilação de Factores de Emissão de Poluentes Atmosféricos <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>

Tabela 2.4 *Resumo dos Parâmetros de Chaminé para Unidades de GNL*

Instalações		Turbina MR	Turbina PR	Turbinas do Gerador de Energia		Aquecedor de Óleo Quente	Incinerador de Gás Ácido
Parâmetros	Unidades	1 x 47 MWth por unidade	1 x 47 MWth por unidade	unidade 1: 4 x 29 MWth	unidade 2-6: 3 x 33 MWth por unidade	1 x 15 MWth por unidade	1 x 3,5 MWth por 2 unidades
Número de instalações por chaminé		1	1	1	1	1	1
Altura real da chaminé	m	40	40	40	40	25	40
Diâmetro da chaminé	m	3,85 ¹	3,85 ¹	3,23 ¹	3,44 ¹	0,677 ¹	0,769 ¹
Área da chaminé	m ²	11,6 ¹	11,6 ¹	8,18 ¹	9,31 ¹	0,36 ¹	0,464 ¹
Funcionamento a gás							
Velocidade de Emissão	Am/s	15,0 ²	15,0 ²	15,0 ²	15,0 ²	10,0 ²	10,0 ²
Volume da taxa de saída do gás liberto (normalizado, seco)	Nm ³ /s	61,78 ³	61,7 ³	43,4 ³	49,3 ³	2,0 ⁸	1,64 ³
Volume da taxa de saída do gás liberto (real)	Am ³ /s	175	175	123	140	3,60	4,64
Temperatura da emissão do gás liberto (real)	Celsius	500 ⁴	500 ⁴	500 ⁴	500 ⁴	2005	500 ⁴
Oxigénio (normalizado)	%v/v	15,0	15,0	15,0	15,0	3,00	3,00
Oxigénio no gás liberto (real)	%v/v	15,06	15,0 ⁶	15,0 ⁶	15,0 ⁶	3,00 ⁶	3,00 ⁶
¹ calculado com base em velocidades de emissões SUPOSTAS e caudais volumétricos calculados/SUPOSTOS				SENSIBILIDADE: diminuir o diâmetro/área da chaminé irá aumentar a velocidade de emissão e, portanto, aumentar a dispersão, resultando em menores impactos.			
² PRESSUPOSTO: baseado em experiência prática relevante							
³ calculado com base nas estimativas fornecidas de fluxo de massa de NOx e concentração de NOx de:				SENSIBILIDADE: concentrações mais elevadas, sem aumento de fluxo de massa, irão resultar em taxas de emissão menores e, portanto, na diminuição da dispersão e impactos mais elevados.			
<ul style="list-style-type: none"> o 51 mg/Nm³ para turbinas (por padrões WB/IFC); o 100 mg / Nm³ para incinerador de gás ácido e aquecedor de óleo quente (PRESSUPOSTO). 							
⁴ PRESSUPOSTOS baseados em experiência prática relevante				SENSIBILIDADE: uma temperatura mais baixa irá reduzir a dispersão e aumentar o impacto			
⁵ PRESSUPOSTO baseado em experiência prática relevante				SENSIBILIDADE: níveis de oxigénio nos gases de combustão real são indicativos da quantidade de ar utilizada para a combustão e que estabelece o fluxo de gases de escape através da chaminé. Maior nível de oxigénio real significa que é usado mais ar, tendo como resultando a diluição em efeito dos gases de combustão com maiores taxas de volume de fluxo e concentrações de emissão reais mais baixas.			
⁶ PRESSUPOSTO: teor de oxigénio nos gases de combustão real é geralmente em torno do conteúdo de oxigénio normalizado							

Tabela 2.5 *Dados de emissões de poluentes*

Poluente	Unidades	Emissões						Base da taxa de emissão usada na modelação
		Turbina MR	Turbina PR	Turbinas do Gerador de Energia Unidade 1	Gerador de Unidade 2-6	Aquecedor de Óleo Quente	Incinerador de Gás Ácido	
NO _x	g/s	3.15. por unidade	3.15. por unidade	4 x 2,21	3 x 2,52 por unidade	0,208 por unidade	0,164 por 2 unidades	dados estimados fornecidos pelo cliente e baseados em: - AP-42 para incinerador de gás ácido e aquecedor de óleo quente; e - WB/IFC para turbinas a gás fornecida pelo cliente, e com base no balanço de material com 100% de conversão do respiradouro/enxofre do gás combustível para o SO ₂
SO ₂	g/s	-	-	-	-	-	4,31 por 2 unidades	
TSP	g/s	0.294 por unidade	0.294 por unidade	4 x 0,182	3 x 0,207 por unidade	0,0308 por unidade	0,0250 por 2 unidades	
PM ₁₀	g/s	0.294 por unidade	0.294 por unidade	4 x 0,182	3 x 0,207 por unidade	0,00770 por unidade	0,00560 por 2 unidades	

C2.6.5 Inputs para a Modelação dos Queimadores

Os parâmetros de chaminé e as taxas de emissões para o pior cenário de queima de GNL constam da *Tabela 2.6*.

Tabela 2.6 *Resumo dos Parâmetros de Chaminé e Emissão para os Queimadores*

Parâmetros	Unidades	Combinado HP / LP
Queima contínua?		Não
Descrição do evento de queima		Pior cenário de emergência
Duração do evento de queima	mín.	601
Quantidade de gás queimado num evento de purga de emergência	kg	~350 000 ²
Composição do gás típico queimado		C1-C6 > 94% (resto = N2)
Número de chaminés		1
Altura real da chaminé	m	140 ³
Velocidade de emissão	m/s	100 ⁴
Volume d taxa de saída de gás liberto (real)	Am ³ /s	126 ⁵
Taxa de Libertação de Calor	cal / s	1 436 000 000
Temperatura de emissão (real)	Celsius	1 000 ⁶
Taxa de Emissão de NO _x	g/s	87,8 (AP-42)
Taxa de Emissão PM ₁₀ /PM _{2,5}	g/s	Negligenciável
Taxa de Emissão de SO ₂	g/s	Negligenciável
¹ PRESSUPOSTO baseado na experiência prática relevante		SENSIBILIDADE: eventos mais longos irão causar impactos maiores, dado que os outros parâmetros permanecem os mesmos
² PRESSUPOSTO baseado na experiência prática relevante e capacidade de concepção		SENSIBILIDADE: um maior fluxo de massa vai resultar em impactos mais elevados
³ PRESSUPOSTO conservador baseado na experiência prática relevante		SENSIBILIDADE: o aumento da altura da chaminé irá resultar num impacto menor.
⁴ PRESSUPOSTO baseado na experiência prática relevante		SENSIBILIDADE: uma vez que uma queima é um processo de combustão externo, o fluxo de massa e o fluxo volumétrico estão directamente interrelacionados. A massa de gás que precisa de ser queimada vai definir o volume de fluxo
⁵ PRESSUPOSTO baseado em cálculos, na experiência prática relevante e capacidade de concepção		através do tubo do queimador e da velocidade de emissão e, mais importante, da massa de emissões poluentes. A combustão desta massa de gás e a altura e temperatura da chama resultante são os principais factores que definem a dispersão desses poluentes.
⁶ PRESSUPOSTO baseado na experiência prática relevante		SENSIBILIDADE: uma temperatura mais baixa irá reduzir a dispersão e aumentar o impacto.

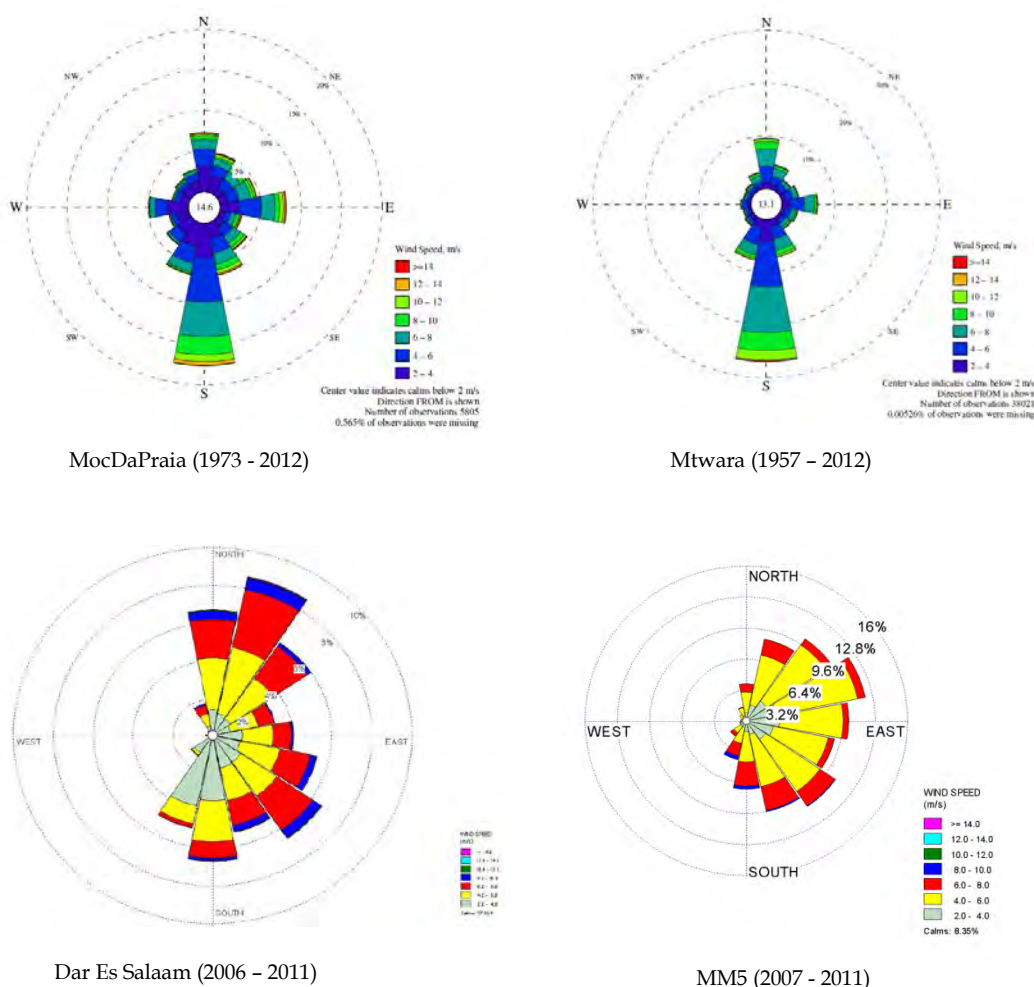
C2.6.6 Selecção de Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos utilizados na modelação deverão ser o reflexo das condições locais. Infelizmente, há um número muito limitado de estações meteorológicas em África que medem todos os parâmetros exigidos pelo modelo. A estação do Aeroporto de Dar Es Salaam é a estação mais próxima para a Fábrica de GNL que mede todos os parâmetros e também está localizada numa linha costeira a aproximadamente 450km a norte-noroeste do local.

Os parâmetros mais críticos que determinam a dispersão local são a velocidade e a direcção do vento. Durante o processo de avaliação, procuraram-se estes dados junto de uma fonte de monitorização local (Mocímboa da Praia, a cerca de 70km ao sul da Fábrica de GNL) e Mtwara (~ 70km ao norte da unidade de GNL). Isto veio trazer alguma informação sobre a incerteza associada à modelação e provou que os dados de Aeroporto de Dar Es Salaam são pouco representativos das condições no local do projecto, como mostrado na *Figura 2.2*. Fica claro que Dar Es Salaam tem menos ventos do sul e do oeste, e mais ventos de Este.

Assim, foram obtidos cinco anos de dados meteorológicos MM5 modelados para 2007-2011 proveniente da Lakes Environmental, uma vez que estes eram mais representativos das condições locais. No entanto, tal como ilustrado pelos dados locais, as incertezas nas condições meteorológicas locais permanecem. Para a modelação foram utilizados os dados MM5. A *Figura 2.2* apresenta as Rosas-dos-ventos com base nos dados MM5. De acordo com esta figura, os ventos de Este dominam, assim como em Dar Es Salaam, mas com velocidades de vento mais baixas.

Figura 2.2 *Comparação entre os dados meteorológicos para Dar Es Salaam e a região do projecto*



C2.6.7 *Ponderação dos Efeitos do Terreno*

As mudanças nas elevações do terreno (ou seja, colinas ou montanhas) podem ter um impacto significativo sobre a dispersão de emissões, em termos de canalização de plumas e alterando os fluxos de vento locais. Os efeitos do terreno são normalmente considerados importantes onde haja declives contínuos de 1:10 ou maiores, o que não é o caso. Assim sendo, nesta avaliação, o terreno não foi incluído no modelo.

C2.6.8 *Ponderação do efeito descendente dos edifícios (Building Downwash)*

Quando o fluxo de ar passa por cima dos edifícios, um fenómeno conhecido como downwash (efeito descendente) ocorre quando o ar é arrastado no lado do sotavento de um edifício e puxado para baixo, até ao nível do solo. Este efeito pode levar a pluma a descer ao nível do solo mais rapidamente do que aconteceria normalmente. Por conseguinte, vai aumentar a concentração do poluente ao nível do solo comparativamente com uma situação em que não existem edifícios. Com base nos dados actualmente disponíveis, apenas os edifícios da Fábrica de GNL com os refrigeradores em cima foram incluídos no modelo. Neste ponto, está disponível informação detalhada sobre a altura, mas apenas está disponível a área básica de pegada da Fábrica.

No âmbito do modelo, os edifícios são conceptualmente considerados como uma forma em bloco, uma vez que o modelo não pode levar em conta os efeitos de *downwash* em torno de uma forma de construção complexa. As dimensões dos edifícios são apresentadas na *Tabela 2.7*.

Tabela 2.7 *Dimensões de Edifícios, tal como modeladas*

Edifícios	Forma	Altura (m)	Comprimento/Diâmetro (m)	Largura (m)
Edifício da unidade de GNL	rectangular	20	221	36
Gerador de energia edifícios	rectangular	6	18	6
Tanques de armazenamento	circular	45°	80	-

C2.6.9 *Conversão de NO_x para NO₂*

O processo de combustão gera óxidos de nitrogénio (NO_x). Nos gases de escape da chaminé, estes estão na proporção de aproximadamente 95% de óxido nítrico (NO) para 5% de dióxido de nitrogénio (NO₂). No que diz respeito à avaliação do impacto na saúde humana, o NO₂ é o poluente mais relevante, uma vez que o NO é basicamente inerte no corpo humano. Na atmosfera, vários processos oxidam o NO para criar NO₂, mas este processo não ocorre nem rápida nem completamente sem que a pluma atinja o nível do solo. Por isso, é demasiado pessimista presumir que há 100% de conversão de NO em NO₂, sendo necessário o uso de um factor para estimar as concentrações de NO₂ ao nível do solo com base no NO_x total emitido.

Algumas agências internacionais desenvolveram directrizes para a inclusão da conversão de NO em NO₂ nas avaliações. A *Tabela 2.8*, apresenta um resumo das principais directrizes definidas. As proporções constantes da *Tabela 2.8* mostram que há diversas proporções recomendadas para converter NO em NO₂. Estes factores de conversão foram aplicados na interpretação dos resultados.

Tabela 2.8 *Taxa de conversão NO para NO₂ recomendada*

País	Período de referência	Taxa recomendada para a conversão de NO em NO ₂
Estados Unidos	24 horas	75%
	Anual	75%
Alemanha	24 horas	60%
	Anual	60%
Reino Unido	Curto prazo (1 hora)	35%
	Anual	70%
Hong Kong	24 horas	20%
	Anual	20%
Ontário, Canadá	24 horas	52%
	Anual	68%

Adoptando uma abordagem pragmática, foi adoptado um factor de conversão de 35% para o curto prazo e 70% para o longo prazo.

Isto aplica-se apenas à avaliação dos impactos sobre receptores sensíveis humanos. Para avaliar os impactos sobre os receptores sensíveis ecológicos foi considerado o total de NO_x e, portanto, não é necessária qualquer conversão.

C2.6.10 *Eventos não-rotineiros*

É altamente improvável que um processo tecnicamente complexo, tal como uma Fábrica de GNL, funcione durante um período prolongado de tempo sem ocorrerem alguns eventos não-rotineiros. Estes eventos são, tipicamente de curto prazo, mas têm o potencial de dar origem a emissões elevadas de curto prazo. No caso desta instalação, a questão fundamental é a eliminação segura do gás quando ocorre um evento não rotineiro. Isto é conseguido pelo desvio do gás para os queimadores, onde pode ser consumido por combustão até que as operações voltem ao normal.

Serão instalados queimadores para queimar o gás resultante de eventos não-rotineiros relacionados com a manutenção e emergências. Os eventos típicos de queima irão ocorrer durante menos de 60 minutos. O evento de queima seleccionado para a modelação corresponde ao pior cenário em termos de volume de gás que se espera poder queimar como resultado de um evento não-rotineiros. Note-se que uma avaliação da composição do gás para os eventos de queima revelou que não se espera qualquer queima de gás ácido e, assim, as emissões de SO₂ devem ser negligenciáveis para todos os eventos de queima.

C3.1 INTRODUÇÃO

Este estudo foi realizado de acordo com as boas práticas internacionais para a estimativa de emissões e com a metodologia de avaliação de impacto descrita no *Capítulo 3* do EIA. Esta secção apresenta de forma geral a metodologia para o cálculo da pegada de carbono e inclui comentários sobre a forma como a avaliação de impacto foi abordada.

O estudo incluiu uma avaliação da bibliografia internacional e nacional sobre as alterações climáticas; a revisão da documentação relevante; e uma discussão com representantes do Projecto e os especialistas. Não foi ainda realizado qualquer trabalho de campo.

C3.2 CÁLCULO DA PEGADA DE CARBONO

C3.2.1 Metodologia

A pegada de carbono é uma medida das emissões estimadas de gases de efeito estufa (GEE), provocadas directa e indirectamente por um indivíduo, organização, evento ou produto. O cálculo da pegada de carbono implica normalmente a seguinte equação:

Emissões da pegada de carbono = dados da actividade x factor de emissão x potencial de aquecimento global

- *Os dados de actividade* referem-se à actividade causadora da emissão, por exemplo, a combustão de uma determinada quantidade de gasóleo ou a utilização de uma determinada quantidade de gases refrigerantes;
- *Os factores de emissão* convertem os dados de actividade recolhidos e consolidados em toneladas de gases de efeito estufa relevantes; e
- *Os potenciais de aquecimento global* são aplicáveis a GEE sem CO₂ para converter o resultado no seu equivalente em dióxido de carbono (tCO₂e).

A pegada de carbono do Projecto foi estimada de acordo com o Protocolo de Contabilização de GEE para Projectos desenvolvidos pelo Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD) e o Instituto de Recursos Mundiais (WRI). O *Protocolo de GEE* apresenta orientação sobre a contabilização e a divulgação das emissões de GEE das empresas. É o padrão mais usado para programas de GEE obrigatórios e voluntários e faz uso das directrizes do Inventário GEE do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) para valores específicos de aquecimento, conteúdo de carbono, densidades e factores de emissão. Quando aplicável, a ERM considerou ainda os dados específicos fornecidos pela Equipa de Engenharia e as seguintes fontes para factores específicos do País e do processo:

- Directrizes da indústria petrolífera IPIECA para a comunicação das emissões de gases de efeito estufa; e
- Compêndio do American Petroleum Institute, de 2009, de Emissões de Gases de Efeito Estufa.

O cálculo utilizando esses padrões garante que a pegada de carbono do Projecto está alinhada com as normas internacionais.

C3.2.2 *Definição dos limites das emissões*

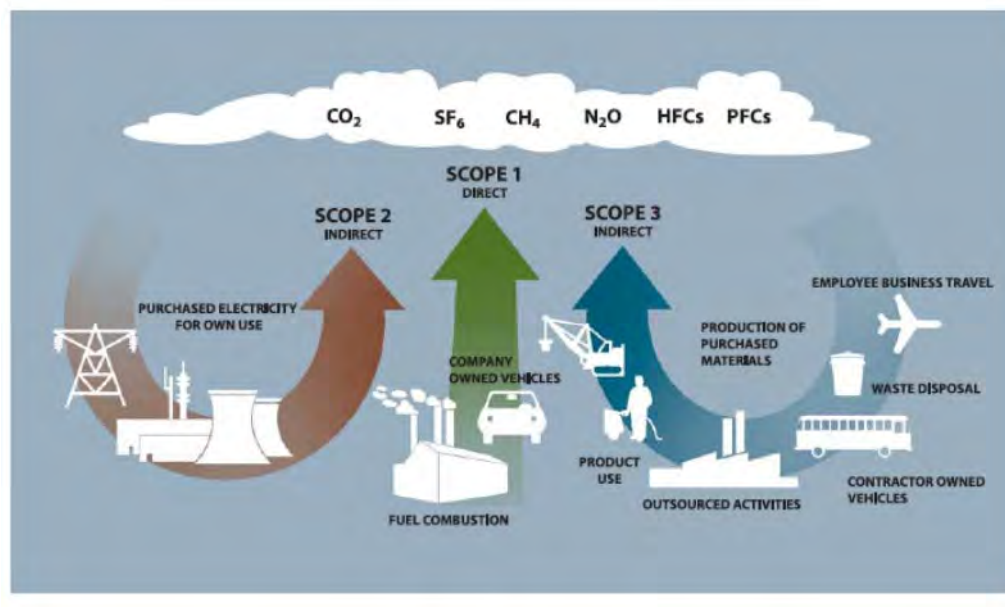
O âmbito da pegada de carbono depende da definição de dois limites relativos aos aspectos organizacionais e operacionais do projecto, conforme descrito em baixo. Os limites definidos para os fins do presente projecto são discutidos de seguida.

Os *limites organizacionais* determinam se o relatório é efectuado de acordo com a "abordagem de capital social" (os diferentes interesses económicos são reflectidos pelas empresas, sendo estas empresas em nome individual, empresas limitadas, *joint-ventures* incorporadas ou não incorporadas ou empresas subsidiárias) ou com a "abordagem de controlo" (emissões contabilizadas de operações sob o controlo operacional directo da empresa-mãe).

Os *limites da operação* determinam que actividades geradoras de emissões serão incluídas na pegada de carbono. O Protocolo GHG divide as emissões em três categorias, tal como descrito abaixo e ilustrado na *Figura 3.1*.

- *Âmbito 1 - emissões directas* de fontes pertencentes ou sob o controlo operacional da empresa;
- *Âmbito 2 - emissões indirectas* do consumo de energia eléctrica comprada; e
- *Âmbito 3 - emissões indirectas* - uma categoria de reporte opcional, que aceita a inclusão de outras emissões indirectas associadas mas não controladas pela empresa, tais como as actividades de subempreiteiros.

Figura 3.1 Âmbitos das Emissões do Protocolo de GEE



C3.3 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO

A avaliação do impacto é tradicionalmente realizada ao determinar, antes do desenvolvimento de um projecto, como as actividades propostas irão afectar o estado do ambiente (como descrito no *Capítulo 3 do Relatório EIA*). No caso das emissões de gases de efeito estufa, este processo é complicado, uma vez que o impacto das emissões de gases de efeito estufa no ambiente não pode ser quantificado num espaço e tempo definidos.

O efeito de estufa ocorre numa base global e o ponto de origem das emissões é irrelevante quando se considera o impacto futuro sobre o clima. Não é possível ligar as emissões de uma única fonte, tal como a Fábrica de GNL, a impactos específicos numa área de estudo mais alargada.

Assim sendo, este estudo especializado não considera os impactos físicos das alterações climáticas resultantes do aumento das emissões de GEE, mas sim o impacto do projecto no Inventário de GEE de Moçambique e as implicações que daqui decorrem.

O impacto das emissões operacionais estimadas do Projecto foi comparado a uma trajetória de emissões de Moçambique de 1994 a 2028, determinada com base no crescimento económico e nas vias de desenvolvimento históricas e projectadas.

C3.4 ÂMBITO DA PEGADA DE CARBONO

C3.4.1 Introdução

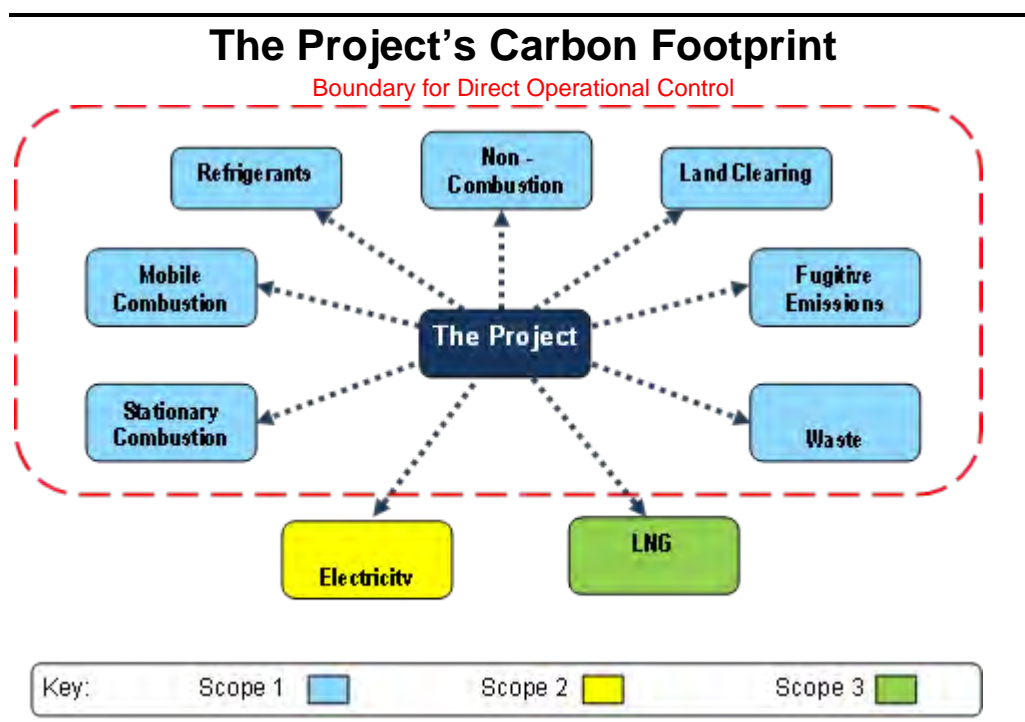
Esta secção define o âmbito da pegada de carbono do Projecto em termos dos limites das emissões, os momentos em que as actividades causadoras de emissões entram em curso, e uma visão geral das actividades geradoras de emissões.

C3.4.2 Limite Organizacional e Operacional

O limite organizacional foi definido de acordo com a abordagem de controlo, em que as emissões a partir de fontes sob o controlo operacional directo do Projecto serão incluídas na pegada de carbono, como ilustrado na *Figura 2.3*.

As emissões de âmbito 3 (indirectas) seriam normalmente as provenientes das actividades de terceiros, tais como as actividades de subempreiteiros e viagens de trabalho dos funcionários. Estas emissões foram excluídas para os fins deste estudo, devido ao facto de haver uma considerável incerteza na estimativa das actividades dos subempreiteiros e às viagens de trabalho dos funcionários.

Figura 2.3 Limites da Pegada de Carbono do Projecto



Assume-se que o Projecto irá suportar as despesas do combustível utilizado pelos empreiteiros no local e, portanto, as emissões associadas com as suas actividades foram incluídas no Âmbito 1. Toda a electricidade é gerada no local (Âmbito 1) e, portanto, não há emissões de Âmbito 2 respeitantes a electricidade adquirida. Foram estimadas as emissões de âmbito 3 associadas com a exportação de GNL, mas não incluídas na pegada de carbono global,

como discutido na *Secção 5*.

C3.4.3 *Calendário*

O início da construção está previsto para 2014, com as operações a começarem assim que a primeira unidade de GNL entre em funcionamento, durante o 4º trimestre de 2018. A capacidade de produção de cada unidade de GNL é de 5 milhões de toneladas de GNL por ano. A construção irá continuar até 2021, altura em que as seis unidades estarão em funcionamento, levando a produção total da unidade a atingir os 30 milhões de toneladas de GNL por ano. Prevê-se que a vida útil da Fábrica seja aproximadamente de 30 a 40 anos, estando o seu encerramento previsto para 2058. *Tabela 3.1* mostra os momentos em que as unidades ficarão a funcionar e a forma como as três fases da actividade deverá influenciar o número de pessoas que trabalham no local.

Tabela 3.1 *Calendário desde a construção até ao funcionamento completo do Projecto*

Fase	Cronologia das unidades	Número aproximado de pessoas no local
Construção 2014 - 2018	N/A	8.000
Construção e Operações Combinadas 2018 - 2021	Unidade 1 - 2018 Q4 Unidade 2 - 2019 Q2 Unidade 3 - 2020 Q1 Unidade 4 - 2020 Q3 Unidade 5 - 2021 Q1 Unidade 6 - 2021 Q3	10.000
Fase de Operação 2021 - 2058	N/A	700

C3.4.4 *Actividades Geradoras de Emissões do Projecto*

Estima-se que as Fábricas de GNL e de apoio propostas cubram uma área de cerca de 36km² dentro de uma área maior de aproximadamente 80km². Os campos de gás em alto mar estão localizados a cerca de 50 quilómetros para Este das instalações em terra. A descrição do projecto no *capítulo 4* no *Relatório de EIA* fornece um relato detalhado das actividades relacionadas com o projecto proposto.

Há quatro componentes principais para o projecto, que incluem:

- Em Alto Mar - campos de gás e infra-estruturas associadas;
- Em terra
 - complexo industrial de GNL;
 - um acampamento residencial que acomode até 10.000 pessoas; e
 - serviços, incluindo um porto, estradas, energia, água e esgoto, etc.

A *Tabela 3.2* resume as fontes de emissão principais que ocorrem no local e indica as que estão incluídas na pegada de carbono.

Tabela 3.2 *Resumo das principais fontes de emissão (todas do Âmbito 1)*

Âmbito de Emissões	Fonte de emissão
Combustão móvel	Combustível utilizado em veículos marítimos, incluindo rebocadores, barcos utilitários, transportadores e operadoras de GNL do Projecto Combustível utilizado em veículos terrestres, incluindo automóveis, veículos utilitários, autocarros, etc. Combustível usado em aviões contratados para uso exclusivo do Projecto
Combustão estacionária	Gasóleo utilizado para a produção de energia Gás utilizado para a produção de energia Gasóleo usado por empreiteiros durante a construção Queima Incineração de ácido e gás Aquecimento de óleo
Produção de resíduos	Emissões de metano a partir do tratamento de águas residuais (esgoto)
Refrigerantes	Fugas/uso de gases de refrigeração em aparelhos de ar condicionado em veículos e escritórios/alojamento
Fugitivos	Fugas de gás natural através de ductos
Lubrificantes	Utilização de óleos lubrificantes e gorduras na maquinaria
Limpeza do terreno	Desmatamento (no início do projecto)

C3.5 *PRESSUPOSTOS DA ESTIMATIVA DOS DADOS OPERACIONAIS DA ACTIVIDADE*

As boas práticas de cálculo da pegada de carbono determinam que sejam usados os dados de actividade reais (por exemplo, litros de gasóleo consumidos) relativos a um determinado ano fiscal. Dado que este projecto envolve a estimativa da pegada de carbono futura, para actividades que ainda não se iniciaram, assumiram-se alguns pressupostos para obter os dados de actividade necessários para realizar este cálculo.

Foram obtidos dados a partir do Registo de Aspectos do EIAS, do *workshop* realizado a 25 e 26 de Janeiro de 2012 com as equipas de trabalho das especialidades e através de discussões com a Equipa de engenharia para esclarecer e validar os pressupostos. A pegada de carbono foi estimada de acordo com as opções actuais do projecto, sendo que estas podem mudar após a conclusão do EIA e dos Estudos de Engenharia e Concepção (FEED). O *Anexo B* fornece um relato detalhado dos pressupostos que foram efectuados em relação a cada aspecto do cálculo da pegada de carbono.

A pegada de carbono inclui uma estimativa das emissões directas das actividades relacionadas com a construção e operação das instalações. As emissões associadas aos materiais usados são incluídas no Âmbito 3 e estão fora do âmbito deste projecto. As emissões do consumo de GNL vendido pelo Projecto não são incluídas, uma vez que está fora do controlo da empresa; e também porque a procura de GNL teria sido satisfeita de qualquer forma por

um fornecedor alternativo, não havendo emissões adicionais para a atmosfera.

C4 *RUÍDO*

C4.1 *ABORDAGEM E METODOLOGIA*

C4.1.1 *Visão geral*

Os objectivos gerais são a implementação de um projecto que seja compatível com os requisitos do IFC / Banco Mundial (Directrizes relativas ao Ruído e Normas de Desempenho), de uma forma ambiental, económica e socialmente sustentável.

C4.1.2 *Receptores Sensíveis ao Ruído*

A Fábrica de GNL localizar-se-á na zona costeira a Este, a aproximadamente cinco quilómetros da Vila de Palma. Há várias aldeias e assentamentos localizados nas proximidades da Fábrica de GNL e respectiva pista de aterragem. Há assentamentos consideráveis com mais de 20 habitações e outras aldeias que se encontram espalhadas por toda a área. O terreno envolvente é largamente utilizado para a agricultura, especialmente campos de arroz.

Existem actualmente várias aldeias e comunidades dentro do Local do Projecto em Afungi. Prevê-se que estes receptores sejam reassentados, como parte do Plano de Reassentamento e, portanto, não foram avaliadas na qualidade de receptores sensíveis ao ruído (RSR). Os RSR fora do local do projecto em Afungi são considerados na avaliação do impacto.

Os níveis de ruído de fundo e ambientais dentro da área do projecto e sua envolvente foram igualmente medidos, no intuito de reunir informação para a avaliação dos impactos. A metodologia para determinar os níveis de ruído representativos é descrita na secção abaixo.

Na *Figura 4.1* e *Tabela 4.1* apresenta-se uma visão geral da área do projecto, destacando a localização da Fábrica de GNL, a pista de aterragem, os locais de medição do ruído de referência e os locais de avaliação de ruído.

Figura 4.1 Fábrica de GNL e locais de avaliação

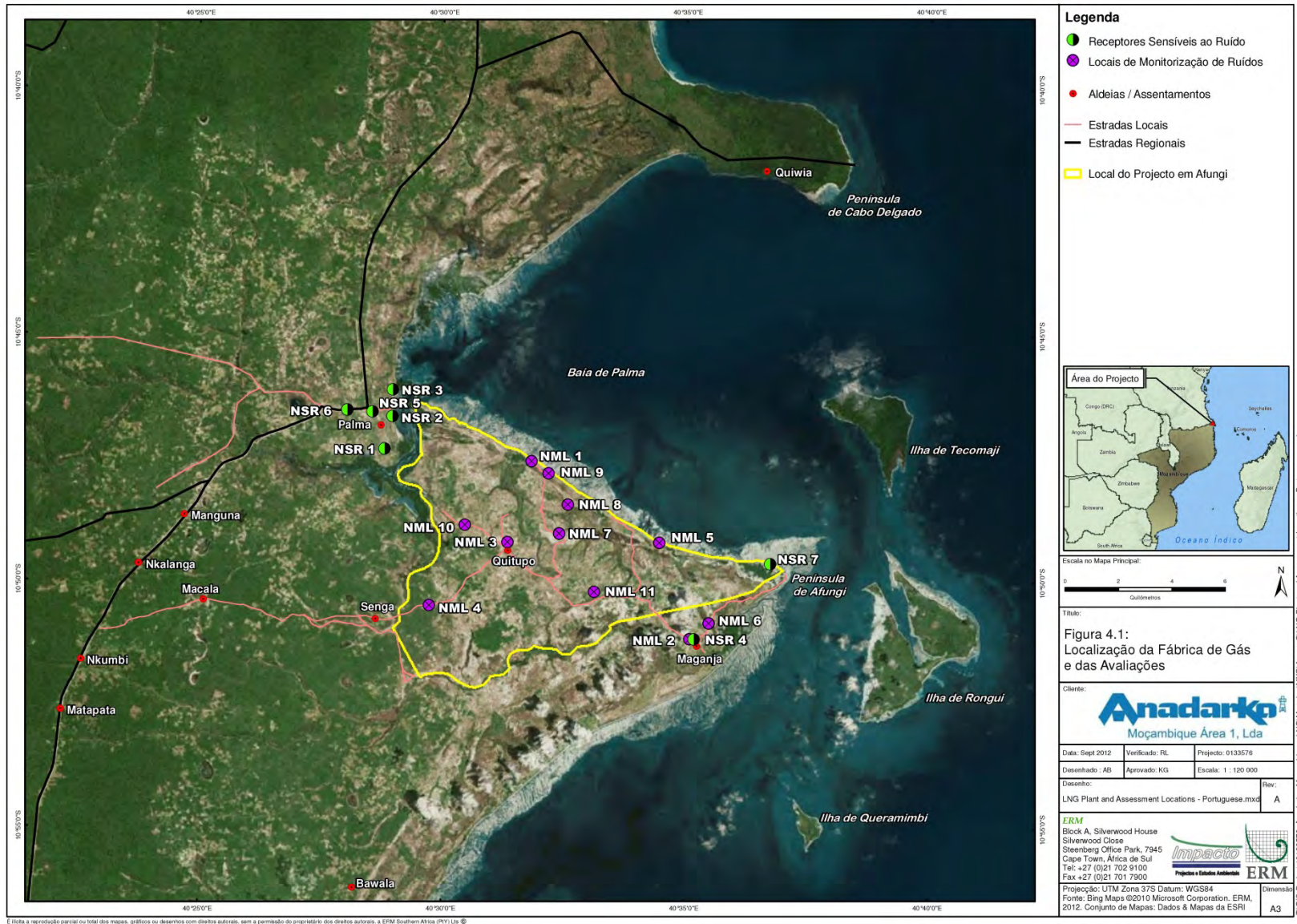


Tabela 4.1 *Locais de Avaliação e Características*

RSR ID	Distrito	Aldeia	População	Coordenadas Este ⁽¹⁾ (m)	Coordenadas Norte ⁽¹⁾ (m)	Distância à Fábrica de GNL (m)	Localização do Ponto de Avaliação de Ruído Mais Próximo (distância)
1				661826	8806977	3000	Estrada mais próxima da pista de aterragem (4,1 km)
2				662120	8808185	3200	Estrada mais próxima da pista de aterragem (5km) vila de Maganja (5,5 km)
3				662137	8809181	3600	Vila de Maganja (5,8 km)
4				673400	8799835	3000	Perto da vila 5,6,7 (0,1 km)
5				661374	8808355	3900	Estrada mais próxima da pista de aterragem (5,4 km)
6				660428	8808433	4800	Estrada mais próxima da pista de aterragem (6,1 km)
7				676257	8802645	1700	Heliporto (3,2 km) Vila de Quitupo (4,3 km)

Nota 1: Sistema de Coordenadas: WGS84 - UTM 37S

C4.2 *PREVISÃO DO IMPACTO*

C4.2.1 *Metodologia de Previsão do Ruído - Unidade de GNL*

Durante a fase de construção, os impactos estão relacionados com as emissões de ruído das máquinas e com a potencial afectação da área adjacente ao local do projecto. As fontes de ruído associadas à fase de construção são geralmente intermitentes e os impactos dependem do número e tipo de máquinas usadas para cada actividade. Também é esperado um aumento do nível de ruído na área adjacente ao local do projecto de Afungi durante a fase operacional.

As previsões dos níveis de ruído devem ter em conta todas as fontes de ruído significativas associadas às operações propostas. Um dos métodos para determinar o impacto de várias fontes de ruído num receptor é o de desenvolver um modelo de computador das operações propostas, utilizando um pacote de software comercialmente disponível. Neste caso, foi desenvolvido um modelo acústico utilizando o programa de modelação de ruído ambiental "SoundPLAN", versão 7.0, desenvolvido por Braunstein + Berndt GmbH. O modelo foi utilizado para gerar os contornos de ruído esperados para a área circundante à unidade de GNL e também para prever

os níveis de ruído para os receptores sensíveis mais próximos, identificados na *Figura 4.1* para os seguintes cenários:

- Construção da Fábrica de GNL;
- Construção da pista de aterragem; e
- Operação normal da Fábrica de GNL.

O modelo tem sido utilizado para implementar os métodos identificados no âmbito da norma ISO 9613 Parte 2, para a propagação de ruído. O SoundPLAN utiliza a seguinte informação para prever os níveis de ruído atribuíveis à unidade de GNL em receptores próximos:

- Mapa digital tridimensional do terreno do local e área envolvente;
- Dados de origem dos níveis de ruído baseados na frequência para instalações e equipamentos a operar no local;
- Cobertura do solo dominante;
- Protecção por barreiras, influência de edifícios ou de topografia; e
- Condições atmosféricas.

Meteorologia

O modelo foi utilizado para prever os níveis de ruído e produzir os contornos de ruído segundo a ISO 9613 Parte 2, considerando as seguintes condições ambientais:

- Pressão atmosférica 101.325 Pa
- Temperatura do ar 299,15 K (26 ° C)
- Humidade 83%

A propagação do ruído da origem para o receptor é feita na direcção do vento. As condições de propagação para o método especificado na ISO 9613 são:

- Direcção do vento dentro de um ângulo de $\pm 45^\circ$ em relação à direcção que liga o centro da fonte de som dominante e o centro da região do receptor especificado, com o vento a soprar da origem para o receptor; e
- Velocidade do vento entre 1 m/s e 5 m/s, medida a uma altura entre 3 a 11m acima do nível do solo.

Os parâmetros meteorológicos foram criados para todo o cálculo, para representar as condições atmosféricas prováveis na área do projecto.

Topografia e Cobertura do Solo

A informação topográfica usada no modelo acústico foi extraída a partir dos contornos do solo a 1m disponíveis em formato electrónico para a área em volta da unidade de GNL. Foi calculada uma representação 3-D da superfície do terreno através de um modelo digital terrestre (MDT) em SoundPlan. Os

efeitos de filtração dos edifícios e barreiras no local foram excluídos do modelo acústico para representar uma metodologia de cálculo conservadora.

A atenuação devida ao solo entre as fontes de ruído e os receptores foi incluída no modelo de ruído. Foi aplicado um valor de coeficiente de absorção de 0,2 dB para superfícies cobertas por vegetação e campos e um valor de absorção de 0,0 dB para o local da fábrica e o mar.

C4.2.2 *Cenários de Modelação*

Fase de Construção

O ruído associado à construção da Fábrica de GNL será de natureza variável e dependerá das actividades específicas a realizar, bem como do equipamento em funcionamento. Está previsto que a fase de construção dure aproximadamente 51 meses e prevê-se que arranque no início de 2014.

O ruído será potencialmente gerado no local das instalações de GNL, tanto em terra como em alto mar, devido a:

- **Preparação do local e terraplenagem.**
Este cenário inclui actividades significativamente geradoras de ruído, tais como a remoção da vegetação, remoção de solo superficial, terraplenagem, construção da calçada em terra e a Instalação da Doca Multi-usos (MPD). Estas actividades exigem veículos de construção e equipamentos pesados, tais como escavadoras, raspadores, niveladoras, cilindros, camiões basculantes e atrelados com tanques de água.
- **Obras de construção civil e construção da Fábrica.**
Este cenário inclui actividades geradoras de ruído significativa, tais como a instalação de unidades de betão e asfalto, instalação das fundações e áreas pavimentadas dentro da Fábrica de GNL, reabilitação da estrada local existente e abertura de estradas no local. Estas actividades exigem equipamentos, como estacas, cilindros pesados, camiões de betão, conjuntos geradores e ferramentas de fabrico com armadura de aço, tais como britadeiras.
- **Construção dos Serviços de Apoio à Fábrica.**
Este cenário irá incluir actividades várias, tais como a recepção e transporte de itens de grandes dimensões da Instalação da Doca Multi-usos para a Fábrica de GNL, que normalmente exigem equipamentos como guias de descarga e equipamento de transporte pesado. A fabricação de aço no local, a instalação de tubagens e a montagem de itens irão exigir, regra geral, guindastes, britadeiras, equipamento de soldadura, conjuntos geradores, compressores de ar e empilhadores.

O ruído global gerado durante a fase de construção terá origem em vários tipos de equipamento e actividades específicas. Assim, o impacto de ruído relacionado com esta fase pode ser variável e é difícil prever com exactidão as emissões do ruído durante todo o período de construção. Neste sentido, para

facilitar a avaliação do ruído foram considerados os seguintes três 'piores cenários':

- Um cenário de preparação do local;
- Um cenário de obras de construção civil; e
- Um cenário de construção de serviços auxiliares.

Considerando que as actividades de construção se irão estender por todo o local do projecto, cada cenário foi simulado várias vezes, variando a localização do equipamento para representar uma actividade máxima 'típica' com todo o equipamento a operar na área mais próxima dos receptores sensíveis ao ruído.

Os níveis de ruído previstos a partir do modelo são baseados no pressuposto de que todo o equipamento está em funcionamento em simultâneo e com a potência total. O equipamento simulado e o seu desempenho acústico para cada um dos cenários propostos é apresentado da *Tabela 4.2* à *Tabela 4.4*.

Tabela 4.2 *Lista de equipamentos de Preparação do Local*

Equipamento	Num.	Banda de Oitava (Hz) Nível de Potência Sonora, dBA								Lw (dBA)	Área de Localização
		63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		
Motosserras	1	81	91	98	104	107	108	108	106	114	
Bulldozer	2	101	105	108	111	109	104	99	-	1.116	
Raspador	1	76	85	91	96	98	97	90	81	113	
Calibrador/Nivelador	1	83	92	98	103	105	104	97	88	110	
Carregador	2	89	93	97	100	103	101	96	91	108	Área de instalação em terra
Cilindro	1	89	68,5	73	74	71	69	64	56	106	
Camião com caixa de carga basculante	3	96	100	104	107	110	108	103	98	115	
Atrelado com tanque de água	1	81	85	89	92	95	93	88	83	100	
Veículo 4WD	3	43	56	66	73	76	73	70	64	80	
Camião com caixa de carga basculante	2	96	100	104	107	110	108	103	98	115	
Escavadora de grandes dimensões	2	91	95	99	102	105	103	98	93	110	Área de instalação em Alto Mar
Bulldozer pequeno	1	99	103	106	109	107	102	97	-	114	
Cilindro	1	89	68,5	73	74	71	69	64	56	112	

Equipamento	Num.	Banda de Oitava (Hz) Nível de Potência Sonora, dBA								Lw (dBA)	Área de Localização
		63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		
Equipamento de bate-estacas	1	80	110	115	110	119	110	104	97	122	
Veículo 4WD	2	43	56	66	73	76	73	70	64	80	

Tabela 4.3 *Lista de Equipamento das Obras Civas*

Equipamento	Num.	Banda de Oitava (Hz) Nível de Potência Sonora, dBA								Lw (dBA)	Área de Localização
		63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		
Equipamento de bate-estacas	1	80	110	115	110	119	110	104	97	122	
Cilindro	2	89	68.5	73	74	71	69	64	56	106	
Unidade de mistura de betão e asfalto	1	92	96	100	103	106	104	99	94	111	
Camião betoneira	3	91	95	99	102	105	103	98	93	110	Área das instalações em terra
Bomba de betão	2	106	106	98	98	102	97	92	92	112	
Britadeira	3	-	91	97	100	102	97	92	88	111	
Gerador	3	99	98	96	92	91	90	78	81	105	
Veículos Todo-o-Terreno (4WD)	5	43	56	66	73	76	73	70	64	80	

Tabela 4.4 *Lista de Equipamentos dos Serviços da Unidade*

Equipamento	Nº	Banda de Oitava (Hz) Nível de potência sonora, dBA								Lw (dBA)	Área de Localização
		63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		
Guindaste	1	-	-	-	110	-	-	-	-	110	
Máquina de soldar e gerador	3	99	98	96	92	91	90	78	81	105	Área das instalações em terra
Britadeira	3	-	91	97	100	102	97	92	88	110	
Compressor de ar	3	91	90	93	96	96	94	91	-	106	
Empilhadora	2	62	72	79	85	88	89	89	87	95	

Equipamento	Nº	Banda de Oitava (Hz) Nível de potência sonora, dBA								Lw (dBA)	Área de Localização
		63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		
Camião de caixa aberta	2	79	95	96	100	104	103	98	92	114	
Veículo Todo-terreno (4WD)	5	43	56	66	73	76	73	70	64	80	
Guindaste de lagartas	1	-	-	-	111	-	-	-	-	111	
Transporte Pesado	1	70	86	87	91	95	94	89	83	105	
Empilhamento a partir da embarcação	1	76	106	111	106	115	106	100	93	118	Área das instalações em alto mar
Guindaste de lagartas a partir da embarcação	1	-	-	-	113	-	-	-	-	113	

Fase de Operação

As operações das operações de GNL compreendem um grande número de processos, actividades e equipamentos que geram ruído. Prevê-se que o período de vida operacional da fábrica será de aproximadamente 30 anos e a unidade de GNL irá funcionar 24 horas por dia, 7 dias por semana. As principais fontes de ruído terão as seguintes localizações:

- A Unidade de Produção de GNL e as áreas de serviços auxiliares, com até 6 unidades de GNL, diferentes áreas operacionais (recepção da alimentação de gás, tratamento de água e de efluentes, compressão de ar e área de fraccionamento, unidade MEG, armazenamento de refrigeração) e áreas comuns;
- A área de queima, devido à necessidade de queimar o gás excedente (de forma ocasional e intermitente) durante o funcionamento normal da unidade de produção de GNL. A chama estará localizada a 140 metros acima do nível do solo; e
- O cais de GNL e a área do porto, onde o carregamento de GNL irá necessitar de navios -tanque, rebocadores e equipamentos como bombas e geradores auxiliares de energia.

Para estimar as emissões de ruído das operações de processamento de GNL, foi considerada uma situação de 'pior cenário' em termos de actividade, de ocorrência simultânea das seguintes situações típicas:

- Cenário de Processamento de GNL;
- Cenário da queima; e
- Cenário de navegação de navios.

Os níveis de ruído previstos no modelo são baseados no pressuposto de que o equipamento funciona em simultâneo e na potência total. O equipamento simulado e os respectivos desempenhos acústicos, para cada um dos cenários, é apresentado da *Tabela 4.5* à *Tabela 4.7*

Tabela 4.5 *Processamento de GNL e Lista de Equipamento no Cenário de Serviços Auxiliares*

Equipamento	Banda de Oitava (Hz) Nível de potência sonora, dBA									Global (dBA)
	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	
<i>Produção de energia e armazenamento de refrigeração</i>										
Unidade de GNL	58	70	90	108	105	120	116	102	77	125
Refrigeradores de ar (número = 189)	67	69	71	76	82	86	88	88	93	96
Chaminé de exaustão	103	99	98	93	86	83	79	76	67	90
Gerador	98	98	97	95	91	90	89	77	80	104
Bombas de Etano/Propano	89	89	89	87	87	85	80	75	75	96
<i>Área de recepção de gás de alimentação</i>										
Unidade de recepção de gás	87	91	85	81	79	91	95	72	57	101
<i>Área de tratamento de água</i>										
Bomba de água doce	85	85	85	83	83	81	76	71	71	92
Bomba de água potável	84	84	84	82	82	80	75	70	70	91
Bomba de água de desmineralização	84	84	84	82	82	80	75	70	70	91
Boca-de-incêndio de água doce	93	110	99	97	95	97	92	79	66	111
Bomba <i>Jockey</i>	84	84	87	88	86	86	86	86	80	95
Boca-de-incêndio de água doce a gasóleo	93	110	99	97	95	97	92	79	66	111
<i>Área de compressão de ar e azoto</i>										
Compressão de ar	-	91	90	93	96	96	94	91	-	102
<i>Urgências e laboratório</i>										
Bomba sanitária dos laboratórios	84	84	84	82	82	80	75	70	70	91
<i>Tratamento de efluentes</i>										
Bomba de reciclagem de água contaminada	82	82	82	80	80	78	78	68	68	89
Bomba de água de irrigação	82	82	82	80	80	78	78	68	68	89
Bomba de descarga de efluentes	82	82	82	80	80	78	78	68	68	89

<i>Fraccionamento</i>										
Coluna de fraccionamento	89	96	95	97	100	100	94	82	110	112
Bombas	89	89	89	87	87	85	80	75	75	96
<i>Unidade MEG</i>										
Aquecedor de reciclagem do separador de MEG	101	102	97	95	89	88	89	85	77	106
Bombas	89	89	89	87	87	85	80	75	75	96
Bomba de reforço de MEG	87	87	87	85	85	83	78	73	73	94

Tabela 4.6 *Lista de Equipamento da Queima*

Equipamento	Altura (m)	Banda de Oitava (Hz) Nível de potência sonora, dBA								Global (dBA)
		63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	
Queima	140	119	118	115	110	109	109	111	112	124

Tabela 4.7 *Navegação. Lista de Equipamento*

Equipamento	Número:	Nível de Potência Sonora (dBA) (ref 10 ⁻¹¹ Watts)
Navio tanque de GNL	1	111
Rebocadores	4	111
Tanque de condensados	1	101
Bombeamento de condensados	1	105

C4.2.3 *Metodologia de Previsão do Ruído - Pista de Aterragem*

Para calcular os perfis de voo e os contornos de ruído foi usado o Modelo Integrado de Ruído (INM) versão 7.0b, baseado nos seguintes dados:

- Geometria da pista.
- Tipos de aeronaves.
- Dados de desempenho das aeronaves.
- Número de aeronaves no período de pico, durante a fase de construção.
- Rotas de voo.
- Dados meteorológicos.

O Modelo Integrado de Ruído foi desenvolvido nos EUA, e é mantido com uma base de dados actualizada de desempenho de aeronaves e dados de ruído. A versão 7.0b tem este tipo de dados para 138 tipos de aeronaves comerciais, 115 aeronaves militares e 19 helicópteros. O modelo não é apenas um modelo de ruído. Ao mesmo tempo que prevê níveis de ruído, o INM calcula trajectos de voo tridimensionais, com base na rota de voo bidimensional e o perfil de voo vertical, que calcula a partir das definições de força de propulsão e configurações da asa de cada aeronave, velocidade da aeronave e dados sobre os ventos de proa específicos para a operação de cada aeronave que o utilizador define. Portanto, é necessária uma grande quantidade de informação para construir um modelo de ruído confiável para o aeroporto.

A maioria dos dados necessários de desempenho das aeronaves estava disponível nas bases de dados do INM. Quando os tipos particulares de aeronaves não estavam disponíveis no INM, foram efectuadas as substituições adequadas com base na função, peso e desempenho de cada aeronave.

Neste caso, espera-se a utilização de três tipos de aeronave na pista:

- Antonov 124 (a substituição padrão do INM foi o Boeing 747 20B);
- Cessna 208 Caravan (a substituição padrão do INM único GASEPF a turboélice da Aviação Geral); e
- Sikorsky S76 helicóptero Sprint.

Os números de voos serão maiores durante a construção, e presume-se que sejam os seguintes:

- Antonov 124 1 a cada 2 dias
- Cessna 208 1 a cada 2 dias
- Sikorsky S76 1 por dia

Supõe-se que todos os voos irão operar durante o dia.

Dado o reduzido número de voos diários (2 chegadas e 2 partidas, em média), foi criado um modelo de ruído relativamente simples para prever os níveis de ruído de pico (L_{Amax}) e para avaliar os impactos sobre a região.

Dados Fundamentais e Pressupostos

Assumiu-se que todos os voos irão aterrar e descolar em direcção a sul, devido ao domínio de ventos de Sul e Sudeste. No entanto, dado o baixo número de voos por dia, pode vir a ser possível operar a pista nos dois sentidos para permitir, por exemplo, chegadas vindas do sul e saídas para o sul. Com efeito, neste caso, o sentido da operação é uma medida de mitigação do ruído que pode ser explorada, se necessário.

Presume-se que a aproximação das aeronaves se dará segundo uma inclinação padrão de 3 graus e a aproximação e partida serão efectuadas através de

procedimentos operacionais padrão para as aeronaves. Espera-se igualmente que os helicópteros Sikorsky S76 operem a partir de um heliporto no extremo norte da pista e que sigam as mesmas rotas em linha recta dentro e fora da pista para a área de interesse do estudo, com partida e chegada segundo Regras Visuais de Voo para/de uma altura de 1000 pés

Foram utilizados dados meteorológicos KBR (CV-60-G20-0001, 16 de Janeiro de 2012) para gerar ventos de proa apropriados para as operações de pista, temperatura e pressão, que influenciam as taxas de subida dos aviões e, consequentemente, os níveis de ruído no solo. Foi considerada uma temperatura média de 25 graus Celsius. Embora haja uma predominância de ventos do sul, os ventos de proa foram considerados como sendo neutros, para modelar o pior cenário possível. A pressão média anual considerada foi de 101.400 Pa.

C4.3 AVALIAÇÃO DA SIGNIFICÂNCIA

C4.3.1 *Visão geral*

Os valores ambientais a proteger são as qualidades do ambiente acústico, que contribuem para:

- O bem-estar da comunidade ou de uma parte da comunidade; e
- O bem-estar do indivíduo, incluindo a oportunidade deste ter um sono, um momento de descontração e uma conversa sem interferência excessiva de ruído intrusivo.

C4.3.2 *Limiar de impacto dos níveis de ruído*

A análise das directrizes do IFC e das orientações da OMS indica que, sempre que possível, o nível de ruído geral no receptor não deverá exceder certos valores limiares identificados (*Tabela 4.8*). Assim, as emissões de ruído do Projecto (o nível de ruído específico) devem ser projectadas de forma a assegurar que estes níveis de ruído definidos são cumpridos.

Tabela 4.8 *Directrizes sobre os Níveis de Ruído do IFC / Banco Mundial*

Receptor	Máximos níveis de ruído ambiente permitidos, LAeq, 1h, Campo livre dBA	
	Dia	Noite
	7:00-22:00	22:00-07:00
Residencial, Institucional, Educativa	55	45
Industrial, Comercial	70	70

Consideram-se quatro factores-chave na determinação da significância dos efeitos do ruído - a sensibilidade do receptor, a magnitude do impacto, a duração e probabilidade de ocorrência. Destes factores, três são geralmente os mesmos para a operação:

- A sensibilidade do receptor - em geral, todos os humanos ouvem ruído e reagem de forma semelhante ao ruído, e a diferença entre o dia e a noite é abordada através da adopção de limiares diferentes;
- A probabilidade - sabemos que o ruído irá ocorrer a partir de um modelo de previsão; e
- A duração - o ruído é relativamente contínuo e poderia ser considerado como tendo uma longa duração (excepto para a fase de construção).

Para a fase de construção, a duração do ruído é um factor mais variável, contabilizado na matriz de avaliação de impacto através de uma redução nos limites de ruído aceitáveis adoptados para o Projecto.

Tanto para o ruído da construção como da fase operacional, os impactos são considerados como *Directos* na sua natureza e de extensão *Local*, ao passo que a *Intensidade* não é considerada ao determinar os impactos do ruído.

Portanto, o factor decisivo para determinar a relevância de um impacto é a magnitude do nível de ruído, expresso acima do critério definido (*Tabela 4.9* *Tabela 4.10*). A matriz de avaliação da significância é apresentada nos quadros abaixo e estabelece o nível de significância com base em níveis de ruído durante as fases de construção e operação. As definições das classificações de significância são explicadas a seguir:

- **Negligenciável/Insignificante** - Não há necessidade de considerar na tomada de decisões, não é necessária qualquer mitigação;
- **Baixa** - um impacto que é significativo, para ser considerado pelos decisores, mas suficientemente pequeno para que as práticas de gestão do ruído garantam que os níveis de ruído estão abaixo dos critérios de relevância;
- **Moderada** - um impacto que é significativo e para o qual devem ser consideradas medidas de mitigação. As medidas de mitigação são susceptíveis de afectar a concepção e os custos;
- **Alta** - um impacto que é significativo e para o qual devem ser consideradas medidas de mitigação. As medidas de mitigação irão afectar a concepção e os custos. Os impactos serão indesejáveis se não forem tomados em conta; e

- **Crítica** – Criarão efeitos adversos directos e potenciais sobre a saúde e o conforto humano e devem evitar que o projecto prossiga da mesma forma. Serão necessárias medidas de mitigação significativas para alterar a concepção do projecto.

C4.3.4 *Critérios de ruído - Unidade de Produção de GNL*

Fase de Construção

Não há directrizes nacionais relevantes para o ruído das obras de construção e estas não são abordadas directamente pelo IFC na directriz de ASS. Tendo em consideração o período de construção, e tratando-se de um período com mais de 4 anos de duração, considerou-se que os limiares do IFC e da OMS de 55 dB (A) para o dia e 45 dB (A) para o período nocturno seriam adequados a este projecto. Adicionalmente, uma $L_{A_{Max}}$ de 85 dBA é um limite de acção bem aceite para a gestão de ruído ocupacional, uma vez que é o limite em que o potencial de danos causados à audição começa a ser equacionado. Esse nível tem sido adoptado como o limiar para impactos críticos.

A significância para o ruído de construção é avaliada através do estabelecimento de um nível de ruído limite a partir do qual impactos significativos começam a ocorrer e níveis mais elevados para impactos **Moderados** e **Altos**. Usando essas normas e directrizes como referência, geralmente é apropriado definir limiares de relevância para o dia e para a noite de acordo com a duração do ruído, na base de que construção temporária (<1 mês) terá impactos menores do que construção a curto prazo (1-6 meses) ou de longo prazo (> 6 meses).

A *Tabela 4.9* apresenta a matriz de avaliação de impacto relativa ao nível de ruído desde a fase de construção. Dada a duração do período de construção para este projecto, foi feita uma abordagem conservadora, adoptando os mais rigorosos critérios de longo prazo (duração > 6 meses).

Tabela 4.9 *Significância do Impacto do Ruído em RSR - Fase de Construção*

Período de Operação	Nível de ruído durante o dia, dBA				Nível de ruído durante a noite, dBA				Todos os períodos	
	Classificação dos Impactos	Não-Significativo	Baixo	Moderado	Alto	Não-Significativo	Baixo	Moderado		Alto
Construção LAeq,1hr										
Exposição temporária < 1 mês	<70	70-75	>75-80	>80	<55	55-60	>60 - 65	> 65	>85	
Exposição de curto prazo 1 a 6 meses	< 65	65-70	>70-75	>75	<45	45-55	>55-60	>60	>85	
Exposição a longo prazo >6 meses	<55	55-60	>60 - 65	> 65	<45	45-50	50-55	>55	>85	

Fase de Operação

Não existem directrizes nacionais relevantes para o ruído e, portanto, serão adoptadas as directrizes de ASS da IFC para o projecto.

Tabela 4.10 apresenta a matriz de avaliação de impacto relativa ao nível de ruído desde a fase operacional do projecto.

Tabela 4.10 *Significância do impacto do ruído para os receptores residentes - Fase de Operação*

Período de Operação	Nível de ruído durante o dia, dBA				Nível de ruído durante a noite, dBA				Todos os períodos
	Classificação dos Impactos	Não-Significativo	Baixo	Moderado	Alto	Não-Significativo	Baixo	Moderado	
Funcionamento da fábrica LAeq,1hr	<55	55-60	>60 - 65	> 65	<45	45-50	>50-55	>55	>85
Δ LA90	<3	3 -8	>8 -15	>15	<3	3 -8	>8 -15	>15	>85

Para a fase operacional, o ruído gerado pelas actividades das unidades de produção nos NRSs serão comparados com o nível de ruído de fundo monitorizado durante o estudo de campo, tomando em consideração o valor LA90 que descreve um nível de pressão de som com ponderação A excedido em 90% durante o tempo de medição¹. Nos casos em que não existe nível de ruído de fundo disponível, devido à distância significativa entre os locais de monitorização e os receptores sensíveis ao ruído, será considerado um valor de 30 dB (A), como LA90. Este pressuposto é aceitável devido à natureza particular da área em torno do local da unidade de produção, muito utilizada para actividades agrícolas, sem fontes de ruído significativas.

C4.3.5 Critérios de Avaliação de Ruído - Aeroporto

Não existem directrizes de ruído para aeronaves em Moçambique.

Há inúmeras métricas utilizadas em todo o mundo para descrever o ruído dos aviões. A maioria ou são de pico ou são médias de algum tipo. Exemplo:

- LAeq 12 hdB: O nível de ruído equivalente com ponderação A, média logarítmica durante um período de 12 horas (0700-1900 horas) dá uma forma de exposição ao ruído médio de um dia médio.

(4) ETSU-R-97 Directrizes para a Avaliação de Ruído de Parques Eólicos aconselham a usar o índice de ruído LA90 para o ruído de fundo, o nível de ruído LA90 é tipicamente 2 dBA abaixo do valor LAeq, t equivalente.

- L_{Amax} dB: O nível máximo de ruído com ponderação A durante qualquer evento de ruído dos aviões (ou seja, o pico).

Na Europa, o Nível de Ruído Diurno e Nocturno (L_{den}) é a métrica de ruído mais amplamente usada para avaliar os impactos de ruído das aeronaves. A métrica baseia-se em L_{Aeq} mas é o somatório de todos os eventos de ruído de aeronaves ao longo de um período de 24 horas, dando as diferentes ponderações de somas logarítmicas de acordo com a hora do dia. As outras métricas estão baseadas em L_{Aeq} , todas as quais somam o ruído ao longo de um período e extraem a média logarítmica. Neste caso, haverá, em média, até cerca de quatro movimentos de aeronaves por dia, pelo que uma abordagem em termos de média não é considerada apropriada.

Os níveis L_{Amax} (pico) de ruído são por vezes usados para avaliar as perturbações do sono ou para comparar os níveis de ruído de pico durante a passagem de uma aeronave comparativamente com os níveis de ruído ambiente. Um nível de ruído de aeronaves de L_{Amax} de 80 dB (com efeito no solo) é geralmente considerado como o nível acima do qual podem surgir perturbações significativas do sono numa comunidade, assumindo um grau de habituação ao longo do tempo.

C4.4 *RECOLHA DE DADOS PARA A DEFINIÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA*

C4.4.1 *Visão geral*

Uma parte importante da avaliação do ruído é a quantificação e compreensão do ambiente acústico existente, incluindo a identificação dos níveis de ruído de referência em RSRs potencialmente afectados. A situação de referência daquilo que será o ambiente pode ser definida como as condições que prevalecem na ausência do Projecto. Esta informação define o cenário para a avaliação do potencial de impactos de ruído nas RSRs criados pela Fábrica de GNL.

C4.5 *METODOLOGIA DE RECOLHA DE DADOS*

Foram escolhidos locais de medição representativos na periferia de cada aldeia para capturar o nível de ruído da situação de referência sem afectação por fontes de ruído da aldeia, tais como pessoas, veículos ou circulação de animais.

Os níveis de ruído ambientais (de fundo) para a Área do Projecto foram medidos através da realização de medições a longo prazo durante o dia e a noite e uma série de medições a curto prazo monitorizadas durante o dia no período de 20^a a 27 de Fevereiro de 2012, nos locais de medição mostrados na *Figura 4.2* para determinar a situação de referência do ruído diurno e nocturno.

Foi utilizado um Medidor de Nível de Som (SLM) Tipo 1 Rion NL-52 para realizar as medições de longo prazo não-monitorizadas e as de curto prazo monitorizadas. Os instrumentos foram calibrados antes e depois das medições e não foi detectado nenhum desvio significativo de calibração. As condições meteorológicas durante o período de medição foram observadas como predominantemente ensolaradas, no entanto, ocorreu uma chuva leve durante o período de medição. Um anemómetro registou a velocidade média do vento como sendo menor do que 5,2 km/h durante as medições de curto prazo e registou igualmente uma temperatura média de 34°C.

C4.5.1 *Medições de Longo Prazo*

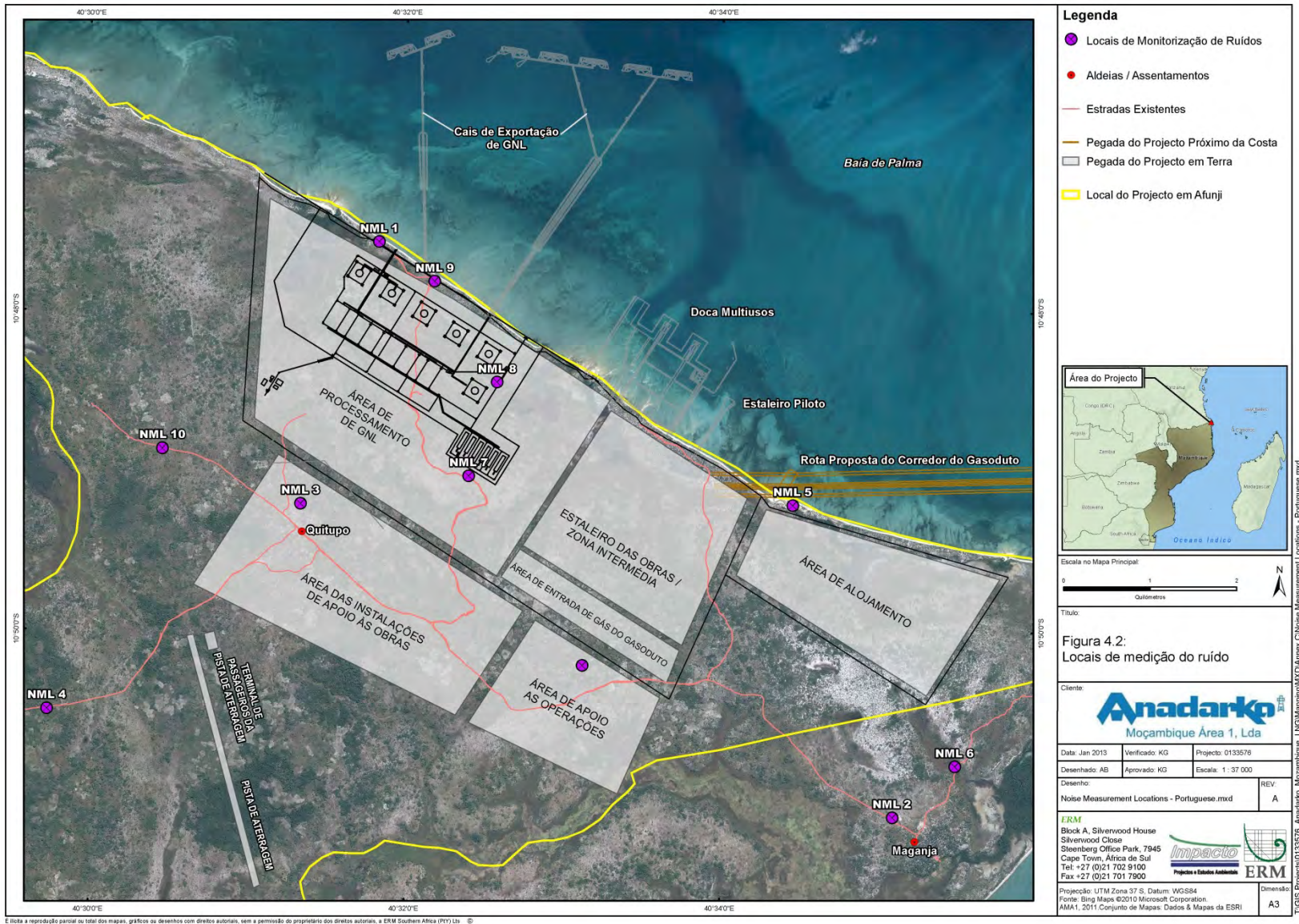
Em cada local de longo prazo, foi realizada uma monitorização de ruído contínuo com o mínimo de 24 horas para fornecer uma descrição dos níveis de ruído e para compreender a variação entre os períodos do dia e da noite. O microfone do monitor a longo prazo foi colocado sobre um tripé a uma altura de 1,5m e a mais de 3,5m de qualquer superfície reflectora (excepto o solo), de modo a constituir uma medida de campo livre. O monitor registou automaticamente os parâmetros de medição de ruído ambiente, incluindo os parâmetros LAeq, LA90, LA10, LAMax e LAMin.

As medições de longo prazo foram recolhidas num total de quatro locais (*Figura 4.2*). A localização D (NML1) está situada ao longo da linha de costa nordeste do local do projecto, Maganja (NML2) a sudeste, Quitupo (NML3) a oeste, e a localização final (NML4) a sudoeste do local do projecto, sendo a estrada mais próxima da pista de aterragem. Estes quatro locais foram considerados representativos do ambiente acústico para as aldeias típicas rurais, situadas dentro e em redor do local do Projecto.

C4.5.2 *Medições de Curto Prazo*

Foi realizada uma série de medições a curto prazo (durante o dia) para identificar a natureza, o carácter e as fontes de ruído dominantes em volta e dentro do Local do Projecto. As medições a curto prazo foram também realizadas anteriormente em cada local a longo prazo, de forma a verificar as medições a longo prazo. As medições de curto prazo foram registadas num total de 11 locais.

Figura 4.2 Pontos de Medição de Ruído



C5.1

METODOLOGIA

Os dados para a definição da situação de referência para a secção de Solos foram recolhidos durante uma visita ao local que decorreu entre 9 e 22 de Dezembro de 2011. A informação da situação de referência proporciona uma descrição do ambiente do solo actual, em comparação com o qual os impactos podem ser avaliados e as futuras alterações podem ser monitorizadas.

Foi planeado um levantamento dos solos com o objectivo de identificar e classificar a área em termos de:

- Tipos de solo associados com a área a ser perturbada;
- Propriedades físicas e químicas dos tipos de solos identificados;
- Profundidade do solo;
- Erodibilidade dos solos;
- Nível de nutrientes do solo, e
- Potencial de utilização do solo antes da construção (aptidão de uso)

A Área de Estudo compreendeu o limite da área maior (Áreas 1 e 2), como mostrado na *Figure 5.1* A Área 1 mostra a demarcação originalmente identificada por investigação; a área maior foi adicionada numa fase posterior (Área 2) para incorporar uma pegada do projecto maior. O acesso à Área 1 foi limitado devido à ausência de estradas durante o período de estudo, enquanto o acesso à Área 2, tal como indicado acima, foi proibido. Consequentemente, foram empregues dois métodos de obtenção de dados. As delimitações da Área 2 foram realizadas com base nas observações de campo, ou seja, posições paisagísticas de solos arenosos bem drenados e solos saturados das terras húmidas, encontrados na Área 1, incluindo interpretação adicional de imagens de satélite. Pode esperar-se um bom rigor no levantamento do reconhecimento de solos usando esta abordagem.

C5.2

INVESTIGAÇÃO DA ÁREA 1

O método utilizado encontra-se resumido abaixo. Os pormenores específicos são abordados no Anexo D.

- Foi usado um Software SIG para gerar um sistema de rede (com 350m de espaçamento), para cobrir a área em estudo;
- O sistema de rede permite a georreferenciação dos pontos nas intersecções das linhas da rede;
- Os pontos foram numerados e transferidos para um Sistema de Posicionamento Global (com um instrumento GPS Garmin), utilizando dados WGS84;

- A cobertura georreferenciada fornecida foi utilizada como base para a selecção dos pontos para investigação;
- Com base em interpretação da topografia efectuada no campo, do padrão antecipado e das características do solo e configuração das estradas e picadas, foi escolhida uma selecção de pontos de rede para investigar e que representam a área de estudo;
- Os poços existentes encontrados durante as visitas de campo foram incluídos para a investigação, e
- Com a aplicação do que acima se expõe, foram estabelecidos e visitados para investigação 127 pontos de observação (incluindo 5 poços).

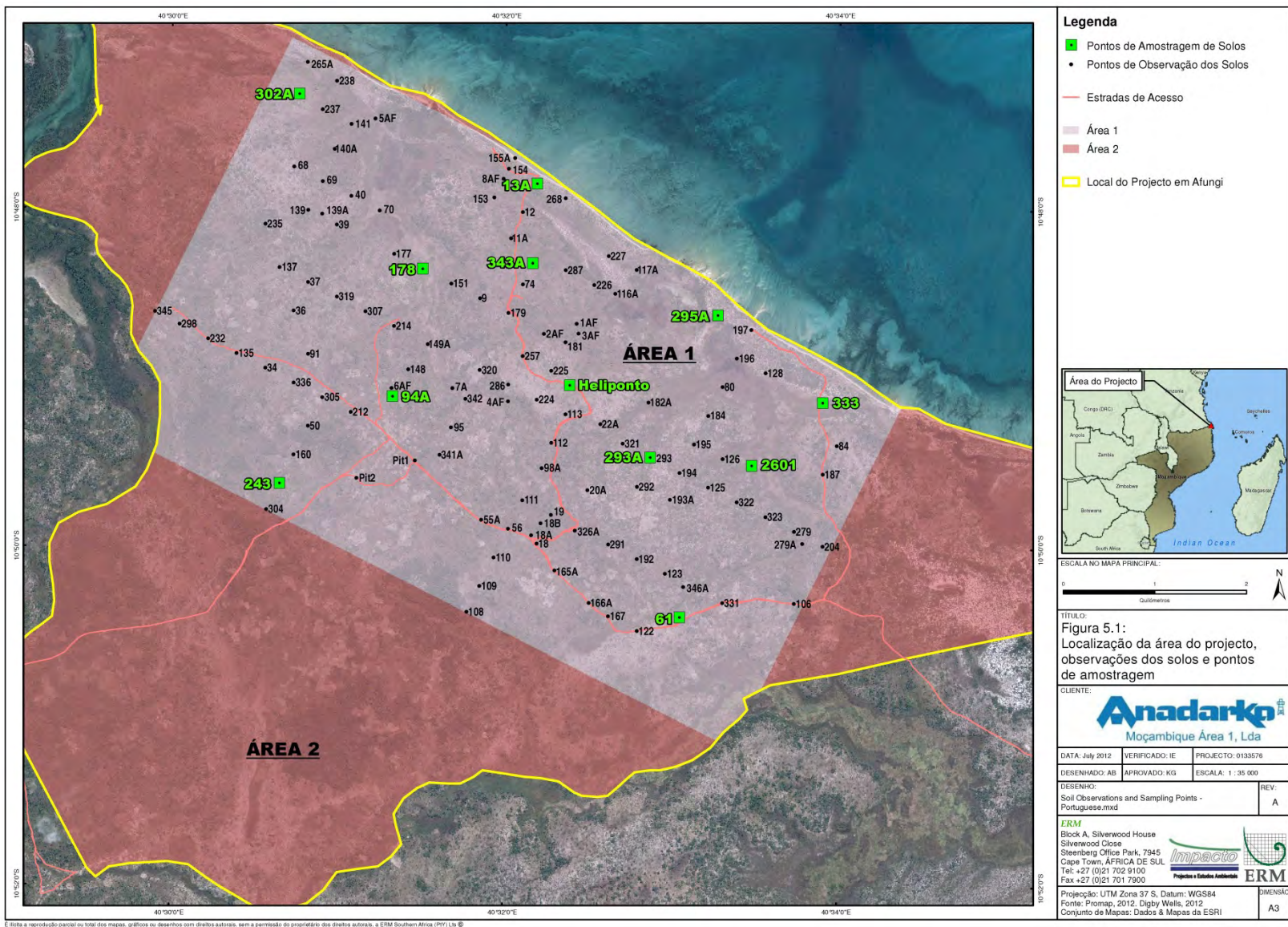
C5.2.1 *Recolha de Dados*

A fase de recolha de dados consistiu na recolha de informações do solo para avaliar as propriedades físicas, tal como se apresenta na secção abaixo. As amostras para a avaliação do tamanho das partículas e da composição química do solo foram recolhidas em pontos seleccionados, tal como mostrado na *Figure 5.1*. Em cada ponto de observação, foram executadas as seguintes tarefas, a fim de recolher informações básicas sobre a cobertura do solo:

- Em cada ponto de observação, o solo foi escavado utilizando uma sonda de perfuração manual até uma profundidade de 1,500mm ou até haver resistência.
- Os furos abertos pela sonda de perfuração (e poços) permitiram uma análise no local do perfil do solo, a partir da qual foi feita uma identificação e classificação (e respectivas descrições) do tipo de solo (forma de solo).
- Foi aplicado o Sistema de Classificação Taxonómico de Solos para AS⁽¹⁾ para obter uma forma de solo para cada ponto de observação.

(1) Grupo de Trabalho para a Classificação de Solo, 1991. Classificação dos solos. Um sistema taxonómico para a África do Sul. Memórias sobre os recursos agrícolas naturais da África do Sul No. 15. Instituto para o Clima, Solo e Água, em Pretória.

Figure 5.1 Localização da Área de Projecto, Pontos de Observação e de Amostragem do Solo.



C5.2.2 *Programa de Amostragens*

A amostragem foi realizada em locais seleccionados, com os seguintes propósitos em mente:

- Obter uma representação adequada dos solos em cada uma das unidades identificadas;
- Comparar com os resultados de análises laboratoriais com as constatações no terreno, e
- Obter a situação de referência sobre o estado químico actual dos solos.

Foram seleccionados doze locais de amostragem, a partir dos quais foi recolhido um total de 27 amostras (ver *Figure 5.1*). As amostras foram enviadas para um laboratório analítico (*Geolab*) para análise. As amostras de solo foram analisadas em relação às propriedades físicas e químicas, da seguinte forma:

- Catiões extraíveis, nomeadamente Na, K, Ca e Mg utilizando acetato de amónio como agente de extracção.
- Capacidade de troca catiónica do solo superficial.
- Teor de carbono do solo superficial.
- Fósforo (Bray1) do solo superficial.
- A textura do solo, nomeadamente no que respeita a areia, silte e argila, foi igualmente determinada.

Nenhuma amostragem e análise foi realizada com um estado de referência contaminado em mente, uma vez que era muito improvável que pudesse existir um nível extremo de qualquer elemento. Além de práticas de cultivo de baixo impacto (pouco ou nenhum uso de fertilizantes artificiais), não eram conhecidos quaisquer eventos com potencial para terem dado origem a tais perturbações.

C5.3 *ABORDAGEM DE INVESTIGAÇÃO PARA A ÁREA 2*

Com base no mapa disponível do inventário de solos em grande escala (FAO, 1982), e com base na interpretação de imagens aéreas e dos resultados do trabalho de campo na Área 1, inferiu-se que as áreas de terras não húmidas fora da Área 1 serão compostas por areia depositada a uma certa profundidade (> 1,5m), tal como foi encontrado na Área 1.

C6 *HIDROLOGIA*

C6.1 *METODOLOGIA*

C6.1.1 *Introdução*

A metodologia utilizada nesta análise implicou uma revisão dos dados disponíveis e dos relatórios de domínio público, bem como uma visita ao local e modelação informática.

C6.1.2 *Delineamento dos Cursos de Água e dos Limites das Bacias Hidrográficas*

A rede de drenagem modelada e as bacias hidrográficas foram desenvolvidas através da aplicação do software Watershed Modeling System (WMS) e do Modelo Digital de Elevação Global Aster (GDEM) da NASA. O WMS foi desenvolvido pela Aquaveo (2004) e fornece uma modelação hidrológica e hidráulica típica usando modelos como o HEC-HMS e o HEC-RAS. As redes de drenagem de rios/cursos/nascentes e bacias hidrográficas foram mapeadas através da utilização de dados do Modelo Digital de Elevação.

C6.1.3 *Determinação de Estimativas de Precipitação Máxima*

A determinação dos eventos de precipitação máxima para os respectivos períodos de retorno e das taxas de precipitação máxima para os rios identificados nas bacias hidrográficas foi realizada pelos métodos Racional e SCS (Soil Conservation Service).

O pico de fluxo e de volume foram determinados utilizando o Método Racional. Trata-se de um método simplista de estimar o pico de fluxo, que inclui uma estimativa composta do coeficiente de escoamento, e permite que se considere a influência da inclinação, da permeabilidade do solo, e da cobertura do solo e da vegetação (por exemplo, área de floresta natural em comparação com as áreas que foram desmatadas). Foi também calculado o tempo de concentração (T_c) (definido como o tempo que levaria à água para viajar do ponto mais distante da bacia até chegar ao ponto em questão), o que permitiu uma estimativa mais realista da intensidade de pico da precipitação.

As intensidades de precipitação calculadas (mm/h), que são definidas como a quantidade de precipitação ao longo de um período de tempo, e através da inclusão de um coeficiente de escoamento específico para as bacias e área de captação (km²), permitiu a aplicação do Método Racional através da seguinte fórmula:

$$Q = 0.36CIA$$

Em que: Q = Fluxo de pico (m³/s)
 C = coeficiente de escoamento (adimensional)

I = Média de Intensidade da precipitação em toda a bacia
(mm/h)

A = Área Efectiva da Bacia (km²)

3.6 = factor de conversão

O método SCS foi também utilizado para calcular os fluxos de pico e volumes de escoamento. O Departamento da Agricultura e dos Serviços de Conservação de Solos dos Estados Unidos (USDA) desenvolveu um método para calcular o escoamento de pequenas bacias com diferentes grupos de solos, coberturas de vegetação e usos da terra, examinando a precipitação medida e as quantidades do escoamento, e denominou-o "Método do Coeficiente de SCS". O método SCS-SCS surgiu a partir da análise empírica de escoamentos de micro-bacias de captação e parcelas em encostas monitorizadas pelo USDA.

O método SCS define o fluxo de águas pluviais como a resposta directa do escoamento em relação a um dado evento de precipitação, e é constituído tanto pelos fluxos de escoamento superficial como do subsolo, mas exclui o escoamento de base (isto é, a resposta retardada da sub-superfície). Pode encontrar-se uma descrição detalhada do Método SCS e as suas respectivas aplicações na África do Sul da autoria de Schulze e Arnold (1979).

A equação geral do método SCS é a seguinte:

$$Q = (P - I_a)^2 / (P - I_a) + S \quad \text{for } P > I_a$$

Em que:

Q = profundidade das águas pluviais (mm)

P = profundidade de precipitação diária (mm)

S = potencial máximo de retenção (mm), índice de humidade do solo das bacias antes de um evento de pluviosidade

I_a = captação inicial antes do início do fluxo de águas pluviais, composto por armazenamento de depressão, interceptação e infiltração inicial (mm)

$$I_a = 0.1S$$

A profundidade das águas pluviais representa uma profundidade uniforme ao longo da bacia e pode ser convertida em volume ao introduzir a zona de captação. O método SCS calcula o potencial máximo de retenção de água no solo, através da aplicação do seguinte:

- propriedades hidrológicas do solo;
- condições de cobertura e de gestão da terra;
- distribuição ao longo do tempo e a duração das precipitações
- estado de humidade do solo das bacias antes do evento de pluviosidade (através da aplicação de um índice de resposta adimensional chamado Número Curva das bacias (CN)). O CN e o S relacionam-se através da seguinte equação.

$$S = (24500/CN)^{-245}$$

C6.1.4 *Determinação do Nível Limite de Inundação*

O modelo HEC-RAS está projectado para executar cálculos hidráulicos unidimensionais para redes de canais naturais e construídos e foi usado para avaliar todos os principais sistemas de superfície de água na área de estudo que podem ser afectados pelo projecto.

Os níveis limite de inundação foram calculados com o Modelo HECRAS, através da realização de uma análise de estado constante. Os cálculos para a análise de estado constante necessitam das informações relevantes apresentadas na *Análise dos Limites de Inundação – Capítulo 8 do Relatório do AIA*. Foi considerado o Coeficiente de Rugosidade de Manning de 0,04 para cursos de água largos. Foram criadas secções transversais no modelo, definidas pelo utilizador.

C7 **ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

C7.1 **ABORDAGEM**

As secções seguintes descrevem as abordagens utilizadas para realizar o estudo inicial da situação de referência das águas subterrâneas (*Secção C7.2*), investigações adicionais (*Secção C7.3*) e modelação (*Secção C7.4 a C7.5*).

C7.2 **INVESTIGAÇÃO INICIAL DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA**

As principais etapas executadas na investigação inicial da situação de referência incluíram:

- Uma revisão da bibliografia;
- Uma investigação de campo envolvendo o recenseamento hidrográfico e a recolha de amostras relacionadas com furos geotécnicos; e
- Uma análise geoquímica.

Estas estão detalhadas abaixo.

C7.2.1 ***Revisão da Bibliografia***

Na compilação desta avaliação da situação de referência foram revistos os seguintes relatórios técnicos:

- Relatório de pré-viabilidade e definição do âmbito e termos de referência, Impacto, Novembro de 2011.
- Melhoria do Local do Afungi - Relatório final sobre uma investigação geotécnica, WorleyParsons, Maio de 2012.
- Investigação geotécnica de reconhecimento em terra - Relatório intercalar factual de campo, AMA1, IntecSea WorleyParsons Group, Fevereiro de 2012.
- Estudo das condições hidrogeológicas AMEC, Localização de GNL no litoral norte de Moçambique, IntecSea WorleyParsons Group, Novembro de 2011.
- Avaliação do solo por especialistas, como parte de uma avaliação de impacto ambiental para o desenvolvimento de uma Fábrica de GNL na Península do Afungi perto de Palma, Norte de Moçambique, Digby Wells, Abril de 2012.

O objectivo do recenseamento hídrico foi o seguinte:

- Determinar as informações sobre o nível de águas subterrâneas para a área de estudo;
- Identificar os usuários de água subterrânea na área de estudo e estabelecer a situação de referência para o uso de água subterrânea (volume); e
- Recolher amostras de água subterrânea de poços e furos seleccionados para análises laboratoriais, no sentido de determinar a qualidade das águas subterrâneas de referência.

Foram realizadas duas visitas de campo, tendo a primeira ocorrido em Fevereiro de 2012 (estação seca) e a segunda em Maio de 2012 (estação chuvosa). Os dados de qualidade de água subterrânea para ambas as amostragens são apresentados neste relatório.

No total foram visitados 20 pontos de extracção de água, incluindo:

- Quatro furos de abastecimento comunitário equipados com bombas manuais;
- Sete furos de monitorização instalados pela AMA1;
- Sete poços de água manuais alimentados por nascentes naturais para uso da comunidade;
- Um furo no acampamento de Pemba; e
- Um dambo (terra húmida).

Nas *Tabela 7.1* e na *Tabela 7.2* resumem-se os dados relativos aos pontos do recenseamento hidrográfico. As localizações dos pontos do recenseamento hidrográfico são apresentadas na *Figura 7.1*.

Tabela 7.1 *Nível de água estático em determinados Pontos do Recenseamento Hidrográfico*

Fonte Ref.	Descrição	Fevereiro de 2012 (m bgl)	Abril de 2012 (m bgl)	Comentário
HC1	Furo	0.230		Bomba manual em funcionamento no meio da aldeia
HC4	Poço	0.320		Poço de água manual perto de curso de água
HC5	Poço	0.290		Poço de água manual perto de curso de água
HC6	Poço	0.480	0.400	Poço de água manual perto de curso de água Poço de água manual ao lado do curso de água perto da praia
HC7	Poço	0.210		
AF06	Furo	2.810	1.500	Piezómetro instalado no furo
AF14	Furo	4.200	2.850	Piezómetro instalado no furo
AF17	Furo	0,005		Amostra adicional AF17c considerada controlo
AF18	Furo	1.695	0,150	Piezómetro instalado no furo

Fonte Ref.	Descrição	Fevereiro de 2012 (m bgl)	Abril de 2012 (m bgl)	Comentário
AF20	Furo	2.290		Nenhuma amostra devido a obstrução no piezómetro
AF21	Furo	5.030		Piezómetro instalado no furo
HC1	Furo	5.030		Sem acesso devido a obstrução no poço

Tabela 7.2

Localização e Descrição dos Pontos do Recenseamento Hidrográfico

Fonte Ref.	Descrição da Fonte	Latitude (dd.dddd)	Longitude (dd.dddd)	Altitude (GPS) mamsl	Configuração topográfica	Comentário
HC1	Bomba manual	10,82264	40,52168	30	Superfície plana	Bomba manual em funcionamento no meio da aldeia
HC2	Bomba manual	10,82222	40,52192	31	Superfície plana	Bomba manual inactiva no meio da aldeia
HC3	Bomba manual	10,82161	40,52272	29	Superfície plana	Bomba manual em funcionamento no meio da aldeia
HC4	Poço	10,81800	40,52734	14	Ao longo de curso de água	Poço de água manual perto de curso de água
HC5	Poço	10,82238	40,53188	13	Ao longo de curso de água	Poço de água manual perto de curso de água
HC6	Poço	10,82039	40,56497	11	Ao longo de curso de água	Poço de água manual perto de curso de água
HC7	Poço	10,81828	40,56903	8	Ao longo de curso de água	Poço de água manual ao lado do curso de água perto da praia
HC8	Poço	10,81344	40,54964	9	Próximo de mangal	Poço de água manual perto de curso de água/mangal
HC9	Poço	10,81087	40,50038	19	Ao longo de curso de água	Poço de água manual perto de curso de água
HC10	Bomba manual	10,84521	40,47839	51	Na colina	Bomba manual em funcionamento no meio da aldeia
HC11	Poço	10,84782	40,47372	31	Ao longo de curso de água	Poço de água manual perto de curso de água
AF06	Furo	10,81806	40,54095	15	Superfície plana	Piezómetro instalado no poço
AF14	Furo	10,80762	40,53704	14	Superfície plana	Piezómetro instalado no poço
AF17	Furo	10,80532	40,54504	10	Próximo do oceano	Piezómetro instalado no poço
AF18	Furo	10,80769	40,54285	12	Superfície plana	Piezómetro instalado no poço
AF19	Furo	10,81248	40,54038	15	Superfície plana	Nenhuma amostra devido a obstrução no poço
AF20	Furo	10,83976	40,50328	36	Superfície plana	Piezómetro instalado no poço
AF21	Furo	10,80037	40,51055	26	Superfície plana	Nenhuma amostra devido a obstrução no poço
Acampamento	Furo	10,76145	40,47345	24	Na colina	Furo de abastecimento ao acampamento-base
Área pantanosa	Terra húmida	10,84061	40,46881	38	Na colina	Estrutura de terra húmida natural conhecida como Dambo

A AMA1 avançou com 18 furos geotécnicos na área do projecto, como parte da investigação preliminar. Os detalhes relativos às profundidades dos furos são descritos na *Tabela 7.4* e as respectivas posições estão indicadas na *Figura 7.1*. No entanto, como estes furos foram perfurados para fins geotécnicos, apenas sete se mostraram adequados para a monitorização de águas subterrâneas.

Figura 7.1 Localizações dos Furos de Sondagem Geotécnica da AMA1

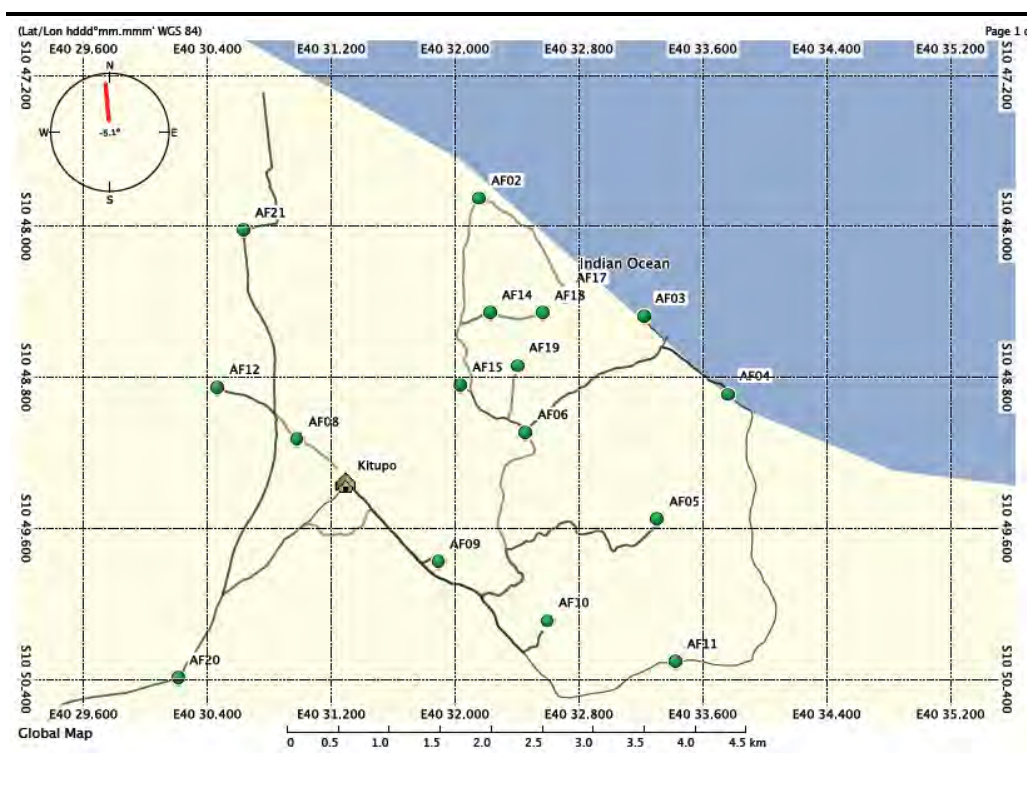


Tabela 7.3 Coordenadas e Profundidade das Perfurações Geotécnicas

Furo N°	Coordenadas (Latitude e Longitude)	Profundidade de (m)	Subempreiteiro
AF02	S10 47.96173 E40 32.32831	100	SUGEC
AF03	S10 48.72300 E40 33.16371	100	SUGEC
AF03A	S10 48.74700 E40 33.00000	10	Geopractica
AF04	S10 48.88994 E40 33.76639	100	SUGEC
AF05	S10 49.55189 E40 33.31169	40	Geopractica
AF06	S10 49.07131 E40 32.45870	40	SUGEC
AF08	S10 49.13026 E40 30.98171	40	Geopractica
AF09	S10 49.62764 E40 31.90172	40	Geopractica
AF10	S10 49.90847 E40 32.70051	40	Geopractica
AF11	S10 50.30834 E40 33.42825	40	Geopractica
AF12	S10 48.85974 E40 30.48525	40	Geopractica
AF14	S10 48.45792 E40 32.23012	40	Geopractica
AF15	S10 48.84042 E40 32.04009	40	SUGEC
AF17	S10 48.36700 E40 32.71097	100	SUGEC
AF18	S10 48.46040 E40 32.57116	40	SUGEC

Furo Nº	Coordenadas (Latitude e Longitude)	Profundida de (m)	Subempreiteiro
AF19	S10 48.73714 E40 32.40541	40	SUGEC
AF20	S10 50.39182 E40 30.21299	40	SUGEC
AF21	S10 48.02202 E40 30.63715	40	Geopractica

C7.2.4 *Avaliação Geoquímica*

A qualidade da água subterrânea foi determinada tanto no campo como por análises de laboratório. Os parâmetros analisados incluíram:

- Parâmetros medidos no campo - pH, condutividade eléctrica (CE);
- Aniões dissolvidos - fluoreto, sulfato, cloreto, nitrato como NO₃, orto fosfato como PO₄, alcalinidade total;
- Catiões dissolvidos - magnésio, potássio, sódio, cálcio, amoníaco.
- Vestígios de elementos dissolvidos - alumínio, antimónio, arsénio, bário, bismuto, cádmio, boro, crómio, cobalto, cobre, ferro, chumbo, lítio, manganês, mercúrio, níquel molibdénio, nióbio, fósforo, selénio, prata, estrôncio, tálio, tungsténio, vanádio, zinco, zircónio.
- Compostos orgânicos incluindo benzeno, crómio, etilbenzeno, xileno, naftalina, tert-amil-pentafluoreto de fósforo (TAME) e hidrocarbonetos extraídos do petróleo (EPH).

Foi realizada a avaliação geoquímica das águas subterrâneas:

- Para estabelecer a situação de referência sobre a qualidade das águas subterrâneas na área de estudo; e
- Para estabelecer uma avaliação geoquímica da qualidade da água.

C7.3 *INVESTIGAÇÃO ADICIONAL DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA*

C7.3.1 *Perfuração de furos*

Com base nos resultados do estudo da situação de referência (descrito acima), foi elaborado e realizado um programa de perfuração entre Agosto e Setembro de 2012. O programa incluiu a perfuração de furos para pesquisa de água subterrânea para o abastecimento de água ao Projecto, furos para abastecimento de água às comunidades locais e piezómetros para monitorização de parâmetros ambientais.

A *G. M. Todd Irrigation LDA* realizou as perfurações e a instalação dos poços. Tendo em conta as condições dos solos no local, foi seleccionado o método de

perfuração rotativa com lama para atingir os objectivos da perfuração. Neste método, a broca está ligada à haste e o furo é feito à medida que a lama é bombada pelo furo abaixo para estabilizar a estrutura. A lama de perfuração é encaminhada para uma bacia de lamas onde as aparas da perfuração e a lama são reutilizadas.

Devido ao método de perfuração seleccionado e ao equipamento disponível no local, a recolha de dados geológicos e hidrogeológicos foi limitada. A geologia foi estabelecida por um hidrogeólogo de campo experiente e o volume de água captado a partir do orifício de perfuração (blow yield) foi registado após a conclusão de cada sondagem (de salientar que estes volumes devem ser encarados apenas como uma indicação do potencial de captação de cada sondagem e não devem ser vistos como volumes de água sustentáveis. A condutividade eléctrica (CE) foi medida regularmente nas lamas de perfuração recuperadas e usada como um indicador do afluxo de água subterrânea no furo e para orientar a instalação da tubagem/ revestimento do mesmo.

C7.3.2 *Testes aos Aquíferos*

Cada uma das perfurações feitas foi sujeita a um teste ao aquífero para definir os parâmetros hidráulicos e a presença de água subterrânea no local. Os testes aos aquíferos foram feitos pela *G. M. Todd Irrigation LDA*.

Uma vez que a taxa de bombeamento era limitada devido ao diâmetro da tubagem instalada e às bombas de testes disponíveis, só foram realizados testes de descargas constantes (CDT) e testes de recuperação (RT). Durante os CDT, cada um dos furos foi bombeado a uma taxa constante durante 1440 minutos (24 horas), com excepção do furo LNG-W009 cujo volume obtido foi insuficiente para permitir um teste de 24 horas.

Antes de cada teste, os níveis de água foram medidos nos furos bombeadas e nas de observação desde um ponto de referência fixo. Nos furos de captação foi usado um medidor electrónico de contacto para registar as alterações do nível da água; nos furos de observação foram usadas sondas de nível automáticas para registar os níveis de água. O rebaixamento do nível de água ao longo do tempo nos furos de captação foi monitorizado ao longo de períodos de tempo progressivamente maiores, uma vez que normalmente o rebaixamento resultante do bombeamento varia logaritmicamente com o tempo.

Durante os CDT, o rebaixamento progressivo do nível da água foi registado tanto nos furos de captação como nas de observação disponíveis. As medições das descargas foram feitas em intervalos de tempo pré-definidos para garantir que se mantinha uma taxa constante de descarga durante o período do teste. Todas as alterações das descargas foram registadas e reportadas.

Os registos dos níveis de água no RT começaram logo após o fim do bombeamento, no final do CDT. A recuperação do nível de água foi medida

nos furos bombeados e nos de observação durante um período de 24 horas, ou até que se tenha conseguido pelo menos 90% de recuperação do nível da água.

Os dados sobre o rebaixamento/tempo recolhidos durante os testes aos aquíferos foram analisados através do *Aquifer Test Pro v2011.1* ('Schlumberger Water Services'). O *Aquifer Test Pro* inclui uma gama de métodos analíticos para conhecer as propriedades hidráulicas representativas dos aquíferos.

C7.3.3 *Amostragem de Água*

Os furos para pesquisa, monitorização ambiental e abastecimento ao acampamento (furos abertos) foram amostrados através de uma bomba submersível. Os furos de abastecimento ao acampamento e comunidades foram equipados com bombas manuais e bombas com motor, respectivamente.

A metodologia para a amostragem dos furos (abertos e equipados com bomba manual) é baseada no *USGS National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data* (USGS, 2006).

Os furos abertos foram purgados de acordo com o método volumétrico. Este método envolve a remoção do triplo do volume da água existente no poço e nos espaços porosos do filtro antes da recolha da amostra. A fundamentação lógica para isto é assegurar que toda a água estagnada na tubagem e no filtro é removida e substituída por água fresca.

Antes de qualquer purga/ actividades de amostragem, a profundidade da água subterrânea é medida usando um medidor de profundidade (dip meter) e registada nas fichas de amostragem. A bomba foi rebaixada para debaixo do nível da água e a sondagem foi purgada a uma taxa de aproximadamente 2.6 l/s. os parâmetros de campo (pH, temperatura e condutividade eléctrica - CE) foram monitorados numa base regular.

Os furos foram purgados até se remover pelo menos três vezes o volume de água no poço e até se conseguirem estabilizar os parâmetros de campo. As amostras foram recolhidas directamente na bomba, sendo a água subterrânea descarregada directamente no recipiente adequado para a amostragem.

Uma vez que os furos para o abastecimento das comunidades e do acampamento têm bombas já existentes, o acesso foi limitado e, por conseguinte, os níveis estáticos de água não foram medidos.

Os furos foram purgados usando as bombas existentes até se conseguir a estabilização dos parâmetros de campo.

As amostras foram recolhidas directamente na bomba, sendo a água subterrânea descarregada directamente no recipiente adequado para a amostragem.

Em cada ponto de amostragem, as amostras foram recolhidas em frascos separados para:

- Parâmetros químicos gerais e principais iões para definir a qualidade inicial (*situação de referência*) da água subterrânea e para permitir a caracterização das águas subterrâneas, incluindo:
 - Dureza total (dissolvida como CaCO_3)
 - Catiões - sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), amónio (NH_4^+);
 - Aniões - flúor (F), cloro (Cl), sulfato (SO_4^{2-}), alcalinidade, nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), fosfato (PO_4^{3-}); e
 - Fósforo total e nitrogénio total.
- Oligoelementos (filtrados e acidificados a $\text{pH} < 2$) para definir a qualidade inicial (*baseline*) da água subterrânea, incluindo alumínio (Al), antimónio (Sb), bismuto (Bi), arsénico (As), bário (Ba), berílio (Be), boro (B), cádmio (Cd), crómio total (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe), chumbo (Pb), lítio (Li), manganês (Mn), mercúrio (Hg), molibdénio (Mo), níquel (Ni), nióbio (Nb), selénio (Se), prata (Ag), estrôncio (Sr), tálio (Tl), estanho (Sn), titânio (Ti), tungsténio (W), vanádio (V), zinco (Zn) e zircónio (Zr).
- Compostos orgânicos para definir a qualidade inicial (*baseline*) da água subterrânea, incluindo:
 - Hidrocarbonetos de petróleo extraíveis (EPH) (C8-C40);
 - Benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX); e
 - Naftaleno.
- Análise de isótopos estáveis para permitir a caracterização da água subterrânea, nomeadamente deutério e oxigénio-18.

Todas as amostras foram colocadas num recipiente refrigerado directamente após a recolha e transportadas (a 4°C) para o laboratório 'Jones Environmental Laboratory' (um laboratório analítico acreditado) no Reino Unido.

C7.3.4

Garantia de Qualidade/Controlo de Qualidade - QA/QC

Como parte do protocolo de Garantia de Qualidade/Controlo de Qualidade (QA/QC) da ERM, foram implementados procedimentos operacionais *standard* para a recolha de amostras. Implementaram-se procedimentos de controlo de qualidade da amostragem e procedimentos de descontaminação para permitir a recolha de amostras representativas e para minimizar a contaminação cruzada entre amostras. As amostras foram recolhidas em frascos fornecidos pelo laboratório e filtradas no local com um filtro de membrana de nylon de $0.45\mu\text{m}$ (fornecido pelo laboratório) quando necessário. Foram ainda recolhidas duas amostras não identificadas (cegas).

Durante a amostragem e as actividades de descontaminação, foram usadas luvas de nitrilo descartáveis para minimizar a transferência de contaminantes. Todo o equipamento descartável, como as luvas, foi usado apenas num ponto de amostragem e descartado depois de usado.

As amostras foram manuseadas, armazenadas e transportadas para o laboratório de acordo com os protocolos estabelecidos usando a documentação da Cadeia de Responsabilidade, que foi utilizada para rastrear as amostras e para assegurar que foram realizadas as análises correctas.

C7.3.5 *Levantamento Topográfico*

O subcontratado *Nikotcholaka Engenharia & Construção, EI* realizou o levantamento topográfico em Dezembro de 2012, para obter as coordenadas exactas e a altitude dos furos e dos pontos de água superficial seleccionados.

Foram dadas três coordenadas de referência ao subcontratado para apoiar o levantamento (*Tabela 7.4*).

Tabela 7.4 *Coordenadas de Referência*

Referência	X (m) - para Este	Y (m) - para Norte	Z (mamsl) - Altitude
BEACH	670854.740	8804079.260	5.850
KUMBI	651171.380	8800246.840	86.950
TOWER	667947.460	8803967.700	17.320

As coordenadas de referência estão expressas em WGS84 Datum e projectadas na zona UTM 37 Zona Sul, correspondente à Província de Cabo Delgado.

Para as observações de campo foram usados dois 'Topcon Hiper Pro model GPS + GNSS Receivers (L1 + L2)', que recorrem aos 'RTK and Static Occupation Survey modes'.

Para a metodologia detalhada, ver o relatório completo do levantamento topográfico, incluído no *Anexo D*.

C7.4 *METODOLOGIA DE MODELAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS*

C7.4.1 *Desenvolvimento do Modelo Conceptual do Local*

A informação recolhida durante a investigação de campo, em conjunto com a informação bibliográfica e de relatórios anteriores, foi interpretada para desenvolver um modelo conceptual hidrológico à escala de bacia (CSM) para a área do Projecto.

Em detalhe, o CSM descreve a dinâmica das águas subterrâneas e do transporte dos contaminantes, considerando a recarga das águas subterrâneas, os limites ao fluxo das águas subterrâneas, as características hidráulicas dos

aquíferos na área e áreas com potencial fontes de contaminação, assim como a interação entre as águas subterrâneas e as águas superficiais.

O CSM pode ser descrito como uma representação simplificada das condições hidrogeológicas, descrevendo a interação entre fonte de contaminação-vias de transmissão-receptor, apresentada em baixo com maior detalhe.

Áreas de origem são avaliadas na perspectiva do ambiente hidroquímico das águas subterrâneas. Nesta análise são definidos os contaminantes de risco ('contaminants of concern - CoC') que podem potencialmente causar risco para a saúde humana e para o ambiente por exposição através de diferentes vias de exposição.

As *vias de transmissão* nas águas subterrâneas ligam as fontes de contaminação aos receptores, apenas nas situações em que haja uma ligação entre uma fonte e um receptor e em que possam surgir riscos ambientais e para a saúde humana. São identificadas as principais vias de transmissão nas águas subterrâneas, incluindo aquíferos e direcções preferenciais do fluxo (i.e. estruturas geológicas).

Os *receptores* típicos incluem os furos de captação de água, caudais afluentes aos rios, nascentes ou terras húmidas. O entendimento das ligações entre a fonte, a via de transmissão e o receptor é essencial para determinar o potencial risco de exposição para cada CoC identificado.

O CSM permite uma determinação e caracterização efectiva das fontes de contaminação identificadas (áreas e actividades), bem como das vias de transmissão preferenciais até aos receptores identificados, ou pontos de saída ao longo dos limites da área do Projecto.

Com base no CSM, foi desenvolvido um modelo numérico para as águas subterrâneas representando a hidrogeologia à escala de bacia, para simular as condições actuais das águas subterrâneas. A flexibilidade do modelo permitiu simular os impactos potenciais do Projecto, possibilitando a geração de *outputs* de previsões, a avaliação dos impactos e a avaliação dos cenários de gestão.

C7.4.2

Abordagem da Modelação

O modelo em estado estacionário para o caudal das águas subterrâneas foi calibrado com base nas elevações das águas subterrâneas medidas no terreno. No estado estacionário, a carga hidráulica não se altera com o tempo e a solução calibrada no estado estacionário representa a elevação das águas subterrâneas na linha de base e a direcção do seu caudal. As simulações no estado estacionário são usadas para calibrar os parâmetros do modelo que são independentes do tempo, tais como a condutividade hidráulica.

A distribuição da carga hidráulica da solução calibrada no estado estacionário é assim usada como a distribuição inicial do modelo transiente (dependente do tempo). O modelo transiente é calibrado recorrendo a dados disponíveis que dependam do tempo, tais como dados sobre os tempos de rebaixamento

resultantes dos testes aos aquíferos. A calibração transiente é então realizada para definir os parâmetros adicionais necessários aos modelos transientes (como por exemplo o armazenamento específico) e também para verificar a solução no estado estacionário.

O modelo transiente calibrado é então usado para quantificar os impactos potenciais causados pelo Projecto proposto e para avaliar a eficiência das várias opções de mitigação.

C7.4.3 *Calibração do Modelo*

A calibração do modelo é o processo que consiste em variar os dados de entrada do modelo entre intervalos de valores realistas, até que haja uma correspondência satisfatória entre os dados observados e simulados que possa ser reproduzida. O vasto número de parâmetros e a natureza complexa do sistema natural, conjugada com os pressupostos de simplificação feitos no CSM, significam que a solução de calibração não é única. A redução desta não-singularidade das combinações de parâmetros que podem levar a um modelo aparentemente calibrado pode, por exemplo, ser conseguida através da redução do número de graus de liberdade (i.e., o número de parâmetros de entrada desconhecidos), optando por uma estratégia de calibração distinta e restringindo a distribuição espacial dos dados de entrada através de técnicas de detecção remota (Brunner *et al.*, 2007).

De forma a evitar um sobre-ajustamento do modelo, o número de dados de entrada desconhecidos (i.e. os graus de liberdade) tem que ser limitado. Quanto mais graus de liberdade houver na calibração do modelo, melhor este reproduzirá os níveis de água medidos, designados por 'altura piezométrica'. No entanto, num modelo sobre-ajustado ou sobre-parametrizado pode sempre obter-se uma boa correspondência entre as alturas piezométricas observadas e simuladas, mesmo se o modelo não reflectir a estrutura e o comportamento do aquífero real.

Para comparar as diferentes calibrações, é utilizado um critério objectivo (MSE: média dos erros ao quadrado ou variancia):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (h_i^m - h_i^c)^2 \quad \text{em que } h_m = \text{altura medida e } h_c = \text{altura calculada}$$

O modelo atinge uma calibração boa ou aceitável quando a raiz quadrada do MSE (RMSE) é igual ou menor a 10% da diferença de alturas das águas subterrâneas medidas a montante e a jusante.

Idealmente, os modelos de previsão deviam ser usados de forma consistente com a sua calibração. Por exemplo, um modelo que é calibrado apenas no estado estacionário irá provavelmente gerar previsões transientes pouco fiáveis. Reciprocamente, quando é feita uma calibração transiente, é

expectável que o modelo tenha um maior grau de confiança quando o período de tempo do modelo de previsão é menor ou igual ao do modelo calibrado.

Além disso, quando um modelo de previsão inclui tensões (stresses) (ex., captação de água subterrânea) que estão fora do âmbito das tensões (stresses) consideradas na calibração, a fiabilidade das previsões será baixa, assim como a confiança do modelo (Barnett *et al*, 2012).

C7.4.4 *Seleção do Software*

Para a simulação do caudal de águas subterrâneas foi usado o 'Processing Modflow Pro (PMWIN version 8.0.31)'. O PMWIN é um software operador de diferença (finite-difference) de modelação 3-D de caudais de águas subterrâneas e de transporte de contaminantes, que utiliza o MODFLOW, MT3DMS, PEST e outros pacotes analíticos e algoritmos.

O MODFLOW é um modelo 3-D operador de diferença (finite-difference) para caudais de águas subterrâneas que foi desenvolvido pelo *U. S. Geological Survey* para a simulação de águas subterrâneas.

O MT3DMS é um modelo modular tri-dimensional de transporte que pode simular advecção, dispersão e reacções químicas de constituintes dissolvidos incluídos no PMWIN, que foi usado para fornecer soluções numéricas para as simulações do transporte de contaminantes.

O PEST (Doherty *et al.*, 2004) é um código inverso (inverse code) usado para o cálculo automático de parâmetros e para a análise da sensibilidade de parâmetros, incluindo, por exemplo, a transmissividade, a condutividade e recarga hidráulica, etc.

C7.4.5 *Limitações do Modelo*

Os modelos numéricos tornaram-se uma ferramenta popular para resolver problemas. No entanto, os sistemas de águas subterrâneas são complexos e estão para além da nossa capacidade de os avaliar na prática com detalhe. Independentemente do quão sofisticado seja, um modelo nunca conseguirá descrever o sistema de águas subterrâneas em estudo sem que haja desvios das simulações do modelo relativamente aos processos físicos que ocorrem realmente na área de estudo (Spitz, 1996).

Todas as simulações numéricas dos modelos requerem o estabelecimento de pressupostos durante a passagem do CSM para um modelo numérico. Estes pressupostos, que reflectem as lacunas de informação no modelo conceptual relativamente à distribuição do aquífero e aos parâmetros do aquífero, podem resultar em incertezas nos *outputs* do modelo e suas previsões.

A análise da sensibilidade dá uma indicação de quais são os pressupostos sobre os parâmetros de *input* ao modelo com mais probabilidade de afectar o *output*. Com base nos resultados da análise de sensibilidade, as áreas de

interesse e os parâmetros que devem ser estudados com maior detalhe são identificados e incluídos nas recomendações.

C7.5 *MODELO NUMÉRICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS*

C7.5.1 *Configuração do Modelo*

Área de Influência do Modelo

A área de influência do modelo foi seleccionada com base no CSM para se conseguirem atingir os objectivos da modelação. A área de influência do modelo inclui a área do Projecto e estende-se desde o Rio Mipama a norte até ao oceano (Baía de Palma) ao longo da linha de costa da Península de Afungi a Este e Sudeste.

A Sul, o limite do modelo segue os limites das bacia das águas superficiais. O limite a Oeste escolhido está a aproximadamente 8km para Oeste do primeiro acampamento planeado (Pioneer Camp), localizado suficientemente longe das captações de água planeadas.

A área de influência do modelo cobre uma área total com pouco mais de 160km² e é apresentada na *Figura 7.2*.

Geometria do Modelo

Os dados topográficos estavam disponíveis com o rigor de 1m para 95% da área de influência do modelo. Para os restantes 5%, o rigor foi de 90m. Os dados foram combinados e interpolados com a grelha do modelo usando o *Surfer* (versão 9.x). As alturas topográficas variam aproximadamente entre 0 e 60mamsl a noroeste (*Figura 7.3*).

Uma vez que não foram feitos furos para intersectar a base do aquífero, aplicou-se no modelo uma espessura constante do aquífero de 200m para evitar efeitos de fronteira.

Figura 7.2 Área de influência do modelo

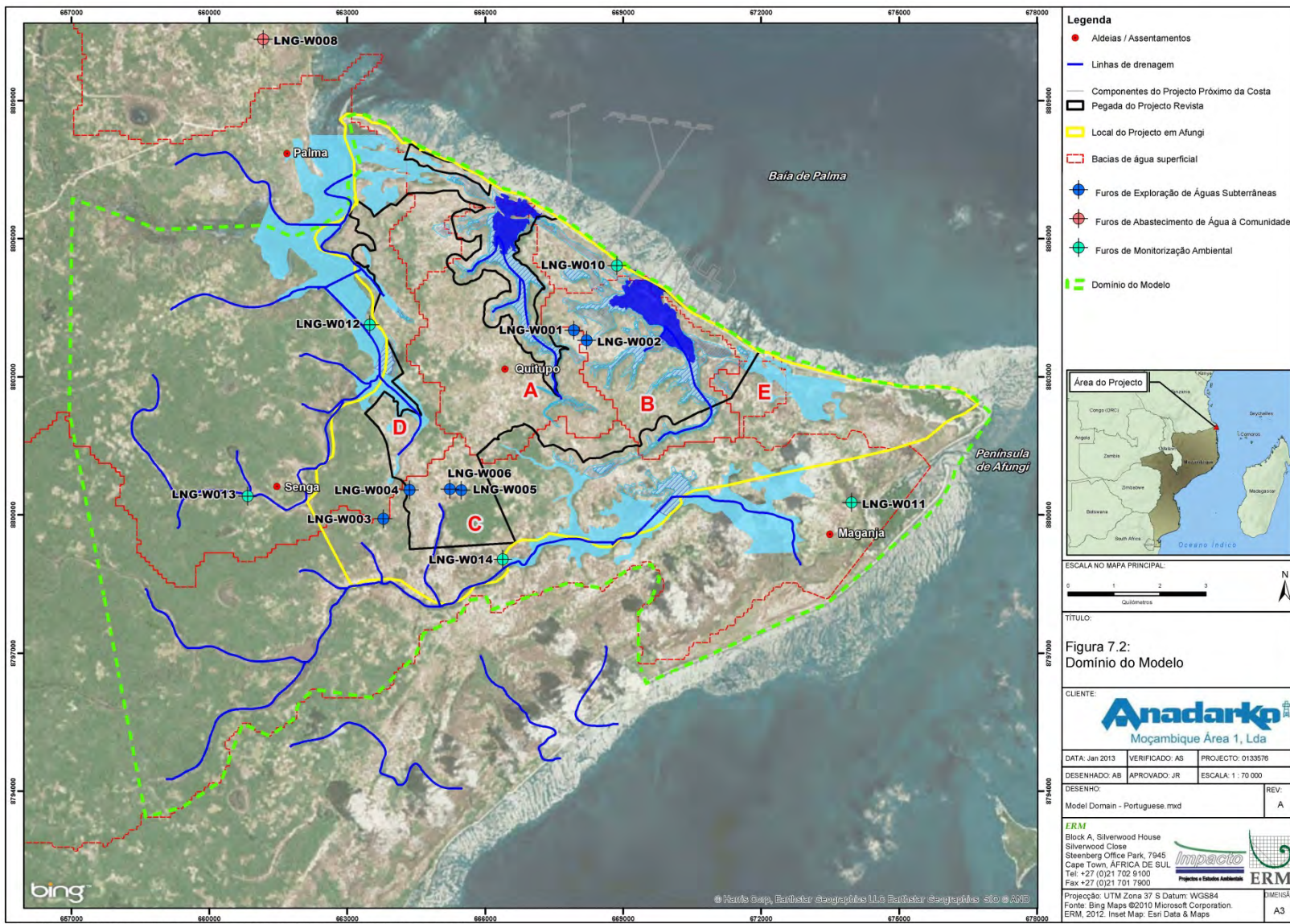
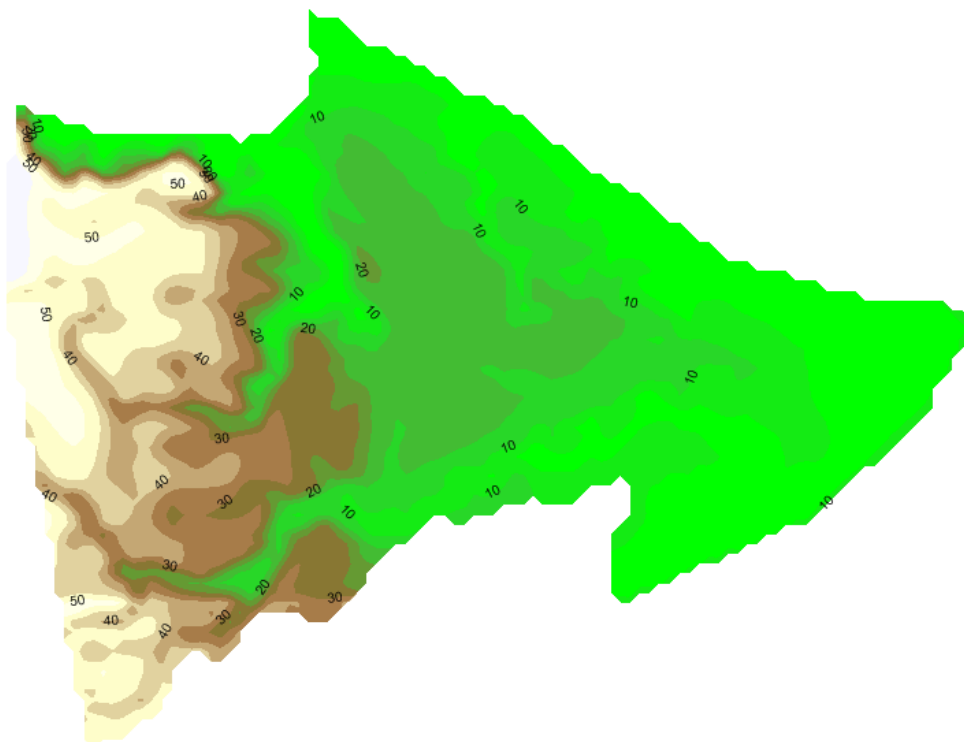


Figura 7.3 Topografia do terreno na Área de Influência do Modelo (mamsl)



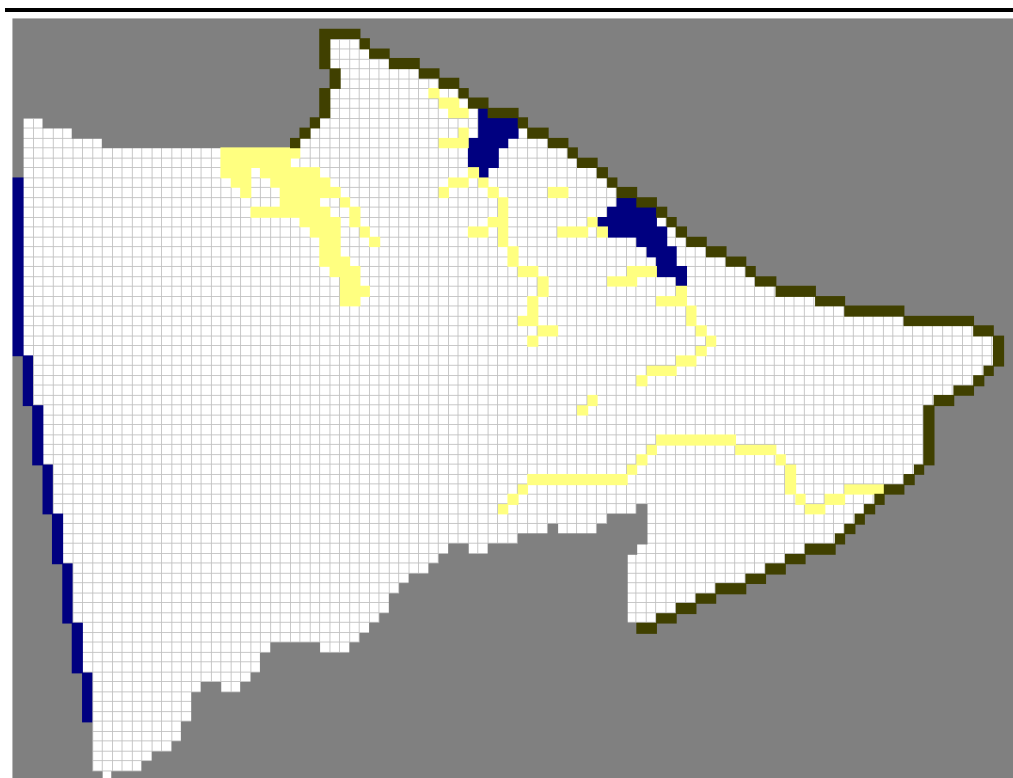
Discretização

A simulação numérica do fluxo de águas subterrâneas através de um método *block-centred finite difference method*, tal como o usado no MODFLOW, requer uma discretização especial dos parâmetros do aquífero através de uma grelha rectangular que pode ser orientada para corresponder com a direcção global do fluxo.

O tamanho da célula da grelha do modelo numérico no estado estacionário é de 200m em ambas as direcções (norte/sul e oeste/este). Os lados da grelha rectangular têm 20.2km correspondentes a 101 células (oeste/este) e 15.4km correspondentes a 77 células (norte/sul). A grelha do modelo é apresentada na Figura 7.4.

A grelha do modelo foi posteriormente refinada na horizontal e na vertical para a calibração transiente do modelo e para a modelação de cenários, de forma a permitir o cálculo rigoroso do rebaixamento da água subterrânea que é induzido pela captação.

Figura 7.4 *Grelha do Modelo e Condições de Fronteira*



Notas: As células brancas são células activas. As células cinzentas são inactivas.
As células azuis representam Células do Limite da Carga Constante (afluxo de água subterrânea regional e de estuários)
As células amarelas representam Células de Drenagem (terras húmidas e cursos de água)
As células castanhas representam Células do Limite da Carga Constante (Baía de Palma)

Condições de Fronteira

As fronteiras do modelo foram seleccionadas de forma a centralizar a área de interesse (área do Projecto) e a seguir, sempre que possível, os limites hidrológicos e hidrogeológicos reais. A costa da Baía de Palma Bay foi seguida ao longo da Pensínsula de Afungi, tal como o Rio Mipama a norte e a fronteira da bacia superficial, a sul. O limite a Oeste escolhido está a aproximadamente 8km para Oeste do primeiro acampamento planeado, localizado suficientemente longe das captações de água planeadas.

Foram seleccionadas as seguintes condições de fronteira para a área de influência do modelo:

- Condição *Limite da Carga Geral* (3ª ordem ou Fronteira Cauchy) ao longo da linha de costa da Baía de Palma de norte-este para sul-este;
- Condição *Limite da Carga Geral* (3ª ordem ou Fronteira Cauchy) ao longo das partes mais baixas do Rio Mipama, a norte, quando este se encontra com a Baía de Palma;
- Condição *Limite "sem fluxo"* (2ª ordem ou Fronteira Neumann) ao longo do restante Rio Mipama;

- Condição *Limite da Carga Geral* (1ª ordem) ao longo da fronteira oeste, representando o afluxo regional de água subterrânea. Esta fronteira foi convertida numa fronteira de afluxo (2ª ordem ou Fronteira Neumann) usando o *Well Package* após a calibração do modelo;
- Condição *Limite "sem fluxo"* (2ª ordem ou Fronteira Neumann) ao longo do limite da bacia superficial, a sul, simulando uma bacia hidrográfica;
- Condição *Limite de Drenagem* (3ª ordem ou Fronteira Cauchy) ao longo dos rios, cursos de água e terras húmidas dentro da área de influência do modelo;
- Condição *Fronteira de Recarga* (2ª ordem ou Fronteira Neumann) no topo do modelo; e
- Condição *Limite "sem fluxo"* (2ª ordem ou Fronteira Neumann) no fundo do modelo.

C7.5.2 *Parâmetros do Modelo*

Condutividade Hidráulica

Os dados relativos à condutividade hidráulica (K) foram obtidos na partir de 11 testes aos aquíferos (ver *Secção C7.3.2*). Os valores de K resultantes destes testes estavam maioritariamente dentro de uma ordem de magnitude para cada furo testado.

Não foram identificadas áreas distintas com valores diferentes de K e, por isso, foi estabelecida um valor médio para K de 7m/d para toda a área de influência do modelo.

Recarga das Águas Subterrâneas

A recarga das águas subterrâneas representa a infiltração da água da chuva através da geologia sobrejacente no aquífero modelado. A recarga é um dos parâmetros mais incertos do modelo porque a recolha de medições directas no terreno é difícil e porque não foi feita uma avaliação específica da recarga. Havia pouca informação disponível na bibliografia sobre a recarga das águas subterrâneas. Por este motivo, a recarga foi calibrada durante a calibração no estado estacionário.

Águas Superficiais

Terras Húmidas e Cursos de Água

Existem vários cursos de água e canais de drenagem não perenes dentro da área de influência do modelo. No entanto, não há nenhum mapa disponível destes cursos de água. Assim, foi feita uma análise da bacia hidrográfica usando o *Global Mapper* (versão 12) para identificar as linhas de drenagem de águas superficiais com base nos dados topográficos.

Em zonas topograficamente mais baixas da área de influência do modelo, estas linhas de drenagem de águas superficiais estão intimamente relacionadas com as várias terras húmidas existentes na área de estudo, tal como documentado por NSS (2012). Só na area do projecto de Afungi é que foi

feito um estudo detalhado das terras húmidas, que identificou os estuários e as terras húmidas perenes e sazonais. Fora da área do Projecto são também referidas várias terras húmidas não identificadas.

Durante as visitas de campo, observou-se que a maioria das linhas de drenagem identificadas na zona oeste da área de influência do modelo estavam secas e, por isso, não foram incluídas no modelo que representa os recursos hídricos sazonais.

Dentro da área do Projecto, as terras húmidas perenes foram representadas no modelo usando o *Drain Package*. Algumas terras húmidas não identificadas fora da área do Projecto foram também incluídas, com base na calibração do modelo.

A topografia foi estabelecida para a elevação da drenagem e aplicou-se uma condutividade da drenagem de 50m²/d para reflectir os leitos de areia.

Estuários

Foram identificados dois estuários principais por NSS (2012) na área de influência do modelo. Julga-se que estes estejam em contacto directo com o oceano na Baía de Palma e também com a água subterrânea. Assim, foram usados no modelo usando as Células de Carga Constante. A elevação destas células (nível da água) foi definida entre 3.5 e 4mamsl após a calibração do modelo e com base nos dados do levantamento.

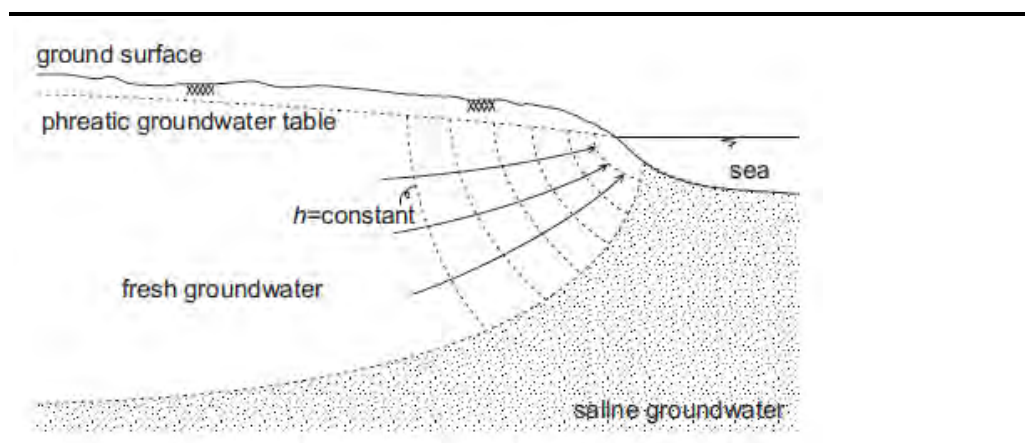
Oceano – Baía de Palma

Pensa-se que a linha de costa da Baía de Palma é a principal área de descarga de água subterrânea na área de influência do modelo. Prevê-se que a água salina actualmente na Baía esteja em equilíbrio com a água doce, que é reabastecida pela recarga de água subterrânea, num equilíbrio natural.

Tal como representado na *Figura 7.5* (Oude Essink, 2001), o fluxo de saída da água subterrânea para o oceano é limitado pela água subterrânea salina existente. Assim, a fronteira da água subterrânea na Baía de Palma (oceano) foi modelada usando a *Limite da Carga Constante* (GHB) package, que permite simular uma área decrescente do fluxo de saída relativamente à espessura total do modelo.

A condutividade da GHB foi calibrada a 70m²/d, resultando numa zona de fluxo de saída com 10m de espessura; a elevação foi definida ao nível da água do mar (0mamsl). Uma vez que a escala temporal do modelo é anual, não foi modelada a influência diária das marés.

Figura 7.5 Zona de Fluxo de Saída das Águas Subterrâneas



C7.5.3 Calibração no Estado Estacionário

A recarga de águas subterrâneas foi otimizada, durante a calibração no estado estacionário, a fim de melhor ajustar as elevações das águas subterrâneas observadas na área de influência do modelo. Os outros parâmetros otimizados incluíram a condutividade GHB, a elevação da água em estuários e a infiltração de água subterrânea de origem regional.

A calibração foi realizada utilizando ambos os métodos, manual e automatizado. A PMWIN inclui um certo número de métodos de estimativa de parâmetros automatizados, dos quais foi usado o PEST (Doherty et al. 2004).

Furos de Observação

Foram utilizados os 11 furos mais profundos (a saber LNG-W001 a LNG-W006 e W010-LNG a LNG-W014) como pontos de observação para a calibração do modelo numérico de fluxo das águas subterrâneas no estado estacionário. Os furos de observação e níveis de água utilizados na calibração do modelo encontram-se detalhados na Tabela 7.5. Como os piezômetros que foram instalados para fins geotécnicos (MSJ, 2012) apenas intersectam os lençóis de água suspensos, estes dados não foram usados para fins de calibração.

Tabela 7.5 *Furos de Observação*

BHID	X	Y	NAE (mamsl)
LNG-W001	667930	8804020	5.08
LNG-W002	668207	8803800	6.47
LNG-W003	663784	8799918	13.41
LNG-W004	664354	8800548	12.44
LNG-W005	665478	8800537	11.53
LNG-W006	665234	8800562	11.69
LNG-W010	668864	8805421	3.95
LNG-W011	673967	8800273	4.17
LNG-W012	663490	8804139	6.51
LNG-W013	660836	8800409	16.70
LNG-W014	666381	8799042	10.73

Notes: Coordenadas e Elevações Pesquisadas: Datum: WGS84, Projecção: UTM37S

NAE Nível de Água Estático

Resultados da Calibração no Estado Estacionário

Níveis das Águas Subterrâneas e Direcção do Escoamento

As alturas piezométricas para o modelo calibrado no estado estacionário encontram-se no intervalo de 1306 a 1812 mamsl para o cenário de recarga baixa e no intervalo de 1.6mamsl, a Este e 20mamsl, a Oeste (Figura 7.6). A direcção do fluxo de águas subterrâneas é de Nordeste e Este em direcção à Baía de Palma.

Figura 7.6 *Distribuição da Altura Piezométrica no Estado Estacionário*

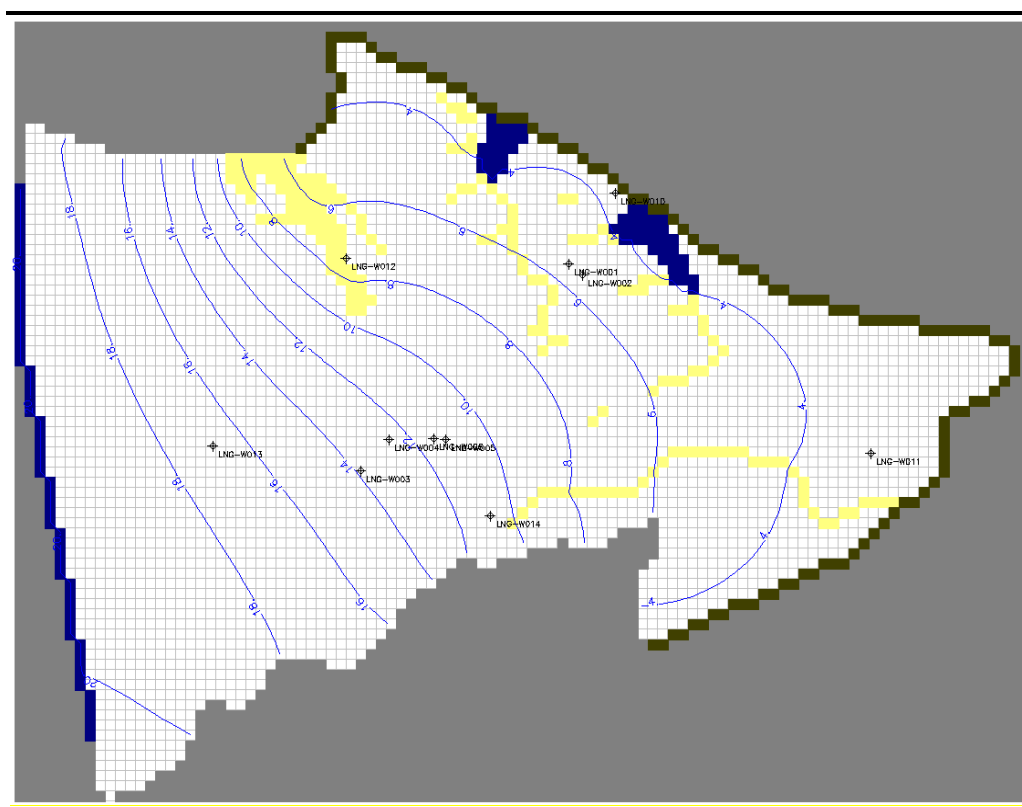


Diagrama de Dispersão

As cargas hidráulicas calculadas foram comparadas com as cargas observadas na *Figura 7.7*. O remanescente (diferença entre as cargas observadas e calculadas) são na sua maioria abaixo de 0,5 m, com exceção para LNG-W002, W011 e LNG-LNG-W0012 com remanescentes de 1m, e 0,8 m, respectivamente. O erro da raiz quadrada média do modelo de calibração é de 0,3, que é considerado suficientemente baixo, dada a área do modelo, a limitação de dados e também a diferença máxima de alturas na área do modelo que é de aproximadamente 25m.

Figura 7.7 *Diagrama da Dispersão das Cargas Hidráulicas Calculadas vs. Cargas Hidráulicas Observadas*

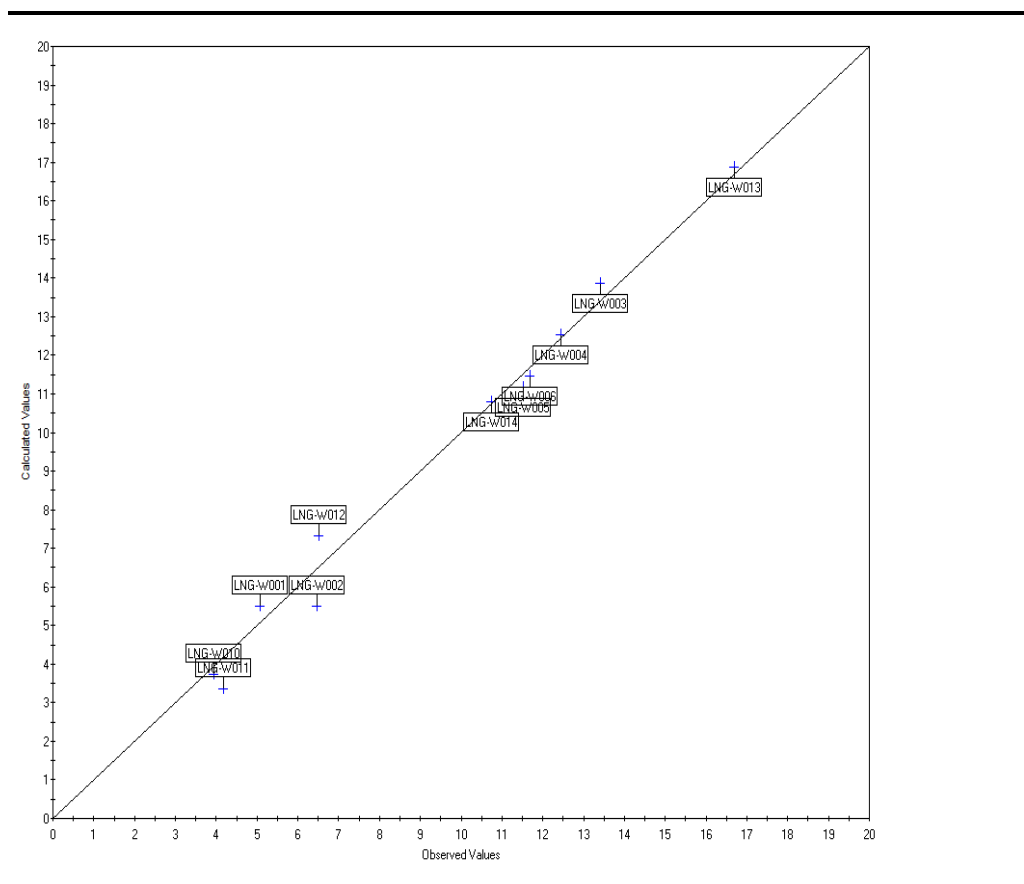
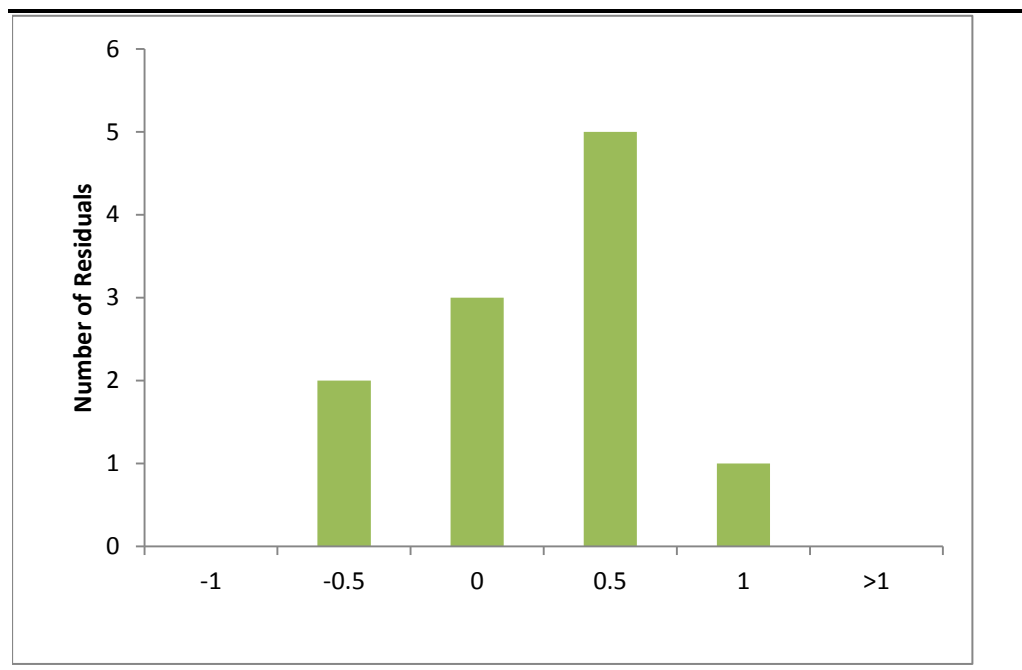


Figura 7.8 *Histograma do Remanescente (Cargas Hidráulicas Observadas menos Cargas Hidráulicas Calculadas)*



Na Figura 7.9 o histograma das diferenças entre os valores de alturas observadas e calculadas (remanescente) é desenhado para ambos os cenários de recarga. A Classe "0", por exemplo, indica o remanescente entre -0,5 e 0.

73% do remanescente situa-se entre -0,5 m e 0,5 m. Em conclusão, o histograma mostra que o modelo sobrestima muito ligeiramente os níveis de água, em vez de os subestimar.

Parâmetros Calibrados

O valor de recarga do modelo foi otimizado durante a calibração no estado estacionário e foi calculado um valor óptimo de $3,2 \times 10^{-4}$ m/d. Este valor representa 10% da precipitação média anual (PMA) em Palma, quando comparada com os valores bibliográficos que se situam entre 9% e 26% de PMA.

Considerando o CSM, onde foi definido que nem toda a recarga da água subterrânea atinge o aquífero modelado (permanecendo sobre as camadas localizadas de argila / silte e descarregando directamente para a superfície de drenagem), considera-se que a taxa de 10% de recarga adoptada para a modelação é representativa.

A condutividade da drenagem foi otimizada para $50 \text{ m}^2/\text{d}$, representando os leitos de areia e os fundos de terras húmidas. A condutância GHB foi otimizada para $70 \text{ m}^2/\text{d}$, representando a condutividade hidráulica do modelo de $7 \text{ m}/\text{d}$ e uma espessura da zona de descarga de águas subterrâneas de 10m. A elevação da água em estuários foi calibrada para valores entre 3,5 e 4mamsl e afluxos de água subterrânea de origem regional de $9 \text{ } 300 \text{ m}^3/\text{d}$, distribuídos para um comprimento total de 11 km.

Balanço das Águas Subterrâneas

O estado constante do caudal da água no domínio completo do modelo é mostrado na *Tabela 8.2*. O fluxo de entrada representa a água que flui para o sistema de águas subterrâneas (aquífero/modelo) e o fluxo de saída representa a água que sai do sistema (descarga de água subterrânea).

A água flui para o domínio do modelo principalmente através da recarga e fluxo de águas regionais que fluem através do limite ocidental do modelo e deixam o modelo em direcção à Baía de Palma, rios, riachos e terras húmidas no domínio do modelo (drenos) e estuários.

Como esperado, a troca de água a partir de e para os estuários é limitada. Por outro lado, 0,4% do total do fluxo de entrada abandona o modelo através da fronteira Oeste, o que está relacionado com a distribuição de alturas hidráulicas locais na proximidade dos extremos da fronteira de entrada. Este fluxo é, no entanto, insignificante em comparação com os fluxos de água subterrânea totais.

Num sistema no estado estacionário, os fluxos totais de entrada e de saída são iguais. O fluxo total que entra e sai da área de influência do modelo é igual a 61 700m³/d. O afluxo em toda a fronteira Oeste representa 15% do afluxo total e 82% da recarga directa da chuva. A troca de água nos estuários representa 3% do fluxo de entrada total.

A maior parte das águas subterrâneas é descarregada do modelo através de drenagens (terras húmidas e cursos de água) e através da Baía de Palma (oceano). A descarga representa 49% para águas subterrâneas em terras húmidas e cursos de água e 36% para o oceano, do fluxo de saída total. A troca de água nos estuários representa 15% do fluxo de saída total.

Tabela 7.6 *Caudal constante da água subterrânea - estado de calibração*

Fronteira	Fluxo de Entrada (m ³ /d)	Fluxo de Saída (m ³ /d)
Baía de Palma (Oceano)	0	22 000
Fronteira Oeste	9 500	200
Estuários	1 700	9 400
Recarga	50 500	0
Drenagem	0	30 100
Totais	61 700	61 700

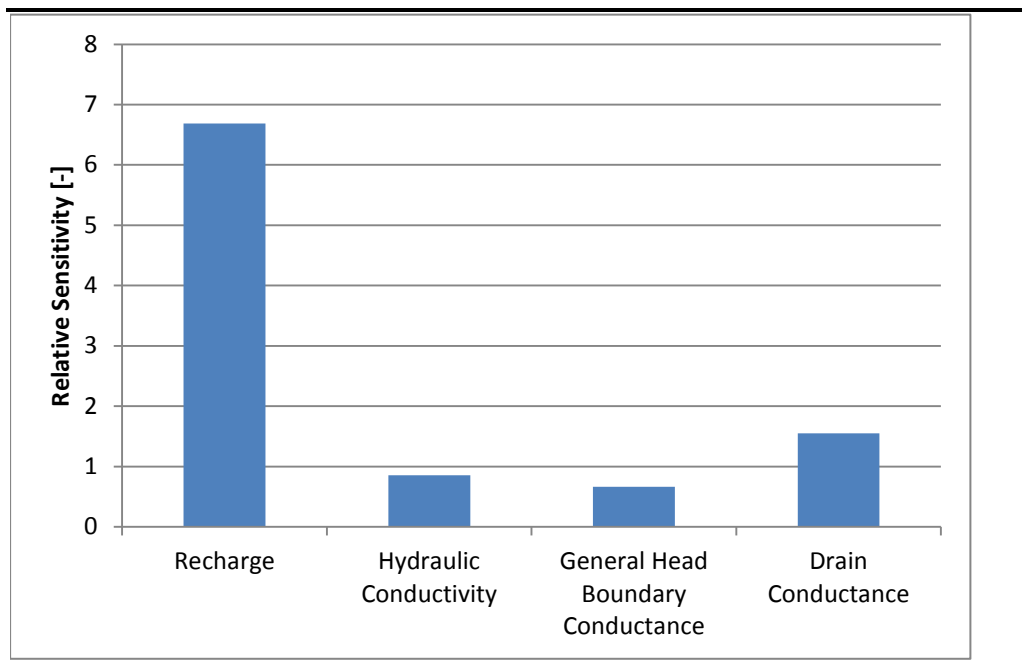
Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade foi realizada utilizando o PEST para a recarga, condutividade hidráulica, condutividade GHB e condutividade da drenagem. A *Figura 7.9* apresenta as sensibilidades relativas para os respectivos parâmetros. A sensibilidade relativa de um parâmetro é uma medida das

mudanças nos outputs do modelo que são provocadas por uma alteração no valor do parâmetro (Doherty et al., 2004).

O parâmetro mais sensível é a recarga, seguida da condutividade da drenagem. Quaisquer alterações a estes parâmetros terão um impacto maior no resultado do modelo que em outros parâmetros menos sensíveis.

Figura 7.9 Resultados da Análise de Sensibilidade



C7.5.4 Calibração Transiente

As simulações no estado transiente exigem parâmetros adicionais, armazenamento específico e rendimento específico. O armazenamento específico é a quantidade de água por unidade de volume de uma formação saturada que é armazenada ou expulsa devido à compressibilidade do esqueleto mineral e da água intersticial por unidade (*unit change in head*) e é relevante em camadas confinadas.

O rendimento específico é relevante para as camadas não confinadas e representa a unidade de volume de água que é drenada a partir da formação, por unidade (*per unit decrease in head*). Não se encontravam disponíveis medições de campo para estes parâmetros (*Secção C.7.3.2*).

O modelo foi calibrado com os dados de tempo e rebaixamento obtidos nos testes aos aquíferos realizados pela ERM (*Secção C.7.3.2*). O bombeamento do furo foi simulado e os modelos foram calibrados de forma a corresponderem às medições de tempo e rebaixamento que foram feitas. Este modelo de *stress* é similar ao da exploração subterrânea planeada, mas a uma escala de tempo muito mais reduzida.

Configuração do Modelo

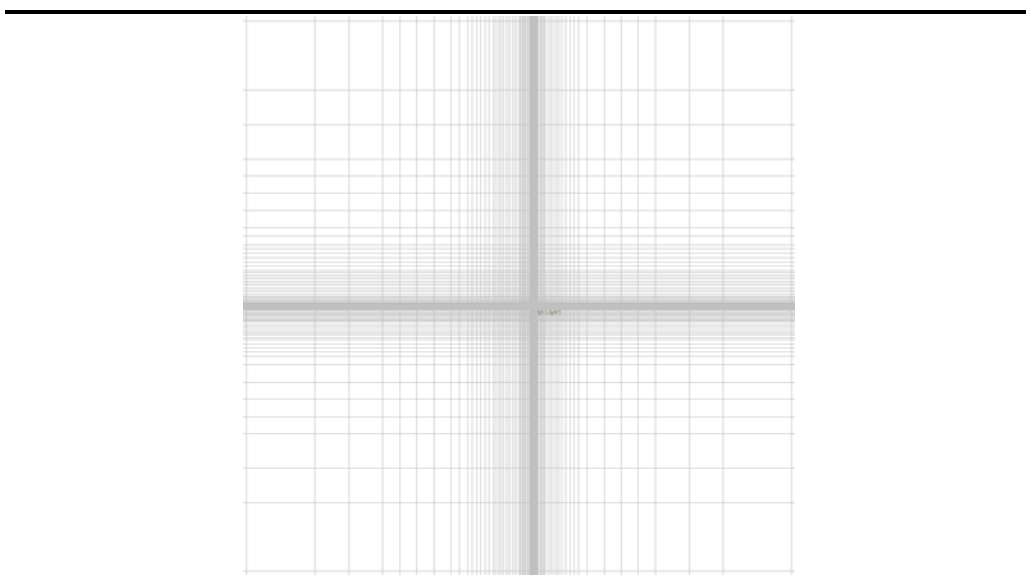
Durante a configuração do modelo transiente, o modelo de fluxo de águas subterrâneas no estado estacionário é convertido num modelo de fluxo de águas subterrâneas transiente ("dependente do tempo"), a fim de executar simulações dependentes do tempo e cenários de modelo preditivo.

A geometria da área de influência do modelo, o contorno do modelo, o topo e a base do modelo, a discretização e o tipo de camada foram obtidas a partir do modelo no estado estacionário, assim como dos parâmetros independentes do tempo, como a condutividade hidráulica, a recarga, a condutividade de drenagem e elevação, etc.. A solução da calibração do modelo no estado estacionário foi utilizada como distribuição hidráulica inicial (*initial hydraulic head distribution*).

Refinamento da Malha

Foi criado um outro modelo para cada um dos furos. Num primeiro passo, a malha do modelo tem de ser gradualmente refinada em volta do furo testado. O tamanho das células do local onde o furo está a ser testado deve idealmente representar o diâmetro do mesmo (114 - 165mm). No entanto, devido a restrições do modelo, a malha só pode ser refinada a um tamanho de célula de 195mm, o qual é considerado suficientemente preciso. Como exemplo, a *Figura 7.10* mostra o refinamento da malha em torno do furo LNG-W0017, onde as células de maiores dimensões (nos cantos) são de 200m por 200m de tamanho.

Figura 7.10 *Refinamento da Malha LNG-W001*



Além disso, a malha foi refinada na direcção vertical, de modo a representar com maior precisão o intervalo testado. Com base nas construções de furos individuais, foram modeladas três camadas com espessuras variáveis e a espessura da camada 2, onde o aquífero foi bombeado, também foi optimizada (ver abaixo).

Fronteiras e Parâmetros do Modelo

As condições de fronteira do modelo no estado estacionário foram usadas para cada uma das três camadas, excepto para os recursos hídricos superficiais, incluindo os estuários, terras húmidas e cursos de água, que só foram implementadas na primeira camada. A condutividade hidráulica vertical (K_v) foi estabelecida em 10% da condutividade hidráulica horizontal (K_h) seguindo uma abordagem comum. Os outros parâmetros do modelo foram definidos a partir do modelo calibrado no estado estacionário.

Períodos de Stress e Intervalos de Tempo

As unidade de tempo (minutos), períodos de stress e intervalos de tempo foram escolhidos de forma a representar com precisão os ensaios aos aquíferos realizados para os respectivos furos. Foram realizados testes aos aquíferos de 24 horas com intervalos de tempo crescentes. A estes seguiram-se testes de recuperação de duração variável, em que, depois de desligar a bomba, os níveis de água subterrânea nos poços foram medidos até que fosse alcançada uma recuperação de pelo menos 90%.

Furos de Observação

Como não foram registadas flutuações do nível da água em nenhum dos furos de observação durante a captação a partir do furo bombeado, apenas os níveis de água medidos nos poços bombeados puderam ser usados para o processo de calibração.

Teste ao Aquífero – Captação de Águas Subterrâneas

As taxas de bombeamento variaram para cada furo. O bombeamento foi implementado no modelo utilizando o *Well Package*. O intervalo testado foi baseado na construção do furo e otimizado durante a calibração. O bombeamento foi simulado a partir da camada 2 localizada no meio.

Parâmetros Otimizados

Os parâmetros otimizados incluem o *Armazenamento Específico* e a *Espessura da Camada*, que está directamente relacionada com a Transmissividade (T) da formação testada:

$$T = \text{Espessura da Camada} \times K$$

O modelo usa T para calcular o fluxo de águas subterrâneas e a distribuição da carga hidráulica na área de influência do modelo.

Resultados da Calibração Transiente

O armazenamento específico e a espessura da camada foram calibrados usando os dados dos testes aos aquíferos de um total de 11 furos (testes de descarga constante). As Figuras dos resultados de calibração são apresentadas no anexo F.

Devido a uma limitação no *Processing Modflow Pro* no que respeita ao número de dígitos e discretização no furo de bombeamento, o ponto de observação não pôde ser localizado exactamente no meio da célula de bombeamento do

furo. Os gradientes hidráulicos localizados perto do furo de bombeamento são muito acentuados e, portanto, há uma discrepância entre o rebaixamento máximo modelado no modelo e o constante nas figuras (ponto de observação). Assim, o rebaixamento máximo modelado na célula de bombeamento do furo também é mencionado nos títulos da figura.

De uma forma geral, os valores do coeficiente de armazenamento específico variam em menos de uma ordem de grandeza (*Tabela 7.7*). Considerando apenas furos com dados de rebaixamento aceitáveis, foi mantido para modelação de cenários um valor de armazenamento específico otimizado de 9×10^{-4} (média geométrica).

Os resultados para a espessura da camada indicam que a espessura da camada e, indirectamente, a transmissividade (T), que é usada para os cálculos de fluxo, tem um impacto significativo sobre a magnitude do rebaixamento no furo. Para a maioria dos furos calibrados, a espessura da camada era menor do que o comprimento do screen do furo.

Tabela 7.7 *Resultados da Calibração Transiente*

BHID	Q (l/s)	Testes ao aquífero			Modelo numérico			SS Cal (-)	Notas
		Altura do screen (m)	T (m ² /d)	K (m/d)	Espessura da camada (m)	T (m ² /d)	K (m/d)		
LNG-W001	1.5	21	5E+01	2E+00	10	7E+01	7E+00	1E-03	-
LNG-W002	4.7	9	5E+01	6E+00	4	3E+01	7E+00	3E-03	-
LNG-W003	1.5	9	2E+02	2E+01	5	4E+01	7E+00	1E-04	Dados DD não aceitáveis
LNG-W004	3.8	9	2E+00	2E-01	2	1E+01	7E+00	1E-03	Dados DD não aceitáveis
LNG-W005	1.7	9	6E+00	7E-01	0.8	6E+00	7E+00	2E-03	Com base na recuperação
LNG-W006	4.6	9	6E+01	7E+00	5	4E+01	7E+00	1E-03	-
LNG-W010	2.9	12	7E+01	5E+00	8	6E+01	7E+00	1E-03	Dados DD não aceitáveis
LNG-W011	1.7	17	6E+00	4E-01	1	7E+00	7E+00	6E-03	-
LNG-W012	0.8	14	4E+01	3E+00	5	4E+01	7E+00	1E-04	Com base na recuperação
LNG-W013	1.8	11	1E+02	1E+01	8.7	6E+01	7E+00	1E-03	-
LNG-W014	0.8	12	9E+01	7E+00	12	8E+01	7E+00	1E-04	-

Os principais potenciais impactos do Projecto proposto para a água subterrânea são os relacionados com as seguintes actividades:

- Captação excessiva de água nos furos de captação;
- Impermeabilização da superfície na área de processamento de GNL; e
- Aterramento de estuários, terras húmidas e cursos de água na área de processamento de GNL.

Os cenários de águas subterrâneas foram modelados para quantificar os potenciais impactos da extracção planeada de água subterrânea e de outras actividades sobre o ambiente, os utilizadores e os ecossistemas dependentes da água subterrânea. Adicionalmente, foi investigada a capacidade do aquífero para disponibilizar o total de água necessária ao Projecto para uso doméstico e foi calculada a taxa de bombeamento recomendada para cada furo de captação.

As taxas de bombeamento para cada furo podem ser limitadas por um número de factores, incluindo os seguintes:

- Capacidade do furo e do aquífero;
- Profundidade do furo;
- Rebaixamento disponível;
- Intrusão salina; e
- Diâmetro da tubagem de revestimento.

A capacidade do furo para suportar uma determinada taxa de bombeamento foi determinada pela modelação do cenário, usando um modelo calibrado, onde a taxa máxima de bombeamento é limitada pela capacidade do aquífero e/ou secagem do furo (i.e. quando o nível dinâmico da água ⁽¹⁾ desce abaixo da base do furo).

O conceito de *rebaixamento disponível* foi aplicado para cada furo para determinar a taxa máxima de bombeamento, de forma a evitar a intrusão salina. Foi aplicada uma margem de segurança para que os níveis dinâmicos de água se mantenham sempre acima dos 3 metros acima do nível do mar (mamsl), o que é considerado suficiente para evitar a intrusão salina (dado que as taxas máximas de bombeamento estão abaixo das calculadas).

Outro factor limitante das taxas máximas de bombeamento é o diâmetro da tubagem de revestimento do furo, que determina qual o tipo de bomba submersível a utilizar. As bombas submersíveis que cabem num furo de diâmetro externo de 4½" podem produzir aproximadamente 1.5L/s (5.4m³/hora), enquanto que bombas que caibam em furos de diâmetro mais largo, com diâmetro externo de 5-6½", podem produzir mais de 4L/s (14.4m³/hora) e ainda mais dependendo da carga hidráulica (i.e. a taxa de

¹ O nível dinâmico da água descreve o nível da água subterrânea no furo durante o bombeamento

bombeamento diminuiria com a diminuição da carga hidráulica). No entanto, podem ser conseguidas taxas de bombeamento mais altas usando sistemas alternativos de bombeamento (i.e. mono-bombas, etc.).

Foram considerados cinco cenários no estado estacionário e quatro no estado transiente (em função do tempo). Os diferentes cenários são apresentados na *Tabela 7.8*.

Tabela 7.8 *Cenários de Modelação da Água Subterrânea*

Cenário #	Tipo de Modelo	Descrição	Objectivo
Cenário 1	Estado estacionário	Determinar a taxa máxima de bombeamento recomendada para cada furo, com base na capacidade do furo/aquífero, de forma a evitar a intrusão salina.	Respeitar o rebaixamento máximo disponível, de forma a evitar a intrusão salina: Nível dinâmico da água > 3 mamsl.
Cenário 2	Transiente	Atingir a quantidade de água necessária ao Projecto (pico de 600m ³ /dia), usando o menor número de furos requerido (3 furos para pico de procura e 2 de reserva)	Apenas bomba interior (acampamento pioneiro usando as taxas máximas de bombeamento recomendadas, tal como determinado no Cenário 1; sem restrições nas taxas de bombeamento em relação ao diâmetro do furo
Cenário 3	Transiente	Atingir a quantidade de água necessária para o Projecto (pico de 600m ³ /dia), usando o menor número de furos requerido, mas restritos à utilização de bombas submersíveis (5 furos para pico de procura e 1 de reserva)	Apenas taxas de bombeamento praticáveis em termos de taxas de bombeamento máximas recomendadas determinadas no Cenário 1 e diâmetro do furo, i.e. 5.4m ³ /hora (1.5L/s) nos furos de 4½" e 14.4m ³ /hora (4L/s) nos furos de 5 a 6½"
Cenário 4	Transiente	Modelar o impacte máximo bombeando o total de água necessária (pico de 3 000m ³ /dia) de um furo (LNG-W006)	Determinar se o aquífero pode sustentar o total de água necessária para o Projecto (doméstico)
Cenário 5	Transiente	Impacte máximo após mitigação (bombear cada um dos furos existentes à taxa de bombeamento máxima permitida (Cenário 1) e 3 a 11 furos adicionais a 120 - 220m ³ /d para atingir o pico de procura	Manter o nível dinâmico da água acima de 3 mamsl, adicionando mais furos de extracção para produção do total de água necessária
Cenário 6	Estado estacionário	Impermeabilização da superfície, resultando numa recarga reduzida com base na área inferida do Processamento de GNL (6km ²)	Investigar o impacto da recarga reduzida
Cenário 7	Estado estacionário	Impermeabilização da superfície, resultando numa recarga reduzida e aterramento de estuários, terras húmidas e cursos de água; com base na área inferida do Processamento de GNL (6km ²)	Investigar o impacto da recarga reduzida combinado com o aterramento de estuários, terras húmidas e cursos de água
Cenário 8	Estado estacionário	Impermeabilização da superfície, resultando numa recarga reduzida com base na área total da Pegada Revista do Projecto (14km ²)	Investigar o impacto da recarga reduzida (área impermeabilizada potencialmente maior)

Cenário #	Tipo de Modelo	Descrição	Objectivo
Cenário 9	Estado estacionário	Impermeabilização da superfície, resultando numa recarga reduzida e aterramento de estuários, terras húmidas e cursos de água; com base na área total da Pegada Revista do Projecto (14km ²)	Investigar o impacto da recarga reduzida combinado com o aterramento de estuários, terras húmidas e cursos de água (área impermeabilizada potencialmente maior)

C7.6.1

Determinação do modelo

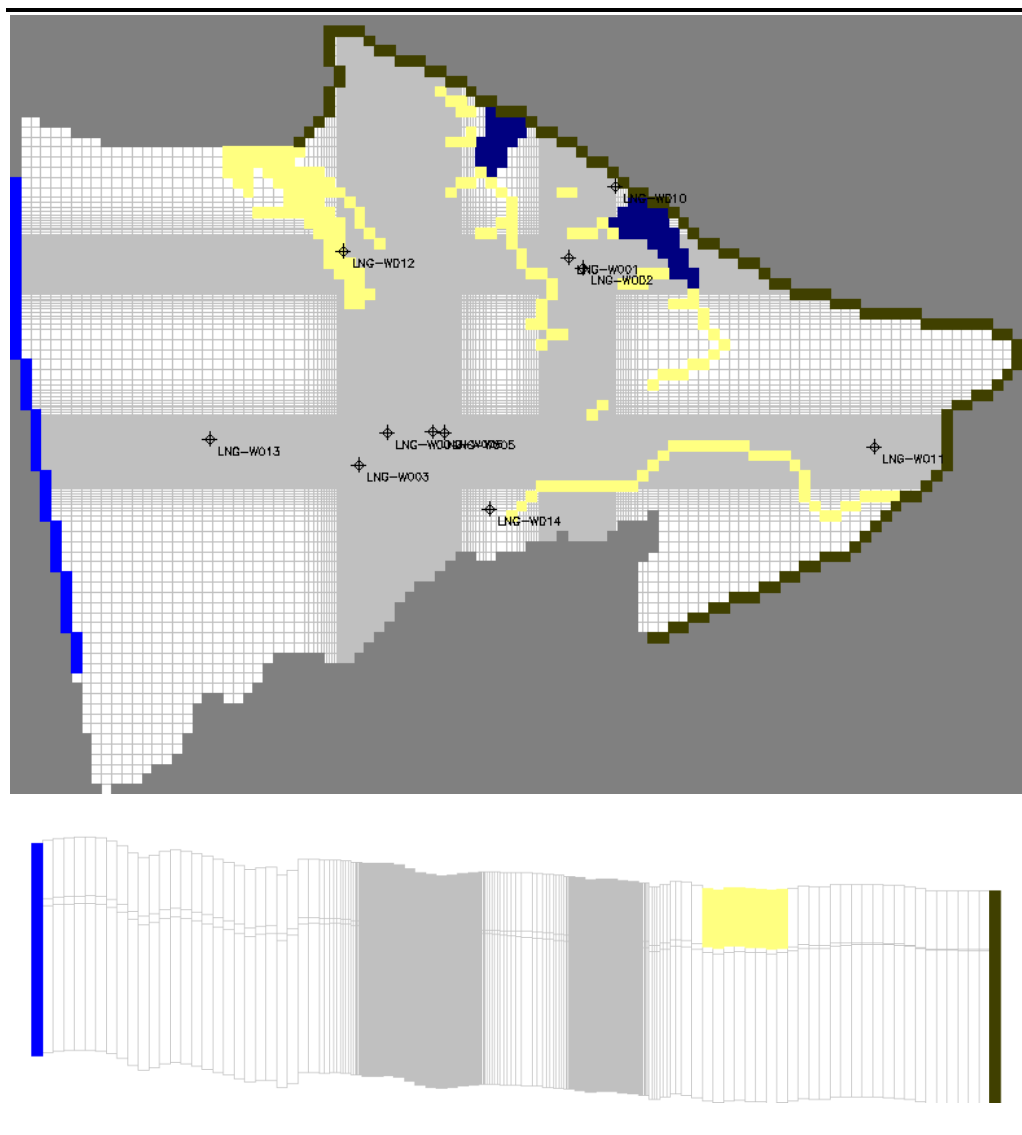
Refinamento da Grelha

Para acomodar o gradiente hidráulico expectavelmente acentuado na proximidade dos furos de captação, a grelha do modelo foi gradualmente refinada na horizontal a um tamanho de célula de 10m nas áreas onde há captação da água subterrânea: (i) Acampamento Pioneiro e (ii) Área de Processamento de GNL. Verticalmente, a grelha foi refinada a três camadas: (i) sobrecarga, (ii) horizonte de bombeamento, e (iii) camada base, considerando a calibração do modelo no estado transiente.

A construção do furo e a espessura calibrada da camada em cada furo foram usadas para interpolar a parte superior e inferior da segunda camada.

O modelo refinado é apresentado na *Figura 7.11* em vista plana e em corte (oeste-este).

Figura 7.11 Modelo Refinado



Condições do Limite

O limite da carga constante a Oeste foi convertida numa fronteira do fluxo de entrada, simulada usando o *Well Package*. Os fluxos de entrada foram distribuídos pelas três camadas relativas à área de escoamento de cada célula individual.

O oceano na Baía de Palma foi considerado da mesma forma que no modelo no estado estacionário, mas ao longo das três camadas. Os recursos hídricos superficiais (estuários, cursos de água e terras húmidas) foram considerados na primeira camada (topo) representando apenas recursos hídricos superficiais.

Tipo de Aquífero

A camada mais superficial foi modelada como uma camada não confinada e as duas camadas do fundo como camadas confinadas/não confinadas.

Parâmetros Hidráulicos

A condutividade hidráulica vertical (K_v) foi definida como 10% da condutividade hidráulica horizontal estacionária (K_h) seguindo uma abordagem comum. Foi definido um coeficiente de armazenamento específico (SS) de $9 \cdot 10^{-4}$ para todas as camadas.

Foram utilizados outros parâmetros do modelo como se se tratasse do modelo em estado estacionário, incluindo recarga, condutividade hidráulica horizontal, condutância hidráulica e condutância *general-head-boundary* (GHB).

Períodos de Stress e Intervalos de Tempo

Para as simulações no estado transiente (que dependem do tempo), foram seleccionadas unidades de tempo (dias), períodos de stress e intervalos de tempo que permitiram uma simulação exacta da captação de água subterrânea dependente do tempo, de acordo com as necessidades de água do Projecto.

Os períodos de stress para as diferentes fases do Projecto estão detalhados na *Tabela 7.9*. Os períodos de stress foram divididos em intervalos de tempo mensais para facilitar a estabilidade numérica do modelo, excepto para os 10 anos após a fase de encerramento, que foi sub-dividida em intervalos de tempo de 10 anos.

No início dos modelos no estado transiente foi modelado um ensaio (*dry-run*) de um ano. Esta é uma abordagem comum na modelação transiente para assegurar que são considerados os parâmetros iniciais correctos. Para o cálculo dos parâmetros iniciais (distribuição inicial da carga hidráulica), o modelo refinado foi inicialmente corrido no estado estacionário.

Tabela 7.9 *Períodos de Stress e Intervalos de Tempo*

Período de stress #	Períodos de stress (dias)	Períodos de stress (meses)	Número de intervalos de tempo	Fase do projecto
1	360	12	12	<i>Dry run</i>
2	180	6	6	Construção
3	180	6	6	Construção
4	360	12	12	Construção
5	720	24	24	Construção
6	720	24	24	Construção e Operação
7	10140	338	338	Operação
8	3600	120	10	Após encerramento

C7.6.2 *Correcção do rebaixamento*

As células do modelo (10m por 10m) são bastante maiores que os diâmetros dos furos, o que resulta em rebaixamentos calculados menores do que os reais. Por este motivo, os rebaixamentos calculados têm que ser corrigidos, para se obter um efectivo rebaixamento no furo de produção (*rebaixamento real*).

Para obter o rebaixamento efectivo (Δd_{eff}) de um furo com um raio de r_{BH} , o rebaixamento calculado (Δd_{calc}) numa célula do modelo com um dado tamanho de célula a é corrigido por um termo de correcção Δd_{corr} como se apresenta de seguida (Prickett e Lonquist, 1971):

$$\Delta d_{eff} = \Delta d_{calc} + \Delta d_{corr}$$

$$\Delta d_{corr} = 0.3665 \left(\frac{q}{T} \right) \log \left(\frac{a}{4.81 r_{BH}} \right)$$

Onde:

- q Taxa de extracção do furo [m³/d];
- T Transmissividade [m²/d];
- a Tamanho da célula da grelha [m]; e
- r_{BH} Raio do furo [m].

C8.1 VISÃO GERAL

Este estudo foi conduzido pelos Natural Scientific Services CC. As metodologias usadas para a avaliação das terras húmidas e aquáticas encontram-se detalhadas abaixo: uma vez que não foram desenvolvidos protocolos para Moçambique, estas metodologias foram fortemente baseadas nas metodologias da África Austral, que foram concebidas para o meio ambiente no sul de África e, portanto, considerados adequados para este estudo.

C8.2 LOCAIS DE AMOSTRAGEM

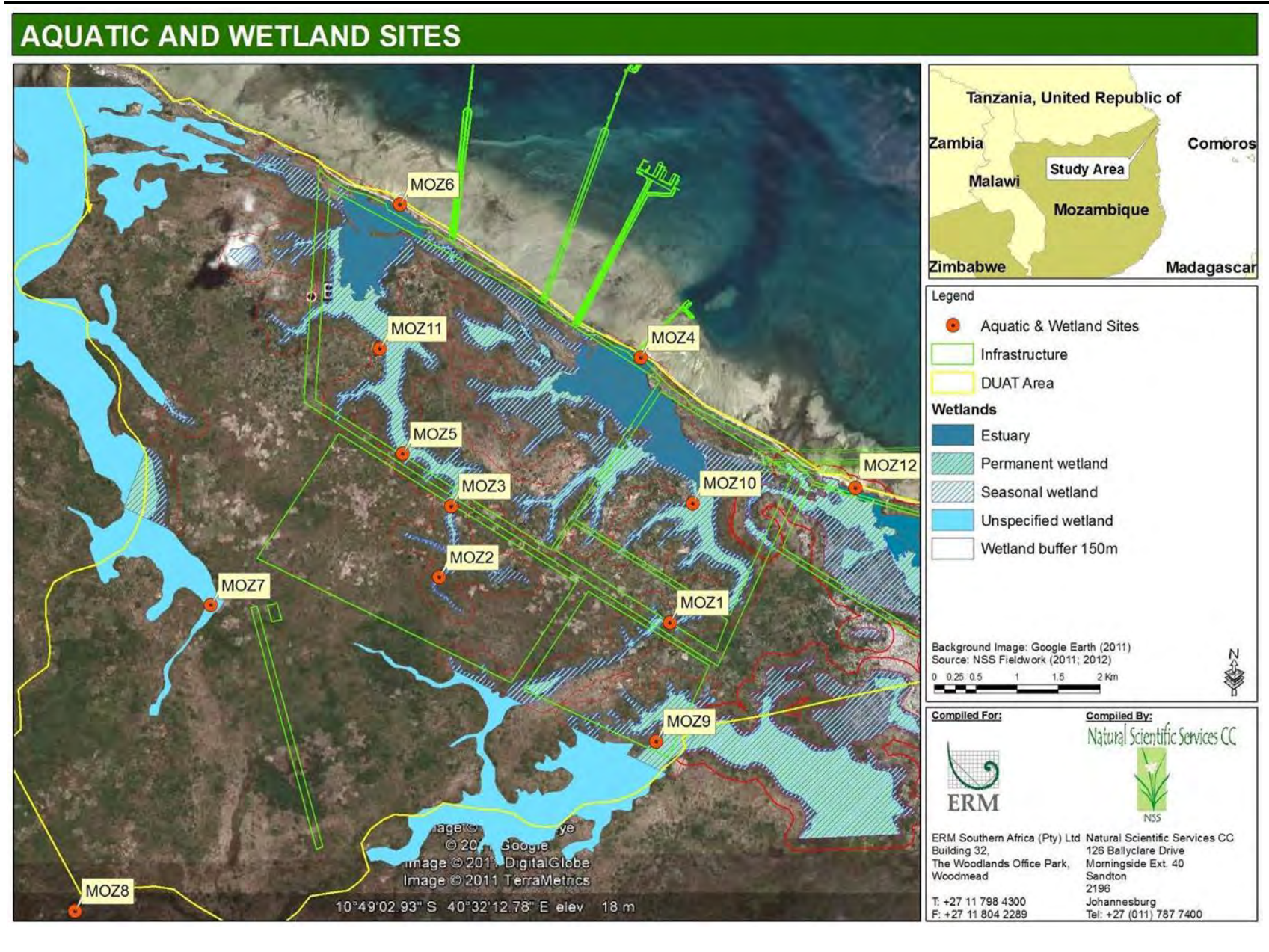
O objectivo inicial do estudo foi estabelecer um estado de referência para a área através da avaliação dos sistemas das zonas aquáticas e húmidas próximas do local do Projecto em Afungi, especificamente a área da pegada do Projecto em Terra anterior à construção das instalações de GNL em terra, e os impactos que se irão seguir com o desenvolvimento do projecto. Os locais de amostragem foram, portanto, posicionados com base na localização proposta da infra-estrutura do Projecto. A acessibilidade das áreas também desempenhou um papel importante na selecção final do local. Os locais seleccionados estão sumarizados na *Tabela 8.1* e ilustrados na *Figura 8.1*.

Tabela 8.1 *Locais de Amostragem Seleccionados*

Posicionamento do Local (em relação à instalação de GNL proposta)	Nome do Local	Descrição do Local	Coordenadas	
Na área de entrada do gasoduto	MOZ 1	Terra húmida	S 10°50'07,58"	E 40°33'21,57"
Na área da instalação de apoio à construção	MOZ 2	Terra húmida	S 10°49'50,94"	E 40°31'50,89"
No acesso de via terrestre principal	MOZ 3	Terra húmida	S 10°49'21,89"	E 40°31'55,34"
Na zona de operação de doca	MOZ 4	Estuário	S 10°48'23,53"	E 40°33'09,69"
A montante da área de serviços de apoio	MOZ 5	Terra húmida	S 10°49'00,74"	E 40°31'36,83"
Na área de processamento de serviços de apoio	MOZ 6	Estuário	S 10°47'23,84"	E 40°31'35,83"
A montante da pista de aterragem	MOZ 7	Terra húmida	S 10°50'00,73"	E 40°30'20,72"
A montante da pista de aterragem	MOZ 8	Terra húmida	S 10°52'01,51"	E 40°29'27,94"
A montante da área de apoio às operações	MOZ 9	Terra húmida	S 10°50'54,77"	E 40°33'16,08"
A jusante da área de construção	MOZ 10	Terra húmida	S 10°49'21,31	E 40°33'30,34"
A jusante da área de processamento de serviços de apoio	MOZ 11	Terra húmida	S 10°40'20,53"	E 40°31'27,52"
Na área de operação	MOZ 12	Estuário	S 10°49'15,53"	E 40°34'34,29"

Os doze locais seleccionados são terras húmidas, nove dos quais são locais de água doce, nomeadamente MOZ 1, 11,2 11,2 11,2 10 7 11,2 11,2 10 e 11. Três destes locais são estuários: MOZ 4, 0,12 e 12.

Figura 8.1 Locais de Monitorização Aquática e de Terras Húmidas



Os locais de água doce foram avaliados através da determinação do estado ecológico actual (PES) de cada local durante o período de baixo caudal de 2011 e o período de alto caudal de 2012. Quatro dos locais, MOZ 11, 11,2 10 e 11 foram adicionados no período de alto caudal de 2012. A avaliação de baixo caudal destes locais foi efectuada durante o período de caudal reduzido de 2012 (21-26 de Junho de 2012).

C8.3.1

Qualidade da Água

A qualidade da água é uma medida das características físicas (turvação, suspensões, temperatura) e constituintes químicos (não-tóxicos: pH, TDS, salinidade, condutividade, iões individuais, nutrientes, enriquecimento orgânico e oxigénio dissolvido incluindo tóxicos: metais vestigiais e químicos de desregulação endócrina) de uma amostra de água, dos quais a maior parte pode ter um efeito nas características do ecossistema aquático.

Parâmetros Físicos da Qualidade da Água

Os constituintes físico-químicos medidos *in situ* incluíram cinco variáveis padrão de qualidade da água, nomeadamente Oxigénio Dissolvido (DO (mg/l) e%), temperatura (°C), Condutividade Eléctrica (CE (mS/m) Sólidos Totais Dissolvidos (STD) (Mg/l) e pH. Isto foi realizado através da utilização de uma sonda multisensora HI 9828 Multi-parâmetros pré-calibrada com pH/ORP/EC/TDS/DO (Hanna Instrumentos).

Parâmetros Químicos de Qualidade da Água

Foram identificadas actividades antropogénicas (agricultura e assentamentos informais) no local do Projecto em Afungi. Os poluentes normalmente associados a estas actividades foram testados para determinar os constituintes químicos (nutrientes e vestígios de metais) através da recolha de amostras de água em garrafas de polietileno. A análise foi efectuada pela Cleanstream (Pty) Lta (laboratório acreditado pela ISO) sedado em Pretoria, África do Sul. As variáveis avaliadas em 2011 na baixa vazão foram: alcalinidade total, cloro (Cl), flúor (F), Sulfato (SO₄), nitrato (NO₃), amónio (NH₄), ortofosfato (PO₄-P, rigidez total, incluindo os metais de alumínio (Al), berílio (Be), bismuto (Bi), boro (B), cádmio (Cd), cálcio (Ca), cobalto (Co), cobre (Cu), gálio (Ga), potássio (K), rubídio (Rb), silício (Si), sódio (Na), estrôncio (Sr), prata (Ag), telúrio (Te), tálio (Tl), total de crómio (Cr), vanádio (V) e zinco (Zn). Alguns destes constituintes, identificados em baixas concentrações (indetectáveis) durante o caudal baixo em 2011 foram excluídos do caudal alto em 2012 e da análise do caudal baixo em 2012, por exemplo, berílio, bismuto, gálio, rubídio, telúrio, tálio e vanádio. Foram adicionados à análise qualidade da água de caudal alto de 2012 e caudal baixo de 2012 vários outros constituintes, nomeadamente mercúrio (Hg), nitrito (NO₂), carência química de oxigénio (COD), sólidos suspensos (SS), turvação (NTU) e sabão, gordura e óleo (SOG).

Os resultados físicos e químicos da qualidade da água foram comparados com o Conjunto de Objectivos da Qualidade da Água (TWQR), que constitui um objectivo de gestão desenvolvido pelo DWAF (1996) para os ecossistemas aquáticos da África Austral e usado para especificar a variação de concentração desejável ou ideal e/ou os requisitos da qualidade da água para um constituinte particular. Embora estejam implementados alguns padrões de qualidade da água em Moçambique, nenhum deles está especificamente relacionado com os padrões exigidos para o funcionamento ideal do ecossistema (Normas de Qualidade Ambiental de Moçambique, 2004). Consequentemente, foram utilizadas as directrizes sul-africanas para dar uma indicação da deterioração do ecossistema neste estudo. Infelizmente não havia dados históricos disponíveis na altura da elaboração deste relatório devido à actividade comercial limitada na área. Este projecto irá então estabelecer a situação de referência para a monitorização da qualidade da água na área.

C8.3.2

Diatomáceas

As diatomáceas são um grupo de algas unicelulares com paredes celulares siliciosas, pigmentos fotossintéticos únicos e produtos de armazenamento específicos (óleo e crisolaminarina). São importantes componentes nas comunidades de algas e formam a base dos ecossistemas aquáticos (Taylor; *et al.* 2007). A avaliação das diatomáceas envolve uma técnica de monitorização biológica que foi introduzida como parte da rotina dos programas de monitorização devido a certas deficiências nos métodos físicos e químicos padrão. Apesar de actualmente estas não fazerem parte do conjunto de bio-indicadores usados no Programa de Biomonitorização de Ecossistemas Aquáticos Nacionais (NAEBP), há uma forte motivação em incluir as diatomáceas como alternativa às avaliações de macroinvertebrados quando há uma diversidade de habitat baixa (Dr. Taylor, Simpósio Anual de Campeões, 2006). A principal vantagem desta abordagem biológica é que examina os organismos cuja exposição à água e a qualquer tipo de poluentes seja contínua, e reflecte os impactos actuais (quer a curto quer a longo prazo) dos poluentes no ecossistema. Deste modo, as diatomáceas são considerados organismos úteis a incluir no âmbito das ferramentas de biomonitorização usadas neste estudo, tanto para estabelecer a qualidade de água corrente quer as condições históricas (Taylor *et al.* 2005) nos locais de terras húmidas analisados. Estes habitats de terras húmidas têm disponibilidades limitadas de habitat, o que tem uma forte influência noutros conjuntos bióticos dentro do sistema. Os macroinvertebrados são particularmente influenciados pela falta de diversos habitats incluindo pedras, águas de fluxo rápido e outros biótopos e, como tal, as diatomáceas, são particularmente úteis como uma alternativa para determinar a influência da qualidade da água nestes habitats.

As diatomáceas foram recolhidas dos locais de amostragem de acordo com a metodologia descrita em Taylor *et al.* (2005) tal como Fore e Grafe (2002). De cada local foram escolhidos cinco objectos submersos em água (plantas, raízes, juncos, etc.). As diatomáceas foram recolhidas ao raspar as superfícies superiores destes objectos com uma escova de dentes e depois lavadas para um tabuleiro. Estas foram misturadas com uma pequena quantidade de água (obtida a partir do ecossistema aquático) e colocadas em garrafas de

polietileno. Depois, as amostras foram fixadas com 20% de etanol (concentração final por volume) para preservar e armazenar as amostras. As técnicas de laboratório, nomeadamente limpeza, preparação, enumeração, notação de células deformadas e identificação de diatomáceas, foram efectuadas de acordo com Taylor et al. (2005). Todos os slides e material foram arquivados na Coleção de Diatomáceas da Universidade de Noroeste (North-West University), África do Sul, caso qualquer material seja necessário para verificação independente. Os resultados de índice foram calculados através do uso do OMNIDIA versão 5.3 (Lecointe et al. 1993, base de dados actualizada em Março de 2009). Os resultados de índice usados na interpretação dos dados incluíram o Índice de Sensibilidade a Poluição Específica (SPI), Índice de Diatomáceas Biológicas (BDI) e Percentagem de Válvulas de Tolerância à Poluição (%PTV). Estes resultados de índice, variando de deteriorado a alta qualidade, como definido por Eloranta e Soininem (2002), encontram-se classificados para cada local e apresentados na *Tabela 8.2*.

Tabela 8.2 *Resultados de índice e classes usadas para a interpretação da avaliação de diatomáceas (Taylor 2011)*

Interpretação dos Resultados de Índice		
SPI e BDI	% PTV	Classe
>17	-	alta qualidade
13 a 17 anos	-	boa qualidade
9 a 13	10-15	média qualidade
5 a 9	<20	fraca qualidade
<5	<20	má qualidade
- Não disponível		

C8.3.3 *Integridade do Habitat (IHI)*

O protocolo de avaliação de Índice de Integridade de Habitat (IHI), descrito por Kleynhans (1996), foi usado para avaliar os impactos nos habitats aquáticos e envolventes de cada local. Respectivamente, os habitats dos caudais (IH) e áreas ribeirinhas (RH) são analisados com base num conjunto de 12 perturbações ponderadas no índice. Estes distúrbios representam alguns dos impactos importantes e facilmente quantificáveis antropogenicamente, incluindo a erosão das margens, leito, modificação de canais e fluxo; fauna aquática exótica, invasão de vegetação e macrófitas; remoção da vegetação nativa; inundações; eliminação de resíduos sólidos e captação de água. Foram calculados os respectivos níveis de impactos para os habitats IH e RH. A cada distúrbio foi designada uma pontuação de impacto (*Tabela 8.3*) e uma pontuação de confiança. Estes valores foram usados para calcular o resultado do impacto usando a fórmula: $(\text{classificação dos impactos} / 25) \times (\text{o peso desse impacto definido na Tabela 8.4})$. Os impactos de todos os critérios foram somados, expressos numa percentagem e subtraídos de 100 para obter um valor de integridade do habitat para os componentes do caudal e zonas ribeirinhas, respectivamente, de acordo com Kleynhans (1996).

No entanto, nos casos em que os critérios da zona ribeirinha e os critérios para a captação de água, fluxo, modificação do leito e do canal, qualidade de água e inundação da componente do caudal excediam as taxas de alto, grave ou crítico, foi aplicado um peso adicional negativo. O objectivo disto é acomodar o possível efeito negativo cumulativo (e integrado) de tais impactos (Kemper, 1999). As seguintes regras foram aplicadas a este respeito:

- Alto Impacto = Baixa o estado de integridade em 33% do peso para cada critério com tal resultado.
- Impacto Grave = Baixa o estado de integridade em 67% do peso para cada critério com tal resultado.
- Impacto Crítico = Baixa o estado de integridade em 100% do peso para cada critério com tal resultado.

A estimativa IHI final foi calculada pela soma dos pesos negativos para os valores de habitats dos caudais e zonas ribeirinhas e subtraindo este total da integridade do habitat intermediário provisoriamente determinado. Este IHI final é, então, caracterizado numa das seis categorias definidas por Kleynhans e Louw (2008) e indicadas na *Tabela 8.3*

Tabela 8.3 *Pontuação IHI de cada critério para descrever a extensão de cada impacto (Kleynhans 1996)*

Classe do Impacto	Descrição	Pontuação
Nenhuma	Nenhum impacto discernível ou a modificação está localizada de tal forma que não tem qualquer impacto na qualidade, diversidade, tamanho e variabilidade do habitat	0
Pequena	A modificação é limitada apenas a algumas localidades e o impacto sobre a qualidade do habitat, tamanho, diversidade e variabilidade é limitado	1-5
Média	As modificações estão presentes num pequeno número de locais e o impacto sobre a qualidade do habitat, tamanho, diversidade e variabilidade é bastante limitado	6-10
Grande	A modificação é geralmente apresentada com um impacto claramente negativo sobre a qualidade, diversidade, tamanho e variabilidade do habitat. Grandes áreas não são, contudo, afectadas	11-15
Grave	A modificação encontra-se frequentemente presente e a qualidade, tamanho, diversidade e variabilidade do habitat em quase a totalidade da área definida é afectado. Apenas pequenas áreas não são influenciadas.	16-20
Crítica	A modificação está presente de forma geral com uma alta intensidade. A qualidade, tamanho, diversidade e variabilidade do habitat na quase totalidade da secção definida são influenciadas negativamente.	21-25

Tabela 8.4 *Critérios e pesos utilizados para a avaliação do Habitat no Leito/caudal e Ribeirinho*

Critérios de Caudal	Peso	Critérios das Zonas Ribeirinhas	Peso
Captação de água	14	Remoção da vegetação	13
Qualidade da Água	13	Vegetação exótica	12
Modificação do fluxo	13	Erosão das margens	14
Modificação do leito	13	Modificação do canal	12
Modificação do canal	14	Captação de água	13
Inundação	10	Inundação	11
Macrófitas exóticas	9	Modificação do fluxo	12
Fauna exótica	8	Qualidade da Água	13
Despejo de Lixo	6		

Disponibilidade de Habitat de Peixes

Foi conduzida uma avaliação do habitat de peixes com o intuito de fornecer uma medida do potencial de refúgio de peixes associada a cada um dos pontos de amostragem. Esta avaliação caracteriza os habitats de peixes em quatro classes de profundidade-velocidade (incluindo classe de habitat lento-profundo, lento-superficial, rápido-profundo e rápido-superficial, onde rápido é mais do que 0,3 m/s, lento é menos do que 0,3 m/s, profundo é mais do que 0,3 m e superficial é menos do que 0,3 m) e cobertura associada a cada um dos ambientes (Dallas, 2005). Todos estes foram quantificados numa escala de 0 a 5, sendo ausente (0), raro (1), escasso (2), comum (3), abundante (4), ou total (5) (Dallas, 2005). A medição destes tipos de habitats é um componente essencial na interpretação da integridade dos peixes uma vez que pode influenciar (criando ou restringindo) as populações e comunidades de peixes presentes dentro de cada local de amostragem.

Disponibilidade de Habitat de Macro-invertebrados

As comunidades de macroinvertebrados, como a maioria da fauna aquática, são em grande parte influenciadas pela diversidade de habitat dentro de um ecossistema aquático. Portanto, os biótopos diferentes foram avaliados sempre que disponíveis, ou seja, a vegetação de caudal, vegetação das margens e GSM (cascalho, areia e lama) ¹. Cada um dos biótopos foi pontuado, avaliado numa escala de 0 a 5 de acordo com a presença de biótopos (ausente (0), raro (1), escasso (2), comum (3), abundante (4) ou total (5) (Dallas, 2005)). O índice de sistema de avaliação de habitat de invertebrados (IHAS) não foi incorporado no presente estudo, uma vez que ainda necessita de validação, de acordo com Dallas (2005). O NSS, porém, não utiliza o índice como um guia para identificar impactos no habitat, por exemplo, o enriquecimento de algas, etc. Algumas das categorias dos IHAS foram, portanto, identificadas neste estudo, incluindo a presença de algas, biótopos e tipos de vegetação dominantes.

(1) ¹ Infelizmente, as pedras em habitats de fluxo rápido e lento não estavam presentes em nenhum dos locais de amostragem. Tais habitats são geralmente mais favoráveis a macroinvertebrados e, portanto, a ausência irá reduzir as contagens de macroinvertebrados utilizados neste estudo.

A avaliação das comunidades de macroinvertebrados num sistema fluvial é um método reconhecido para determinar o nível de "saúde" do rio (Dickens e Graham 2002). Os macroinvertebrados são bons indicadores, uma vez que são visíveis, fáceis de identificar e têm ciclos de vida rápidos. Os macroinvertebrados foram recolhidos e identificados ao nível da família usando o SASS5 padronizado (Sistema de Pontuação Sul Africano, versão 5), método de amostragem descrito por Dickens e Graham (2002). O SASS5 é um método de avaliação rápido do estatuto de macroinvertebrados de um sistema de caudal em circulação. Os macroinvertebrados foram recolhidos por meio de uma rede de SASS padrão em tipos de habitats disponíveis dentro dos prazos especificados. Foram necessários quinze minutos para identificar a presença e abundância aproximadas de famílias de macroinvertebrados em cada um dos ambientes. Os resultados para cada local foram, então, analisados utilizando as seguintes métricas:

- Ocorrência de macroinvertebrados: O número e abundância das famílias amostradas foram utilizados para determinar a riqueza familiar global. Estas duas medidas são simples e foram utilizadas como um indicador de *stress* contaminante em comunidades de macroinvertebrados.
- Riqueza EPT: Avalia o número total de famílias que ocorrem na ordem Ephemeroptera (mosca-de-maio), Plecoptera (mosca-de-pedra) e Trichoptera (moscas-de-caddis) (Marshall et al, 2001). Isto é, $EPT = \# \text{ famílias Ephemeroptera} + \# \text{ famílias Plecoptera} + \# \text{ famílias Trichoptera}$. Baseia-se na sensibilidade destas famílias e, como tal, uma diminuição no número de tais ordens indicaria um aumento das perturbações na qualidade da água.
- Índices bióticos: Tais índices são geralmente baseados na atribuição de vários taxa de macroinvertebrados. A sua utilidade noutros países que não aqueles para os quais foram inicialmente concebidos pode ser limitada, uma vez que as tolerâncias podem não ser eficazmente transferidas para as diferentes áreas em que existem diferentes famílias, climas e eco-regiões. Os índices bióticos incluem os SASS5, Pontuação Média por Táxon (ASPT) e índice de resposta de Macroinvertebrados (MIRAI).

SASS5

A pontuação SASS5 foi calculada através da soma dos pontos de sensibilidade das famílias presentes. A pontuação média por taxon (ASPT) foi calculada ao dividir a pontuação SASS total pelo número total de taxa. Os resultados foram interpretados com base na pontuação SASS5 definida na *Tabela 8.5*. No entanto, o uso de SASS5 e ASPT foi incluído neste estudo como um **guia** para identificar impactos uma vez que tolerâncias de famílias demonstraram ter tendências semelhantes em todo o mundo. Foi apenas usado como guia pois estes são sistemas de terras húmidas e não são, portanto, rios com água corrente, não existindo dados de eco-regiões para comparação.

MIRAI

O MIRAI foi utilizado neste estudo como uma alternativa ao SASS5, para determinar o Estado Ecológico Actual (PES) do conjunto da comunidade de macroinvertebrados. O índice integra as exigências ecológicas da taxa de invertebrados numa comunidade ou assembleia e sua resposta às condições de habitat modificadas, enquanto compara o conjunto com uma lista de referência (Thirion, 2008). Não havia quaisquer dados históricos disponíveis para os macroinvertebrados que ocorrem nestes sistemas aquáticos. Portanto, a lista de referência para este estudo foi elaborada com base na preferência de macroinvertebrados para os biótopos encontrados nos locais de amostra. Estes incluíram macroinvertebrados que ocorrem em nenhum e/ou água corrente de fluxo lento, o que também favorece a vegetação e/ou habitats GSM. Isto excluiu todas as espécies com uma preferência para água de fluxo rápido e biótopo de pedra (dentro e fora da corrente). Além disso, os grupos funcionais de alimentação e a área ribeirinha foram considerados na elaboração da lista de referência. Devido ao facto dos locais estarem ligados, assumiu-se que as espécies que ocorreram num local devem hipoteticamente também ocorrer nos outros locais. Este método tornou possível comparar cada local individual no que respeita às condições de referência predeterminadas.

O modelo MIRAI efectua uma comparação entre as famílias de macroinvertebrados esperadas com os conjuntos presentes e obtidos através do protocolo de amostragem SASS5 (Thirion, 2007). As preferências de habitat para cada um dos macroinvertebrados foram incorporadas em termos de fluxo, habitat e qualidade da água. Cada componente foi avaliado dentro de uma métrica em termos de quanto a presença e abundância de macroinvertebrados se desviam da referência, e foram efectuados para cada um dos indicadores. Depois de todas as métricas serem marcadas, o modelo gerou uma pontuação MIRAI para cada local e foi caracterizado num CE, tal como definido na *Tabela 8.5*.

C8.3.5

Peixes

Em cada local, os peixes foram amostrados de acordo com métodos padronizados de amostragem de peixes (Kleynhans, 2008) que incluíram redes de arrasto, de lance e fyke. As redes de arrasto pequenas foram usadas em áreas rasas com vegetação suspensa, lançando a rede para as margens da terra húmida. Foi lançado um mínimo de cinco redes de lance nos locais que tinham profundidade de água suficiente. A pequena rede de fyke foi colocada na água durante um mínimo de duas horas em cada local. Os peixes amostrados foram identificados ao nível da espécie utilizando Skelton (2001) e devolvidos em segurança ao sistema aquático antes de serem documentados em segmentos separados e tipos de habitats. Nos casos nos quais os peixes não puderam ser identificados com certeza, as amostras foram enviadas para o Instituto de Investigação Pesqueira, em Maputo, Moçambique. Foram tiradas fotos das espécies e estas enviadas para o Instituto Sul-Africano para a Biodiversidade Aquática (SAIAB) para uma identificação segura (Bills 2011, comunicação pessoal).

Algumas técnicas de estatística multivariada têm sido amplamente utilizadas para avaliar as estruturas comunitárias biológicas e padrões em diferentes ecossistemas, incluindo conjuntos de comunidades de peixes de água doce e outros conjuntos de dados biológicos. Foi implementada uma abordagem de Análise de Componente de Princípio (APC), por meio de Canoco versão 4.5, para determinar se havia quaisquer diferenças espaciais ou temporais entre os diferentes locais de água doce por sobreposição do WQ sobre as espécies de peixes amostradas durante o período de baixa e alta vazão. Uma Análise de Redundância (RDA) foi realizada para determinar as diferenças entre os locais de amostragem de água doce para determinar quais as variáveis ambientais seriam possivelmente responsáveis pelas diferenças.

C8.3.6 *Integridade Ecológica / Estado Ecológico Actual*

O estado ecológico actual (PES) dos sistemas de água doce foi determinado pela avaliação da qualidade da água, diatomáceas, habitat, macroinvertebrados e integridade das comunidades de peixes. Foram utilizadas categorias ecológicas (EC) para auxiliar na interpretação destes dados, porque elas definem a condição ambiental de um rio ou sistema de água doce, em termos do desvio das componentes biofísicas a partir da condição de referência natural (Kleynhans e Louw, 2008). Estas categorias variam ao longo de um contínuo de níveis de perturbação do estado natural do ecossistema, de nenhuma perturbação ou natural (Categoria A) até criticamente modificado (Categoria F) e foram representados por cores características definidas por Kleynhans e Louw (2008) na *Tabela 8.5*.

Tabela 8.5 *Códigos de Estado Ecológico Actual e Descrições com Códigos de Cor Padrão*

Categoria	IHI (%), MIRAI (%), SASS5, VEGRAI	Descrição Curta	Descrições Longas
A	90-100	Natural	Estado inalterado, sem impactos, das condições naturais (Pontuações entre 87,4 e 92 = A / B)
B	80-89	Amplamente natural	Amplamente natural com poucas modificações. Uma pequena mudança nos habitats naturais e biota pode ter ocorrido, mas as funções do ecossistema são essencialmente inalteradas (Pontuações entre 77,4 e 82 = B / C)
C	60-79	Moderadamente modificada	Moderadamente modificada - perda e alteração de habitat natural e biota ter ocorrido, mas as funções básicas do ecossistema ainda são predominantemente inalteradas (Pontuações entre 57,4 e 62 = C / D)
D	40-59	Amplamente modificado	Amplamente modificado - ocorreu uma grande perda de habitat natural, de biota e funções dos ecossistemas básicos (Pontuação entre 37,4 e 42 = D / E)
E	20-39	Severamente modificado	Severamente modificado - a perda de habitat natural, biótopos e funções dos ecossistemas

F	< 20	Criticamente modificado	básicos é significativa (Pontuações entre 17,4 e 22 = E / F) Criticamente/ extremamente modificado - as modificações chegaram a um nível crítico e o sistema foi modificado totalmente com a perda quase total do habitat natural e da biota. No pior dos casos, as funções básicas dos ecossistemas foram destruídas e as mudanças são irreversíveis.
---	------	-------------------------	---

Fonte: Modificado de Kleynhans e Louw (2008); Kleynhans (1996, 1999) e em Kleynhans *et al.* (2007).

Em alguns casos, existe uma incerteza no que respeita à categoria a que um corpo de água em particular pertence. Esta situação é abrangida pelo conceito de limite "vago", em que uma determinada entidade pode potencialmente ter membros de ambas as classes e para fins práticos. Estas situações são referidas como categorias de contorno e são denotadas como, por exemplo, B / C como descrito na *Figura 8.2*.

Figura 8.2 *Ilustração da distribuição de categorias num contínuo como mostrado em Kleynhans e Louw (2008)*



No estudo actual, os resultados obtidos a partir da pontuação do índice de medição de habitat IHI e pontuações MIRAI (ver *Secção C8.3.1*) medindo a integridade de macroinvertebrados que foram designados para os ECs delineados na *Tabela 8.5*. As pontuações SASS5 e ASPT não podem ser calculadas através do método definido por Dallas (2007), onde as ECs usadas foram calculadas em percentis com base nas eco-regiões Sul-africanas. Nenhuma destas eco-regiões estava presente neste estudo e, como tal, não podem ser utilizadas para prever o estado actual das estruturas das comunidades de macroinvertebrados. As eco-regiões, geralmente, têm características ecológicas semelhantes e são normalmente utilizadas para prever do que as estruturas bióticas seriam compostas em circunstâncias naturais e, portanto, usadas para determinar e interpretar as ECs. Uma vez que estas limitações foram particularmente problemáticas com as pontuações SASS5 e ASPT derivadas de Dallas (2007), um sistema de pontuação SASS mais geral por Thirion *et al.* (1995) foi utilizado ⁽¹⁾. Em termos de WQ, as variáveis medidas não foram alocadas numa EC, uma vez que não existe pontuação reconhecida para as variáveis de água e não podem, portanto, ser caracterizadas numa pontuação do índice.

(1) Note que as pontuações SASS5 e ASPT e as suas categorias ecológicas só foram usadas como um guia para este estudo (ver *Secção C8.3.4*).

C8.4

AVALIAÇÃO DO ESTUÁRIO

Os três locais estuarinos foram avaliados utilizando a directriz de Métodos RDM para estuários (versão 3) com os procedimentos discutidos em detalhe abaixo e descritos no DWA (2010). Dois dos locais (MOZ 4 e MOZ 6) foram avaliados em três pontos dentro de cada estuário (foz, trecho médio e superior) (*Figura 8.3 e Figura 8.4*). O terceiro estuário (MOZ 12) foi um pequeno sistema superficial e as amostras foram recolhidas principalmente na foz do estuário. Na avaliação do PES dos três estuários, foram avaliados os sedimentos, qualidade da água, invertebrados, peixes, microalgas e diatomáceas. Foram também realizadas contagens de aves em dois dos estuários (MOZ 4 e MOZ 6) pela Enviro-Insight, dados estes que alimentam este relatório. Os locais estuarinos MOZ 4 e MOZ 6 foram avaliados tanto em alto como baixo caudal, com o terceiro estuário (MOZ 12) apenas sendo avaliado em Junho de 2012, durante a avaliação de baixo caudal.

C8.4.1

Sedimento

As técnicas utilizadas para analisar as características físicas do sedimento dos dois locais de estuário constituem-se como métodos convencionais, tal como definidos pela Agência de Protecção Ambiental dos Estados Unidos (2001) e têm sido usados com sucesso na África do Sul (Cyrus *et ai.* 2000). Duas amostras de sedimento (a - próximo ao estuário e b - próximo da secção média) foram recolhidas em cada local num frasco de polietileno, e transportadas para o laboratório da Universidade de Joanesburgo, África do Sul, para análise. As características físicas do sedimento analisadas incluíram teor de humidade, teor de matéria orgânica e a dimensão do grão. O teor de humidade foi determinado tirando uma quantidade conhecida de sedimento de cada amostra e secando-a num forno durante quatro dias a 60°C. O teor de matéria orgânica foi determinado tomando uma quantidade de sedimento seco (com uma precisão de 0.00001g) e incinerando a amostra durante seis horas a 600°C. As amostras foram, então, novamente pesadas para determinar a percentagem de conteúdo orgânico na amostra.

Figura 8.3 Local Estuarino de Amostragem MOZ4

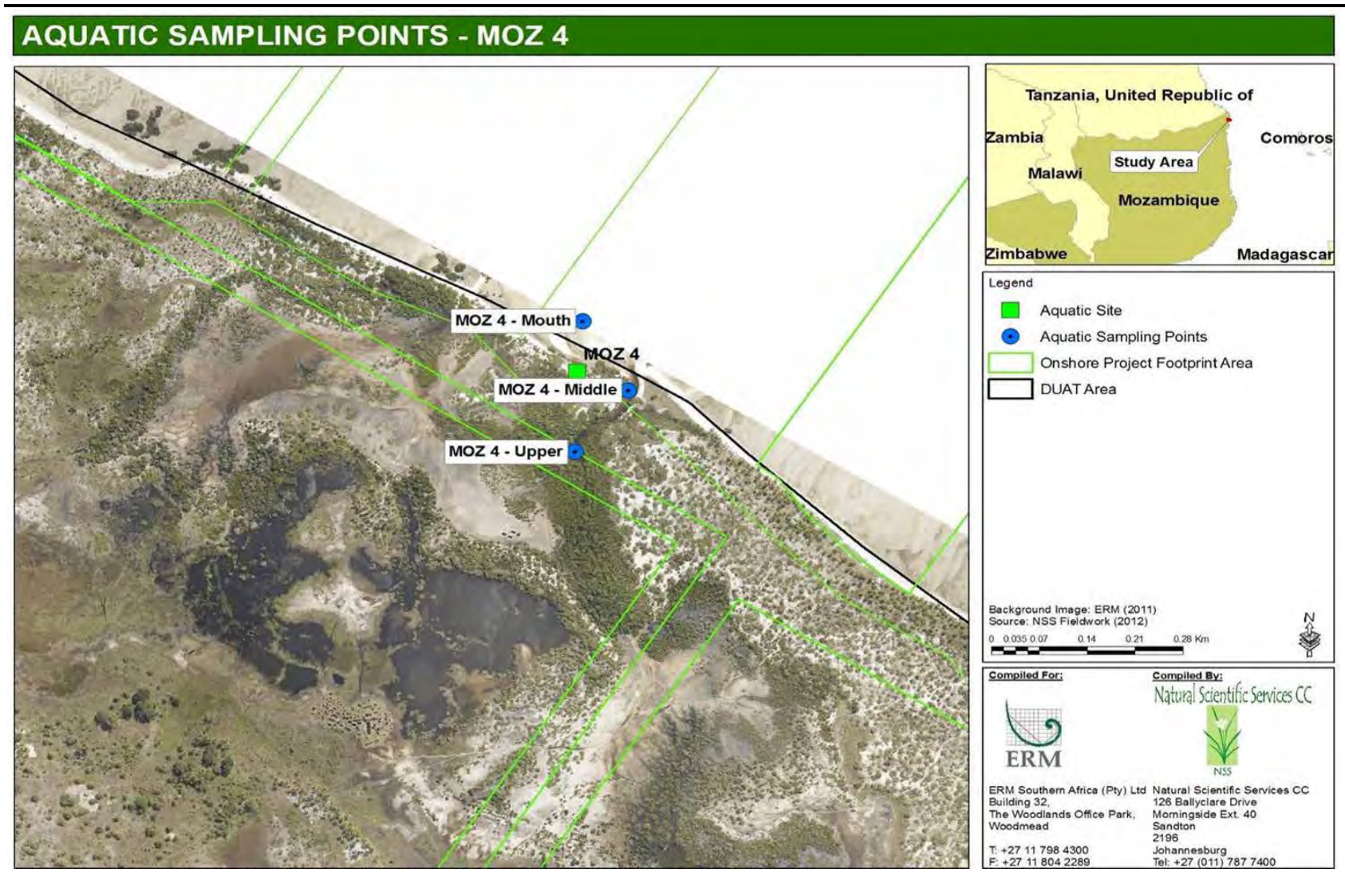
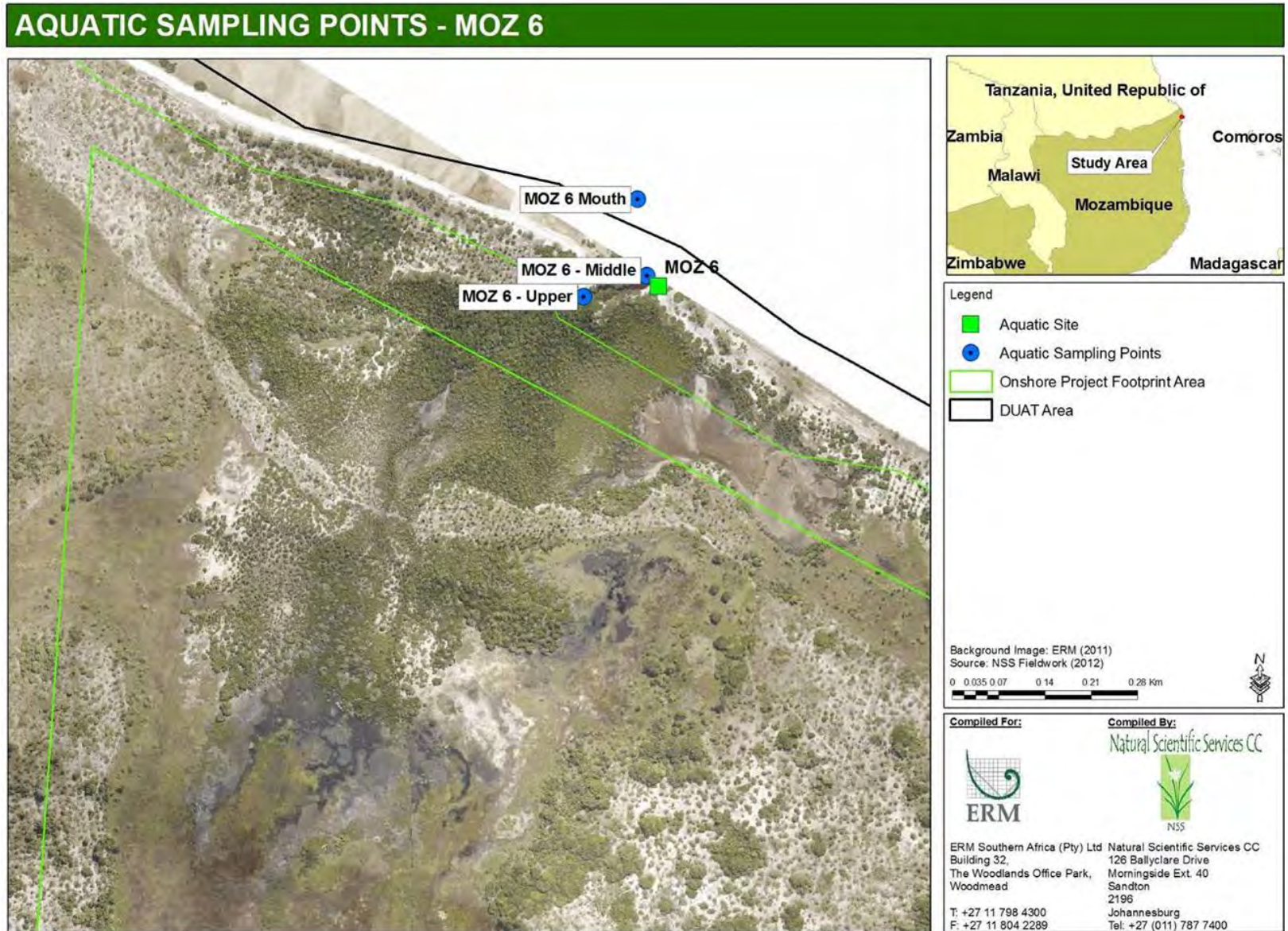


Figura 8.4 Local Estuarino de Amostragem MOZ6



A Agência de Protecção Ambiental dos Estados Unidos (2001) classifica o teor orgânico percentual da seguinte forma:

Muito baixo = <0,05%
 Baixo = 0,05 - 1%
 Moderadamente baixo = 1 - 2%
 Médio = 2 - 4%
 Alto = > 4

O sedimento seco remanescente foi usado para determinar o tamanho de grão de cada amostra, utilizando um sistema de Endecott com peneiras diversas variando entre > μm 4000 e 53 μm . As categorias de tamanho do grão utilizado, com as suas descrições, encontram-se resumidas na *Tabela 8.6* (Cyrus *et al.*, 2000).

Tabela 8.6 *Categorias das Várias Dimensões de Grãos e Valores Médios Phi utilizados para avaliar a Distribuição de Tamanho dos Grãos do Sedimento Estuarino*

Categorias de Tamanho de Grão (μm)	Valor Médio de Phi (Φ)	Descrição
Maior do que 4 000	-2	Gravilha
4 000 - 2 000	-1.58	Areia muito grossa
2 000 - 500	-0,32	Areia grossa
500-212	1.49	Areia Média
212-53	2.92	Areia Muito Fina
Menor do que 53	4.24	Lama

Nas avaliações de sedimentos de estuário, os dados de tamanho dos grãos de sedimentos é dado em intervalos phi (Φ), em vez de em microns, milímetros ou polegadas. O diâmetro phi é calculado tomando o logaritmo negativo do diâmetro em milímetros. Os valores de phi foram obtidos calculando o logaritmo negativo na base 2 do diâmetro das partículas, isto é, $\Phi = -\log_2 D$. Os cálculos estatísticos e as apresentações gráficas são muito mais simples quando os diâmetros phi são usados. Para os fins desta análise, a análise do tamanho de grão do sedimento foi feito por meio do cálculo dos valores médios phi, bem como os coeficientes de atribuição para cada local. Por meio de uma curva cumulativa, construída através da representação gráfica da distribuição de tamanho de grão do substrato percentual de cada local contra os valores médios phi, o tamanho phi para cada um dos seguintes valores phi, 5, 16, 25, 50, 75, 84 e 95%, respectivamente, foram determinados (a % refere-se à percentagem cumulativa).

Por conseguinte, os coeficientes de atribuição foram calculados através do uso da seguinte fórmula:

$$\sigma_T = \frac{\Phi_4 - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_5 - \Phi_5}{6.6}$$

Os resultados foram indicados num gráfico para determinar o quão bem o sedimento foi seleccionado. As diversas categorias da qualidade de atribuição do sedimento foram dadas abaixo (Lewis e McConchie, 1994a):

- <0,25 Φ muito bem atribuído
- 0,35-0,5 Φ bem atribuído
- 0,5-0,7 Φ moderadamente bem atribuído
- 0,71-1,0 Φ moderadamente atribuído
- 1,0-2,0 Φ mal atribuído
- 2,0-4,0 Φ muito mal atribuído

C8.4.2 *Qualidade da Água*

Os mesmos componentes testados para água doce foram também testados nos estuários. Veja a *Secção C8.3.1*.

C8.4.3 *Microalgas e Diatomáceas*

A biomassa/abundância de microalgas fornece informações sobre a eutrofização ⁽¹⁾ enquanto as mudanças nos grupos dominantes podem indicar mudanças na comunidade devido à qualidade e quantidade de água. As microalgas são importantes para as comunidades de invertebrados e peixes, principalmente nos grandes estuários permanentemente abertos onde microalgas bênticas ou fitoplâncton são importantes produtores primários. Idealmente, as medidas devem ser tomadas sob condições de fluxo diferentes para estabelecer variações naturais. Em estuários rasos, situados perto do mar, ou nos estuários permanentes abertos com grandes áreas entre-marés, as microalgas bênticas são importantes produtores primários. As características da comunidade de microalgas são importantes, uma vez que proporcionam uma melhor compreensão da comunidade de invertebrados (Gibson *et al*, 2000; WA, 2010). É vantajoso para analisar e caracterizar microalgas em situação de referência e em monitorização do impacto, pois têm ciclos de vida curtos, pelo que se torna fácil de identificar impactos de curto prazo e qualquer influência no equilíbrio de nutrientes que afecta a comunidade. O uso de microalgas como indicadores também apresenta algumas desvantagens: rápida distribuição pelo vento e marés pode significar que não estão expostos a impactos de curto prazo, a identificação é difícil e demorada, aumento de pastagem pelo zooplâncton pode contrariar maior biomassa da microalga causada pelo enriquecimento de nutrientes, e crescimentos indeterminados por microalgas tornando difícil a caracterização (Gibson *et al* ., 2000).

As microalgas foram amostradas em três áreas diferentes dentro do local MOZ 4 e MOZ 6 (*Figura 8.3* e *Figura 8.4*) e na foz do estuário em MOZ 12. Uma amostra de água foi levada para recolher espécimes de microalgas. A amostra foi deixada em repouso e uma subamostra foi retirada para análise com um microscópio de luz (com uma ampliação de 400x). Os grupos de microalgas diferentes ou seja, as algas verdes, flageladas, dinoflagelados,

(1) O processo pelo qual uma massa de água adquire uma elevada concentração de nutrientes, especialmente fosfatos e nitratos.

diatomáceas e algas verde-azuladas foram identificados e contados. Também foram recolhidas microalgas bênticas em três áreas dentro de cada local estuarino. A camada de microalgas bênticas no topo do sedimento foi recolhida utilizando um tubo de diâmetro pequeno em cerca de seis áreas diferentes dentro de um local. Como no caso das microalgas da água, as microalgas bênticas foram identificadas e contadas sob um microscópio de luz, na Universidade de Johannesburg, África do Sul.

A actual comunidade de diatomáceas em cada um dos locais do estuário também foi amostrada separadamente de acordo com o protocolo na *Secção C8.3.2*.

C8.4.4 *Invertebrados*

Zooplâncton

A comunidade zooplanctónica é importante em sistemas estuarinos, pois normalmente está intimamente relacionada com a função da comunidade de microalgas, bem como com quaisquer efeitos potenciais sobre esta comunidade. A comunidade zooplanctónica tem vantagens semelhantes para inclusão numa avaliação estuarina tal como a da microalga, tem um ciclo de vida rápido que pode fornecer respostas rápidas a alterações da qualidade da água ou impactos, o equipamento de amostragem é barato e fácil de usar e a identificação e classificação é mais fácil do que em microalgas. As desvantagens incluem a falta de qualquer situação de referência substancial ou dados de referência para os estuários da África Austral, especialmente no norte de Moçambique, bem como os ciclos de vida rápidos, o que torna as relações de causa e efeito difíceis (Gibson *et al.*, 2000).

A comunidade zooplanctónica em cada local foi amostrada através do uso de uma rede de plâncton com malha de 100µm (50 x 50 centímetros 25 m). A rede foi arrastada pela água por cerca de 15m em cada uma das três áreas dentro do local MOZ 4 e 6 MOZ e na foz do estuário no local MOZ 12. Os detritos e plâncton apanhados dentro do líquido foram transferidos para um frasco de polietileno, fixados com etanol e corados com um corante vital, Rose Bengal. O zooplâncton foi identificado ao menor nível taxonómico possível nos laboratórios da Universidade de Joanesburgo, África do Sul.

Além disso, foi instalada durante a noite uma armadilha de luz nos locais MOZ 4 e MOZ 6 para a amostragem de zooplâncton e macroinvertebrados (algumas espécies de zooplâncton alimentam-se apenas à noite). A armadilha de luz é constituída por um frasco de plástico, um funil e uma vara de luz. Os invertebrados são atraídos para a fonte de luz durante a noite e entram no funil na abertura do frasco, de onde não podem escapar. De manhã, a armadilha foi removida e os invertebrados foram transferidos para um frasco de polietileno, corados com Rose Bengal e fixados com etanol. Os invertebrados capturados com este método foram identificados até o menor nível taxonómico possível na Universidade de Joanesburgo.

Os invertebrados bentónicos foram recolhidos em cinco amostras aleatórias nas três áreas dentro do local MOZ 4 e MOZ 6 usando uma pega de amostragem, e dentro na foz do estuário em MOZ 12. O conteúdo de cada pega foi esvaziado em recipientes separados e uma pequena quantidade de 10% de formalina foi adicionada para forçar os invertebrados a libertarem-se de qualquer tipo de matéria. Cada balde foi enchido com água e a mistura bem agitada. A matéria em suspensão foi então decantada por meio de uma malha de 0,5 mm (rede cónica), e o processo foi repetido 5 vezes. O restante da amostra foi então transferido para um frasco de polietileno. A fauna e detritos retidos foram preservados em formol a 10%, e uma mancha biológica (corante vital, rosa bengala) foi adicionada para ajudar na triagem e contagem dos invertebrados no laboratório da Universidade de Joanesburgo, África do Sul.

C8.4.5

Peixes

A amostragem de peixes nos dois locais do estuário foi realizada utilizando técnicas de rede de arrasto seleccionadas. Uma rede de arrasto média (comprimento 35m, profundidade 1,6 m e um tamanho de malha de 16mm com um saco de 2m de profundidade) e uma rede de arrasto pequena (comprimento de 5 m, 1,6 m de profundidade, com dois postes de madeira 20mm x 1.8m ligados em cada extremidade) foi usada sobretudo para provar a comunidade de peixes em diferentes partes do estuário. Dentro do estuário, a rede de arrasto média foi puxada com a maré empregando um "varredura em terço", método onde uma extremidade da rede é segurado em terra enquanto a outra extremidade está totalmente estendida perpendicularmente à costa, e é então puxada de volta para terra formando um semicírculo (USEPA, 2000). Foram tomadas precauções quando na aproximação do local, a fim de evitar a perturbação da zona de amostragem (USEPA, 2000). A rede de arrasto pequena foi usada para amostras em áreas mais rasas e áreas cobertas de vegetação pendente por meio de libertação da rede para fora do estuário. Além disso, foi também utilizada uma rede de arrasto pequena em cada estuário como uma técnica de amostragem passiva. A rede de arrasto foi lançada durante um mínimo de três horas num horário durante o dia. As espécies de peixes recolhidas em campo foram identificados (*in situ* e confirmado nos laboratórios do Instituto de Investigação Pesqueira, em Maputo, em Moçambique e na Universidade de Joanesburgo na África do Sul), utilizando os seguintes guias:

- Peixes de água doce da África Austral (Skelton, 2001);
- Peixes costeiros da África Austral (Heemstra e Heemstra, 2004);

O estado de conservação da maioria das espécies de peixes estuarinos observadas no estudo não poderia ser determinado, dado que a maioria das espécies capturadas não se encontram bem documentadas na bibliografia científica ou (dados deficientes), ou não foram avaliadas pelo IUCN (2011). Por conseguinte, o estado de conservação de peixes não foi utilizado como um factor de ponderação para a avaliação dos locais estuarinos, tendo sido utilizado um método alternativo (Elliot *et al.*, 2007).

Os dados da comunidade de peixes podem ser estruturados em várias organizações funcionais de acordo com Elliot *et al.* (2007). A abordagem organizacional compara as comunidades de peixes de acordo com a sua função na comunidade em vez de a um nível taxonómico. Uma organização de peixes é definida como um grupo de espécies que explora a mesma classe de recursos ambientais de uma forma similar (Elliot *et al.* 2007). Estas categorias de organizações fornecem informações sobre o funcionamento, estrutura hierárquica e conectividade de um estuário. Esta classificação também pode ser usada para simplificar o ecossistema estuarino muito complexo. As três organizações identificadas por Elliot *et al.* (2007) são:

- Uso Estuarino (EUFG): a utilização global ecológica do estuário por uma determinada espécie - tolerâncias migratórias e fisiológicas.
- Modo de Alimentação (FMFG): o principal método de alimentação utilizado por uma determinada espécie - comportamento alimentar e estrutura do corpo.
- Modo Reprodutivo (RMFG): indica como e, em alguns casos, onde uma espécie estuarina se reproduz

Foi adoptada uma abordagem estatística para avaliar os dois locais estuarinos associados ao projecto proposto. Não estavam disponíveis quaisquer dados da comunidade de peixes de referência para esta parte de Moçambique, o que tornou difícil o cálculo PES. O programa estatístico utilizado para analisar os dados da comunidade de peixes foi o software Canoco 4.5 para uma análise multivariada de dados. A Análise de Redundância (RDA) foi efectuada para determinar as diferenças entre os dois locais de estuário, bem como para determinar quais as variáveis ambientais são possivelmente responsáveis pelas diferenças. A RDA deriva do PCA, onde os valores inseridos na análise não são os dados originais, mas os valores de melhor ajuste estimados a partir de uma regressão linear múltipla entre cada variável por vez e uma segunda matriz de dados ambientais. A interpretação da RDA é efectuada através de "biplots" (Shaw, 2003), que é um *mapa* das amostras a serem analisadas com base em duas dimensões, em que os locais das amostras reflectem as semelhanças ou não-semelhanças entre as amostras; neste caso, os pontos de amostra.

C8.4.6

Contagens de Aves

A Enviro-Insight realizou a contagem de aves em locais MOZ 4 e MOZ 6 durante a avaliação de alto caudal para a avaliação estuarina. As contagens de aves foram realizadas nos mesmos três pontos, ao longo de cada um dos estuários, como amostrado na avaliação aquática. As contagens de aves foram realizadas durante aproximadamente 10 minutos em cada local, com todas as aves observadas dentro de um raio de 50m. Foram também observadas espécies pernaltas dentro da zona entre-marés em cada um dos locais do estuário.

C8.4.7 *Vegetação*

Usando Turpie (2010) como directriz, foram identificados os habitats ao longo dos perfis do estuário com base na vegetação existente. Estes habitats foram avaliados no que diz respeito à raridade, riqueza e diversidade de espécies.

C8.5 *AValiação DA TERRA HÚMIDA*

Foi realizada uma avaliação detalhada da terra húmida como parte da avaliação aquática de alto caudal realizada em 2012. A avaliação de baixo caudal focou-se nas terras húmidas directamente associadas aos pontos de amostragem aquáticos. A metodologia para a avaliação global das terras húmidas (caudal alto e baixo) é descrita a seguir.

Antes de qualquer investigação de campo ser realizada, a área foi analisada através de revisão documental, o que envolveu a análise de imagens aéreas e de dados de contorno para determinar o *layout* e extensão de potenciais terras húmidas na área de Pegada do Projecto em Terra. Foi então realizada uma classificação provisória das terras húmidas, como descrito abaixo, e posteriormente verificada no campo.

C8.5.1 *Classificação das Terras Húmidas*





O primeiro nível de classificação de terras húmidas na área de pegada do Projecto em Terra foi baseado nas seguintes descrições de Van Ginkel *et al.* (2011) para a terminologia básica referente a tipos de terras húmidas:

- Sistemas de Terras Húmidas Palustrinas. Sistemas de terras húmidas com um alto conteúdo de água em terreno elevado, mas que tende a ser seco durante a estação seca. A água acumula-se durante a estação chuvosa e as plantas permanentemente húmidas adaptam-se a crescer nestes habitats.
- Sistemas das Terras Húmidas Lacustres. Terras Húmidas com condições húmidas permanentes e podem incluir corpos de água e charcos rasos. Os sistemas normalmente têm plantas que crescem na água, embora as zonas ribeirinhas ou planícies de inundação podem se tornar mais secas durante a estação seca.
- Sistemas fluviais. Sistemas fluviais que têm água corrente perene ou são sazonalmente secos. Os habitats incluem as planícies de inundação sazonais ao longo do rio.
- Sistemas estuarinos. Sistemas com água variando de doce para salobra a muito salina, e muitas vezes perto de áreas costeiras.

Um método de classificação popular das terras húmidas para a África Austral encontrado no Manual WET-EcoServiços (Kotze *et al.* 2007) foi posteriormente usado para classificar as terras húmidas de água doce na área de Pegada do

Projecto em Terra. Este método classifica as terras húmidas em unidades hidro-geomorfológicas com base em características da geomorfologia; padrões de movimento da água e a definição de paisagem / topográfica. Foram reconhecidas seis categorias hidro-geomórficas, como ilustrado e descrito na *Tabela 8.7* . As terras húmidas artificiais são excluídas da classificação.

Tabela 8.7 Tipos Hidro-geomórficos Característicos de Terras Húmidas de suporte às Terras Húmidas Interiores na África Austral

TIPOS DE TERRAS HÚMIDAS HIDRO-GEOMÓRFICAS		FONTE DE MANUTENÇÃO DAS TERRAS HÚMIDAS	
		Superfície	Sub-superfície
Planície de Inundação	 <p>Áreas de fundo de vale com um canal de fluxo bem definido, suavemente inclinadas e caracterizadas pelas características de planícies de inundação tais como depressões e diques marginais naturais e do transporte (por água) de aluvião e deposição de sedimentos, geralmente levando a uma acumulação líquida de sedimento. As entradas de água ocorrem a partir do canal principal (quando os bancos de canais transbordam) e das encostas adjacentes.</p>	***	*
Fundo de Vale com um canal	 <p>Áreas de fundo vale com um canal de fluxo bem definido, mas sem as características típicas de planície de inundação. Pode ser suavemente inclinada, caracterizada pela acumulação líquida de depósitos aluviais, ou pode ter inclinações mais acentuadas e ser caracterizada pela perda líquida de sedimentos. Entradas de água ocorrem a partir do canal principal (quando os bancos do canal transbordam) e de pistas adjacentes.</p>	***	*/***
Fundo de vale sem um canal	 <p>Áreas de fundo de vale com nenhum canal de fluxo claramente definido, de modo geral suavemente inclinada e caracterizada pela deposição de sedimentos aluviais, geralmente levando a uma acumulação líquida de sedimentos. Entradas de água ocorrem principalmente a partir do canal de entrada das terras húmidas e também de encostas adjacentes.</p>	***	*/***
Escoamento da encosta ligado a um canal de caudal	 <p>As encostas de morros, que são caracterizadas pelo movimento (transporte por gravidade) coluvial de materiais. As entradas de água são principalmente vindas da sub-superfície e o fluxo de saída dá-se geralmente através de um canal de fluxo bem definido ligando a área directamente a um canal de fluxo.</p>	*	***
Infiltração de encosta isolada		*	***



As encostas de morros, que são caracterizadas pelo movimento (transporte por gravidade) coluvial de materiais. Entradas de água, principalmente vindas do fluxo sub-superfície e saída de fluxo muito limitada ou por meio de um fluxo difuso de sub-superfície e/ou superfície, mas nenhuma ligação directa de fluxo de água a um canal de fluxo.

Depressão (inclui bacias)



A zona em forma de bacia, com um contorno fechado, que permite a elevação para a acumulação de água de superfície (isto é, drenagem interna). Também pode receber água da sub-superfície. Uma saída está normalmente ausente, e, portanto, este tipo é geralmente isolado da rede de canais de fluxo.

*/***

*/***

Legenda: * = Contribuição geralmente pequena; *** = Contribuição geralmente importante;
*/*** Contribuição pode ser pequena ou importante, dependendo das circunstâncias

tal. (2007)

Os métodos de delimita o de terras húmidas usados no campo foram baseados no procedimento de campo do DWA para a identifica o e delimita o de terras húmidas e áreas ribeirinhas (DWAF, 2005). Os quatro indicadores seguintes, descritos por DWAF (2005), foram utilizados para determinar a extensão das terras húmidas:

- **Indicador de Unidade de Terreno:** A topografia da área foi usada para determinar onde nas paisagens de terras húmidas eram susceptíveis de ocorrer, e determinar os seus limites exteriores. Os dados detalhados de contorno digital com um intervalo de 1 metro foram fornecidos pelo Projecto para a Península de Afungi e áreas vizinhas. Estes dados indicaram ainda relativamente pequenas mudanças topográficas que têm sido úteis para determinar a extensão das terras húmidas.
- **Indicador de Forma do Solo:** Algumas formas de solos como o Champanhe, Katspruit, WillowBrooke e solos Rensburg (baseado em McVicar, 1991) apresentam características distintas de humidade do solo e podem ser usadas como indicadores de condi es de humidade. Algumas formas de solo podem ocorrer em terras húmidas sazonais e temporárias, como Kroonstad, Longlands, Wasbank, Lamotte, Estcourt, Klapmuts, Vilafontes, Kinkelbos, Cartref, Fernwood, Westleigh, Dresden, Avalon, Glencoe, Pinedene, Bainsvlei, Bloemdal, Witfontein, Sepane, Tukulu, Montagu, Inhoek, Tsitsikamma, Houwhoek, Molopo, Kimberley, Jonkersberg, Groenkop, Etosha, Addo, Brandvlei, Glenrosa, Dundee (DWAF, 2005). Tais formas de solo exigem mais investiga o sobre indícios de humidade do solo e / ou indicadores de vegeta o para determinar a extensão de terras húmidas.
- **Indicador de Humidade do Solo:** A humidade do solo e dura o de humidade são indicados pela cor do solo. Uma matriz de solo cinza, tal como de um horizonte G,   uma indica o de humidade durante períodos de tempo prolongados e os mosqueados ⁽¹⁾ indicam uma lençol freático flutuante. Estes mosqueados são normalmente mais proeminentes logo abaixo do horizonte A. Em termos das orienta es DWA (DWAF, 2005), os sinais de humidade do solo devem ser encontrados dentro dos 50 centímetros da superfície do solo a classificar como uma terra húmida. Deve notar-se que podem ocorrer mosqueados em solos não-húmidos que têm uma matriz de croma elevada, e a cor da matriz deve, portanto, ser sempre considerada em conjunto com a presença de mosqueados.
- **Indicador de Vegeta o:** A vegeta o   também um componente--chave da defini o de terras húmidas, e um útil indicador de extensão da humidade. A presença ou ausência de hidrófitas proporciona um critério adicional útil para determinar os limites das terras húmidas.

(1) Os mosqueados de alta crominância desenvolvem-se num perfil do solo em condi es de níveis de satura o flutuantes. Condi es oscilantes entre os estados aeróbios e anaeróbios fazem com que o ferro no solo oxide. Estas partículas acumulam-se e formam mosqueados que são considerados

- Vegetação Ribeirinha: As terras húmidas podem ser delineadas com base na extensão da vegetação ribeirinha. *Mackenzie & Rountree (2007)* descrevem uma abordagem para delinear a vegetação ribeirinha para locais que suportam vegetação predominantemente indígena e natural. O procedimento envolve a identificação de espécies que mostram evidências de serem espécies ribeirinhas obrigatórias. Determinam as margens exteriores dessas espécies. Com uma visão geral dos indicadores de humidade do solo, como descrito acima, e geomorfologia (forma do canal e margens de rios), os locais seleccionados com base em espécies ribeirinhas devem ser iguais ou próximos de um ponto de inflexão (mudança de inclinação) entre a zona ribeirinha e as encostas de planaltos (terrestres). Este local pode ser considerado como o limite da zona ribeirinha.

C8.5.3 Estado Ecológico Ribeirinho Actual (VEGRAI)

Foi aplicado o modelo de Índice de Avaliação de Resposta da Vegetação Ribirinha (VEGRAI) para avaliar a vegetação ribeirinha em locais seleccionados na área de levantamento. O modelo VEGRAI, desenvolvido pela Kleynhans *et al.* (2007), é utilizado para a avaliação qualitativa da resposta da vegetação ribeirinha a impactos de uma forma que as avaliações qualitativas se traduzam em resultados quantitativos e defensáveis. Sendo baseado no impacto, o sistema VEGRAI fornece uma indicação das causas de degradação da vegetação ribeirinha.

O modelo VEGRAI separa a vegetação de um local para as zonas marginais, inferior e superior. As três zonas são distinguidas com base em mudanças na estrutura lateral, geomórfica, elevação e composição de espécies vegetais. A *Tabela 8.8* fornece uma visão geral dos critérios de separação de zonas.

Tabela 8.8 Descrição das Zonas de Vegetação Ribeirinha

Extensão	Zona		
	Zona Marginal	Zona Inferior	Zona superior
Estende-se desde	Nível de água com caudal baixo	Zona marginal	Zona inferior
Estende-se a	Características/substratos geomórficos que são activados hidrologicamente (inundados ou humedecidos) durante a maior parte do ano.	Geralmente um aumento acentuado na elevação lateral.	Geralmente uma diminuição marcada na elevação lateral
Caracterizada por	Substratos húmidos próximos da borda da água; espécies que se dão com a água normalmente vigorosas, devido aos acessos à humidade do solo	Características geomorfológicas que estão hidrologicamente activadas (inundadas ou humedecidas) numa base sazonal. Podem ter diferentes espécies da zona marginal	Características geomorfológicas que estão hidrologicamente activadas (inundadas ou humedecidas) numa base efémera. A presença de espécies ribeirinhas e terrestres com estatura aumentada

As zonas são avaliadas individualmente, mas os seus resultados são integrados para fornecer um valor de índice geral para um local. Há várias características da vegetação, tais como a Abundância, Cobertura, Infestação Alienígena e Composição de Espécies, que são usadas para descrever e classificar o estado da vegetação ribeirinha. Cada característica é avaliada (quando apropriado), tanto para a componente de vegetação lenhosa ou não lenhosa. É seguido um sistema de classificação de seis pontos, onde as métricas são pontuadas em termos do grau a que foram alteradas em comparação com a referência natural ou próxima do natural:

- 0 - Sem alteração perceptível a partir da referência / próximo da referência
- 1 - Pequena modificação da referência
- 2 - Moderada modificação da referência
- 3 - Grande modificação da referência
- 4 - Modificação severa da referência
- 5 - Modificação extrema da referência

As zonas de vegetação são ponderadas utilizando uma abordagem similar. Esses pesos são somados e um peso proporcional determinado para cada grupo de métrico para fornecer um valor integrado que diz respeito à Categoria Ecológica para a vegetação ribeirinha, de A a F (*Tabela 8.5, Figura 8.2*).

C8.5.4 *Avaliação de Serviços do Ecossistema*

As terras húmidas identificadas serão avaliadas na medida dos seus serviços ecossistémicos. O WET - ferramenta de EcoServiços é uma técnica para avaliar rapidamente os serviços ambientais fornecidos pelas terras húmidas (Kotze *et al*, 2007.). Esta ferramenta foi concebida para as terras húmidas palustres do interior, pântanos, planícies de inundação, lagoas sazonais e terras húmidas alimentadas por recargas de águas subterrâneas e foi desenvolvida para ajudar a avaliar os bens e serviços que as terras húmidas individuais fornecem para apoiar o planeamento e tomada de decisão.

Não há sistemas disponíveis para avaliação das terras húmidas em Moçambique, o modelo de WET-EcoServiços desenvolvido para as condições da África Austral é aplicável às condições na área de levantamento, e, assim, foi utilizado. Os benefícios das terras húmidas incluídos no modelo WET-EcoServiços foram seleccionados com base na sua importância, e como estes podem ser prontamente avaliados. Alguns benefícios, por exemplo, as águas subterrâneas de recarga/descarga e exportação de biomassa, podem ser importantes, mas são difíceis de caracterizar num nível de avaliação rápida, e, assim, foram excluídos. *Figura 8.5* identifica e descreve os serviços dos ecossistemas avaliados durante a avaliação de campo rápido. Os resultados são apresentados para cada local, utilizando os gráficos de aranha padrão (*Spider charts*) produzidos por uma folha de Excel fornecida com modelo. Os serviços ecossistémicos importantes são brevemente discutidos.

Figura 8.5 Serviços dos Ecossistemas Avaliados utilizando o modelo WET-EcoServiços (Kotze et al. 2007)

Ecosystem Services supplied by Wetlands	Indirect Benefits	Regulating & supporting benefits	Flood attenuation	The spreading out and slowing down of floodwaters in the wetland, thereby reducing the severity of floods downstream	
			Streamflow regulation	Sustaining streamflow during low flow periods	
			Water quality enhancements	Sediment trapping	The trapping and retention in the wetland of sediment carried by runoff waters
				Phosphate assimilation	Removal by the wetland of phosphates carried by runoff waters
				Nitrate assimilation	Removal by the wetland of nitrates carried by runoff waters
				Toxicant assimilation	Removal by the wetland of toxicants (e.g. metals, biocides and salts) carried by runoff water
			Erosion control	Controlling of erosion at the wetland site, principally through the protection provided by vegetation	
	Carbon storage	The trapping of carbon by the wetland, principally as soil organic matter			
	Direct Benefits	Biodiversity maintenance	Through the provision of habitat and maintenance of natural process by the wetland, a contribution is made to maintaining biodiversity		
			<i>Biodiversity maintenance is not an ecosystem service as such, but encompasses attributes widely acknowledged as having potentially high value to society</i>		
		Provisioning benefits	Provision of water for human use	The provision of water extracted directly from the wetland for domestic, agriculture or other purposes	
			Provision of harvestable resources	The provision of natural resources from the wetland, including livestock grazing, craft plants, fish, etc.	
			Provision of cultivated foods	The provision of areas in the wetland favourable for the cultivation of foods	
		Cultural benefits	Cultural heritage	Places of special cultural significance in the wetland, e.g., for baptisms or gathering of culturally significant plants	
Tourism and recreation			Sites of value for tourism and recreation in the wetland, often associated with scenic beauty and abundant birdlife		
Education and research	Sites of value in the wetland for education or research				

Para além dos serviços dos ecossistemas de terras húmidas, o DWA publicou uma lista de bens e serviços fornecidos por sistemas estuarinos (DWA, 2008). Estes bens e serviços foram listados na *Tabela 8.9* e foram tidos em conta no estudo actual como locais de amostra MOZ 4, MOZ 6 e MOZ 12 são todos locais estuarinos.

Tabela 8.9 *Bens e Serviços Prestados por Estuários (DWA, 2008)*

Bens e serviços	Exemplos
Controlo Biológico	Manter o equilíbrio/diversidade de plantas/animais
Corredores de Refúgio/Migratórios	Viveiros de peixes e crustáceos e poleiros para espécies de aves migratórias e residentes
Fornecimento de sedimentos	Saídas de sedimentos que contribuem para as praias, barras e bancos de areia
Controlo de erosão	Retenção do solo pela vegetação do estuário pela captação do solo em canaviais e mangal
Formação do solo	Acumulação de sedimentos e matéria orgânica em planícies de inundação e em mangal, reposição de praia
Fornecimento e ciclo de nutrientes	Fornecimento de nutrientes, fixação de nitrogénio e ciclo de nutrientes através das cadeias alimentares
Recursos Genéticos	Espécies de genes para a maricultura, espécies ornamentais e produtoras de fibra
Regulação da perturbação	Controlo de inundações, recuperação de secas e refúgios após eventos catastróficos naturais ou induzidos pela mão humana (derrames de petróleo, por exemplo)
Recursos vivos para alimento (ou revenda)	Linha de pesca, colheita de invertebrados nas áreas entre-marés, praia e rede de arrasto
Matéria-prima para uso de subsistência (material de construção, por exemplo)	Colheita de materiais de artesanato e de construção de casas
Valorização da natureza	Proporcionar acesso aos estuários e fauna associada para observação e caminhadas
Vistas panorâmicas	Estâncias turísticas, casas residenciais, complexos habitacionais e escritórios com vistas panorâmica, aumento do valor dos imóveis com vista para o mar
Cultura	Estéticos, educacionais, de pesquisa, valores espirituais, intrínsecos e científicos dos ecossistemas do estuário
Pesca desportiva	Pesca estuarina com mosca, pesca costeira e estuarina convencional
Desportos aquáticos	Desportos aquáticos: natação, vela, canoagem, ski e passeios de caiaque
Tratamento de Resíduos	Desagregação de resíduos e poluição desintoxicante
Abastecimento e regulação de água	Fornecimento de água potável ao ambiente marinho e água para maricultura
Maricultura (por exemplo, ostras, isco, etc.)	Produção (natural e cultivada) de peixes, crustáceos e vermes
Produção comercial de alimentos	Pescaria
Matéria-prima para uso comercial	Mineração de diamantes e titânio, extracção de areia e produção de sal
Serviços de transporte	Portos, marinas e locais de lançamento de barcos de ski

A sensibilidade ⁽¹⁾ das terras húmidas foi comparada utilizando rãs como a espécie indicadora--chave.

Uma variedade de factores tornam as rãs particularmente sensíveis à deterioração ambiental (Du Preez e Carruthers, 2009). Estes factores incluem:

- Superfície da pele absorvente - as peles permeáveis das rãs absorvem água e quaisquer solventes que possam conter;
- Acessibilidade - as rãs são um grupo conveniente para monitorização, sendo visual e acusticamente conspícuas e largamente distribuídas pela maioria dos ambientes. Foram publicados vários guias de campo com dados de distribuição para facilitar a identificação de campo.
- Contaminantes de alimentos - muitas espécies girinas alimentam-se na parte inferior de um corpo de água em que estão susceptíveis à ingestão de compostos clorados e metais pesados, se presentes. A maioria das rãs adultas são terrestres e, em parte, fossoriais (organismos adaptados a escavar e à vida subterrânea), e também podem engolir solo contaminado e material vegetal;
- Distribuições fragmentadas - muitos anfíbios têm requisitos de habitats específicos resultando em distribuições desiguais para muitas espécies. A perda de habitat pode isolar populações sobreviventes, colocando-as sob maior risco de extinção local em certas áreas;
- Contaminantes dos tecidos - a exposição a hormonas (ou compostos hormonais) estranhas ao organismo pode interromper o processo hormonal de metamorfose e o desenvolvimento saudável de girinos. A susceptibilidade do *Xenopus* (rãs platana) às hormonas foi explorada durante muitos anos para testes de gravidez.
- Temperatura - as rãs são pequenas e incapazes de regular a temperatura do corpo e são, portanto, sensíveis a temperaturas ambientais extremas que podem afectar a sua biologia;
- Estilo de vida anfíbio - as rãs são dependentes de ambientes terrestres e aquáticos para manter o seu ciclo de vida. A deterioração em qualquer destes habitats irá resultar num declínio na abundância e / ou diversidade de rãs.
- Nível trófico - as rãs são predadoras vorazes de vida invertebrada e são elas próprias uma importante fonte de alimento para uma grande diversidade de predadores, especialmente aves e répteis. Em qualquer

(1) Significância avaliada com base na sensibilidade, presença de espécies importantes para a conservação e actual nível de perturbação.

capacidade, as rãs são, assim, capazes de influenciar um amplo espectro ecológico.

A lista de espécies para Moçambique foi compilada antes da visita ao local através de uma combinação de fontes (Channing 2001, Channing & Howell 2006, IUCN 2012). A probabilidade de encontrar uma determinada espécie no local foi estimada utilizando uma combinação de registos de distribuição e preferências de habitat, a fim de priorizar a estratégia de amostra e esforços activos no sentido de busca na detecção de espécies de conservação potencialmente importantes durante a visita ao local.

A riqueza de espécies de rã foi avaliada tanto durante o dia como durante a noite através de busca activa e gravação acústica. As espécies foram identificadas utilizando guias de campo compilados por Du Preez e Carruthers (2009), Channing (2001) e Channing & Howell 2006.

Apesar das rãs serem sensíveis às alterações ambientais e cumprirem os requisitos de boas espécies indicadoras, será necessária uma investigação adicional para determinar as espécies indicadoras-chave com base em respostas medidas para uma ampla gama de tensões antrópicas a fim de desenvolver um índice de resposta de sensibilidade das rãs.

Apesar das limitações, é explorado aqui um método subjectivo de descrição da sensibilidade das terras húmidas com base na presença de rãs. Foi atribuída uma classificação de conservação às espécies (IC), com base na soma das seguintes variáveis:

- Tendência da população (PT)
- Número de registos (NR)
- Distribuição de registos (DR)
- Especificidade do habitat (HS)
- Estatuto global da IUCN (GS)

Foi avaliada a associação de terra húmida (WA) de cada espécie de rã. Esta é definida como o grau em que as rãs são restritas a habitats húmidos durante toda a sua vida adulta. O uso do habitat espacial varia consoante a espécie. Como exemplo geral, o *Xenopus sp.* está restrito a habitats aquáticos permanentemente enquanto vários sapos são capazes de fazer uso de habitats terrestres e aquáticos e mover-se livremente entre esses habitats.

Foi calculado o índice de sensibilidade da espécie (SI) através da multiplicação da classificação CI com a associação de terras húmidas (WA). A diversidade de rãs foi registada para uma terra húmida, e uma Significância de Terra Húmida Anfíbia (AWS) determinada a partir da soma das pontuações SI.

A Significância de Terra Húmida de Anfíbio pode ser sintetizada utilizando a seguinte fórmula:

$$AWS = \Sigma (WA \times (PT + NR + DR + HS + GS))$$

Todas as terras húmidas são consideradas sensíveis devido à sua importância ecológica, no entanto, os locais foram classificados em uma das três classes: sensíveis, moderadamente sensíveis ou altamente sensíveis, com base numa avaliação subjectiva dos critérios acima. Além disso, foram tidas discussões com os especialistas de vegetação e herpetofauna para chegar a acordo sobre a classificação da sensibilidade das terras húmidas.

C8.5.6 *Requisitos da Zona Tampão (Buffer)*

Uma zona tampão (*buffer*) é uma faixa de terra em volta de uma área sensível, na qual as actividades são controladas ou restringidas para reduzir o impacto de usos de terra adjacente num local sensível. Os requisitos legais da África do Sul (Lei Nacional da Água de 1998), e, da mesma forma para muitos outros países, o estado em que as terras húmidas estão a ser designadas como sensíveis e que as zonas tampão são necessários para proteger as terras húmidas contra os impactos nocivos do desenvolvimento, mas há uma falta de clareza sobre sua extensão específica. A base para a determinação das zonas tampão utilizadas neste documento é, portanto, orientada pelas seguintes directrizes:

- Directrizes de delimitação de terras húmidas publicadas recentemente (INR, 2011) estipulam que a determinação de uma zona tampão de uma terra húmida deve seguir uma abordagem holística que incorpore o estado ecológico dos sistemas aquáticos, o nível de sensibilidade e de biodiversidade que está presente e promova a continuidade de corredores ecológicos. Estes atributos devem ser determinados ao critério de especialistas qualificados que realizaram as avaliações no local nessas respectivas disciplinas.
- As directrizes para a Vida Selvagem de Ezemvelo KZN (2010) para a determinação da zona tampão em torno dos sistemas de terras húmidas indicam que a extensão de uma zona tampão é para ser determinada a critério de um especialista devidamente qualificado, e aumentou nas seguintes circunstâncias:
 - Encostas íngremes justificam zonas tampão mais largas;
 - São necessárias zonas tampão mais amplas em torno de projectos de alto impacto;
 - São necessárias zonas tampão mais amplas onde existe um maior potencial de poluição;
 - Terras húmidas de alto valor de conservação necessitam de zonas tampão maiores.

Este estudo não inclui uma avaliação aprofundada da biodiversidade terrestre ⁽¹⁾, no entanto, a determinação da extensão da zona tampão requer perspectivas sobre o Estado Ecológico Presente (PES), os níveis de biodiversidade e da sensibilidade das terras húmidas. Estas avaliações

(1) Uma avaliação da biodiversidade terrestre do local do Projecto de Afungi foi conduzida num estudo separado pela Enviro-Insight.

(descritas abaixo) foram realizadas numa variedade de locais, com ênfase na vegetação ribeirinha, rãs e sensibilidade geral, como resultado de espécies da lista vermelha e impactos antropogénicos segundo os métodos descritos a seguir. Os resultados destas avaliações foram combinados com a contribuição da Enviro-Insight para desenvolver uma perspectiva holística sobre a determinação da extensão da zona tampão.

C8.6

LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Existem frequentemente limitações e incertezas dentro das diversas técnicas adoptadas para avaliar o estado dos ecossistemas naturais. As seguintes limitações aplicam-se às técnicas e metodologias utilizadas para realizar a avaliação aquática e de áreas húmidas:

- Moçambique viveu uma guerra civil e a ameaça de minas terrestres permanece no Local do Projecto em Afungi. A desminagem de várias áreas do Local do Projecto em Afungi chegou a ocorrer, no entanto, uma restrição de movimento fora das áreas desmatadas dificultou os procedimentos de campo para o acesso a certas porções da terra húmida. Uma vez que a delimitação da terra húmida foi em grande parte baseada em análise documental, esta limitação não é significativa.
- Não há dados históricos (excepto mapas aéreos) disponíveis para os sistemas aquáticos e terras húmidas avaliadas, os resultados desta investigação servem, portanto, como situação de referência para a área.
- Os cursos de água consistiam principalmente em sistemas de terras húmidas, que levam a dificuldade em interpretar o status ecológico aquático utilizando índices ribeirinhos padrão. Os números naturalmente mais baixos em resultam em pontuações de índice de sensibilidade baixa, no entanto, os índices foram incorporados no estudo e utilizados como um guia para a futura monitorização e identificação do impacto.
- Como não existem dados de monitorização a longo prazo disponíveis para os estuários de Palma, a situação de referência não pode ser comparada com o estado actual do sistema ecológico. Por estas razões, os pressupostos têm de ser feitos com base num hipotético estado natural.
- Na época do estudo, havia dados insuficientes sobre o histórico de precipitação e sobre as condições da foz do estuário para os estuários de Palma (relativas à abertura do sistema aberto/fechado). As implicações são de que a influência de padrões climáticos cíclicos sobre a vegetação estuarina não podia ser determinada e o estado inicial hidrológico dos estuários é desconhecida.
- A metodologia utilizada é em grande parte destinada a sistemas Sul-africanos. É possível que todos os componentes dos estuários de Palma

que diferem do sistema de referência do Sul-africano não possam ser contabilizados neste estudo.

- O grau de confiança, para um número de impactos, foi avaliado como Baixo, devido à informação limitada disponível. Os resultados de uma série de investigações foram incompletos no momento da compilação do relatório. O resultado destes estudos contribuirá para a finalização da avaliação de impacto, por exemplo, o relatório de hidrologia.

C9.1 REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA E ESTUDOS DE GABINETE

Antes do início dos levantamentos de campo no local previstos para Dezembro de 2011, foi realizada uma classificação preliminar da vegetação da área de estudo. Esta classificação preliminar contava com descrições de vegetação e mapas apresentados no relatório por Timberlake *et al.* (2010). Esta classificação preliminar foi actualizada com base na informação recolhida através de auditorias conduzidas em Dezembro de 2011 e Março e Abril de 2012.

Para a diferenciação inicial a grande escala das unidades de vegetação da área, as comunidades de vegetação são identificadas usando critérios de classificação de vegetação. Os limites da área de estudo estão delineados a partir de imagens de satélite, a partir das quais as áreas homogéneas topográficas-fisionómicas são identificadas e delimitadas. Os diferentes padrões, variações ou sombras nas imagens de satélite são utilizadas para definir os limites de unidades homogéneas. Para os refinar, são tidos em conta os factores ambientais adicionais. As formações geológicas e tipos de solos são obtidos a partir de mapas geológicos e de tipo de solos. Os factores geográficos (como a forma de terreno, topografia e linhas de drenagem), bem como factores artificiais (como estradas e aldeias) são obtidos a partir de mapas topográficos, cadastrais e hidrológicos. Sobrepondo as diferentes camadas nas imagens de satélite, temos uma divisão mais detalhada de comunidades vegetais homogéneas e destacam-se potenciais forças motrizes no desenvolvimento da comunidade vegetal.

C9.2 LEVANTAMENTOS DE CAMPO

Uma vez identificadas as comunidades de plantas homogéneas a partir de mapas e imagens de satélite, as parcelas de pesquisa são escolhidas através de um método de amostra aleatória estratificada ⁽¹⁾. Foram feitas tentativas para verificar essas parcelas de levantamento no campo, no entanto, houve que fazer algumas modificações para evitar riscos para a saúde e segurança associadas à possível presença de engenhos explosivos. As parcelas de levantamento foram, portanto, restritas às áreas acessíveis através das estradas e caminhos existentes.

Em Dezembro de 2011 e Março/Abril de 2012 foram efectuados levantamentos de vegetação. Foi efectuada uma avaliação das espécies de plantas dominantes e das características do habitat em cada lote de levantamento 25 cm X 25 cm. Foram identificadas todas as espécies de plantas dentro das parcelas de levantamento, tendo sido associado um valor percentual para a cobertura, que é necessário para a classificação e descrição

(1) O método de amostragem aleatória estratificada distribui parcelas de amostragem uniformemente por toda a área alvo de levantamento.

das comunidades vegetais. Para cada camada estrutural (cobertura vegetal inferior, intermédia e superior) foi feita uma estimativa da percentagem representativa da vegetação de cobertura.

Durante o período de levantamento de Dezembro 2011, foram analisadas 45 parcelas. Durante a visita seguinte em Março/Abril de 2012, estas parcelas foram novamente amostradas, para verificar a presença ou ausência provável de espécies de plantas da Lista Vermelha. Também durante este período de seguimento, foram pesquisadas mais 9 parcelas, elevando o total para 54 parcelas de levantamento.

A classificação dos dados de vegetação foi efectuada com o TURBOVEG e os programas de computador MEGATAB (Hennekens & Schaminee 2001). A estrutura da vegetação foi analisada por cálculo de valores médios (com desvios padrão).

Para visualizar a relação entre as comunidades, os dados foram organizados através da análise de coordenadas principais (PCoA) (McCune & Grace 2002) no programa de computador SYN-TAX (Podani 2001). Os valores de abundância-cobertura foram convertidos em percentagens e os valores de percentagem foram padronizados usando uma padronização logarítmica (loge) natural. A medida de distância de Bray-Curtis foi aplicada para a ordenação. Foi ainda executada uma soma adicional de análise do conjunto de quadrados no SYN FISCAL, usando os valores transformados pelo logaritmo e a medida de distância de Bray-Curtis (Podani 2001). A análise do conjunto dos dados florísticos das 54 parcelas de levantamento indicou claramente a separação entre as diferentes comunidades vegetais.

C9.3

AVALIAÇÃO DA FLORA DA LISTA VERMELHA

Porque muitos países da África Austral não têm uma lista de espécies vegetais ameaçadas de extinção, deve-se tentar obter esta informação em outro lugar. Supõe-se que, se uma espécie está na lista vermelha num país vizinho, é provável que também seja rara em Moçambique. Portanto, os dados de base do Sistema de Informação Informatizado do Herbarium Nacional de Pretoria PRECIS e dados da Lista Vermelha de espécies de plantas da África do Sul foram utilizados para facilitar a identificação de espécies vegetais protegidas. A verificação da presença ou ausência provável destas espécies de plantas foi feita pela procura activa destas espécies de plantas. A identificação de algumas espécies de plantas de lista vermelha conta com a identificação de diferenças subtis na estrutura da flor e, por isso quando estas espécies não estão em flor, a identificação não pode ser confirmada. Em tais casos, a ênfase foi colocada sobre a identificação de habitat potencialmente adequada. Isto foi feito comparando as características de habitat para os tipos de habitats conhecidos ocupados por espécies de plantas da Lista Vermelha.

Durante o período de levantamento de Dezembro de 2011, foram analisadas 45 parcelas de levantamento para avaliar a ocorrência de espécies de plantas da Lista Vermelha. Durante a visita seguinte em

Março/Abril 2012, estas parcelas foram redimensionadas para verificar a presença ou ausência provável de espécies de plantas de lista vermelha. Também durante este período de seguimento, mais 9 parcelas foram pesquisadas, perfazendo um total de 54 locais analisados.

C10.1

REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA E ESTUDOS DE GABINETE

Todos os livros disponíveis fornecendo informação sobre faixas de distribuição e/ou estados de conservação da herpetofauna da África Austral e Oriental foram utilizados para fazer previsões de ocorrência (ver lista de referência). Existe material de referência limitado relativo à herpetofauna no nordeste de Moçambique; os dados relacionados com as faixas de distribuição geográfica da herpetofauna mostram as distribuições na África Austral (sul do Rio Zambeze, Moçambique) ou na África Oriental (norte do Rio Rovuma, na Tanzânia).

Consequentemente, não há faixas de distribuição geográfica de herpetofauna publicadas para Moçambique, onde a área de levantamento está localizada. A extrapolação a partir de distribuições geográficas existentes foi, portanto, realizada em conjunto com as informações de habitat obtidas no local para desenvolver uma lista de herpetofauna que se prevê ocorrer dentro da área de estudo. Foi aplicado o princípio da precaução, incluindo uma espécie na lista de previsão se a probabilidade de ocorrência deste for estimada em mais de 50%.

A nomenclatura de espécies de répteis segue um guia de campo para os répteis da África Oriental (Spawls *et al.* 2004). Foram ainda utilizados os guias completos para as rãs da África Austral (Du Preez & Carruthers 2009) e Anfíbios da África Oriental (Channing & Howell 2006) para a nomenclatura de anfíbios e espécies de anfíbio, bem como a AmphibiaWeb (www.amphibiaweb.org). É importante notar que a nomenclatura das espécies seguida nas referências disponíveis (Spawls *et al.* 2004; Channing & Howell 2006; AmphibiaWeb 2012) está desactualizada. Foram realizadas revisões taxonómicas importantes e muitos novos géneros / espécies passaram a existir para alguns desses animais que podem agora ser encontrados na África Austral (ver SARCA 2012). Por exemplo, o género *Bufo* já não existe para as espécies de sapos africanos (Du Preez & Carruthers 2009; IUCN 2012), mas tanto Channing & Howell (2006) como a AmphibiaWeb (2012) mantiveram o nome do género. A nomenclatura ultrapassada é ainda preferível para os efeitos do presente relatório, devido à falta de bibliografia disponível na nomenclatura actualizada. No entanto, a fim de evitar confusões, a nomenclatura actualizada é também fornecida, sempre que possível (por exemplo, verificação por IUCN). O portal da IUCN (www.iucnredlist.org) foi utilizado para fornecer o estatuto mais actual do estado de conservação global de répteis e anfíbios. O Regulamento da Lei da Florestas e Fauna Bravia Moçambicana (Decreto nº 12/2002) enumera listas de fauna protegida em Moçambique e foi também consultado.

A recolha de dados ocorreu ao longo de três períodos de pesquisa distintos:

1. Outubro 2011 - Definição do Âmbito de levantamento (sem armadilhas), onde a herpetofauna foi observada.
2. Dezembro de 2011 - Levantamento de campo global, com armadilhas.
3. Março/Abril de 2012 - Levantamento de campo adicional, com armadilhas.

A área de estudo da herpetofauna restringiu-se ao ambiente terrestre e, portanto, não há espécies marinhas e habitats marinhos avaliados. As pesquisas concentraram-se no local do Projecto em Afungi e focou-se em áreas demarcadas para o desenvolvimento de infra-estruturas. Embora tenham sido feitas observações do lado de fora do local do Projecto de Afungi, especialmente durante os períodos de condução de e para o local, não foi necessário avaliar a herpetofauna a nível regional, uma vez que a capacidade de dispersão destas espécies é fraca (em comparação com aves e mamíferos de grande porte).

C10.2.1

Armadilhas da Herpetofauna

Os métodos de captura da herpetofauna incluem o princípio da intercepção, no qual a herpetofauna é desviada do seu percurso pretendido, ao longo de um muro intransponível para um balde ou um sistema de armadilha específico, do tipo funil.

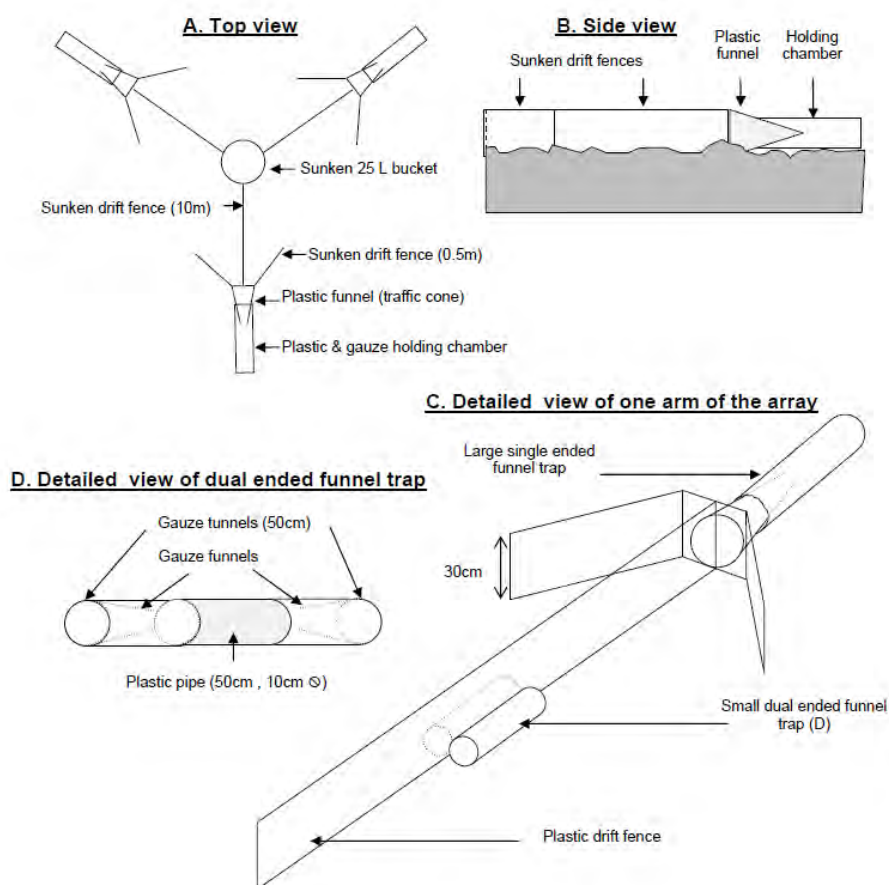
Durante as duas pesquisas de campo (08-22 Dezembro de 2011 e 28 Março - 5 Abril 2012), foi colocado um total de 10 filas de armadilhas de funil em áreas onde a diversidade da herpetofauna era expectavelmente maior, dentro de um determinado habitat. A colocação da fila de armadilhas também foi baseada nas condições físicas existentes, como as condições de solo e declive.

Cada uma das oito filas de armadilhas instaladas durante o levantamento efectuado em Dezembro era operacional para 4 noites inteiras, proporcionando um total de 32 noites de armadilha. As duas armadilhas instaladas durante o estudo de Março/ Abril foram respectivamente mobilizadas para 7 e 6 noites cada uma, fornecendo um total de 13 noites de armadilha. O esforço de captura combinado foi, portanto, de 45 noites de armadilha. As armadilhas foram fixadas num determinado local e depois deixadas activas por um mínimo de 4 noites antes de serem reinstaladas noutros lugares. Cada fila de armadilha esteve, por conseguinte, activa durante 24 horas por dia, durante um mínimo de 4 noites. Foram inspeccionadas todas as manhãs entre 06:00-08:00 e todos os espécimes capturados foram fotografados e libertados longe das armadilhas.

O projecto geral de armadilhas é muito eficaz na captura de herpetofauna, principalmente lagartos, pequenas cobras e anfíbios (Corn & Bury 1990;

Branch 1998; Crosswhite *et al.*, 1999). No entanto, a eficácia das armadilhas aumentou com a substituição dos baldes de 25 litros por funis de boca (desenhado por L. Verburgt) e pelo uso adicional de armadilhas de funil ao longo das cercas (por exemplo, Masterson *et al.*, 2009), como mostrado na *Figura 10.1*. Esta concepção das filas de armadilha de funil retinha o balde 25 litros central (para capturar herpetofauna fossorial) e a combinação das armadilhas de cova com as funil resulta numa captura com maior sucesso.

Figura 10.1 *Fila de Armadilhas de Funil à Deriva utilizada na captura de Herpetofauna*



Fonte: Enviro-Insight 2012.

C10.2.2 *Monitorização do Clima*

Porque todas as espécies de herpetofauna são ectotérmicos e o seu comportamento é fortemente influenciado pela presença da humidade e da chuva, será necessário apresentar dados de pesquisa de répteis, no contexto das condições climáticas existentes. Foi colocado em cada fila de armadilhas de funil um DS1923 HygrochroniButton® e para registar a temperatura e a humidade relativa do ar em intervalos de 30 min. Cada iButton foi colocado dentro de um copo de poliestireno invertido e ventilado (*Figura 10.2*) para o proteger contra os efeitos da chuva e da radiação solar directa e, em seguida, fixado sob uma árvore frondosa à altura da cabeça, a fim de proporcionar sombra para o dispositivo ao longo do dia.

Figura 10.2 *Registador dos Dados Climáticos (Botão Hygrochron)*



Fonte: Enviro-Insight 2012.

C10.2.3 *Pesquisa Activa*

A procura de répteis foi feita a pé e durante o dia, dentro da área de levantamento. A amostragem activa focou-se em locais representativos de cada um dos tipos de habitats estruturais definidos. A pesquisa de répteis envolveu:

- Fotografia de répteis à distância com uma lente teleobjectiva;
- Busca sob os escombros ou rochas; que foram, então, devolvidos às suas posições originais;
- Remoção da casca esfoliante das árvores;
- Escavação de tocas que pareciam estar em uso;
- Detecção de quaisquer indícios de répteis, tais como a sua pele (a identificação positiva foi considerado um avistamento dessa espécie); e
- Captura à mão quando necessário.

Os répteis nocturnos foram procurados de carro, à noite, a conduzir muito devagar nas estradas e fazendo incidir uma luz na estrada e vegetação circundante. Os anfíbios nocturnos (sapos e rãs) foram procurados com a ajuda de uma lanterna, à noite, ao longo da represa/ margens de lagoas e nas terras húmidas. A identificação positiva dos sinais acústicos de anfíbios (machos chamam para atrair fêmeas) foi também usada como um meio de identificação de anfíbios. Sempre que possível, os sinais acústicos foram gravados com equipamentos de gravação de alta-precisão e a identificação confirmada com gravações existentes (Du Preez & Carruthers 2009). Além disso, em várias ocasiões, foram gravados sinais acústicos num local durante

uma noite inteira, ao colocar um gravador de som remoto activado automaticamente perto da margem de uma lagoa/terra húmida que foi recuperado no dia seguinte, para a análise de dados.

C10.2.4 *Amostragem Oportuniística*

Os répteis, especialmente as cobras, são muito evasivas e, conseqüentemente, difíceis de observar. Portanto, todas as oportunidades possíveis para observar os répteis foram tomadas a fim de aumentar os procedimentos de amostragem padrão descritos acima. Isto foi efectuado para melhorar a compreensão da diversidade de espécies de herpetofauna dentro de uma Área de estudo mais ampla. Os métodos utilizados foram os seguintes:

- Durante a condução entre o campo e a área de levantamento (mínimo de 3 horas por dia), a estrada foi constantemente verificada para répteis activos e mortos (atropelamentos e colisões). A velocidade de condução foi mais lenta do que o normal para aumentar a probabilidade de uma observação bem-sucedida. Assim que um réptil foi observado, o veículo foi parado e o réptil observado e fotografado.
- As pessoas residentes no acampamento (pessoal da AMA1 ou outros especialistas) fotografavam, ocasionalmente, os répteis observados dentro do Local do Projecto em Afungi. Estas imagens foram analisadas e, após a devida identificação, adicionadas à lista de observações aleatórias.

C10.2.5 *Entrevistas com habitantes locais*

As entrevistas foram realizadas em três aldeias/comunidades (Maganja, Quitupo e Senga) durante o levantamento de Março/Abril. Durante as entrevistas, os anciãos da aldeia foram convidados (com a ajuda de um intérprete) a identificar imagens de répteis que lhes foram apresentadas num cartão (*Figura 10.3*) e a responder a várias questões sobre essas espécies. Foram apresentados cartões aos entrevistados de forma aleatória em cada aldeia. A cada entrevistado acerca das espécies de répteis foram colocadas as seguintes perguntas:

- Matam o animal?
- Comem o animal?
- A pele desse animal é utilizada?
- Alguma parte do animal é utilizada para fins de medicina tradicional?
- Este animal mordeu ou cuspiu em alguém?
- Este animal matou alguém desta aldeia em particular?

Espera-se que todos os répteis retratados nos cartões ocorram na área de levantamento, excepto a cobra-cascavel (América do Norte), que serviu como controlo para avaliar se os entrevistados estavam a ser honestos e eram, de facto, capazes de identificar uma espécie em particular de forma correcta.

Figura 10.3 Cartões com fotos Apresentadas ao Habitantes locais durante as entrevistas sobre a Herpetofauna



Da esquerda para a direita, de cima para baixo: Víbora-assopradora, pitão africana, lagarto varano das rochas, crocodilo do Nilo, cobra-cuspideira de Moçambique, tartaruga leopardo, Mamba verde, Cobra da Floresta, Víbora do Gabão, Mamba-negra, Cobra-cascavel

Fonte: Enviro-Insight 2012.

C10.3 *LIMITAÇÕES E PRESSUPOSTOS*

A completa falta de informação publicada sobre a distribuição geográfica da herpetofauna do Nordeste Moçambicano é uma limitação de grande relevância. Não ocorreu praticamente nenhuma amostragem de herpetofauna efectuada por cientistas nesta região, o que faz com que a previsão da ocorrência de espécies nesta Área de Estudo seja uma questão problemática. No entanto, foi tido o cuidado de utilizar toda a informação disponível e extrapolar cuidadosamente os prováveis intervalos de distribuição geográfica da herpetofauna, com base na proximidade de outras distribuições conhecidas (por exemplo, no sul da Tanzânia) e da disponibilidade e continuidade de tipos de habitats relevantes.

O acesso ao local foi um obstáculo logístico muito significativo a superar durante os levantamentos, sobretudo por duas razões:

1. A distância (~45 km) e o mau estado da única estrada de acesso entre o acampamento do pessoal e da área de levantamento significava um mínimo de 3 horas de condução por dia (1.5hr só de ida). Isto combinado com restrições de saúde e segurança respeitantes à condução nocturna impôs limitações ao tempo disponível para o trabalho de campo. No entanto, este tempo de transporte foi utilizado para maximizar a eficiência ao procurar activamente herpetofauna na estrada e ao longo das bermas da estrada (ver *Secção C10.2.4* acima).
2. O acesso a pé encontrava-se restrito às áreas que foram desminadas e às estradas existentes, que são limitadas na área. Este facto apresentou muitas limitações, porque não era possível aceder a todas as áreas pré-seleccionadas para a amostragem ou visita geral. Além disso, a integridade ecológica das zonas livres desminadas foi comprometida pela perturbação

associada à actividade de desminagem (ou seja, a supressão de vegetação rasteira e para permitir a utilização de detectores de metal. Estas áreas encontram-se, por conseguinte, significativamente afectadas.

3. Ao levantar estas questões junto da Equipa do Projecto, foi sugerido que o acesso poderia ser efectuado a pé, se o trajecto fosse restrito aos caminhos utilizados pelos habitantes locais e/ou gado. Embora este compromisso tenha fornecido um acesso muito melhor, influenciou os levantamentos devido à perturbação associada aos caminhos mais percorridos (por exemplo, o ruído, a vibração, a erosão, a limpeza de vegetação e corte de madeira, etc.)

Os resultados destes levantamentos de campo fornecem um retrato da comunidade de herpetofauna e destinam-se a ser usados como um guia para entender a composição desta comunidade e a sua interacção com os diferentes tipos de habitats disponíveis.

C11.1 REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA E ESTUDOS DE GABINETE

Antes da visita ao local, foi conduzida uma análise dos dados publicamente disponíveis. Foram consultadas as seguintes fontes de referência, no sentido de compreender melhor os mamíferos esperados na região:

- As Listas vermelhas de mamíferos (global e para Moçambique) foram obtidas a partir da Lista Vermelha da IUCN de espécies ameaçadas (IUCN, 2012).
- As listas de espécies protegidas a nível nacional foram obtidas a partir do artigo 43 (5) do Regulamento da Lei nº 10/99, de 7 de Julho.
- Foram consultados os documentos de Stuart e Stuart (1998) e Skinner e Chimimba (2007), a fim de auxiliar na identificação de pequenos mamíferos.
- Foram consultados os documentos de Liebenberg (2005) e Stuart (1998) para auxiliar na identificação de rastos e sinais.
- Foram adquiridos os dados geográficos de distribuição e dados gerais de Skinner e Chimimba (2007) e do Ministério de Moçambique para a Coordenação da Acção Ambiental (2009), para fornecer uma base de previsão para o levantamento.

A Equipa de Projecto forneceu uma grande quantidade de informação específica acerca do local antes dos levantamentos de campo. Esta informação foi utilizada na selecção dos locais para captura e amostragem, o que forneceu um certo grau de focalização para o estudo de campo. A informação utilizada foi a seguinte:

- Imagens aéreas fornecida por Promap.
- Imagens de Sensoriamento Remoto obtidas através do Google Earth (Google Corporation).
- *Shapefiles* locais fornecidos pela equipa do projecto.
- Plano de infra-estrutura básica local fornecido pela equipa do projecto.

C11.2 LEVANTAMENTOS DE CAMPO

Foram realizados três estudos para definição da situação de referência entre Outubro de 2011 e Abril de 2012. Como os mamíferos são endotérmicos, as temperaturas numa área permanentemente quente como a Província de Cabo

Delgado não representam um factor limitativo em movimentos, actividade ou comportamento. As diferenças sazonais na actividade e reprodução de mamíferos pode ser influenciada principalmente pela disponibilidade de água. A água não só fornece os recursos de humidade básicos, como influencia directamente a estrutura do habitat (refúgios) e disponibilidade de forragem (alimento); as gramíneas anuais fornecem ambas as funções e são o tipo de vegetação mais sazonalmente variável. Uma abordagem em duas temporadas tornou-se prática-padrão para a recolha de dados da situação de referência, e que está alinhada com as melhores práticas utilizadas noutros projectos em ambientes similares. Embora a pegada do projecto tenha aumentado significativamente durante o estudo, assumiu-se que os dados recolhidos durante as duas visitas ao local em estações chuvosas, bem como o estudo inicial da situação de referência na estação seca seriam suficientes para extrapolar os dados da estação seca com base em semelhanças de habitat.

C11.2.1 *Calendário*

A estação inicial de Inverno Seco do período de amostragem teve lugar entre os dias 11 e 20 de Outubro de 2011.

A primeira estação chuvosa de verão do período de amostragem teve lugar entre os dias 8 e 21 de Dezembro de 2011.

A segunda estação chuvosa de verão do período de amostragem teve lugar entre os dias 27 de Março e no dia 5 de Abril de 2012.

C11.2.2 *Metodologia de Recolha de Dados*

A recolha de dados para caracterizar a situação de referência de mamíferos da área de levantamento foi realizada por meio de quatro métodos. Estes compreendem: a captura de pequenos mamíferos, armadilhas fotográficas, levantamentos nocturnos e identificação de rastos. Estes métodos são descritos a seguir com detalhe:

Armadilhas para Pequenos Mamíferos

A escolha do local para a captura focou-se nos habitats representativos dentro da área de levantamento. Os locais para as armadilhas foram seleccionados com base no mapeamento SIG e imagens aéreas e a selecção do local específico foi confirmada através da composição do solo. Os tipos de habitats amostrados incluíram matas primárias, linhas de drenagem e Terras húmidas, bem como zonas perturbadas e semi- perturbadas (cultivadas, com corte de árvores e com gado).

Para os três períodos de amostragem, as armadilhas foram instaladas em áreas pré-seleccionadas, tal como acima descrito. Cada linha de armadilhas consistiu em 15 armadilhas Sherman grandes, iscadas com uma combinação de manteiga de amendoim, aveia, sardinha e óleo; A *Figura 11.1* mostra um exemplo das armadilhas usadas. De modo a cobrir adequadamente toda a área de levantamento, nem todos os locais de armadilha foram repetidos ao

longo dos períodos de amostra. As armadilhas não-produtivas foram realojadas para aumentar a eficácia do esforço de captura.

Cada linha de armadilha foi instalada e deixada activa por cinco noites. Foram verificadas e iscadas todas as manhãs, entre as 06:00h-08:00h. As armadilhas estiveram, portanto, activas durante 24 horas por dia por um período mínimo de cinco noites. Os animais capturados foram retirados das armadilhas para sacos de plásticos, identificados, fotografados e depois libertados. Os dados recolhidos sobre pequenos mamíferos foi limitado às espécies capturadas e diversidade, a fim de obter um conhecimento básico dos conjuntos de pequenos mamíferos na área.

Figura 11.1 Armadilha Sherman



Fonte: Enviro-Insight 2012.

Armadilha Fotográfica

Foram instaladas na área de estudo duas armadilhas fotográficas de infravermelhos para um período de 7 dias, dando um total de 28 noites de armadilhas (4 armadilhas x 7). A *Figura 11.2* mostra a armadilha fotográfica típica. As armadilhas foram iscadas com cabras mortas, a fim de maximizar a probabilidade de quaisquer espécies na zona se movimentarem para dentro do campo de visão sob investigação.

Figura 11.2 *Armadilha com Câmara*



Fonte: Enviro-Insight 2012.

Levantamentos Nocturnos

Realizaram-se oito noites de pesquisa em automóvel durante os três períodos de pesquisa. As incursões nocturnas de carro foram realizadas depois do pôr-do-sol, para maximizar as hipóteses de encontrar espécies tanto crepusculares como totalmente nocturnas. As rotas seguidas foram concebidas para abranger uma representação de todos os tipos de habitats. Foram usados um milhão de holofotes-vela e pequenos reflectores e tochas para iluminar os animais. A duração destas pesquisas nocturnas foi de 2 a 3 horas cada. Duas vezes por estação, foram atraídas espécies de carnívoros de médio e grande porte. Para isso foi usado um amplificador de alta potência e vários sons (animais moribundos e a actividade do predador) durante três horas. Além disso, foram colocados engodos próximos do local de chamada, a fim de maximizar as hipóteses de atrair predadores de grande porte para a área.

Identificação de Vestígios/Rastos

A identificação de vestígios / rastos é considerada a mais antiga ciência do mundo (Liebenberg 2005), permitindo a amostragem detalhada de espécies de mamíferos sem a necessidade de captura ou observação directa. Todos os rastreios, incluindo pegadas, fezes, covis, tocas, cabelos, vestígios de raspagem e escavações foram documentados por fotografia georreferenciada. O rastreamento em si mesmo focou-se em solos adequados para esse fim, nomeadamente estradas (no início da manhã), linhas de drenagem de terras húmidas e margens (onde os movimentos dos animais estão focados). Liebenberg (2005) e Stuart e Stuart (1998) foram os guias de referência primários utilizados para o rastreamento.

Em Moçambique, a aquisição de conhecimento local provou ser um método muito útil para a obtenção de dados. Foi utilizado um questionário nas entrevistas às comunidades locais. As informações recolhidas a partir do questionário foram utilizadas para focalizar uma série de questões relativas à fauna de mamíferos, tanto na área de levantamento como nas comunidades vizinhas.

Foram realizados dezasseis conjuntos de entrevistas durante os três períodos de pesquisa. As entrevistas foram realizadas tanto em Palma como nas aldeias de Quitupo, Maganja e Senga, além disso foram realizadas várias entrevistas aleatórias a caçadores e agricultores. Em vez de serem seleccionadas aleatoriamente, a selecção das aldeias pesquisadas foi pensada para ser representativa, a fim de aplicar o conhecimento local às áreas específicas dentro dos habitats. As entrevistas foram planeadas para fornecer informações sobre:

- A extensão dos impactos actuais sobre a fauna de mamíferos na área de estudo (incluindo caça furtiva, conflitos entre o Homem e a fauna bravia e uso da terra).
- As atitudes das comunidades locais relativamente à fauna de mamíferos.
- As associações de mamíferos, incluindo a densidade, diversidade, habitats preferenciais e sazonalidade de vários mamíferos.
- A ocorrência das espécies da Lista Vermelha no local (incluindo a consciencialização da comunidade para a protecção legislativa das espécies protegidas).

C11.3

LIMITAÇÕES

O objectivo dos estudos de campo é caracterizar a situação de referência actual de mamíferos da área de Projecto proposto. Os locais foram seleccionados para representar a diversidade de habitats, bem como a representação espacial. No entanto, devido ao potencial para o roubo de equipamento (por exemplo, câmaras de movimento activado) e às restrições de acesso devidas ao risco de explosão de minas, os pontos de amostragem foram geralmente posicionados em zonas menos favoráveis ao estudo. No entanto, apesar destas limitações, considera-se que foi alcançada uma cobertura adequada para caracterizar a situação de referência de mamíferos na área de levantamento.

C12.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ESTUDOS DE GABINETE

Antes da visita ao local, foi consultada a seguinte bibliografia e artigos publicados:

- Del Hoyo *et al.* (1992-2011) e Hockey *et al.* (2005) foram consultados para informações gerais sobre o histórico das espécies de aves relevantes.
- Os dados de distribuição (para além daqueles obtidos durante os levantamentos) foi proveniente de del Hoyo *et al.* (1992-2011) e Sinclair e Ryan (2010).
- A nomenclatura, taxonomia, nomes comuns e a ordem das espécies foram utilizados de acordo com o IOC Mundial para Nomes de Pássaros, salvo se especificado em contrário (ver www.worldbirdnames.org; Gill & Donster, 2012).
- O estado de conservação das espécies de aves foi classificado de acordo com a Lista Vermelha da IUCN para as espécies ameaçadas (IUCN, 2010), enquanto as suas afinidades biogeográficas foram obtidas a partir de Parker (2001).

C12.2 LEVANTAMENTOS DE CAMPO E ESTUDOS DE GABINETE

Tal como com outros estudos de definição da situação de referência terrestres, os levantamentos da situação de referência das aves decorreram em duas temporadas. Os estudos de campo da estação seca foram realizados entre 11-18 Outubro de 2011, enquanto os estudos de estação chuvosa foram realizados durante os períodos de 08-20 de Dezembro de 2011 e 29 de Março - 5 de Abril de 2012.

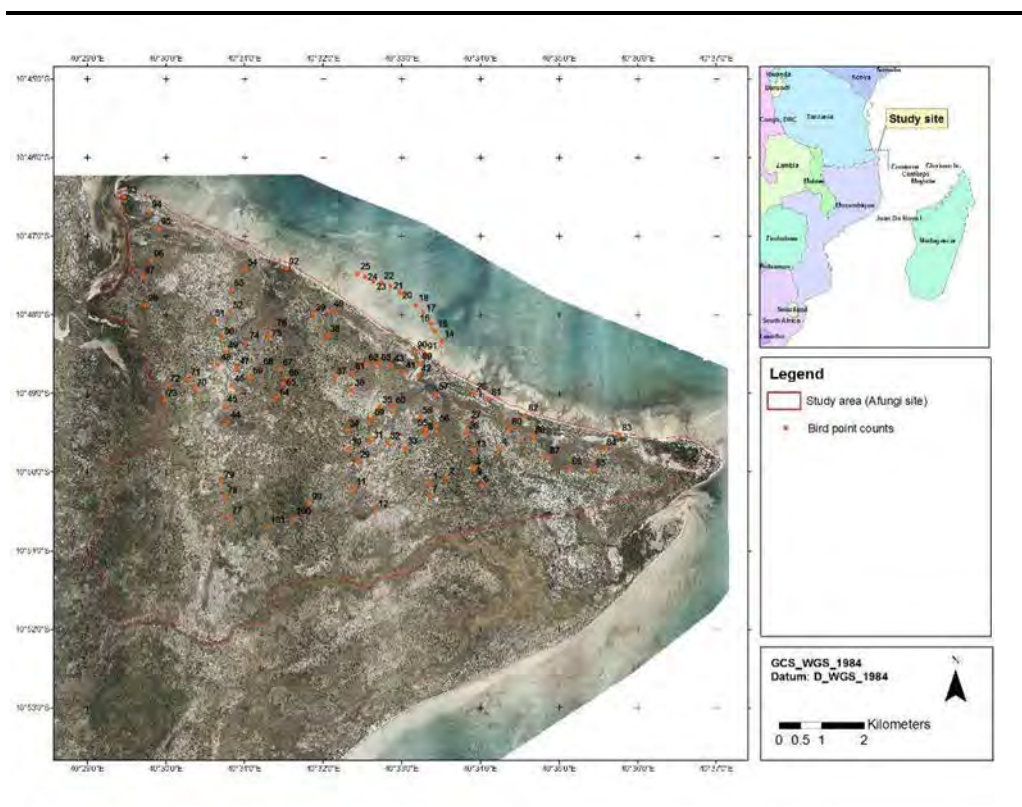
Durante os levantamentos, as espécies de aves e os seus respectivos tipos de habitat foram identificados e, quando necessário, verificados através de Sinclair e Ryan (2010). A ocorrência de determinadas espécies de aves também foi registada por intermédio dos seus chilreios e outros sinais, como ninhos, cascas de ovos (Tarboton, 2001), penas e atropelamentos. Foi dada especial atenção a poleiros com ninhos, forragens e habitat de nidificação para as espécies ameaçadas, quase ameaçadas e endémicas.

Além disso, foi verificada a ocorrência de espécies secretas ou esquivas pela reprodução dos seus respectivos chilreios (por exemplo, Bocarra-africana (*Smithornis capensis*), Pintadinho-de-peito-vermelho (*Hypargos niveoguttatus*) e espécies nocturnas/crepusculares, como corujas e noitibós).

As espécies de aves também foram identificadas através de transectos aleatórios e durante os levantamentos nocturnos na estrada. As espécies de aves marinhas pelágicas costeiras foram observadas por meio de um barco motorizado. As áreas pesquisadas incluem: a área da baía principal, a península de Cabo Delgado e as águas que cercam as duas ilhas de Tecomaji e Rongui. Estes métodos permitem um processo contínuo de documentar espécies de aves, circulando entre os diferentes tipos de habitat. Estes são métodos eficazes para obter uma lista mais completa das espécies, mas não são utilizados para obter dados sobre a abundância ou a dominância; a contagem de pontos, descrita a seguir, fornece esses dados. No entanto, a contagem de pontos por si só não irá fornecer um inventário completo, devido à mobilidade das aves e diferenças na heterogeneidade dos habitats.

A fim de obter uma quantidade significativa de informação sobre a espécie dominante/típica, bem como as diferenças na composição da comunidade, a avaliação foi realizada por meio de 101 pontos fixos (ver Buckland *et al.* 1993) seleccionados. Estes locais de contagem de pontos representam os diferentes tipos de habitats na área de levantamento (por exemplo, floresta aberta e fechada, dambos, floresta de mangal e da zona entre-marés litoral ao longo da costa) (*Figura 12.1*). Devido ao pequeno tamanho da área entre-marés, foi necessário obter um conjunto de dados estatisticamente significativos para algumas áreas. Por conseguinte, 12 locais de contagem foram também dedicados à contagem de aves costeiras para avaliar a densidade de espécies de aves pernaltas na zona entre-marés.

Figura 12.1 *Localização de Pontos de Contagem de Pássaros*



Durante a contagem, foi registado o número de espécies de aves avistado num raio de 50 metros (ou 100m durante as contagens de aves costeiras), bem como as suas respectivas abundâncias. Cada contagem durou cerca de 10-15 minutos e manteve pelo menos 200m de distância para assegurar a independência das observações. Os dados gerados a partir das contagens foram analisados de acordo com Clarke & Warwick (1994) e foram baseados na contribuição percentual de cada espécie de um tipo de habitat particular incluindo a consistência (calculado como o coeficiente de similaridade \pm desvio padrão) da sua contribuição na área de levantamento.

Foi realizado um Agrupamento Hierárquico Aglomerativo - uma análise de conjunto feita com base nas ligações médias entre grupos (Clarke & Warwick, 1994) - em coeficientes de Bray-Curtis calculados e derivados da contagem. Os dados de contagem de aves foram também submetidos a uma transformação de raiz quadrada elevada à quarta para permitir que as espécies comuns, bem como as espécies raras sejam incluídas na análise de similaridade global. A análise de conjunto é usada para atribuir associações entre as amostras com o objectivo de delinear objectivamente grupos ou comunidades. Assim, acredita-se que as entidades de amostra que se agrupam (sendo mais semelhantes) têm composições similares.

O uso de contagem pontual é vantajoso, uma vez que se adapta às áreas do habitat (por exemplo, florestas densas), e é preferível para as espécies secretas ou esquivas. Além disso, é o método preferido para os transectos onde o acesso é problemático, ou quando o terreno parece complexo. É um bom método para usar e muito eficiente para a recolha de uma grande quantidade de dados num curto espaço de tempo (Sutherland, 2006).

A riqueza de espécies foi medida em cada tipo de habitat por meio de índices de diversidade de rarefacção e selectivos. A rarefacção ajusta o número de espécies esperadas de cada amostra, se todas forem reduzidas a um tamanho padrão.

C12.3

LIMITAÇÕES E PRESSUPOSTOS

A fim de obter uma compreensão abrangente da dinâmica das comunidades terrestres, bem como do estatuto das espécies endémicas, raras ou ameaçadas em qualquer área, a avaliação deve sempre considerar as investigações em diferentes escalas de tempo (ao longo das estações/anos) e através da replicação. Assim, o presente documento fornece apenas um "instantâneo" da composição e estrutura da avifauna.

A análise da estrutura e composição da comunidade foi baseada principalmente em dados recolhidos durante as duas amostragens independentes (embora tenha sido também iniciado em Outubro de 2011 um levantamento preliminar). Portanto, a riqueza da avifauna na área de levantamento deve ser interpretada dentro destas limitações. Certas espécies (por exemplo, os migrantes Intra-Africanos e Paleárticos) podem ter estado ausentes durante parte do período de levantamento.

O risco associado às minas impediu a equipa de campo de aceder a determinados locais dentro da área de levantamento.

C13.1

VISÃO GERAL

O estudo de Modelação Marinha foi realizado utilizando uma combinação de modelos numéricos, incluindo:

- Modelo de refração espectral de ondas.
- Modelo Hidrodinâmico 2D.
- Modelo Hidrodinâmico 3D e modelos coesivos de transporte de sedimentos.
- Modelo Lagrangiano de rastreio de partículas para as aparas de perfuração em alto mar.

As condições da situação de referência foram verificadas a partir de dados disponíveis da batimetria, fotografias aéreas e previsão dos ventos e ondas. Com base nos dados existentes dos ventos hidrográficos e ondas (~13 anos) foram utilizadas condições representativas para forçar os modelos a determinar os impactos no ambiente físico causado pela construção e operação da infra-estruturas próximo da costa.

A abordagem utilizada na avaliação de ecologia marinha incluiu:

- Investigações de campo e medições na Baía de Palma e campos de gás de Golfinho e Prosperidade.
- Análise da bibliografia científica disponível, revista pelos pares ou outros.
- Uma avaliação dos riscos que a proposta de projecto de desenvolvimento de GNL apresenta para a ecologia marinha na região, feita com base nos detalhes fornecidos sobre o projecto (*Capítulo 4* do EIA).

A avaliação foi apoiada por avaliações da batimetria e das características do fundo do mar na Baía de Palma conduzidas pelo UWS, medições meteorológicas elaboradas pela MSI e os EIAs detalhados para as fases anteriores do projecto (Impacto 2008, CSA 2007, 2008).

Os estudos de modelação marinha foram utilizados na avaliação dos potenciais impactos sobre a ecologia marinha. Estes incluem o destino final e a dispersão de resíduos libertados durante as operações de dragagem associadas à construção da Fábrica, a dispersão das descargas marinhas esperadas, incluindo os concentrados de salmoura da dessalinização e águas residuais, a dispersão das aparas de perfuração, etc.

A avaliação do impacto é orientada pela metodologia descrita no *Capítulo 3* do EIA, no entanto, foram implementados alguns desvios e especificidades, que se encontram-se detalhados na *Secção C13.5* abaixo.

As previsões feitas nesta avaliação são limitadas pelos seguintes factos:

- Os resultados dos modelos de simulação utilizados são teóricos, até que seja efectuada uma monitorização para os testar.
- Os efeitos cumulativos marinhos não podem ser previstos com confiança, uma vez que não está claro como é que a indústria de hidrocarbonetos no mar e em terra e os desenvolvimentos associados na região central da África oriental serão coordenados.
- Nas condições actuais, tendo em conta que o projecto está a ser construído por vários empreiteiros diferentes, utilizando equipamentos e metodologias ainda não-identificadas, os detalhes não podem ser avaliados nesta fase.

Assim, além de usar os resultados do trabalho de campo feito no local por Lwandle, esta avaliação baseia-se no parecer e experiência de especialistas ambientais na indústria de petróleo e gás.

O ambiente onde o projecto será desenvolvido é descrito abaixo em duas secções sobrepostas; o campo de gás em alto mar e o local do projecto próximo da costa na Baía de Palma. As descrições são retiradas de anteriores avaliações ambientais para as fases de pesquisa (por exemplo, Impacto Lda. 2008), contribuições de especialistas moçambicanos sobre ecologia e pesca, observações feitas durante as visitas à Baía de Palma em Junho e Novembro de 2011 e Março de 2012, e uma pesquisa oceanográfica dos campos de gás em alto mar dos campos Golfinho e Prosperidade, em Junho de 2012.

C13.3

RECOLHA DE DADOS - ÁREA EM ALTO MAR

Os dados para a Área de Projecto em alto mar foram recolhidos a partir de informação secundária disponível, incluindo anteriores avaliações ambientais para as fases de pesquisa do projecto da AMA1 (por exemplo, Impacto Lda. 2008), contribuições de especialistas moçambicanos sobre ecologia e pesca, e uma pesquisa oceanográfica, de plâncton e sedimentos dos Campos de Gás em alto mar de Golfinho e Prosperidade realizada por Lwandle em Junho de 2012 no cruzeiro Rylan-T e encomendado pela AMA1. As pesquisas realizadas em alto mar são detalhadas em seguida.

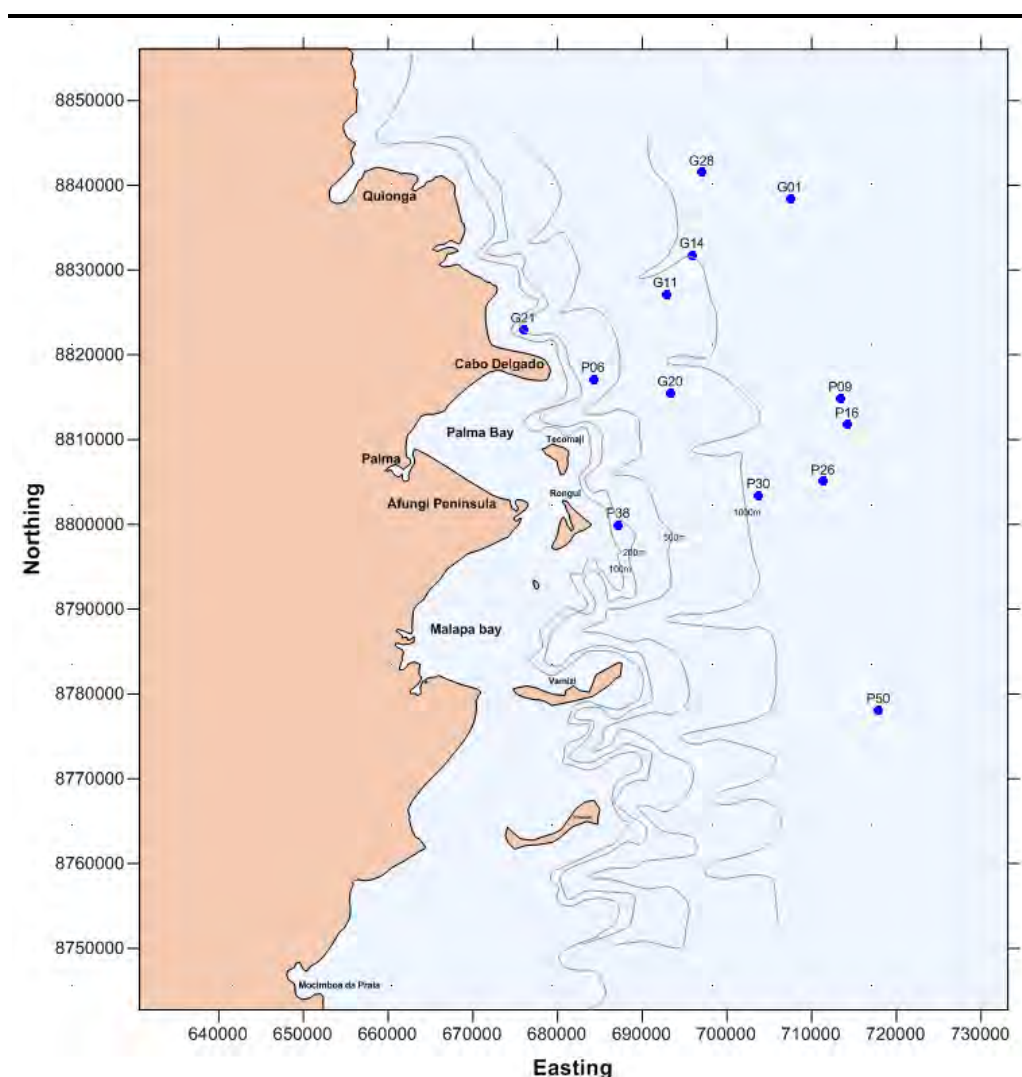
C13.3.1

Oceanografia

Para obter informações sobre a oceanografia da área do projecto do campo de gás em alto mar, foram medidos os perfis de temperatura, condutividade (salinidade =), as concentrações de oxigénio dissolvido, turvação, fluorescência da clorofila (= clorofila a) e fluorescência de raios UV na camada superior da coluna de água, em Junho de 2012, no cruzeiro Rylan-T e com especialistas marinhos da Lwandle presentes.

Os pontos de medição são apresentados na *Figura 13.1*. As características principais dos dados obtidos são apresentadas em seguida.

Figura 13.1 *Locais de amostragem de Condutividade-Temperatura-Profundidade (CTD) na Área de Estudo em alto mar, Junho 2012*



Fonte: Lwandle 2012. Dados reunidos durante o levantamento de Junho de 2012.

C13.3.2 *Plâncton*

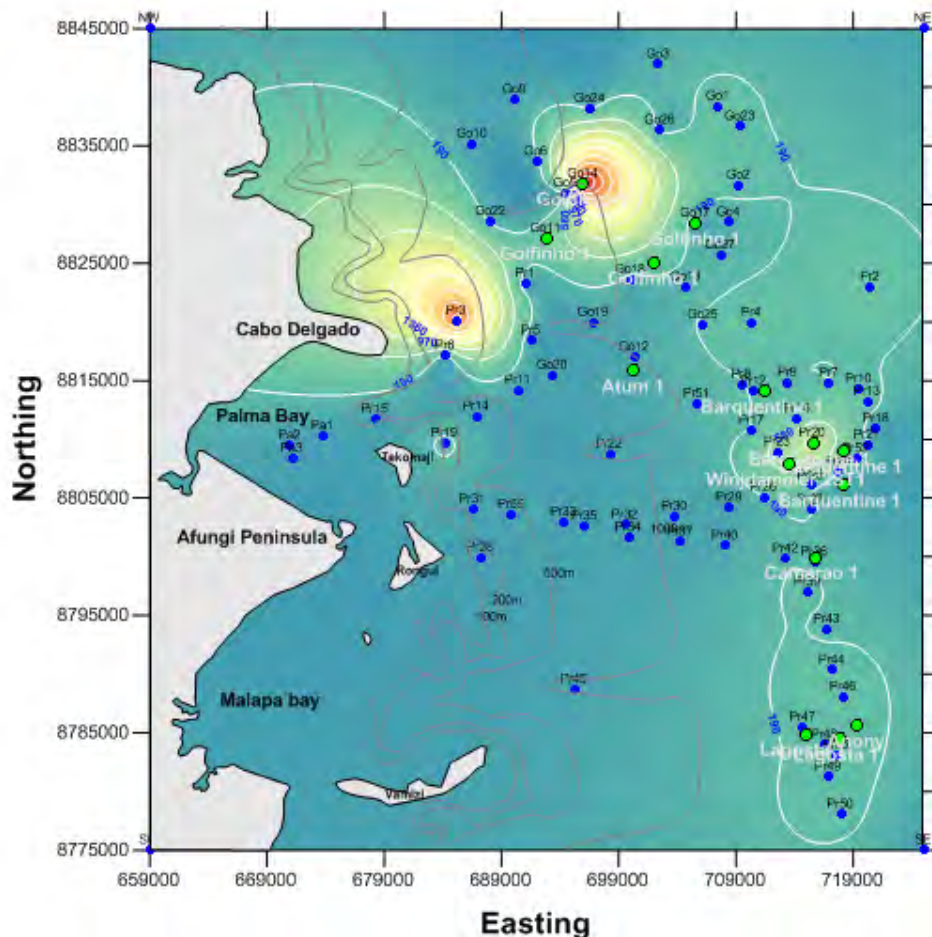
As amostras de água recolhidas nos pontos de amostragem CTD em alto mar em Junho de 2012 (ver *Secção C13.3.1*) foram analisadas para fluorescência da clorofila e perfis compósitos.

C13.3.3 *Sedimento*

A amostragem de sedimentos superficiais nos campos de gás em alto mar e no gasoduto foi conduzida com amostradores de caixa (em locais de águas profundas) e com amostradores de garras (em locais de água menos profunda) durante o cruzeiro Rylan-T em Junho de 2012, para determinar as propriedades de sedimentos. As localizações dos pontos de amostragem de

sedimentos são apresentadas na *Figura 13.2*. Foram analisados os sedimentos de 75 amostras para as distribuições de tamanho de partículas e textura e concentrações de metais pesados.

Figura 13.2 *Locais de Amostragem de Sedimentos na Área de Estudo em alto mar, Junho 2012*



Legenda: Pontos azuis: locais de amostragem de sedimentos. Pontos verdes: locais de poços perfurados já conhecidos. Linha Branca: distribuição das concentrações de bário em mg/kg. Fonte: Lwandle 2012. Dados reunidos durante o levantamento de Junho de 2012.

C13.3.4 *Estruturas de Recife*

Em 2012, a CSA, como parte integrante da pesquisa de campos de gás e modelação de simulação de descargas de aparas e lamas de perfuração, analisou os dados do vídeo ROV (*Remotely Operated Vehicle*) do fundo do mar em cinco locais no campo de gás de Golfinho. Estes resultados foram melhorados por Lwandle através dos registos de vídeo ROV de cinco locais de medição de corrente fora da Baía de Palma. Estes locais e respectivas profundidades, assim como os tipos de transectos, são apresentados na *Tabela 13.1*.

Tabela 13.1 *Levantamentos Vídeo ROV do Fundo do Mar nos Campos de Gás em Alto Mar da Baía de Palma*

Local	Localização Aproximada (WGS 1984 UTM Zona 37S)		Profundidade da Água (m)	Nº de transectos	Comprimentos e layout do transecto
	X	Y			
Golfinho 1	694835	8835250	1010	17	400 m, grelha
Golfinho G	692805	8827130	845	8	400 m, radial
Golfinho M	705570	8828395	1290	8	400 m, radial
Golfinho N	694820	8841230	1075	8	400 m, radial
Golfinho O	686515	8835175	730	8	400 m, radial
CM8	693024	8812646	655	4	~500 m, ortogonal
CM9	685690	8805685	390	4	~500 m, ortogonal
CM10	692767	8798344	515	4	~500 m, ortogonal
CM11	709885	8820012	1459	4	~500 m, ortogonal
CM13	716142	8806133	1510	4	~500 m, ortogonal

Fonte: Lwandle 2012. Dados do CSA (2012) e MSI (2012 na bibliografia).

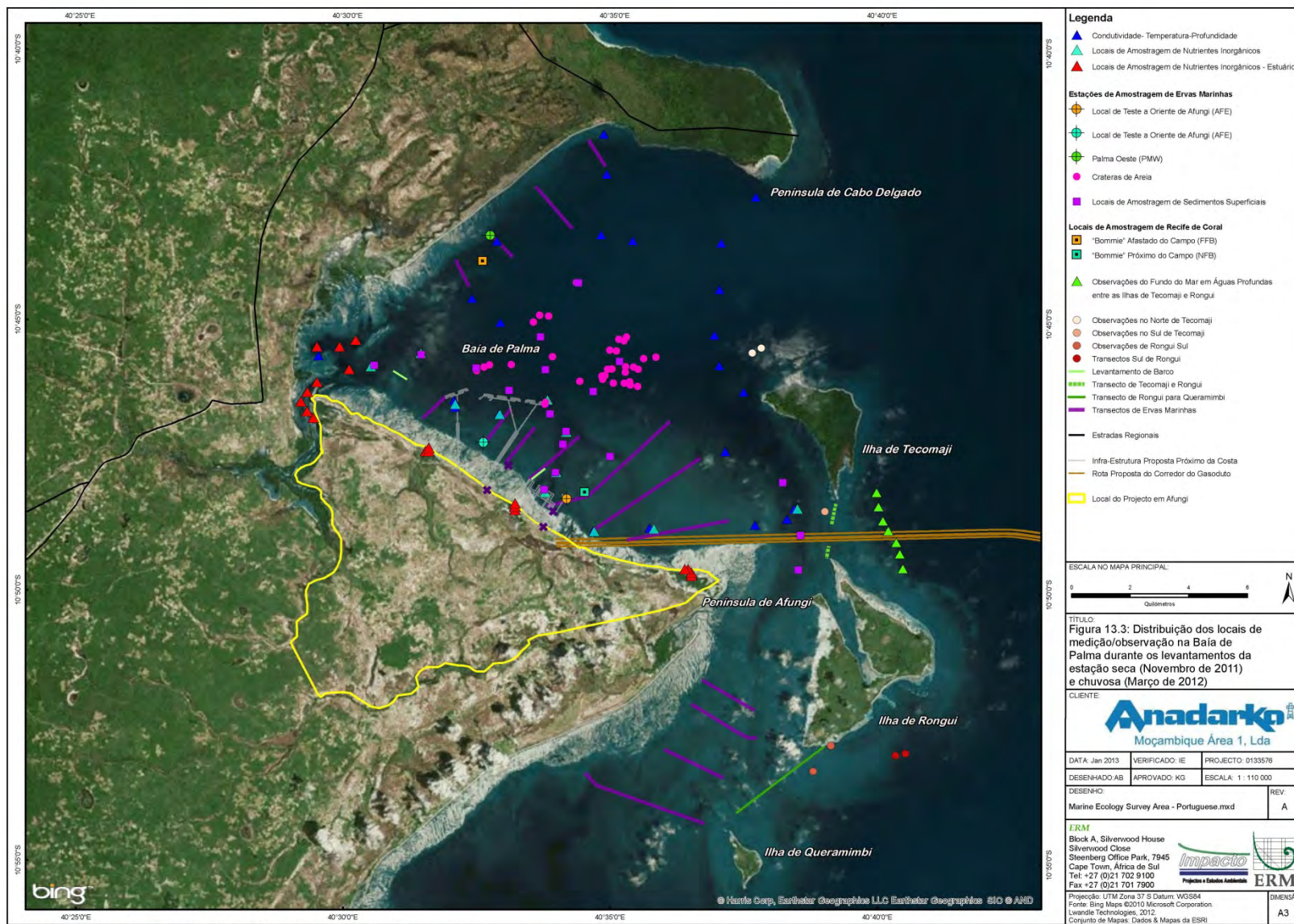
C13.4 *RECOLHA DE DADOS - BAÍA DE PALMA E PENÍNSULA DE AFUNGI*

As informações e dados de localização específicos para a Baía de Palma são escassos. Portanto, foram realizadas investigações intensivas como parte do processo de selecção do local para a Fábrica de GNL e subsequente recolha de dados para a linha de base e aquisição de dados do projecto. Estas incluem os perfis batimétricos e de sub-base (UWS), medições meteo-oceanográficas dentro da baía e em terra (MSI) e pesquisas de ecologia marinha (Lwandle) na estação seca (Novembro de 2011) e estação chuvosa (Março de 2012). Os resultados destas pesquisas são discutidos no *Capítulo 7* do Relatório de EIA com o foco principal nos estudos de ecologia marinha, que são complementados por contribuições sobre a ecologia marinha da região (Adriano Macia) e peixes e pesca (Emídio André e Atanásio Brito).

As pesquisas realizadas em ecologia marinha na Baía de Palma por Lwandle foram compostas por medições da temperatura, salinidade, oxigénio dissolvido, turvação, pH na coluna de água, amostragem de água para concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos, distribuições e pesquisas sobre algas, corais e ecologia de praia arenosas. Os métodos de pesquisa e análise utilizados estão detalhados nas Secções *C13.4.1* a *C13.4.7* abaixo.

Figura 13.3 apresenta uma visão esquemática da distribuição das estações de medição e locais de observação pesquisados na Baía de Palma em relação às instalações marítimas previstas para a instalação de GNL.

Figura 13.3 Distribuição dos Locais de Medição / Observação na Baía de Palma para os levantamentos da estação seca (Novembro de 2011) e estação chuvosa (Março de 2012)



It is unlawful for any firm or individual to reproduce copyrighted maps, graphics or drawings, in whole or in part, without permission of the copyright owner, CNM Southern Africa (Pty) Ltd ©

C13.4.1 *Propriedades da Coluna de Água na Baía de Palma*

Vários parâmetros físicos foram medidos dentro da Baía de Palma incluindo:

- Temperatura e salinidade;
- Oxigénio dissolvido;
- Turvação;
- pH;
- Nutrientes orgânicos;
- Nutrientes inorgânicos; e
- Clorofila.

A localização dos pontos de amostragem é apresentada na *Figura 13.3*. Cada um destes parâmetros foi medido na estação seca (Novembro) e chuvosa (Março) na Baía de Palma, com a excepção dos nutrientes inorgânicos que só foram observados durante a estação chuvosa.

C13.4.2 *Propriedades dos Sedimentos e Características do Leito do Mar*

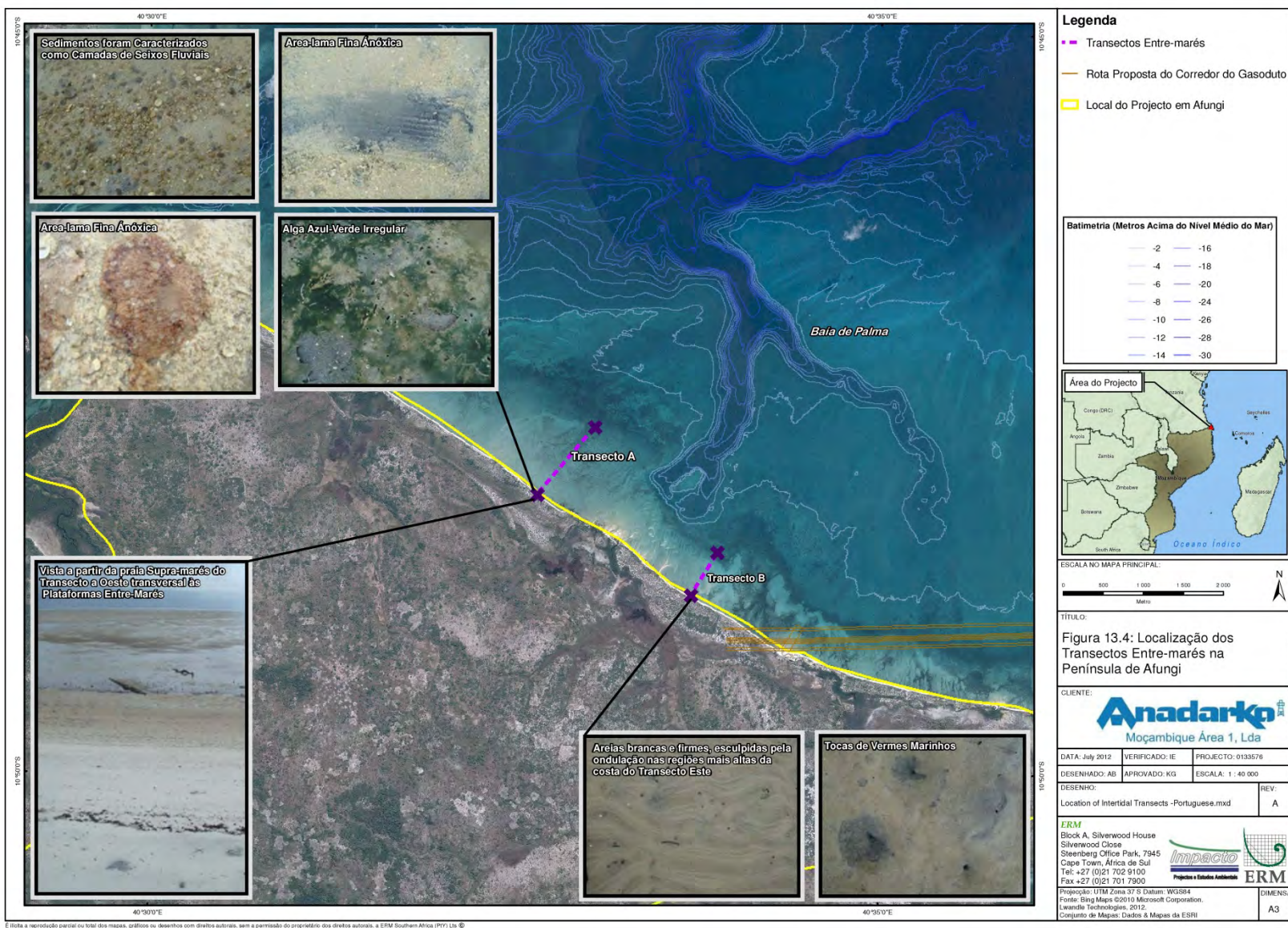
Foram recolhidas amostras de sedimentos superficiais em diversos locais dentro da baía (ver *Figura 13.3*) durante o levantamento na estação chuvosa.

C13.4.3 *Praias Arenosas Entre-marés*

A extensa área de praia arenosa na costa norte da Península de Afungi foi inspeccionada durante o levantamento na estação chuvosa em Março de 2012. A análise qualitativa do tipo de areia e as suas principais características biológicas foram efectuadas em dois transectos, estendendo-se desde a duna primária para a parte inferior da zona entre-marés (*Figura 13.4*).

Esta análise envolveu a recolha de imagens de vídeo e fotografias ao longo dos transectos. Foram recolhidas amostras de ervas marinhas e conchas mortas em quantidades limitadas para posterior identificação.

Figura 13.4 Localização dos Transectos na Zona Entre-marés na Península de Afungi em relação à infra-estrutura planeada



Foram seleccionados três locais de amostragem para o levantamento quantitativo dos tapetes de ervas marinhas, dois locais de "teste" ou "impacto" nos tapetes de ervas marinhas em Afungi em volta da área do projecto proposta e um local de "referência" na costa ocidental da Baía de Palma (Figura 13.3).

Os locais *Afunji Test Local West* (AFT) (Local de Teste de Afungi a Ocidente) e *Afunji Test Local East* (AFE) (Local de Teste de Afungi a Oriente) encontram-se directamente para Oeste e para Este da área que será dragada para construir o cais e aprofundar o canal de entrada para as embarcações; podem, portanto, ser afectados pela actividade de dragagem. O local de referência *Palma West* (PMW) está localizado no tapete de ervas marinhas da costa ocidental da Baía de Palma, a mais de 8km de distância do local do projecto proposto na península de Afungi.

Em cada um dos três locais, foram efectuados cinco transectos longos de 40m de comprimento (A-E) paralelamente à margem, com intervalos de cerca de 100m. O posicionamento dos transectos foi aleatório, mas houve o cuidado de que todos os transectos estivessem a profundidades comparáveis (entre 1 e 1,50m), tanto dentro de um local, como em locais diferentes. As posições GPS dos pontos de partida foram registadas.

A partir de 0m, foi efectuada uma quadrícula 50cm x 50cm (0,25 m²) a cada 5m ao longo da linha de transecto, o que resultou em oito parcelas por linha de transecto. Em princípio, o método de pesquisa seguiu o manual de pesquisa de tapetes de ervas marinhas desenvolvido por Short et al. (2004), e incluiu as seguintes observações e medições para cada quadrícula:

- Uma foto do fundo do mar na quadrícula;
- A percentagem de cobertura de todas as plantas angiospermas marinhas na quadrícula e cobertura de cada espécie separadamente. Neste estudo, a cobertura foi definida como a fracção da área total da quadrícula que é obscurecida por uma espécie em particular (ou a soma de todas as plantas) quando vista directamente de cima;
- A densidade de rebentos de todas as espécies de ervas marinhas, contadas numa quadrícula mais pequena de 25cm x 25cm (0,0625 m²) posicionada no canto direito da quadrícula maior em direcção à linha de transecto;
- Altura da cobertura das espécies dominantes. Para as espécies de grande porte, isto foi feito através da selecção de um aglomerado de folhas lanceoladas de ervas marinhas dentro da quadrícula, esticando as folhas à sua altura máxima e medindo a partir do substrato até ao extremo da folha, mas ignorando 20% das folhas mais altas. Para as espécies pequenas que estavam amplamente distribuídas, foi medido o comprimento de cinco rebentos individuais e calculada a altura média; e

- Recolha da biomassa (com 10cm de diâmetro ou 0,00785m²) de uma área fora da quadrícula que seja representativa para o conjunto de espécies dentro da quadrícula. Se nem todas as espécies puderem ser incluídas neste núcleo de biomassa, recolhe-se um segundo núcleo de biomassa focado nas espécies desejadas. Os sedimentos foram lavados da amostra principal, contou-se a densidade de rebentos por espécie e o material das plantas foi separado em folhas, vagem/caule e raiz-mais-rizoma. Devido a limitações de logística, o material vegetal não pode ser seco até um peso constante para a determinação do peso seco; assim, só o peso da biomassa húmida pode ser estimado. Cada secção das plantas foi seca em toalhas de papel absorvente e pesada com uma aproximação de 0,1g.

Para cada transecto, foi calculada a % de cobertura média total (n=8 quadrículas), a % de cobertura por espécie (por 0,25m²), a densidade dos rebentos por espécie (número/0.0625 m²) e a altura da cobertura de espécies de ervas marinhas dominantes (por 0,25 m²). A biomassa por espécie foi calculada dividindo a biomassa por espécie pelo número de rebentos de cada espécie encontrados na quadrícula de 0.0625 m². A biomassa das espécies foi, em seguida, calculada multiplicando a biomassa por rebentos específica de certas espécies pelo número de rebentos contados em cada amostra. A biomassa das espécies foi calculada pela multiplicação da biomassa específica dos rebentos da espécie pelo número de rebentos encontrados na quadrícula de 0,0625m². A biomassa foi dividida em total acima do solo (folhas-mais-vagens/caules) e biomassa abaixo do solo (raízes-mais-rizoma) e expressa por 0,0625m².

C13.4.5 *Recifes de Corais pouco Profundos e Afloramentos*

Foram realizadas contagens, observações visuais e fotográficas das características dos recifes de coral em dois locais dentro Baía de Palma, num local próximo, situado suficientemente perto da área de instalação das utilidades marinhas para ser sujeito aos potenciais efeitos da dragagem, e um local distante, no mesmo intervalo de profundidade, mas a uma distância improvável de ser afectado pela dragagem (*Figura 13.3*).

C13.4.6 *Recifes de Coral*

As áreas de recife de coral em franja em volta e entre as três ilhas dentro e imediatamente a sul da Baía de Palma foram estudadas para fornecer informações comparativas a usar na selecção do traçado do gasoduto de importação. As pesquisas incluíram inspecções de superfície e em profundidade nas áreas menos profundas (<15m de profundidade) e cobertura de vídeo ROV na área de recife exterior entre Tecomaji e Ilhas Rongui para uma profundidade de aproximadamente 50m. Os locais/transectos investigados são mostrados na *Figura 13.3*.

Transectos Entre-Ilhas

- Ilhas Rongui - Queramimbi: foram feitas cinquenta observações individuais do recife de coral e afloramentos de coral associados ou isolados ao longo do transecto de 3,8km entre estas duas ilhas.
- Ilhas Tecomaji - Rongui: Este transecto é relativamente curto, com 2,04km. Foram feitas 19 observações do fundo do mar em todo o transecto.

Transectos nas Ilhas

- Transectos a Sul de Rongui: Foram investigados três transectos de 100m de comprimento. Foi utilizada fotografia estática subaquática para auxiliar a interpretação dos registos de vídeo por transecto.
- Transectos a Sul de Tecomaji: Foram investigados três transectos de 100m de comprimento. Foi utilizada fotografia estática subaquática para auxiliar a interpretação dos registos de vídeo por transecto.
- Observações no Norte de Tecomaji: Foram feitas observações visuais e fotográficas das características dos recifes de coral em direcção ao mar em dois locais ao norte da Ilha de Tecomaji (Tecomaji Norte Profundo: aprox. 7m e Tecomaji Norte pouco Profundo: aprox. 5m). Nenhum vídeo do transecto foi registado nestes locais.
- Observações a Sul de Rongui: Foram feitas observações visuais e fotográficas das características dos recifes de coral em dois locais ao largo dos transectos de vídeo a Sul de Rongui e a Oeste da ponta sul da Ilha de Rongui (Rongui Sul Profundo: aprox. 6m e Rongui Sul pouco Profundo: aprox. 4m). Nenhum vídeo do transecto foi igualmente registado nestes locais.

Características dos Corais e dos Leitos Marinhos em águas mais profundas entre as Ilhas Tecomaji e Rongui

Durante o estudo da estação chuvosa (Março de 2012), foi feito um vídeo ROV entre as profundidades aproximadas de 5m e 70m em sete locais entre as ilhas Tecomaji e Rongui. Esta área foi escolhida para a inspecção pois os engenheiros de projecto haviam determinado que era a área mais adequada para o gasoduto de importação.

A gravação de vídeo foi examinada e o fundo do mar foi amplamente classificado, consoante continha um recife bem desenvolvido, areia irregular e recife, ou areia nas faixas de profundidade a 5m (registo de profundidade tirado do sensor de pressão ROV). O critério utilizado foi se o leito do mar na banda de profundidade poderia ser facilmente classificado numa das três categorias.

C13.4.7 *Peixes*

Não há dados estatísticos disponíveis para os peixes na Baía de Palma. No entanto, sendo parte do Arquipélago das Quirimbas, é provável que as espécies de peixes registadas no recife de coral e os biótopos de algas marinhas no sul da Baía de Palma ocorram também na baía. As maiores espécies pelágicas listadas na Secção 4.3.1 da Avaliação de Ecologia Marinha (2012) encontram-se largamente distribuídas e certamente ocorrem na área, mesmo se confinadas a águas mais profundas na entrada para a Baía de Palma.

Os dados relativos a peixes associados aos recifes de coral e tapetes de ervas marinhas são baseados principalmente em dados derivados do Programa de Pesquisa Marinha do Arquipélago de Quirimbas de Moçambique Darwin / Frontier (Abril de 1996 a Dezembro de 1997).

C13.5 *METODOLOGIA AJUSTADA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO*

Os critérios de avaliação de impacto são utilizados como especificado no *Capítulo 3* do Relatório de EIA. Sempre que possível, são usadas as normas específicas ou orientações para determinar a aceitação de impactos, e são mencionadas quaisquer lacunas de conhecimento relevantes. Com a finalidade de avaliar os potenciais impactos, os componentes naturais do ambiente marítimo perto da costa e na Baía de Palma são avaliados separadamente dos impactos sobre os componentes naturais do ambiente em alto mar / águas profundas. A linha divisória que separa estes ambientes para fins de avaliação de impacto é ilustrada na *Figura 13.5*; esta linha segue aproximadamente a Linha de Base Marítima de Moçambique, delimitando as suas águas internas (Lei do Mar, 4 de 1996).

Figura 13.5 *Linha de Base Marítima (linha pontilhada a branco) entre Áreas de Avaliação de Impacto em terra e em alto mar (fixada em aprox. 1,5km para Este das ilhas)*



Fonte: Lwandle 2012.

C13.5.1 *Ambiente perto da Costa da Baía de Palma*

Para a avaliação perto da costa da Baía de Palma, o critério "escala / dimensão" usado é como ilustrado na *Figura 13.6* abaixo.

Figura 13.6 *Divisória indicativa (linhas pontilhadas a branco) entre as áreas de impacto avaliadas para o Ambiente Marinho em terra*



Fonte: Lwandle 2012.

No local, significa que os impactos estão restritos a um bloco desenhado em torno da área de construção da instalação marinha (cerca de 1km a Este do ponto de passagem do gasoduto de importação na linha costeira).

Local, significa impactos restritos a águas interiores da Baía de Palma dentro da Linha de Base Marítima a cerca de 1,5km a Este das ilhas, entre a Península de Cabo Delgado e uma linha através da Ilha de Queramimbi.

Regional, significa um impacto que está restrito a águas interiores da Província de Cabo Delgado, ou seja, uma linha de cerca de 1,5km a Este das ilhas orientais (*Figura 13.6*).

Nacional, significa que os impactos são restritos dentro da ZEE de Moçambique o que, nesta área, possivelmente significa cerca de ~30 km para norte (ZEE da Tanzânia) e ~70 km para Este (ZEE potencial de Comores)⁽¹⁾.

Internacional, significa que os impactos se estendem até Zonas Marítimas dos Estados limítrofes (ou seja, Comores e Tanzânia), ou afecta recursos internacionalmente valorizados.

Além disso, Lwandle acrescentou um "**prazo médio**" de 7 anos para os critérios de duração para fornecer por um período razoável de recuperação marítima após construção e operação.

C13.5.2 *Ambiente em Alto Mar*

Os critérios utilizados para avaliar a significância dos impactos potenciais na área em alto mar são os mesmos que os utilizados para a área costeira na *Secção C13.5.1* acima, excepto que, porque os campos de gás estão em alto mar, "**extensão**" é definida em km² em volta da fonte do impacto como se descreve de seguida:

No local = <5 km²

Local = 5-50 km² (aprox. 7x7 km)

Regional = 50-500 km² (aprox. 22x22 km)

Nacional = aprox. 30 km para norte (ZEE Tanzânia) e aprox. 70 km para Este (ZEE potencial de Comores).

Internacional = além da ZEE de Moçambique.

(1) Devido a um acordo com a Tanzânia e possíveis pedidos de Comores (consulte a Secção 5.4.1: Fronteiras marítimas internacionais)

C14.1 METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO

Foram utilizadas as seguintes referências para apoiar o processo de metodologia e avaliação:

- O Instituto Paisagístico e Instituto de Gestão e Avaliação Ambiental (2002) Directrizes para Paisagem e Avaliação de Impacto Visual: Segunda Edição.
- Departamento de Comércio e Indústria do Reino Unido (DTI) (2005) Orientação sobre a Avaliação do Impacto de Parques Eólicos em Mar Alto: Paisagem Marítima e Relatório de Impacto Visual, DTI, em Londres.
- CCW (2001) Guia de Boas Práticas em avaliação de paisagens marítimas. CCW, Brady Shipman Martin e University College Dublin.

As principais definições de relevância para este estudo são as seguintes:

- A paisagem marítima é definida na orientação acima referida por DTI como a paisagem costeira e áreas adjacentes de águas abertas, incluindo vistas de terra para o mar, do mar para terra e ao longo da costa. Cada paisagem marítima tem três componentes. Estes incluem uma área de mar (a componente marítima), uma faixa de linha de costa (a componente litoral) e uma área de terra (a componente terrestre).
- Paisagem terrestre é o elemento terrestre. Inicia-se no litoral e estende-se para o interior.
- O carácter da paisagem é o padrão distinto e reconhecível de elementos que ocorrem constantemente num determinado tipo de paisagem, e a forma como é percebido pelas pessoas.

Não há avaliações de paisagem marítima padronizadas que abranjam a costa de Moçambique. Está actualmente em uso no Reino Unido uma orientação sobre este tema, especificamente o DTI acima referido (2005). Este define Unidades de Paisagem Marítima Nacionais como "uma extensa secção de costa com uma característica primordial como orientação costeira ou acidente geográfico, definido por penínsulas principais de importância nacional". A mesma metodologia para a definição de paisagem marítima é usada nesta avaliação, aplicada à paisagem local da área de estudo.

Da mesma forma não há dados disponíveis da paisagem terrestre que cubram a paisagem do local em Moçambique. A situação de referência trata também do carácter da paisagem da área de estudo, com referência à orientação acima mencionada.

A área de estudo para a avaliação foi definida com base nos principais elementos de grande escala da proposta, que incluem os tanques de armazenamento de GNL (45m de altura), o queimador (140m de altura), a torre de controlo do aeroporto (6m de altura) e os componentes do Projecto Próximo da Costa (Cais de Exportação GNL, futuro cais, estaleiro piloto e MPD). A área de estudo para os elementos da proposta inclui uma área com um raio de 30km a partir do centro do local, como demonstrado no *Capítulo 6*. A área de estudo foi definida na ausência de orientações específicas em relação a este tipo de projecto e foi seleccionada com base na experiência profissional e na convicção de que toda a paisagem terrestre significativa, marítima e efeitos visuais é capturada dentro deste raio de alcance de 30km.

Os passos--chave na metodologia foram:

- As Zonas de Visibilidade Teórica (ZTVs) foram definidas para os principais elementos do projecto potencialmente visíveis. Estes incluem os tanques de armazenamento de GNL (45m de altura), o queimador (140m de altura), a torre de controlo do aeroporto (6m de altura) e os componentes do Projecto próximo da costa (Cais de Exportação de GNL, futuro cais, estaleiro piloto e MPD). As ZTVs mostram a visibilidade teórica do *layout* do projecto que cobre a paisagem terrestre e marinha da área de estudo. A visibilidade é medida como teórica. É baseada em terra plana reflectindo a topografia existente e exclui a vegetação e edifícios. As ZTVs estão ilustradas no *Capítulo 12* do Relatório de EIA.
- As paisagens terrestres e marinhas da área de estudo foram definidas e caracterizadas como parte da caracterização da situação de referência. O relatório escrito com as características de cada paisagem terrestre e marinha é apresentado na situação de referência proveniente dos estudos realizados pelo ecologista do projecto e as conclusões das visitas aos locais. Foi determinada a sensibilidade de cada área ao projecto, no tipo e escala propostos.
- Foram seleccionados pontos de observação através das ZTVs como representativos do conjunto de pontos de observação; foram igualmente determinados os tipos de observadores que podem ser afectados pela disposição de infra-estruturas e a sensibilidade de cada ponto de observação.
- Foram preparadas fotomontagens de imagens do *layout* do projecto de cinco pontos de observação. Estas são ilustradas no *Capítulo 12* do Relatório de EIA.

- Foi avaliada a sensibilidade de cada paisagem terrestre, marítima e receptor visual.
- A magnitude da mudança em cada unidade de paisagem terrestre e marítima foi igualmente determinada. Da mesma forma, foi prevista a magnitude da mudança em cada ponto de observação.
- O nível de significância do impacto em cada unidade de paisagem terrestre e marítima e em cada ponto de observação foi avaliado como negligenciável, baixo, moderado e alto. A significância é determinada com base na sensibilidade ao impacto e a magnitude da alteração, tal como descrito abaixo.

A avaliação da paisagem terrestre, marítima e do impacto visual foi suportada pelos dados recolhidos a partir das seguintes fontes:

- mapas de levantamento disponibilizados pela AMA1;
- levantamentos de campo realizados em Janeiro de 2012;
- fotografia aérea e imagens de satélite;
- ZTVs geradas por computador;
- fotomontagens modeladas por computador; e
- consultas com entidades oficiais realizadas no âmbito da definição da situação de referência social, especificamente no que diz respeito ao turismo e qualidade da paisagem da área de estudo.

C14.3.1 *Sensibilidade da Paisagem Terrestre e Marítima*

A sensibilidade de uma paisagem terrestre ou marítima é avaliada com base na medida em que pode aceitar a mudança de um tipo e escala particulares, sem efeitos adversos no seu carácter. A sensibilidade varia de acordo com o tipo de projecto proposto e a natureza da paisagem terrestre ou marítima: os seus elementos individuais, características principais (uso do solo, padrão e escala da paisagem, fechada/aberta), qualidade inerente, condição, presença de elementos detractores (por exemplo, postes), valor e capacidade para acomodar a mudança, e quaisquer valores específicos tais como designações aplicáveis. Uma paisagem terrestre ou marítima altamente sensível à mudança é a que está em maior risco de ter suas principais características substancialmente alteradas em resultado da Fábrica de GNL, originando uma paisagem terrestre ou marítima de carácter diferente.

A sensibilidade da paisagem terrestre ou marítima também é suportada por outros critérios, tais como *valor* e *qualidade*. O valor prende-se com o valor relativo ou importância atribuída a uma paisagem (muitas vezes como base para a sua designação ou reconhecimento), que expressa o consenso nacional ou local, devido à sua qualidade, características especiais, incluindo aspectos

perceptivos, como beleza, tranquilidade ou fauna bravia, associações culturais ou outras questões de conservação.

A qualidade é baseada em julgamentos sobre o estado físico da paisagem, a sua condição e preservação a partir de perspectivas visuais, funcionais e ecológicas. Ela também reflecte o estado de conservação de características individuais e os elementos que a compõem em qualquer lugar.

C14.3.2 *Sensibilidade dos Observadores em Pontos de Observação*

O objectivo da avaliação do impacto visual é determinar a visibilidade do projecto de desenvolvimento e avaliar o impacto visual das propostas a partir de um conjunto de pontos de observação representativos na área de estudo.

Uma grande variedade de tipos de observadores (receptores visuais) serão potencialmente afectados pela instalação de GNL proposta. Estes receptores podem variar consideravelmente em função das complexidades da linha de costa e vão incluir os habitantes locais, aqueles que viajam na zona e aqueles que visitam a zona em turismo e lazer. A maioria destes serão receptores em terra, mas existe potencial para haver também receptores em alto mar, tais como aqueles que viajam ou trabalham em barcos. É assumido que uma só pessoa pode pertencer a mais do que uma categoria de receptor.

Cada ponto de observação foi seleccionado para representar uma visão típica da área imediata que representa. A sensibilidade do ponto de observação depende de uma série de factores, incluindo o contexto do mesmo, a ocupação actual (habitantes, visitantes, transeuntes, trabalhadores) e a oportunidade de observação dos grupos de pessoas considerados, bem como o número de pessoas afectadas. A sensibilidade de um ponto de observação também depende do grau em que os observadores que representa são afectados pelas alterações na vista que têm em conjunto com a qualidade da vista existente.

A sensibilidade do observador é definida em Baixa, Média ou Alta.

C14.3.3 *Magnitude da Mudança*

A magnitude da mudança que afecta a paisagem terrestre, marítima ou os receptores visuais depende da natureza, escala e duração da mudança específica que está prevista na paisagem terrestre ou marítima e o efeito global sobre uma vista particular. Numa paisagem terrestre ou marítima, isto vai exigir consideração da perda ou alteração de qualquer característica importante ou recurso, a proporção da paisagem terrestre ou marítima afectada, e qualquer mudança no cenário para, ou na perspectiva da paisagem terrestre ou marítima afectada.

A magnitude da mudança nas vistas dependerá da escala do projecto e a distância desde o ponto de observação, do ângulo de visão ocupado pelo projecto, da extensão da protecção pelas componentes intervenientes, do grau de obstrução dos componentes existentes, do grau de contraste com a vista existente e da frequência ou duração da visibilidade.

A magnitude da mudança de um impacto num receptor é considerada como: Negligenciável, Baixa, Média ou Alta.

C14.3.4 *Significância dos Impactos*

Não existe qualquer limiar estabelecido ou técnicas mensuráveis de significância para a paisagem terrestre, marítima e impactos visuais, como é o caso de outras disciplinas da AIA, tais como a qualidade do ar ou o ruído. A significância é, portanto, determinada considerando a sensibilidade da paisagem ou do receptor visual e a magnitude da mudança esperada como resultado do projecto. A experiência profissional é aplicada caso-a-caso, a fim de identificar grandes níveis de significância para cada receptor. Cada caso é avaliado pelos seus próprios méritos como factores únicos para cada circunstância que precisam ser considerados.

Existem, no entanto, princípios gerais que podem ser utilizados como um guia para este processo, tal como definido nas *Secções C14.3.1, C14.3.2 e C14.3.3* o nível de significância do impacto é descrito como sendo *Negligenciável, Baixo, Moderado* ou *Alto*. Este é, contudo, reconhecido como um contínuo e, sempre que os impactos estão no limite, podem ser descritos como *baixos a moderados*, por exemplo.

Os impactos que são classificadas como sendo *altos* são aqueles que devem ter maior peso na tomada de decisão. Estes geralmente dizem respeito a paisagens terrestres ou marítimas em volta do local e vistas próximas de receptores visuais sensíveis. Os níveis *moderados* de impacto são também considerados significativos, mas são de importância progressivamente reduzida. Os impactos classificados como *baixos* ainda constituem efeitos que justificam serem levados ao conhecimento do decisor, mas considera-se que estes devem ter pouco ou nenhum peso na decisão. Os impactos *baixos* são considerados *não-significativos* e considera que não devem ter qualquer peso no processo de decisão.

C15.1 *ÂMBITO DO ESTUDO*

Foi efectuada uma análise da gestão de resíduos que envolveu basicamente uma análise documental e usou a informação sobre o Projecto fornecida pela equipa de engenharia durante a concepção pré-FEED. Quando os dados / informações sobre a produção de resíduos resultante das actividades do projecto não se encontravam disponíveis, foram efectuadas estimativas com base em projectos similares (desenvolvidos em ambientes similares) para determinar os possíveis tipos e quantidades de resíduos que podem ser produzidos.

A informação sobre a concepção final do Projecto ainda não se encontra disponível, uma vez que será desenvolvida como parte da fase FEED. Por isso, em muitos casos, o tratamento específico de resíduos/métodos de eliminação/transporte não são ainda conhecidos. Nestes casos, foram elaborados pressupostos com base nas políticas estabelecidas pelo Projecto e as recomendações foram incluídas na forma como o projecto deve gerir os vários tipos de resíduos especiais, em conformidade com os regulamentos moçambicanos aplicáveis e as orientações do IFC.

Foram implementados os seguintes passos para suportar o processo de avaliação de impactos.

- Análise dos Requisitos Regulamentares de Moçambique e Padrões Internacionais necessários, na medida em que estes afectam a gestão dos resíduos do Projecto.
- Revisão dos tipos e quantidades de resíduos previstos durante as fases de construção, operação e de desmobilização do projecto, incluindo as estimativas disponíveis para resíduos não perigosos e perigosos gerados pelos diferentes aspectos do projecto (em alto mar, em terra, próximo da costa).
- Análise e avaliação dos planos actuais para a gestão de resíduos do Projecto.
- Desenvolvimento de recomendações sobre a forma como os resíduos gerados pelas diferentes actividades do projecto devem ser geridos, de forma a minimizar os potenciais impactos ambientais e sociais.

C16 SOCIOECONOMIA

C16.1 VISÃO GERAL

O estudo socioeconómico foi realizado em cinco fases principais, utilizando uma série de métodos e instrumentos de investigação, a fim de obter uma compreensão ampla das características socioeconómicas da área de estudo. Estas fases são descritas na *Secção C16.4*.

C16.2 SELECÇÃO DO LOCAL - VISITAS PRELIMINARES E MAPEAMENTO DOS LOCAIS

Foram realizadas duas visitas preliminares durante o processo de selecção do local (entre Maio e Agosto de 2011). Durante as visitas, foi reunida informação geral sobre a Península de Afungi, mais especificamente, sobre o local do Projecto em Afungi. Foram realizadas entrevistas exploratórias com famílias na aldeia de Quitupo, as zonas de produção agrícola e vários centros de pesca localizados ao longo da costa. A visita de campo permitiu que a equipa consultora traçasse mapas de cidades e povoações circundantes, bem como centros de pesca dentro da área de 3.400ha.

C16.3 PREPARAÇÃO PARA OS LEVANTAMENTOS SOCIOECONÓMICOS

Foi realizada uma pesquisa no gabinete para preparar o estudo (documentos de campo e logística). As actividades realizadas são as descritas abaixo.

- Preparação do protocolo para o estudo: elaboração dos questionários aos Agregados Familiares, guião do Grupo Focal de Discussão com os líderes locais, homens e mulheres, bem como um guião para as entrevistas com o governo e ONGs locais.
- Identificação dos enumeradores para realizar os inquéritos aos Agregados Familiares: os elementos foram recrutados na Província de Cabo Delgado, mais especificamente na Cidade de Pemba.
- Preparação para os principais aspectos logísticos do estudo.

C16.4 VISITAS DE CAMPO, ENTREVISTAS E INQUÉRITOS

A equipa socioeconómica visitou o Distrito de Palma durante duas visitas de campo. As actividades realizadas são detalhadas a seguir.

C16.4.1 *Fase 1 do estudo socioeconómico - Novembro de 2011*

Em Novembro de 2011, a equipa visitou o Distrito de Palma e o Local do Projecto em Afungi. Os principais resultados obtidos durante esta fase incluem:

- Contratação de enumeradores para conduzir os inquéritos aos agregados familiares, formação em trabalho de campo e teste de questionários na Vila de Quiwia;
- Conclusão do trabalho de mapeamento do Local do Projecto em Afungi revisto, na sequência do mapeamento realizado durante a selecção do local;
- Realização de 140 questionários a agregados familiares;
- Foram promovidas sete reuniões de grupos focais de discussão com os líderes locais, homens e mulheres nas aldeias de Quitupo, Maganja, Nsenga e a Zona/Centro de Pesca de Milamba; e
- Entrevistas com pessoas-chave na Administração do Distrito de Palma, serviços distritais e líderes das aldeias.

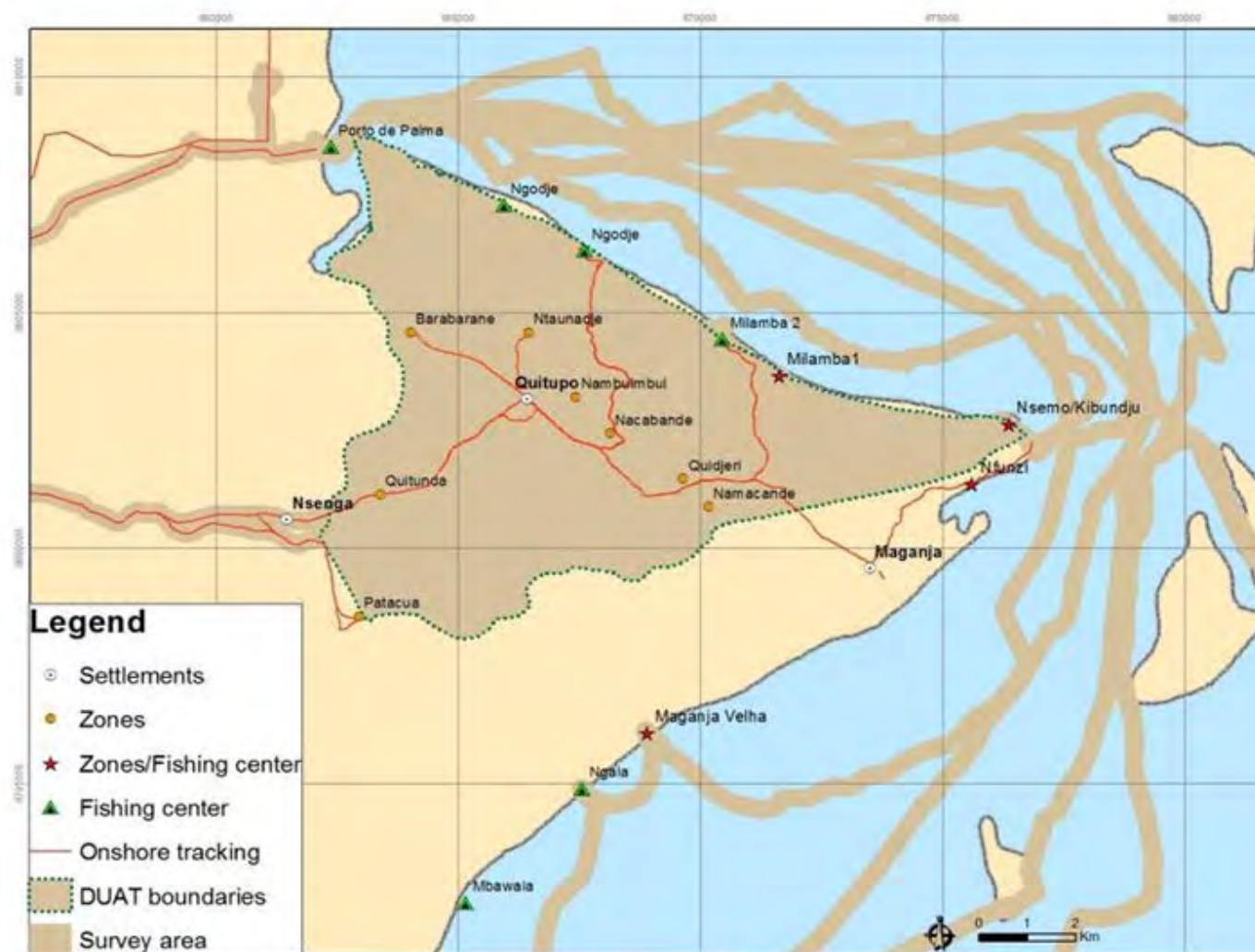
C16.4.2 *Fase 2 do Estudo Socioeconómico - Janeiro de 2012*

Esta fase do levantamento foi realizada na Cidade de Pemba e no Distrito de Palma em Janeiro de 2012. Os principais resultados obtidos durante esta fase incluem:

- Entrevistas com pessoas-chave em Pemba e Palma, com ONGs que trabalham no Distrito de Palma;
- Entrevistas adicionais com pessoas-chave na Administração do Distrito de Palma e serviços distritais;
- Entrevistas com pescadores nos principais centros de pesca dentro do Local do Projecto em Afungi e noutros locais na Localidade de Mute;
- Mapeamento das principais aldeias na localidade de Mute; e
- Mapeamento das principais áreas de pesca no litoral perto de Palma, no Local do Projecto em Afungi e os centros de pesca na Localidade de Mute, como relatado pelos pescadores.

Figura 16.1 mostra os percursos da equipa de campo, em terra e alto mar, em Novembro de 2011 e Janeiro de 2012.

Figura 16.1 Percursos da Equipa de Campo Socioeconómica, Novembro 2011 e Janeiro de 2012



C16.5 *PREPARAÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA SOCIAL E AVALIAÇÃO DO IMPACTO*

Durante esta fase do estudo socioeconómico, as principais actividades desenvolvidas incluíram o seguinte:

- Elaboração de uma base de dados dos questionários;
- Limpeza e análise dos dados dos questionários;
- Análise dos relatórios das reuniões dos grupos de discussão;
- Análise dos relatórios e dados estatísticos dos principais sectores económicos (turismo, pesca, agricultura) da Província de Cabo Delgado e do Distrito Palma; e
- Elaboração do Relatório.

C16.6 *INSTRUMENTOS DE RECOLHA DE DADOS*

Foram usadas diversas ferramentas de recolha de dados, sendo os objectivos de cada uma delas discutidos em seguida.

C16.6.1 *Questionário aos Agregados Familiares (AFs)*

Os questionários foram aplicados em 140 AFs em três aldeias e duas zonas de assentamento populacional, com o objectivo de recolher informações sobre a composição dos agregados familiares, suas características sócio-demográficas, principais infra-estruturas de que é proprietário, o uso de recursos naturais, as principais estratégias de sobrevivência e desenvolvimento, bem como as suas percepções e expectativas relativamente ao projecto.

C16.6.2 *Grupos de Focais de Discussão (FGD)*

Os Grupos Focais de Discussão foram realizados com homens, mulheres e líderes locais, a fim de obter um conhecimento mais detalhado e qualitativo dos receptores socioeconómicos e questões da comunidade, tais como o acesso à terra, o uso de recursos naturais, as estratégias de sobrevivência do agregado familiar, as práticas culturais locais e tradições, a história local, assim como as expectativas relativamente ao projecto.

C16.6.3 *Entrevistas Semi-Estruturadas a Pessoas-Chave*

Foram realizadas entrevistas aos membros do governo local, tais como o Administrador, o Secretário Permanente, os Chefes dos Serviços Distritais, os Líderes Locais das Aldeias e os Pescadores. Isto foi feito para recolher dados sobre as entidades oficiais e a área de estudo.

Seleção da amostra

Houve uma falta de dados populacionais fiáveis na área, uma vez que o Instituto Nacional de Estatística (INE) e a Administração do Distrito foram incapazes de fornecer dados ao nível de aldeia. Para seleccionar as aldeias onde conduzir entrevistas, foi efectuada uma amostragem por aglomerados (*clusters*), com base no conhecimento da área e dos vários subgrupos. Os aglomerados seleccionados são os descritos abaixo.

- *Aldeia de Quitupo*: O principal assentamento no Local do Projecto em Afungi.
- *Arredores de Quitupo*: assentamentos espalhados localizados nas "zonas de produção", que são dotadas de uma mistura de residentes permanentes e sazonais.
- *Zona Costeira*: assentamentos situados ao longo da costa no Local do Projecto em Afungi (i.e. Ngodje, Milamba 1 e 2 e N'semo / Quibundju).
- *Aldeia de Senga*: uma aldeia situada mesmo nos limites do Local do Projecto em Afungi, cujos moradores usam áreas agrícolas e costeiras dentro do Local do Projecto em Afungi.
- *Aldeia de Maganja*: uma aldeia importante localizada perto do limite do Local do Projecto em Afungi; a sua população pode usar as áreas agrícolas e costeiras no Local do Projecto em Afungi.

A selecção de agregados familiares dentro de cada aldeia amostrada foi efectuada usando um método de amostragem sistemático. Com base na densidade das casas, em cada local de amostragem/aglomerado⁽¹⁾, foi calculado um intervalo de amostragem apropriado. As equipas de campo aplicaram este intervalo ao seleccionar os agregados familiares.

Tamanho da Amostra

A amostra foi constituída por 140 agregados familiares (cerca de 14 por cento de todos os agregados familiares na área). O número de famílias entrevistadas em cada uma das localidades é mostrado na *Tabela 16.1*

(1) Ao chegar a uma aldeia ou assentamento, o consultor e outros enumeradores efectuavam o mapeamento da aldeia em conjunto com os líderes locais, seleccionando os endereços a seguir e utilizando um intervalo de selecção sistemático com base na densidade das casas.

Tabela 16.1 *Número de questionários aplicados aos locais seleccionados para a amostragem*

Local onde o levantamento foi realizado	Nº de questionários
Aldeia de Quitupo	52
Arredores de Quitupo	16
Zona Costeira	22
Senga	20
Maganja	30
Total	140

C17.1 METODOLOGIA AIS

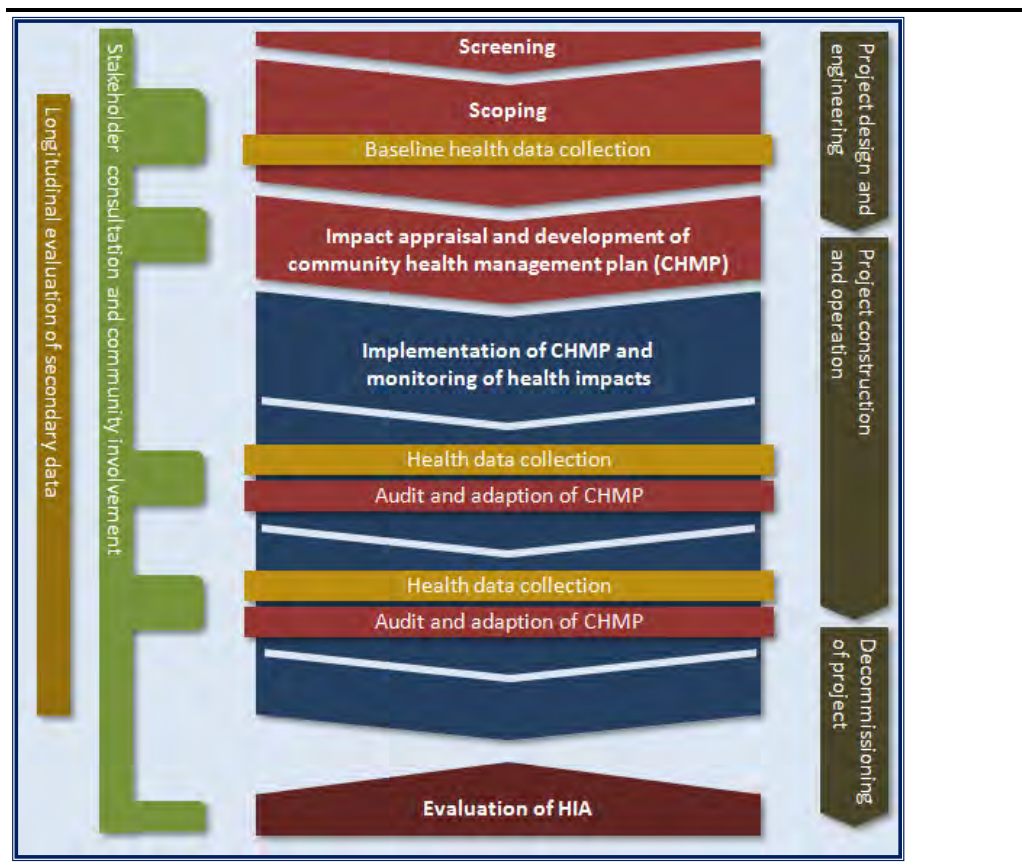
Para garantir a conformidade com os padrões de desempenho da IFC, foi seguida a metodologia descrita no GPN para AIS da IFC. Os principais elementos do GPN são discutidos de forma resumida, de modo a que o âmbito e a metodologia do processo de AIS seja compreendido.

É importante que seja feita uma distinção entre AIS e Avaliação do Risco para a Saúde (HRA). O HRA está relacionado com a identificação de perigos e riscos para a população activa, que dizem respeito à saúde e segurança ocupacional e projecto de engenharia. Geralmente, o HRA opera "dentro da vedação", enquanto o AIS opera "fora da vedação". No entanto, existem sobreposições claras, com o AIS a assumir muitas vezes uma posição central, uma vez que as actividades de trabalho podem afectar a saúde da comunidade e as necessidades de saúde da comunidade ou os encargos com a doença podem afectar a saúde no local de trabalho. Assim, é importante que estas avaliações não sejam focadas em elementos individuais, mas sim integradas, no sentido de apoiar um plano estratégico global para o Projecto.

C17.1.1 *Forma e Natureza da Avaliação do Impacto na Saúde*

Figura 17.1 mostra o enquadramento usado para a AIS e que segue um processo de seis etapas, baseado numa abordagem semelhante à adoptada em estudos de impacto ambiental e social (EIAS). Esta abordagem tem sido usada para integrar eficazmente a componente da saúde nas avaliações de impactos ambientais, sociais e de saúde (processo EIASS) e no desenvolvimento da SEMP para o Projecto.

Figura 17.1 Fluxograma de AIS



As AISs são geralmente divididos em três níveis principais, conforme descrito na Tabela 17.1. Estes níveis, de forma geral, consideram o seguinte; (i) o alcance e a magnitude dos impactos potenciais para a saúde; (ii) a sensibilidade social das comunidades potencialmente afectadas e (iii) a definição do projecto e das suas áreas de influência (pegada do projecto) que pode incluir impactos directos e indirectos. As diferentes fases do projecto também precisam de ser consideradas na análise de impactos.

Tabela 17.1 Níveis de AIS

Nível de AIS	Características
Análise documental / Definição do âmbito AIS	<ul style="list-style-type: none"> • Fornece uma visão geral dos possíveis impactos para a saúde. • Análise dos dados existentes e acessíveis. • Sem recolha de dados de levantamento específicos do novo projecto.
Avaliação sumária AIS	<ul style="list-style-type: none"> • Análise dos dados existentes. • Partes interessadas e análise dos informantes--chave. • Sem recolha de dados de levantamento específicos do novo projecto.
AIS detalhado	<ul style="list-style-type: none"> • Fornece uma avaliação abrangente dos potenciais impactos potenciais na saúde. • Definição robusta dos impactos. • Recolha de dados de pesquisa específicos para o novo projecto • Abordagens participativas envolvendo as partes interessadas e informantes--chave.

O método preferido para suportar o Projecto foi uma avaliação sumária de AIS, uma vez que, por definição, não foram recolhidos novos dados quantitativos primários.

C17.1.2 *Áreas de Saúde Ambiental*

A metodologia da IFC usa 12 áreas de saúde ambiental (ASA) para apoiar a análise sistemática dos aspectos de saúde. Estas estão resumidas na *Tabela 17.2*. O conjunto de ASAs fornece uma ligação entre actividades relacionadas com o projecto e os potenciais impactos positivos ou negativos a nível da comunidade e incorpora uma variedade de determinantes biomédicas e sociais para a saúde (abordagem redutora). Nesta análise integrada, são identificadas as condições ambientais e sociais transversais que contêm componentes de saúde significativos em vez de uma AIS que incide essencialmente em considerações específicas da doença. Embora algumas ASA possam não ser relevantes para um determinado projecto, é importante analisar sistematicamente o potencial de impactos relacionados com o projecto (positivo, negativo ou neutro) através das várias ASAs.

Tabela 17.2 Áreas de Saúde Ambiental

Áreas de Saúde Ambiental	
1	Doenças contagiosas associadas às precárias condições ambientais e socioeconómicas, habitação e ocupação - transmissão de doenças contagiosas (por exemplo, infecções respiratórias agudas, pneumonia, tuberculose, meningite, peste, lepra, etc.) que podem ser associadas a concepção inadequada das habitações, inflação dos preços das habitações e ocupação excessiva das habitações. Também considera a poluição do ar interior relacionada com a utilização de combustíveis lenhosos.
2	Doenças relacionadas com um vector - Mosquito, mosca, carraças, piolhos e doenças relacionadas (por exemplo, malária, dengue, febre amarela, filariose linfática, febre do vale do Rift, a tripanossomíase humana Africana, a oncocercose, etc.)
3	Doenças relacionadas com o solo, água e resíduos - Doenças que são transmitidas directamente ou indirectamente por meio de água contaminada, solo ou resíduos não perigosos (por exemplo, doenças diarreicas, esquistossomose, hepatite A e E, poliomielite, helmintíases transmitidas pelo solo, etc.) .
4	Infecções sexualmente transmissíveis, incluindo o HIV/SIDA - Infecções sexualmente transmissíveis, como sífilis, gonorreia, clamídia, hepatite B e, o mais importante, o HIV/SIDA. As implicações da tuberculose serão discutidas quando relevantes para o HIV, mas muitas vezes ligadas à ASA1.
5	Assuntos relacionados com a alimentação e nutrição - efeitos adversos à saúde, como anemia, desnutrição ou deficiências de micronutrientes, devido, por exemplo, a mudanças nas práticas agrícolas e de subsistência, ou inflação do preço dos alimentos; gastroenterite, trematodiasis de origem alimentar, etc. Também se consideram os comportamentos e práticas alimentares. O acesso à terra desempenha um papel importante no desenvolvimento de contextos da agricultura de subsistência
6	Doenças não-contagiosas - doenças cardiovasculares, cancro, diabetes, obesidade, etc.
7	Acidentes / lesões - o tráfego rodoviário ou acidentes de trabalho e lesões (domésticas e relacionadas com o projecto); afogamento.
8	Medicina veterinária e doenças animais - doenças que afectam os animais (por exemplo, tuberculose bovina, varíola suína, gripe aviária) ou que pode ser transmitida do animal para o humano (raiva, por exemplo, brucelose, febre do vale do Rift, febre de Lassa, leptospirose, etc.)

Áreas de Saúde Ambiental

- 9 A exposição a materiais potencialmente perigosos, ruídos e maus odores - Este considera os determinantes de saúde ambiental ligados ao projecto e actividades relacionadas. Água, ruído e poluição do ar (interior e exterior), bem como os impactos visuais serão considerados nesta categoria biofísica. Também pode incluir a exposição a metais pesados e substâncias químicas perigosas e outros compostos, solventes ou derrames e libertações do tráfego rodoviário e exposição a maus-odores. Há uma sobreposição significativa na avaliação de impacto ambiental nesta secção.
 - 10 Determinantes sociais da saúde - incluindo stress psicossocial (devido ao reassentamento, por exemplo, a crise, a superlotação política ou económica), saúde mental, depressão, questões de género, violência doméstica baseada no género, suicídio, conflitos étnicos, preocupações de segurança, abuso de substâncias (drogas, álcool, fumantes), planeamento familiar, comportamentos e hábitos de saúde, etc. Há uma sobreposição significativa na avaliação de impacto social nesta secção.
 - 11 Práticas de saúde culturais - Papel dos médicos tradicionais, medicamentos indígenas e práticas de saúde culturais únicas.
 - 12 Serviços de saúde, infra-estruturas e capacidade - infra-estrutura de saúde física (por exemplo, os níveis de capacidade, equipamento, pessoal e competências, planos de desenvolvimento futuros) e a capacidade institucional no serviço de saúde.
 - 13 Sistemas e Programas de Gestão - de coordenação e alinhamento do projecto com os actuais programas de saúde nível nacional e provincial, (por exemplo, tuberculose, HIV / AIDS, a malária), e os planos de desenvolvimento futuro.
-

C17.1.3

Perfil da Comunidade

Para identificar e quantificar os potenciais impactos na saúde é necessário traçar um perfil rigoroso da população e é importante distinguir as diferenças de exposição e susceptibilidade. Assim, além de um perfil demográfico da população em situação de risco e da identificação dos grupos mais vulneráveis, é fundamental compreender como as actividades de desenvolvimento, construção e operação são susceptíveis de causar impacto a nível doméstico, individual e da comunidade.

Os aspectos-chave, quando se considera o potencial de influência do projecto para as comunidades potencialmente afectadas (PACs), é a via de exposição para a saúde, que considera os seguintes elementos fundamentais:

- há um perigo;
- quem ou o quê pode ser exposto a este perigo;
- o modo (ar, água, alimentos, vectores, determinantes sociais etc.) e via de exposição (inalação, ingestão, transmitidas por vectores, doenças sexualmente transmissíveis, etc.);
- qual é o risco de exposição, com base numa probabilidade e análise das consequências (magnitude, duração e extensão) - a fase de avaliação e modelação do impacto; e
- quão sensível ou vulnerável é o receptor ao potencial perigo ou impacto.

Como parte da análise, a população relevante é estratificada em PACs. Um PAC é uma comunidade definida dentro de um limite geográfico, onde os impactos do projecto relacionados com a saúde têm uma probabilidade razoável de ocorrer. Os PACs são inerentemente prospectivos e simplesmente representam a experiência profissional, com a ressalva de que estes possam

mudar ao longo do tempo. Os resultados das avaliações sociais e económicas, planos de reassentamento e planos de gestão da afluência precisam de ser cuidadosamente actualizados, uma vez que isto permite uma ligação entre os PACs e os principais determinantes demográficos, tais como a estrutura etária e os números da população.

As estratégias de mitigação também podem exigir considerações específicas para os diferentes PACs. Por um lado, nem todos os ASAs podem ter interesse na mitigação nos PACs individuais. Por outro lado, pode ser recomendável uma análise de risco independente para um PAC em resultado de uma susceptibilidade particular a um impacto de saúde específico.

C17.1.4 *Avaliação do Risco e Categorização do Impacto*

Este processo analisa, modela e classifica os impactos potenciais associados ao Projecto e a sua potencial influência sobre os PACs através das diferentes fases do ciclo de vida do projecto. Inclui a análise dos potenciais impactos negativos e as medidas de gestão, mas também a discussão de potenciais impactos positivos e medidas para os melhorar. Isto é baseado nas provas apresentadas na descrição da situação de referência de saúde, nas actividades do projecto e nas informações obtidas a partir do processo de EIASS e nos relatórios de outros especialistas / estudos disponíveis.

Para a modelação de impactos foi seguido um modelo de avaliação padronizada de risco que inclui:

- A identificação de problemas de saúde nos locais onde as actividades do projecto poderão ter impacto sobre um conjunto de receptores;
- Uma previsão do que pode acontecer com os PACs e o ambiente como resultado das actividades directas e indirectas do projecto, definição/avaliação do impacto. O princípio da precaução foi adoptado na análise e modelação da definição de impacto;
- A avaliação do impacto, que considera a importância dos impactos de saúde, baseada em consequências e modelação de probabilidades. Esta classificação inicial considera os riscos na situação de referência (situação de alternativa zero/estado de saúde actual das comunidades, ou as necessidades de saúde existentes) e os impactos relacionados com o projecto sem mitigação; e os riscos residuais consideram a importância dos riscos após a implementação bem-sucedida das medidas de mitigação.

A avaliação da significância dos impactos também vai ter em conta a confiança / desconfiança da avaliação. Isso ocorrerá para os riscos inerentes e residuais com as seguintes considerações:

- A análise da incerteza na avaliação dos riscos inerentes apresentará a confiança do avaliador na determinação do potencial dos impactos a ocorrer com base na evidência existente; e

- A análise da incerteza na avaliação dos riscos residuais apresentará a confiança do avaliador para determinar a probabilidade de as medidas de mitigação, se devidamente aplicadas, terem sucesso, bem como a facilidade e exequibilidade de implementação das medidas de mitigação propostas e o potencial para que possam ser efectivamente continuadas.

C17.1.5 *Impactos Directos Versus Indirectos*

Há duas categorizações gerais dos efeitos do impacto, a saber, (i) directo e (ii) indirecto. Um efeito directo (primário) demonstra uma relação de causa e efeito específica. Um efeito indirecto é um produto secundário de uma interacção entre diversas variáveis, e pode ser uma consequência de um efeito directo.

Os efeitos indirectos são muitas vezes de importância igual ou maior do que os impactos mais directos obviamente observáveis. A AIS analisa ambos os potenciais efeitos, directos e indirectos.

Teoricamente, existe praticamente um número ilimitado de efeitos indirectos hipotéticos; a fim de gerir a situação, a abordagem considerada é a seguinte:

- Será definido um conjunto da maioria dos efeitos indirectos prováveis, com base em experiências relevantes adquiridas em projectos semelhantes; e
- Será desenvolvido um sistema de avaliação e controlo suficientemente robusto num CHMP, de forma a que seja possível detectar precocemente os efeitos indirectos significativos.

C17.1.6 *Impactos Cumulativos*

Neste AIS, os impactos cumulativos serão considerados, mas apenas de forma qualitativa, uma vez que não há uma definição formal acordada para impactos cumulativos numa perspectiva de AIS. Para os fins do presente AIS, considera-se que os impactos cumulativos são resultado de várias causas e vectores e podem surgir num receptor humano, em qualquer escala.

C17.1.7 *Gestão e Mitigação*

Avaliação do Impacto e Mitigação

Como parte da categorização e avaliação do impacto, é geralmente proposta uma série de medidas de mitigação/gestão. A mitigação refere-se a medidas para evitar, minimizar ou eliminar um efeito adverso ou maximizar um potencial benefício. Apesar da mitigação ser apresentada como a fase final da AIS, deve ser vista como um processo contínuo, começando com a concepção do projecto e só terminando quando os impactos das operações do projecto e desmobilização final estiverem concluídos.

As recomendações para a mitigação/gestão focar-se-ão na identificação de medidas que podem ser tomadas para reduzir os impactos potenciais com os mínimos recursos possíveis (ALARP), tanto técnicos como financeiros. Estes geralmente são apresentados com base numa hierarquia de controlos, tendo sempre que possível a prevenção como prioridade, tal como apresentado na lista seguinte (em ordem de importância):

- evitar na fonte - remover a fonte de impacto;
- diminuir na fonte - reduzir a fonte de impacto;
- atenuar - reduzir o impacto entre a fonte e o receptor;
- diminuir no receptor - reduzir o impacto sobre o receptor;
- remediar - reparar os danos depois que ocorreram; e
- compensar - substituir um recurso perdido ou danificado por um semelhante ou um recurso diferente de igual valor.

As medidas acima descritas promovem o aconselhamento numa fase de pré-execução do projecto, que podem ser incorporados na fase de *design* e apoiar o uso da AIS como um instrumento de decisão. Isto pode incluir uma série de alternativas, como por exemplo a localização de uma infra-estrutura específica do projecto, a selecção de equipamentos, prioridades de desenvolvimento social, etc. É mais fácil propor mudanças no início em vez de promover alterações difíceis e dispendiosas com carácter retroactivo.

Para os objectivos do projecto, as medidas de mitigação foram divididas em três categorias com base no foco da intervenção, a saber:

- Mitigação dos impactos do projecto: As intervenções necessárias para mitigar os impactos de saúde futuros do projecto nas comunidades. Estes são requeridos pelo projecto e não são contribuições voluntárias. O princípio da precaução será aplicado aquando da sua análise. Em geral, estes são também requisitos regulamentares.
- Segurança e Saúde Ocupacional: As intervenções destinadas a assegurar uma mão-de-obra saudável, segura e produtiva. Além disso, considera os aspectos que podem ser controlados ao nível da mão-de-obra para evitar impactos sobre a saúde da comunidade.
- Investimentos estratégicos da comunidade: As intervenções sugerem que o estado de saúde actual das comunidades irá melhorar. Estas melhorias podem existir na forma de compromissos negociados e efectuados pelos proponentes do projecto, bem como na forma de benefícios extensivos que devem trazer benefícios para a saúde e melhorar a licença social para operar nas comunidades. Também deve promover a sustentabilidade do projecto se desenvolvido com base em princípios de sustentabilidade.

A AIS actual terá um foco limitado sobre esses investimentos estratégicos da comunidade, uma vez que se prevê que estes serão desenvolvidos como parte de um quadro de gestão de desenvolvimento comunitário, que fica fora do

alcance da actual AIS. É, contudo, de notar que muitas vezes há uma sobreposição entre as medidas de mitigação necessárias e benefícios extensivos, que são geralmente baseados em compromissos negociados para maximizar os potenciais benefícios para a saúde nas comunidades afectadas.

As medidas de gestão e mitigação propostas no estudo de impacto farão parte do quadro de PGAS.

C17.1.8 *Consulta Pública das Partes Interessadas*

O envolvimento e consulta das partes interessadas é um elemento crucial do processo de AIS. A consulta das partes interessadas numa avaliação de impacto melhora a qualidade e a relevância dos resultados, fornecendo perspectivas sobre os prováveis impactos positivos e negativos na saúde, tanto a partir da experiência das partes interessadas no local, bem como das suas experiências de outros projectos. As partes interessadas podem informar o Projecto sobre o que valorizam, bem como recomendar e estabelecer parcerias na implementação das formas mais aceitáveis de mitigar, melhorar e monitorizar os potenciais impactos do projecto na saúde e bem-estar.

C18 ARQUEOLOGIA

C18.1 VISÃO GERAL

O estudo foi baseado em estudos de gabinete e de investigação de campo, realizados em Outubro de 2011, como se descreve em seguida.

C18.1.1 *Estudo de Gabinete*

Procedeu-se a uma análise documental para recolher, analisar e comparar dados secundários existentes e informações para conhecer o património arqueológico e cultural de toda a região. O estudo da área de trabalho também incluiu discussões com informantes locais e investigação na Área de Estudo sobre:

- A lista de monumentos declarados protegidos pelo Conselho Nacional de Património Cultural (CNPC).
- A lista dos locais com património cultural identificado pelo CNPC ou pelo Departamento de Arqueologia e Antropologia da Universidade Eduardo Mondlane (UEM).
- As publicações sobre locais históricos, arquitectónicos, antropológicos, arqueológicos e outros estudos culturais.
- Qualquer investigação arqueológica não-publicada e relatórios de escavação mantidos pelo CNPC.
- Os registos fotográficos aéreos e cartográficos da Direcção Nacional de Geografia e Cadastro (DINAGECA).
- A informação Geotécnica existente.

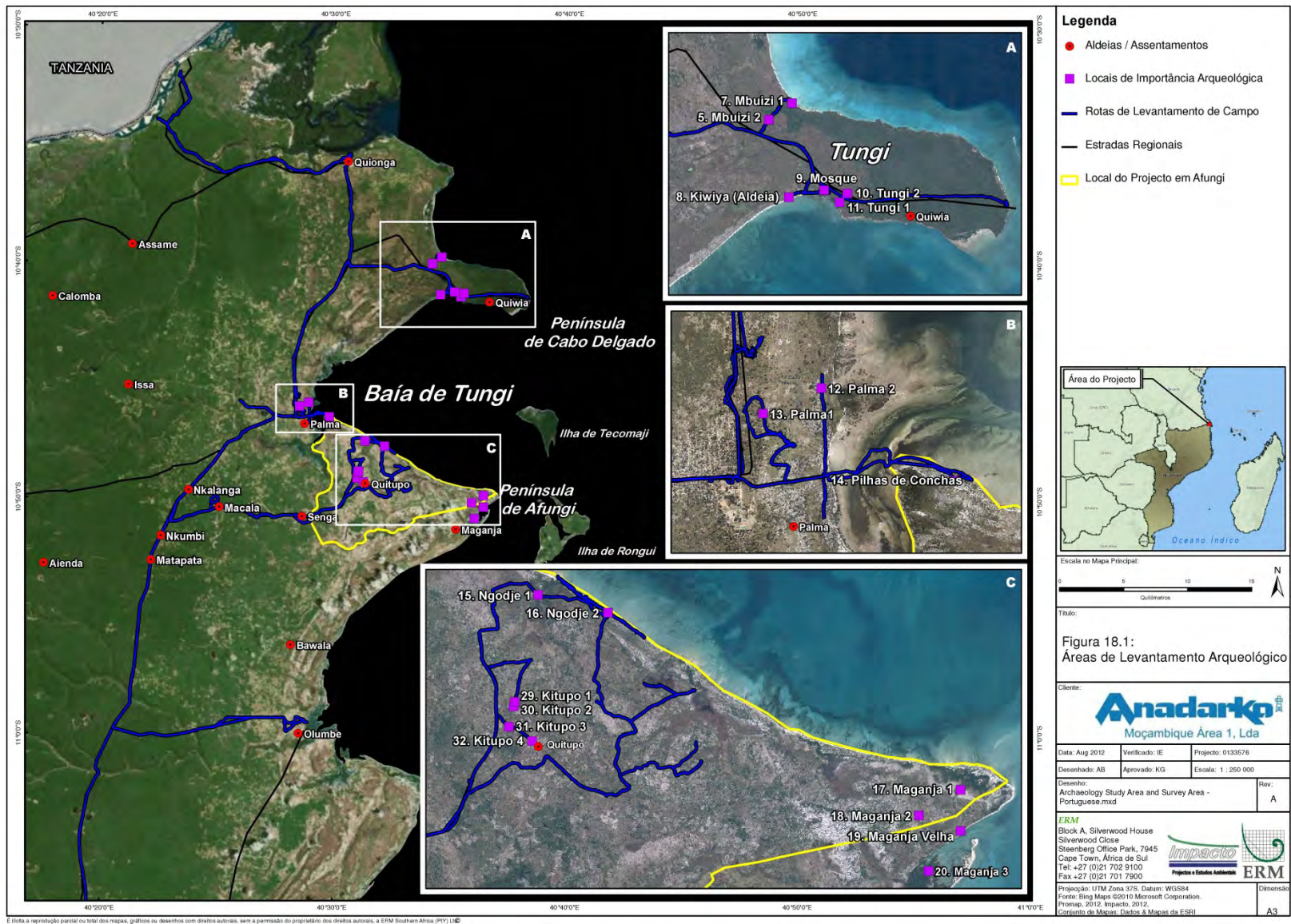
Foram ainda estabelecidas conversações com informantes locais.

C18.1.2 *Investigações de Campo*

O levantamento de campo sistemático da Área de Estudo foi realizado pelo arqueólogo Prof. Leonardo Adamowicz e um assistente de campo (Ercídio JJ Nhatule), entre 20 e 30 de Outubro de 2011.

O levantamento de campo focou-se na Península de Afungi, em torno da Vila de Palma e dentro da Península de Cabo Delgado. Como mostrado na *Figura 18.1*, estas áreas podem ser potencialmente afectadas directa ou indirectamente pelo Projecto. Além disso, as áreas de Quionga para o Rio Rovuma e Olumbi no sul foram também incluídas na investigação, a fim de determinar a importância do património arqueológico e histórico nestas áreas.

Figura 18.1 Área do Estudo Arqueológico e Área de Levantamento



De notar que alguns locais, particularmente os da área Maganja da Península Afungi, foram examinados em detalhe e registados durante um estudo anterior em 2008 ⁽¹⁾.

Durante a pesquisa de campo realizada para o Projecto de GNL, foram realizadas as seguintes tarefas:

- Identificação de locais com património arqueológico e cultural.
- Mapeamento, localização e classificação dos locais com património arqueológico e histórico da região.
- Descrição detalhada do ambiente arqueológico e histórico.
- Identificação de estruturas e artefactos de valor arqueológico e histórico com locais geo-referenciados ⁽²⁾.

Todas as informações e material recolhido foram documentados e registados (por exemplo, cacos de cerâmica e conchas) em fichas de inventário específicas do local. Nestas fichas foi registado o seguinte:

- Descrição de cada local e ambiente na envolvente imediata; desenho técnico dos limites e configuração do local, geo-referenciamentos fotográficos, cartográficos e de GPS (também registando a marca e modelo do aparelho e a margem de erro).
- Organização dos registos fotográficos de acordo com a ocorrência a que pertencem e a envolvente.

Os vestígios arqueológicos de cada recolha foram separados e embalados de acordo com o tipo de matéria-prima para análise.

Foi realizada uma pesquisa de superfície exclusiva e controlada, sempre que existia informação suficiente sobre uma área para tirar conclusões sólidas e defensáveis e julgamentos sobre onde os locais património podem e não podem estar situados; esta incluiu uma inspecção do terreno à superfície, sempre que o piso era visível, sem qualquer tentativa de limpar a vegetação, matéria orgânica morta, folhas ou outro material que possa cobrir a superfície e sem qualquer tentativa de observar sob a superfície para além da inspecção das tocas de roedores, margens de corte e outras áreas expostas que se observam.

(1) Realizada em conjunto com a Liga de Escuteiros de Moçambique (LEMO), em colaboração com a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) e do ICOMOS (Conselho Internacional de Monumentos e Sítios).

(2) Alguns locais, particularmente aqueles na área de Maganja, foram registados na visita anterior do autor no quadro do projecto ICOMOS / UNESCO / LEMO em 2008. O levantamento foi feito pelo Círculo de Interesse de Património Cultural da Liga de Escuteiros de Moçambique pouco antes, patrocinado pelo acampamento da UNESCO na Ilha do Ibo, em 2008. Outros locais foram registados durante a viagem de Palma a Pemba. A maioria dos locais registados eram lugares sagrados.

Não foram realizadas escavações ou amostragem extensa, uma vez que é necessária uma autorização do Conselho Nacional do Património Cultural para perturbar um recurso cultural. O valor e a importância dos recursos patrimoniais foram avaliados como definido na Lei de Protecção de Património 10/88 e os critérios descritos abaixo. O património cultural foi avaliado de acordo com as regras estabelecidas pelo Departamento de Arqueologia e Antropologia da Universidade Eduardo Mondlane (UEM) e incluiu:

- Um inventário completo dos locais arqueológicos, edifícios históricos e estruturas dentro da área do projecto proposto, que incluem:
 - todos os locais de interesse arqueológico;
 - todos os edifícios e estruturas pré-1950;
 - edifícios e estruturas de alto significado e interesse arquitectónico e histórico após 1950; e
 - características da paisagem, incluindo locais de acontecimentos históricos, ou fornecendo um registo histórico significativo ou uma configuração para os edifícios ou monumentos de importância arquitectónica ou arqueológica, padrões de campo históricos, trilhos e lagos com peixes e elementos culturais, como lugares sagrados e sepulturas.

- Identificação dos impactos directos e indirectos sobre o local do património cultural na fase de planeamento, a fim de evitar quaisquer efeitos negativos.

Foram consultadas diversas bases de dados provinciais, incluindo fontes históricas, arqueológicas e geológicas e foi feita uma revisão limitada de bibliografia.