



Relatório Técnico [rev.00]

## Modelagem de Cascalho e Fluido Aderido

Bacia do Ceará

---

Preparado para: Chevron

Preparado por: Ana Boechat

André Santi

Marcelo Cabral

10 de setembro de 2015

### **Prooceano**

Av. Rio Branco, 311/1205 – Centro

CEP 20.0040-009 – Rio de Janeiro – RJ

Tel./Fax + 55 21 2532.5666

[www.prooceano.com.br](http://www.prooceano.com.br)

## Controle de revisão

---

### Revisão nº 01

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

### Revisão nº 02

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

### Revisão nº 03

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

### Revisão nº 04

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

### Revisão nº 05

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

## Sumário

---

<b>1. Introdução .....</b>	<b>25</b>
1.1. Descrição da Atividade .....	25
<b>2. Metodologia.....</b>	<b>29</b>
2.1. Modelo de Dispersão .....	29
2.2. Estratégias de Modelagem .....	37
2.3. Forçantes .....	55
<b>3. Resultados .....</b>	<b>67</b>
3.1. Resultados Probabilísticos.....	69
3.1. Resultados Determinísticos .....	125
<b>4. Conclusão .....</b>	<b>211</b>
<b>5. Bibliografia.....</b>	<b>214</b>

## Índice das imagens

Figura 1: Localização dos pontos de descarte selecionados para realização da modelagem (ponto A e ponto B), situados no Bloco CE-M-715, em vermelho. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	26
Figura 2: Representação esquemática das três fases descritas pelo efluente. Modificado de Brandsma & Smith (1999).....	29
Figura 3: Fluxograma representativo do algoritmo do modelo DREAM. Adaptado de Reed & Hetland (2002). ....	32
Figura 4: Representação esquemática do cálculo da probabilidade de presença do constituinte a partir de $n$ casos determinísticos. ....	48
Figura 5: Número de simulações realizadas por período do ano. Cada barra colorida reflete uma simulação distinta com duração de 34 dias (tempo total de simulação). Em laranja, são apresentadas as 25 simulações determinísticas realizadas para o verão (outubro a março) e, em azul, as 31 simulações determinísticas realizadas para o inverno (abril a setembro)   Projeto SBM.....	50
Figura 6: Número de simulações realizadas por período do ano. Cada barra colorida reflete uma simulação distinta com duração de 38 dias (tempo total de simulação). Em laranja, são apresentadas as 24 simulações determinísticas realizadas para o verão (outubro a março) e, em azul, as 30 simulações determinísticas realizadas para o inverno (abril a setembro)   Projeto SBM.....	51
Figura 7: Domínios das grades utilizadas na modelagem para a pilha de deposição (em verde); e para a pluma de sólidos em suspensão (em azul)   Poço Pinguim. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	54
Figura 8: Domínios das grades utilizadas na modelagem para a pilha de deposição (em verde); e para a pluma de sólidos em suspensão (em azul)   Poço Gaivota. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	54
Figura 9: Localização do ponto de grade do ROMS mais próximos a cada ponto de descarte.	56
Figura 10: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e de fundo, para o período representativo do cenário de verão (outubro a março), do ponto de grade do ROMS mais próximo ao poço Pinguim (Ponto A).....	57
Figura 11: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e de fundo, para o período representativo do cenário de inverno (abril a setembro), do ponto de grade do ROMS mais próximo ao poço Pinguim (Ponto A).....	58

Figura 12: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e de fundo para o período representativo do cenário de verão (outubro a março), do ponto de grade do ROMS mais próximo ao poço Gaivota (Ponto B) .....	59
Figura 13: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e de fundo, para o período representativo do cenário de inverno (abril a setembro), do ponto de grade do ROMS mais próximo ao poço Gaivota (Ponto B) .....	60
Figura 14: Localização do ponto de grade do MyOcean mais próximo aos poços Pinguim e Gaivota.....	62
Figura 15: Perfis médios de temperatura e salinidade para o ponto do MyOcean mais próximo ao poço Pinguim (Ponto A).....	63
Figura 16: Perfis médios de temperatura e salinidade para o ponto do MyOcean mais próximo ao poço Gaivota (Ponto B).....	63
Figura 17: Localização do ponto de grade do NCEP mais próximo aos poços Pinguim e Gaivota.....	65
Figura 18: Histogramas direcionais para os ventos de cada cenário sazonal escolhido no ponto de grade do NCEP mais próximos aos poços Pinguim e Gaivota.....	66
Figura 19: Fluxograma de apresentação dos resultados.....	68
Figura 20: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	70
Figura 21: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	71
Figura 22: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	72
Figura 23: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	73
Figura 24: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	75

Figura 25: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	76
Figura 26: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	77
Figura 27: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	78
Figura 28: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	80
Figura 29: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	82
Figura 30: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	84
Figura 31: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	85
Figura 32: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	86
Figura 33: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	87
Figura 34: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	89
Figura 35: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	90

Figura 36: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	91
Figura 37: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). ....	92
Figura 38: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). ....	94
Figura 39: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). ....	96
Figura 40: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	98
Figura 41: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). ....	99
Figura 42: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	100
Figura 43: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). ....	101
Figura 44: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	103
Figura 45: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). ....	104
Figura 46: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	105

Figura 47: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	106
Figura 48: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	108
Figura 49: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	110
Figura 50: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	112
Figura 51: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	113
Figura 52: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	114
Figura 53: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	115
Figura 54: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	117
Figura 55: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	118
Figura 56: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	119
Figura 57: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	120



Figura 58: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	122
Figura 59: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	124
Figura 60: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM.....	127
Figura 61: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de distância máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM.....	128
Figura 62: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM.....	129
Figura 63: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de distância máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM.....	130
Figura 64: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ....	131
Figura 65: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de distância máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ....	132
Figura 66: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ....	133
Figura 67: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de distância máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ....	134
Figura 68: Pilha resultante da integração das seções sem <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	135

Figura 69: Pilha resultante da integração das seções com <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	136
Figura 70: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	137
Figura 71: Pilha resultante da integração das seções sem <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	139
Figura 72: Pilha resultante da integração das seções com <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	140
Figura 73: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	141
Figura 74: Concentração máxima de sólidos na coluna d’água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,4 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	143
Figura 75: Concentração máxima de sólidos na coluna d’água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 0,57 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	144
Figura 76: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d’água após 2 dias do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	146
Figura 77: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d’água após 11 dias e 16 h do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	147
Figura 78: Concentração máxima de sólidos na coluna d’água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,3 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	149

Figura 79: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 0,59 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	150
Figura 80: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias do início do descarte (seções sem <i>riser</i> , descarte no fundo): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	151
Figura 81: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 10 dias e 12 h do início do descarte (seções com <i>riser</i> , descarte em superfície): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	152
Figura 82: Pilha resultante da integração das seções sem <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	154
Figura 83: Pilha resultante da integração das seções com <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	155
Figura 84: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	156
Figura 85: Pilha resultante da integração das seções sem <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	158
Figura 86: Pilha resultante da integração das seções com <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	159
Figura 87: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	160
Figura 88: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,4 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	162

Figura 89: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 16,8 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	163
Figura 90: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	165
Figura 91: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 33 dias e 4 horas do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	166
Figura 92: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,4 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	168
Figura 93: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 15,1 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	169
Figura 94: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias do início do descarte (seções sem <i>riser</i> , descarte no fundo): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	170
Figura 95: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 33 dias e 4 horas do início do descarte (seções com <i>riser</i> , descarte em superfície): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	171
Figura 96: Pilha resultante da integração das seções sem <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	173
Figura 97: Pilha resultante da integração das seções com <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	174
Figura 98: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	175

Figura 99: Pilha resultante da integração das seções sem <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	177
Figura 100: Pilha resultante da integração das seções com <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	178
Figura 101: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	179
Figura 102: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,3 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	181
Figura 103: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 0,49 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	182
Figura 104: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias 20 h do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	184
Figura 105: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 10 dias e 22 h do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	185
Figura 106: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,3 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	187
Figura 107: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 0,45 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	188
Figura 108: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias e 20 h do início do descarte (seções sem <i>riser</i> , descarte no fundo): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	189

Figura 109: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 10 dias e 18 h do início do descarte (seções com <i>riser</i> , descarte em superfície): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	190
Figura 110: Pilha resultante da integração das seções sem <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	192
Figura 111: Pilha resultante da integração das seções com <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	193
Figura 112: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	194
Figura 113: Pilha resultante da integração das seções sem <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	196
Figura 114: Pilha resultante da integração das seções com <i>riser</i> , considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	197
Figura 115: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	198
Figura 116: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,4 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	200
Figura 117: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 16,4 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	201
Figura 118: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	203

- Figura 119: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 33 dias e 4 horas do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000)..... 204
- Figura 120: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,3 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000)..... 206
- Figura 121: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 15,2 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000)..... 207
- Figura 122: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias do início do descarte (seções sem *riser*, descarte no fundo): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000)..... 208
- Figura 123: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 33 dias e 4 horas do início do descarte (seções com *riser*, descarte em superfície): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000)..... 209

## Índice das tabelas

---

Tabela 1: Coordenada e profundidade aproximada do ponto utilizado para as simulações. (Datum SIRGAS 2000). .....	26
Tabela 2: Características principais do projeto de perfuração com SBM. ....	27
Tabela 3: Características principais do projeto de perfuração com WBM. ....	27
Tabela 4: Densidades para o cascalho e fluido aderido e frações dos componentes sólidos e líquidos do fluido aderido – Projeto SBM.....	27
Tabela 5: Densidades para o cascalho e fluido aderido e frações dos componentes sólidos e líquidos do fluido aderido – Projeto WBM.....	28
Tabela 6: Distribuição granulométrica para os descartes de cascalho e fluido de base água. ..	38
Tabela 7: Distribuição granulométrica para os descartes de cascalho e fluido de base sintética. .....	38
Tabela 8: Distribuição granulométrica para os descartes de fluido excedente.....	38
Tabela 9: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de cascalho das seções I e II (seções sem <i>riser</i> ) – Poço Pinguim/Gaivota   Projeto SBM/WBM.....	41
Tabela 10: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido das seções I e II – Poço Pinguim/Gaivota   Projeto SBM/WBM. ....	41
Tabela 11: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de cascalho das seções III a V (seções com <i>riser</i> ) – Poço Pinguim   Projeto SBM. ....	42
Tabela 12: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido das seções III a V (seções com <i>riser</i> ) – Poço Pinguim   Projeto SBM. ....	42
Tabela 13: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de cascalho das seções III a V (seções com <i>riser</i> ) – Poço Pinguim   Projeto WBM. ....	42
Tabela 14: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido da seção III – Poço Pinguim   Projeto WBM. ....	43
Tabela 15: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido da seção IV – Poço Pinguim   Projeto WBM.....	43
Tabela 16: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido da seção V – Poço Pinguim   Projeto WBM.....	43



Tabela 17: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido excedente da seção V – Poço Pinguim   Projeto WBM. ....	44
Tabela 18: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de cascalho das seções III a V (seções com <i>riser</i> ) – Poço Gaivota   Projeto SBM. ....	44
Tabela 19: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido das seções III a V (seções com <i>riser</i> ) – Poço Gaivota   Projeto SBM. ....	44
Tabela 20: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de cascalho das seções III a V (seções com <i>riser</i> ) – Poço Gaivota   Projeto WBM. ....	45
Tabela 21: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido da seção III – Poço Gaivota   Projeto WBM. ....	45
Tabela 22: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido da seção IV – Poço Gaivota   Projeto WBM. ....	45
Tabela 23: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido da seção V – Poço Gaivota   Projeto WBM. ....	46
Tabela 24: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido excedente da seção V – Poço Gaivota   Projeto WBM. ....	46
Tabela 25: Número de simulações determinísticas realizadas para compor cada um dos cenários probabilísticos escolhidos – Projeto SBM. ....	49
Tabela 26: Número de simulações determinísticas realizadas para compor cada um dos cenários probabilísticos escolhidos – Projeto WBM. ....	49
Tabela 27: Passo de tempo e <i>output</i> utilizados nas simulações, distintos para os resultados de deposição e suspensão. ....	51
Tabela 28: Intensidades máximas de corrente obtidas para os cenários de verão (outubro a março) e inverno (abril a setembro)   Poço Pinguim. ....	60
Tabela 29: Intensidades máximas de corrente obtidas para os cenários de verão (outubro a março) e inverno (abril a setembro)   Poço Gaivota. ....	61
Tabela 30: Temperatura do ar característica no ponto de grade do NCEP mais próximos aos poços Pinguim e Gaivota. ....	66
Tabela 31: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ....	73

Tabela 32: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto SBM.....	78
Tabela 33: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ....	80
Tabela 34: Espessuras máximas obtidas a 100, 500 e 1.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ....	81
Tabela 35: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ....	82
Tabela 36: Espessuras máximas obtidas a 100, 500 e 1.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM. ....	83
Tabela 37: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM. ....	87
Tabela 38: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto WBM.....	92
Tabela 39: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM. ....	94
Tabela 40: Espessuras máximas obtidas a 1.000, 2.000 e 3.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM.....	95
Tabela 41: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto WBM. ....	96
Tabela 42: Espessuras máximas obtidas a 1.000, 2.000 e 3.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM.....	97
Tabela 43: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM.....	101

Tabela 44: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto SBM. ....	106
Tabela 45: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM. ....	108
Tabela 46: Espessuras máximas obtidas a 100, 500 e 1.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM.....	109
Tabela 47: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de inverno (abril a setembro). ....	110
Tabela 48: Espessuras máximas obtidas a 100, 500 e 1.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM.....	111
Tabela 49: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM.....	115
Tabela 50: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ....	120
Tabela 51: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ....	122
Tabela 52: Espessuras máximas obtidas a 1.000, 2.000 e 3.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ....	123
Tabela 53: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ....	124
Tabela 54: Espessuras máximas obtidas a 1.000, 2.000 e 3.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM. ....	125
Tabela 55: Data inicial e final da simulação obtidas para os todos casos determinísticos selecionados. ....	126
Tabela 56: Intensidades máximas de corrente obtidas para os cenários determinísticos de espessura máxima e distância máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM.....	128

Tabela 57: Intensidades máximas de corrente obtidas para os cenários determinísticos de espessura máxima e distância máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM.....	130
Tabela 58: Intensidades máximas de corrente obtidas para os cenários determinísticos de espessura máxima e distância máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ....	132
Tabela 59: Intensidades máximas de corrente obtidas para os cenários determinísticos de espessura máxima e distância máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ....	134
Tabela 60: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	137
Tabela 61: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	138
Tabela 62: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	141
Tabela 63: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). ....	142
Tabela 64: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	147
Tabela 65: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	148
Tabela 66: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). ....	152
Tabela 67: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). ....	153

Tabela 68: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	156
Tabela 69: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	157
Tabela 70: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	160
Tabela 71: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	161
Tabela 72: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	166
Tabela 73: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	167
Tabela 74: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	171
Tabela 75: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – distância máxima   Poço Pinguim – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	172
Tabela 76: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	175
Tabela 77: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	176

Tabela 78: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	179
Tabela 79: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	180
Tabela 80: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	185
Tabela 81: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	186
Tabela 82: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). ....	190
Tabela 83: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto SBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	191
Tabela 84: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	194
Tabela 85: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	195
Tabela 86: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	198
Tabela 87: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). .....	199

---

Tabela 88: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	204
Tabela 89: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – espessura máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000).....	205
Tabela 90: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). ....	209
Tabela 91: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – distância máxima   Poço Gaivota – Projeto WBM. ( <i>Datum</i> SIRGAS 2000). ....	210

## Equipe técnica

---

**Nome: André Luis Santi Coimbra de Oliveira**

---

Registro no Conselho de Classe: -

---

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5967357

---

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

---

Assinatura: \_\_\_\_\_

---

**Nome: Ana Carolina Rochinha Boechat**

---

Registro no Conselho de Classe:

---

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 4961307

---

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

---

Assinatura: \_\_\_\_\_

---

**Nome: Marcelo Montenegro Cabral**

---

Registro no Conselho de Classe: 2010110225 - CREA/RJ

---

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5621594

---

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

---

Assinatura: \_\_\_\_\_

---



# 1. Introdução

Neste documento, é apresentado o estudo de modelagem numérica do comportamento físico do cascalho e fluido de perfuração a serem descartados durante as atividades de perfuração no Bloco CE-M-715, Bacia do Ceará.

O trabalho é dividido em duas etapas: a primeira consiste na análise das características meteo-oceanográficas da região, ou seja, os parâmetros capazes de afetar o comportamento do material descartado, como corrente, temperatura do ar, vento, temperatura do mar e salinidade. Para este estudo, foram selecionados dois cenários sazonais distintos (verão e inverno).

Para a separação destes cenários sazonais, foi considerado o mesmo critério descrito no relatório de Modelagem de Óleo deste mesmo processo de licenciamento. Desta forma, no presente relatório, o verão compreende os meses de **outubro a março** e os meses de **abril a setembro** caracterizam o inverno. A separação dos cenários sazonais baseou-se na identificação de padrões de correntes e ventos e está apresentada em detalhes no relatório de modelagem de óleo.

A segunda etapa do trabalho compreende a simulação da dispersão do material, que resulta na formação de pilhas de deposição no assoalho marinho. Essas simulações foram conduzidas em dois modos distintos: o probabilístico e o determinístico.

A escolha dos dados utilizados como forçantes no modelo de dispersão e do método adotado neste estudo procuram atender aos requisitos da Coordenação Geral de Petróleo e Gás (CGPEG/DILIC/IBAMA) para a modelagem de cascalho e fluido.

## 1.1. Descrição da Atividade

Este estudo é referente ao projeto de perfuração de poços localizados no Bloco CE-M-715, na Bacia do Ceará. Para a simulação da dispersão de cascalho e fluido aderido, foram considerados dois pontos de descarte relativos às locações dos poços previstas pela Chevron. O primeiro é o poço Pinguim, doravante Ponto A, e o segundo o poço Gaivota, doravante Ponto B. A localização desses pontos é apresentada na Figura 1 e na Tabela 1.

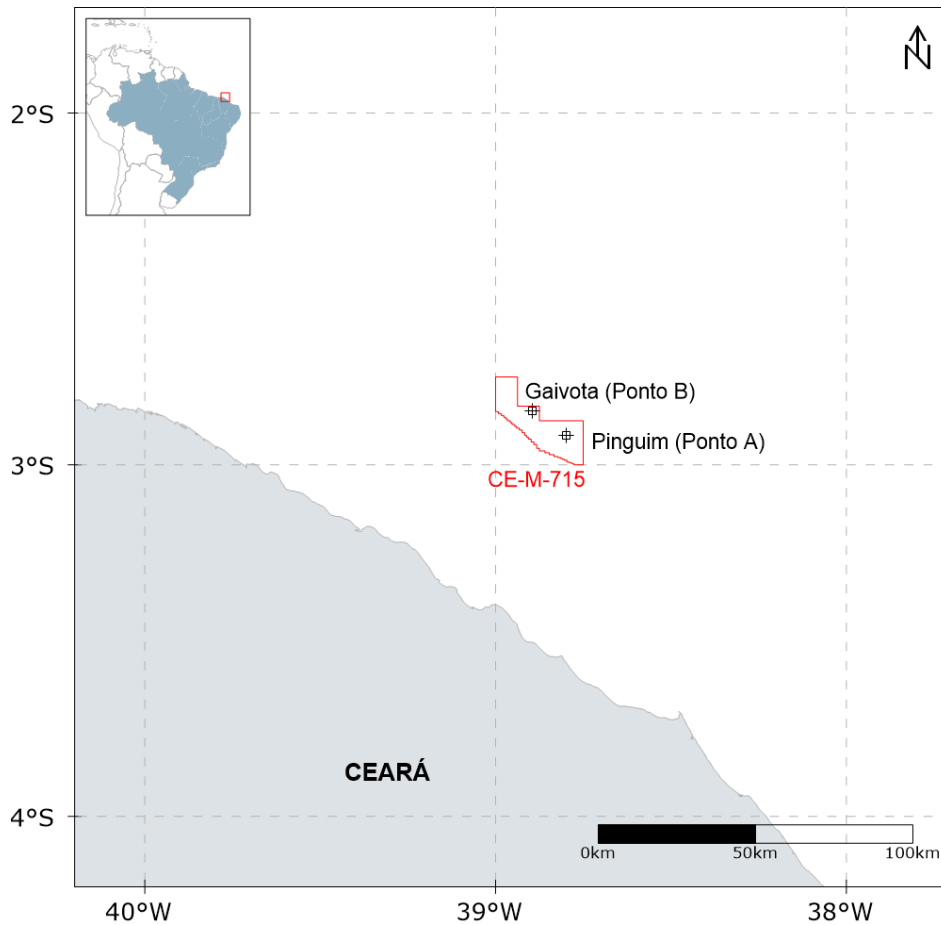


Figura 1: Localização dos pontos de descarte selecionados para realização da modelagem (ponto A e ponto B), situados no Bloco CE-M-715, em vermelho. (Datum SIRGAS 2000).

Tabela 1: Coordenada e profundidade aproximada do ponto utilizado para as simulações. (Datum SIRGAS 2000).

Ponto	Identificação	Coordenadas	Profundidade (m)
Ponto A	Pinguim	2° 55' 4,171" S 38° 47' 56,124" O	925
Ponto B	Gaivota	2° 50' 53,301" S 38° 53' 43,264" O	965

O projeto de poço prevê a perfuração em cinco seções. Na primeira etapa da perfuração, referente as duas primeiras seções, não será utilizado *riser*, com o descarte ocorrendo do fundo e o fluido de perfuração sendo de base aquosa. Na segunda etapa, que abrange as seções III a V, o *riser* será instalado, com o descarte ocorrendo em superfície. Para essa etapa da perfuração, foram propostas duas possibilidades de projeto, usando fluidos de perfuração de base sintética (SBM – *Synthetic Based Mud*) ou de base aquosa (WBM – *Water Based Mud*).

Por isso, para cada ponto de descarte serão simuladas as duas condições citadas. Para o caso do WBM é previsto também descarte de fluido excedente da seção V.

As informações a respeito de cada projeto de perfuração são apresentadas na Tabela 2 (SBM) e na Tabela 3 (WBM).

Tabela 2: Características principais do projeto de perfuração com SBM.

<b>Características</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
Diâmetro com alargamento (pol)	40,25	29,07	20,98	18,35	12,85
Vol. cascalho descartado (m³)	59,12	311,82	151,66	134,26	103,75
Vol. fluido aderido (m³)	63,60	1.452,84	60,67	53,70	41,50
Tempo de descarte (h)	38,00	147,00	200,00	154,00	234,00
Vazão (m³/h)	3,23	12,00	1,06	1,22	0,62
Base do Fluido	Água	Água	Sintético	Sintético	Sintético
Profundidade de Descarte (m)	Fundo	Fundo	Superfície	Superfície	Superfície

Tabela 3: Características principais do projeto de perfuração com WBM.

<b>Características</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
Diâmetro com alargamento (pol)	40,25	29,07	20,98	18,35	12,85
Vol. cascalho descartado (m³)	59,12	311,82	151,66	134,26	103,75
Vol. fluido aderido (m³)	63,60	1.452,84	424,66	375,93	290,51
Tempo de descarte (h)	38,00	147,00	200,00	154,00	234,00
Vazão (m³/h)	3,23	12,00	2,88	3,31	1,68
Vol. fluido excedente (m³)	-	-	-	-	895,35
Tempo de descarte (h)	-	-	-	-	24,00
Vazão (m³/h)	-	-	-	-	37,31
Base do Fluido	Água	Água	Água	Água	Água
Profundidade de Descarte (m)	Fundo	Fundo	Superfície	Superfície	Superfície

Para as simulações de dispersão do material, além das informações sobre o projeto do poço, são também necessárias as densidades de cascalho e fluido aderido, e no caso dos fluidos especificamente, qual a fração de seus componentes líquidos e sólidos (Tabela 4 – SBM e Tabela 5 - WBM).

Tabela 4: Densidades para o cascalho e fluido aderido e frações dos componentes sólidos e líquidos do fluido aderido – Projeto SBM.

<b>Cascalho</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
Densidade (kg/m³)	2.600,00	2.600,00	2.600,00	2.600,00	2.600,00
<b>Fluido Aderido</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
Densidade (kg/m³)	1.084,95	1.084,95	1.081,00	1.147,00	1.213,00
Fração dos sólidos no fluido	3,5%	3,5%	7,0%	9,0%	11,0%
Dens. dos sólidos no fluido (kg/m³)	2.600,00	2.600,00	4.150,00	4.150,00	4.150,00
Fração dos líquidos no fluido	96,5%	96,5%	93,0%	91,0%	89,0%
Dens. dos líquidos no fluido (kg/m³)	1030,00	1030,00	850,00	850,00	850,00

Tabela 5: Densidades para o cascalho e fluido aderido e frações dos componentes sólidos e líquidos do fluido aderido – Projeto WBM.

<b>Cascalho</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	2.600,00	2.600,00	2.600,00	2.600,00	2.600,00
<b>Fluido Aderido</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	1.084,95	1.084,95	1.078,00	1.138,01	1.198,00
Fração dos sólidos no fluido	3,5%	3,5%	6,0%	7,0%	8,0%
Dens. dos sólidos no fluido (kg/m <sup>3</sup> )	2.600,00	2.600,00	1.830,00	2.573,00	3.130,00
Fração dos líquidos no fluido	96,5%	96,5%	94,0%	93,0%	92,0%
Dens. dos líquidos no fluido (kg/m <sup>3</sup> )	1030,00	1030,00	1030,00	1030,00	1030,00

## 2. Metodologia

A metodologia seguida neste estudo é apresentada em algumas etapas. Na primeira etapa, o **modelo numérico** de dispersão de cascalho e fluido aderido utilizado no estudo é descrito com base em suas características e equações governantes. A segunda etapa apresenta as **estratégias de modelagem** adotadas. E a terceira e última etapa consiste na análise dos **parâmetros meteo-oceanográficos** da região, mais especificamente aqueles capazes de afetar o comportamento do efluente lançado.

### 2.1. Modelo de Dispersão

O processo dispersivo do efluente, neste caso cascalho + fluido de perfuração, possui três diferentes fases, apresentadas na Figura 2 e detalhadas abaixo.

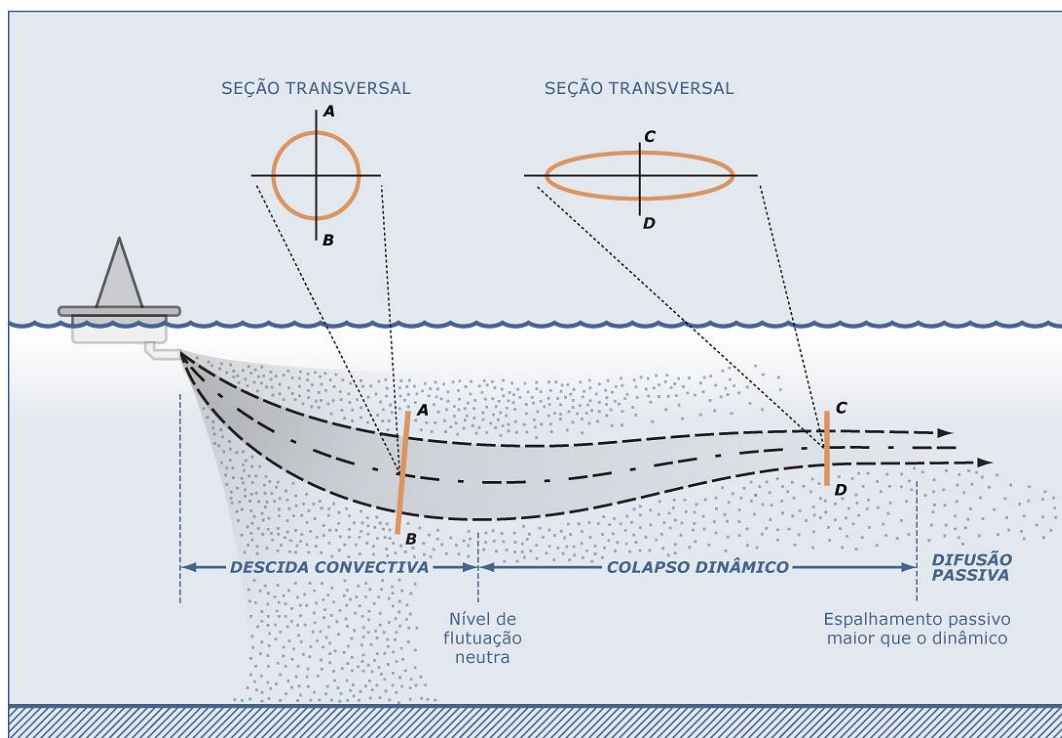


Figura 2: Representação esquemática das três fases descritas pelo efluente. Modificado de Brandsma & Smith (1999).

A primeira fase, denominada **fase de jato**, corresponde à diluição inicial do efluente, onde as forças de empuxo, quantidade de movimento do efluente e os efeitos dinâmicos das correntes locais, resultam em uma rápida mistura e diluição do efluente no corpo d'água receptor. Esta

fase ocorre enquanto o efluente possui movimento próprio, dado pela diferença de densidade com o meio ou pela velocidade de saída da fonte. A fase termina quando o efluente descartado encontra uma superfície horizontal (fundo ou superfície do mar) ou se estabiliza em um nível de flutuação neutra. Finda esta primeira etapa, inicia-se a fase de **colapso dinâmico**, onde o efluente se espalhará na profundidade em que se estabilizou devido, ainda, a sua diferença de densidade em relação ao meio. Esta diferença tende a diminuir com o tempo e, em dado momento, sua contribuição para o espalhamento do efluente será inferior àquela dada pela turbulência do ambiente. Tanto a fase de jato quanto a de colapso dinâmico descrevem a **fase dinâmica, ou campo próximo**.

Ao final da fase de colapso dinâmico, tem início a terceira e última fase, denominada de **dispersão passiva, ou campo afastado**, em que o efluente, a não ser pela velocidade vertical associada a cada constituinte, não possui movimento próprio e segue apenas a dinâmica local. Partículas minerais, como cascalho e materiais pesados, podem se desprender da pluma dependendo da velocidade de deposição e da taxa de entranhamento da água na pluma.

### 2.1.1 Descrição do Modelo

O modelo computacional escolhido para esse estudo foi o **DREAM/ParTrack**, desenvolvido pela SINTEF.

O **DREAM** (*Dose-Related Exposure Assessment Model*) é um modelo de partículas lagrangianas tridimensional desenvolvido para avaliação das consequências de descartes de diversos tipos de efluente no ambiente marinho, tanto na coluna d'água quanto no leito oceânico.

O modelo **ParTrack** é um submodelo do DREAM adequado para simulação de descartes de cascalho e fluidos de perfuração e avaliação dos efeitos desses descartes no leito oceânico.

**DREAM/ParTrack** possui um modelo de campo próximo com acoplamento dinâmico com um modelo tridimensional de partículas que permite a representação de substâncias na superfície da água, dissolvidas na coluna d'água, em gotículas ou partículas sólidas dispersas na coluna d'água.

As descargas de cascalho e fluido de perfuração têm densidades que são bastante mais altas do que a água do mar. Por isso, um modelo de campo próximo é incluído na modelagem para representação do movimento descendente da pluma. O domínio do modelo de campo próximo está limitado pela região onde a densidade da pluma se iguala com a densidade do ambiente. A partir desse ponto, os processos de transporte e mistura passam a ser governados por um modelo de campo afastado.

O modelo de campo próximo é governado pelas correntes oceânicas e pelas variações verticais de salinidade e temperatura (estratificação). A combinação desses fatores fará com que a pluma se estabiliza em uma determinada profundidade. As partículas minerais (cascalhos, sólidos dos fluidos de perfuração) podem sair da pluma dependendo de suas velocidades de sedimentação e da taxa de entranhamento da água na pluma. Os detalhes mais específicos do modelo de campo próximo para ser encontrados em Johansen (2000, 2006).

A Figura 3 ilustra do comportamento das partículas na seção transversal vertical no campo próximo de uma pluma submersa calculada com o DREAM para um descarte a aproximadamente 5 metros de profundidade.

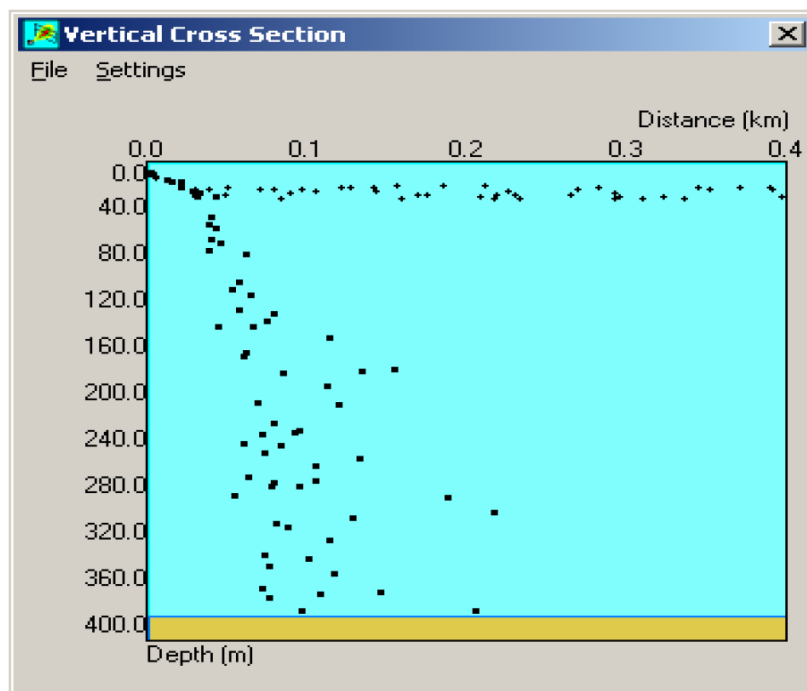


Figura 3: Exemplo comportamento das partículas na seção transversal vertical no campo próximo de uma pluma submersa calculada com o DREAM.

Observe que a profundidade de aprisionamento da pluma é entorno de 20 m de profundidade. Nesta profundidade, a pluma submersa se separa em duas partes: uma parte se espalha horizontalmente na profundidade de aprisionamento. Esta parte consiste nos componentes que estão dissolvidos na pluma ou nas partículas sólidas que têm velocidades de sedimentação desprezíveis. A outra parte da descarga afunda mais rapidamente em direção ao fundo do oceano. Esta parte consiste dos materiais mais grosseiros, como por exemplo, cascalhos ou partículas sólidas de maiores dimensões.

No item a seguir são apresentadas as equações governantes no modelo.

## 2.1.2 Equações Governantes

A formulação numérica do modelo de campo próximo (Plume3D) é baseada nas formulações de Koh & Chang (1973). Em relação à dispersão passiva, emprega-se um método lagrangiano descrito em Reed & Hetland (2002).

O movimento de uma pluma é regido por equações de conservação de massa e volume, *momentum*, flutuabilidade e partículas sólidas, sal e entalpia. O termo pluma refere-se ao material descartado na coluna d'água, sob ação dos regimes de jato, colapso dinâmico, ou dispersão passiva.

Nas **fases dinâmicas (jato e colapso dinâmico)**, as variações dessas quantidades ocorrem ao longo do eixo no qual a pluma se direciona (centro de massa da pluma). Sendo, portanto, as taxas de mudanças descritas como derivadas em relação a esse eixo.

As equações de conservação que governam o movimento são:

**Massa:**

$$\frac{d}{ds}(\rho Q) = E\rho_a - \sum_i S_i \rho_i \quad (1)$$

onde  $Q$  é a vazão,  $\rho$  a densidade do efluente,  $\rho_a$  é a densidade do ambiente,  $ds$  é a variação do comprimento do eixo,  $E$  o entranhamento,  $\rho_i$  é a densidade do  $i$ -ésimo constituinte ao longo do eixo do jato e  $S_i$  a taxa de variação de volume deste elemento.

**Momentum (Quantidade de Movimento):**

A taxa de variação da quantidade de movimento ao longo do eixo do jato é representada pelo fluxo de flutuabilidade mais o entranhamento de quantidade de movimento do ambiente, menos o somatório da taxa de quantidade de movimento de cada constituinte que passa pelo jato, mais a força de arrasto:

$$\frac{d}{ds}(\rho QU) = \pi b^2 g(\rho - \rho_a)J + E\rho_a U_a - \sum_i (S_i \rho_i U) + F_D \quad (2)$$

Sendo  $g$  a aceleração da gravidade,  $J$  é o vetor unitário na direção vertical,  $U_a$  é a velocidade das correntes ambientais,  $F_D$  é a força de arrasto e  $b$  é o raio do jato.

**Flutuabilidade:**



Representada pela taxa de entranhamento do fluido ambiente devido ao empuxo menos o somatório das taxas de saída de constituintes do jato:

$$\frac{d}{ds}(Q(\rho_a(0) - \rho)) = E(\rho_a(0) - \rho_a) - \sum_i S_i(\rho_a(0) - \rho_i) \quad (3)$$

**Partículas sólidas:**

$$\frac{dP_i}{ds} = -S_i \quad (4)$$

**Temperatura:**

$$\frac{d}{ds}(Q(T_d - T_a)) = E(T_d - T_a) \quad (5)$$

$T_d$  e  $T_a$  sendo a temperatura do efluente e do ambiente, respectivamente.

**Salinidade:**

$$\frac{d}{ds}(Q(S_d - S_a)) = E(S_d - S_a) \quad (6)$$

$S_d$  e  $S_a$  sendo a salinidade do efluente e do ambiente, respectivamente.

**Fluxo de volume:**

$$Q = \pi b^2 |\vec{U}| \quad (7)$$

$b$  sendo o raio da seção transversal da pluma e  $U$  a velocidade da pluma.

Como já citado, uma vez terminada a fase dinâmica da pluma tem início a fase de dispersão passiva. O esquema de dispersão utilizado nesta etapa é um modelo lagrangiano, descrito em Reed & Hetland (2002). Segundo os autores, o modelo DREAM é baseado na equação geral de transporte:

$$\frac{\delta C_i}{\delta t} + \vec{V} \times \vec{\nabla} C_i = \vec{V} \times D_k \vec{\nabla} C_i + \sum_{j=1}^n r_j C_i + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n r_{ji} C_i \quad (8)$$

onde  $C_i$  é a concentração do  $i^o$  componente químico liberado;  $t$  é o tempo;  $\vec{V}$  é o vetor de transporte advectivo;  $\vec{\nabla}$  é o operador gradiente; e  $D_k$  é o coeficiente de dispersão turbulenta em  $k =$  direções  $x, y$  e  $z$ . Os termos  $r_j$  representam as variações dos processos físico-químicos.

Os termos referentes à degradação,  $r_{ij}$ , controlam a degradação de subprodutos, como a transferência de massa de um componente para outro. Desta forma, as mudanças nas propriedades toxicológicas permanecem retidas no modelo.

Concentrações dos componentes do fluido na coluna d'água são calculadas a partir da distribuição de pseudopartículas Lagrangianas no tempo e espaço. Cada partícula matemática representa, conceitualmente, uma nuvem Gaussiana de componentes dissolvidos, gotículas, ou partículas em decantação. Os campos de concentração são constituídos a partir da superposição de todas essas nuvens. Cada nuvem consiste de um elipsoide com uma partícula em seu centro, e semieixos definidos como uma função de tempo da partícula. A distribuição teórica da massa dentro do elipsoide é Gaussiana, com seus desvios padrões nas direções  $x, y$  e  $z$  (CSANADY, 1973 *apud* REED & HETLAND, 2002):

$$\sigma_i = \sqrt{2k_i t} \quad (9)$$

$$C = \frac{m}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{(x-x_0)^2}{\sigma_x^2} + \frac{(y-y_0)^2}{\sigma_y^2} + \frac{(z-z_0)^2}{\sigma_z^2} \right) \right] \quad (10)$$

onde  $x, y, z$  são as coordenadas do ponto de interesse;  $x_0, y_0, z_0$  são as coordenadas do centro de massa da nuvem;  $\sigma_x^2, \sigma_y^2, \sigma_z^2$  são as variâncias e  $m$  a massa.

Cada um desses elipsoides geralmente contribui em massa para muitas células no campo de concentração; e elipsoides vizinhos geralmente se sobrepõem espacialmente. Então, uma determinada célula do campo de concentração contém uma concentração resultante da presença de múltiplas nuvens de partículas próximas. Esse esquema remove grande parte da dependência do campo de concentração calculado sobre o número de partículas e a resolução da grade.

Os processos físico-químicos que regem o comportamento do efluente são:

### Advecção e Dispersão

A advecção é calculada a partir da sobreposição de uma velocidade média local a uma componente turbulenta escolhida aleatoriamente. Geralmente, essa velocidade média local é a soma das componentes climatológicas, de maré e geradas pelos ventos e ondas (Stokes). Essas componentes especificadas são então interpoladas e somadas à componente turbulenta. A partir desse somatório, é calculada a advecção na coluna d'água. A componente turbulenta ( $w'$ ) é expressa como:

$$w' = \sqrt{6k / \Delta t} \quad (11)$$

onde  $k$  é o coeficiente de dispersão turbulenta estimado para as direções horizontais e verticais.

O coeficiente de dispersão horizontal pode ser aproximado a partir de dados obtidos em estudos de dispersão de corantes, como os de Okubo (1971, 1974 *apud* REED & HETLAND, 2002) e revisados posteriormente por Bowden (1983 *apud* REED & HETLAND, 2002):

$$K_x = 0,0027t^{1,34} \quad (12)$$

para  $K$  em  $\text{cm}^2/\text{s}$  e  $t$  em segundos.

O coeficiente de difusão turbulenta vertical acima da picnoclina é relacionado às condições de onda, segundo Ichiye (1967 *apud* REED & HETLAND, 2002):

$$K_z = 0,0028 \frac{H^2}{T} \exp(-2kz) \quad (13)$$

sendo  $H$  a altura da onda,  $T$  o período de onda e  $k$  o número da onda.

Abaixo da profundidade da picnoclina,  $K_z$  é assumido como uma constante de valor  $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  (KULLENBERG, 1982 *apud* REED & HETLAND, 2002). Na ausência da picnoclina, a equação de Ichiye é aplicada da superfície ao fundo.

O deslocamento vertical das partículas é calculado a partir da sobreposição de uma velocidade turbulenta aleatória a uma velocidade ascendente (ou descendente). As velocidades verticais diferenciais são calculadas usando a média harmônica de dois extremos, uma vez que o

coeficiente de arrasto é uma função do número de Reynolds (JOHANSEN, 2000 *apud* REED & HETLAND, 2002):

$$w_{rise} = 1/(w_1^{-1} + w_2^{-1}), \text{ solução combinada} \quad (14)$$

$$w_1 = d^2 g' / 18\nu, \text{ (para número de Reynolds} < 1000), \text{ e} \quad (15)$$

$$w_2 = \sqrt{3d |g'|}, \text{ (para número de Reynolds} > 1000) \quad (16)$$

Onde:

$g' = g(\rho_\alpha - \rho_0) / \rho_\alpha$ ,  $g$  é a aceleração gravitacional e  $\nu$  a viscosidade cinemática da água ( $\sim 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ).

### Dissolução

A dissolução é dependente da fração molar de cada componente presente no efluente. A concentração ambiental também é um fator importante, principalmente próximo ao local de descarte/vazamento. A equação que governa a dissolução do componente  $i$  é:

$$dm_i / dt = K_d A (F_i S_i - C_i) \quad (17)$$

onde,  $K_d$  é o coeficiente de transferência de massa por dissolução, em m/s;  $A$  a área superficial do efluente, em m<sup>2</sup>;  $F_i$  a fração molar do componente  $i$  remanescente no efluente;  $S_i$  a solubilidade do componente  $i$ , em g/m<sup>3</sup>, ppm; e  $C_i$  a concentração ambiente do componente  $i$ , em g/m<sup>3</sup>.

### Adsorção

A adsorção desempenha um papel importante no transporte e destino dos poluentes no ambiente aquático. Ela determina a extensão do particionamento de um poluente entre a fase de particulado em suspensão e a fase dissolvida, modulando, desta forma, os efeitos tóxicos e a taxa de remoção da coluna d'água para os sedimentos.

## 2.2. Estratégias de Modelagem

No modelo DREAM são necessários os seguintes parâmetros para a caracterização do descarte:

- » Duração do descarte;
- » Extensão da seção;
- » Vazão;
- » Diâmetro da fonte;
- » Profundidade de descarte;
- » Angulação da fonte;
- » Inclinação vertical da fonte;
- » Densidade e massa do cascalho;
- » Densidade e massa dos componentes sólidos e líquidos do fluido aderido;
- » Massa total do fluido aderido.

### 2.2.1 Distribuição Granulométrica dos Sólidos

A distribuição granulométrica dos sólidos é intrínseca ao local, sendo dependente das condições da perfuração, características geológicas e formulação dos fluidos utilizados (BRANDSMA & SMITH, 1999). Na ausência de dados específicos para a locação dos poços, que só estarão disponíveis após a perfuração, recorreu-se a distribuições granulométricas amplamente utilizadas pela comunidade científica, como as sugeridas por Brandsma & Smith (1999).

Segundo os autores, essas distribuições foram obtidas a partir de experimentos e publicações no meio científico (e.g. DAMES & MOORE, 1978; O'REILLY *et al.*, 1989; BRANDSMA, 1993), o que as confere um grande grau de confiabilidade, tendo sido empregadas, inclusive, no MAPEM (Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima), projeto desenvolvido por iniciativa dos Centros de Pesquisa das Universidades Federais do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, em parceria com a indústria brasileira de óleo e gás, representada pelo IBP (TOLDO & AYUP- ZOUAIN, 2004).

Dependendo da base do fluido, aquosa ou sintética há mudança, também, na sua distribuição granulométrica, uma vez que os componentes sólidos presentes nas bases aquosas são mais finos quando comparados aos componentes sólidos de bases sintéticas. A seguir, são

especificadas as distribuições granulométricas utilizadas no estudo para o cascalho e sólidos do fluido aderido (Tabela 6 e Tabela 7) e para o fluido excedente (Tabela 8).

Tabela 6: Distribuição granulométrica para os descartes de cascalho e fluido de base água.

<b>Classe</b>	<b>Diâmetro (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Fração (%)</b>
1	1.067 – 3.603	24%
2	635 – 1.067	19%
3	232 – 635	20%
4	117 – 232	12%
5	45 – 117	3%
6	14 – 45	6%
7	4 – 14	8%
8	1 – 4	8%

Tabela 7: Distribuição granulométrica para os descartes de cascalho e fluido de base sintética.

<b>Classe</b>	<b>Diâmetro (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Fração (%)</b>
1	23.561 – 33.942	16%
2	19.094 – 23.561	17%
3	15.098 – 19.094	17%
4	12.599 – 15.098	16%
5	10.309 – 12.599	13%
6	8.529 – 10.309	9%
7	6.923 – 8.529	6%
8	5.490 – 6.923	3%
9	4.229 – 5.490	2%
10	3.846 – 4.229	1%

Tabela 8: Distribuição granulométrica para os descartes de fluido excedente.

<b>Classe</b>	<b>Diâmetro (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Fração (%)</b>
1	43 - 84	3%
2	22 - 43	12%
3	19 - 22	20%
4	17 - 19	17%
5	16 - 17	14%
6	13 - 16	12%
7	9 - 13	8%
8	6 - 9	7%
9	4 - 6	7%

## 2.2.2 Velocidade e Tempo de Queda dos Sólidos

No modelo DREAM, as velocidades de deposição das partículas são divididas em dois regimes: o regime de Stokes e o regime do arrasto constante (RYE *et al.*, 2008). As velocidades de deposição dentro do regime de Stokes, para partículas de menor tamanho, são dadas pela seguinte equação:

$$W_1 = \frac{d^2 g'}{18\nu} \quad (18)$$

$$g' = g(\rho_{partícula} - \rho_{água}) / \rho_{água} \quad (19)$$

onde  $W_1$  é a velocidade laminar de afundamento de Stokes para uma partícula;  $d$  é o diâmetro da partícula;  $g'$  é a gravidade reduzida, expressa pela equação (19);  $g$  é a gravidade padrão;  $\rho$  é a densidade da partícula ou da água do mar;  $\nu$  é a viscosidade cinemática ( $1,358 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , em uma água com  $10^\circ\text{C}$ ).

A segunda contribuição para a deposição das partículas é o regime de arrasto constante com fricção dominante, para partículas maiores. Uma expressão geral para essa velocidade de queda pode ser derivada a partir do balanço entre as forças de flutuação e de arrasto que atuam na partícula (HU & KINTNER, 1955 *apud* RYE *et al.*, 2008), calculada da seguinte forma:

$$W_2 = \sqrt{\frac{4dg'}{3C_D}} \quad (20)$$

O coeficiente de arrasto  $C_D$ , nesta equação, é uma função do Número de Reynolds ( $Re = W_2 d / \nu$ ). Dessa forma, dois regimes assintóticos são identificados, o regime de Stokes e o regime de arrasto constante.

» Regime de Stokes ( $Re < 1$ ):

$$W_1 = \frac{d^2 g'}{18\nu} \quad (21)$$

» Regime de arrasto constante ( $Re < 1000$ ):

$$W_2 = K\sqrt{4dg'} \quad (22)$$

onde  $K$  é uma constante empírica adimensional. Para valores intermediários do Número de Reynolds ( $1 < Re < 1000$ ), uma equação de interpolação para a velocidade de deposição total  $W$  da partícula pode ser utilizada, da seguinte forma:

$$W = \frac{I}{\left(\frac{I}{W_1} + \frac{I}{W_2}\right)} \quad (23)$$

A constante empírica  $K$  é escolhida de forma que a correspondência seja alcançada entre a velocidade de deposição dominada pela fricção. Essa equação considera as partículas como não esféricas e, portanto, com velocidades de deposição menor que as partículas esféricas.

Para fluidos de base água, assume-se que a maior parte dos produtos químicos existentes é dissolvida na coluna d'água. Para outros tipos de fluido (base óleo e sintética), a dissolução dos produtos químicos na coluna d'água ocorre mais lentamente.

Conhecendo a profundidade na qual o efluente será descartado e a velocidade de queda de cada partícula, é possível avaliar o tempo de chegada das partículas ao assoalho oceânico. Essa estimativa, em uma aproximação linear, pode ser realizada pela divisão da camada a ser percorrida pela velocidade de queda de cada classe de grão.

Nas seções I e II do projeto de perfuração, independentemente do ponto de descarte considerado ou do projeto (SBM ou WBM), o descarte ocorre no fundo, sem a utilização do *riser*, e o fluido utilizado é de base aquosa. Por isso, as velocidades e tempos de deposição serão os mesmos e podem ser resumidos na Tabela 9 para o cascalho e na Tabela 10 para os sólidos do fluido aderido.



Tabela 9: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de cascalho das seções I e II (seções sem riser) – Poço Pinguim/Gaivota | Projeto SBM/WBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	2.600	2,65E-01	1,05E-03	< 1
2	2.600	1,27E-01	2,19E-03	< 1
3	2.600	6,03E-02	4,61E-03	< 1
4	2.600	1,65E-02	1,68E-02	< 1
5	2.600	4,84E-03	5,74E-02	< 1
6	2.600	6,84E-04	4,06E-01	< 1
7	2.600	6,53E-05	4,25E+00	< 1
8	2.600	5,24E-06	5,30E+01	2,2

Tabela 10: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido das seções I e II – Poço Pinguim/Gaivota | Projeto SBM/WBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	2.409	2,65E-01	1,05E-03	< 1
2	2.409	1,27E-01	2,19E-03	< 1
3	2.409	6,03E-02	4,61E-03	< 1
4	2.409	1,65E-02	1,68E-02	< 1
5	2.409	4,84E-03	5,74E-02	< 1
6	2.409	6,84E-04	4,06E-01	< 1
7	2.409	6,53E-05	4,25E+00	< 1
8	2.409	5,24E-06	5,30E+01	2,2

Para as demais seções (III a V), o cálculo da velocidade e tempo de deposição das partículas foi realizado separadamente para cada ponto de descarte e para cada alternativa de projeto (SBM ou WBM). Para o poço Pinguim, projeto SBM, os resultados são apresentados, abaixo, para o cascalho (Tabela 11) e para os sólidos do fluido aderido (Tabela 12). Novamente para o poço Pinguim, projeto WBM, os resultados são apresentados, abaixo, para o cascalho (Tabela 13), para os sólidos do fluido aderido (Tabela 14 à Tabela 16) e para o fluido excedente (Tabela 17). Para o poço Gaivota, projeto SBM, os resultados são apresentados, abaixo, para o cascalho (Tabela 18) e para os sólidos do fluido aderido (Tabela 19). Novamente para o poço Gaivota, projeto WBM, os resultados são apresentados, abaixo, para o cascalho (Tabela 20), para os sólidos do fluido aderido (Tabela 21 à Tabela 23) e para o fluido excedente (Tabela 24). As densidades aqui especificadas são referentes somente aos compostos sólidos, tendo sido especificadas na Tabela 4 e na Tabela 5. Para as seções sem riser, o descarte foi considerado a 1 m acima do fundo.

Tabela 11: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de cascalho das seções III a V (seções com riser) – Poço Pinguim | Projeto SBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	2.600	1,05E+00	2,45E-01	< 1
2	2.600	9,05E-01	2,84E-01	< 1
3	2.600	8,10E-01	3,17E-01	< 1
4	2.600	7,30E-01	3,52E-01	< 1
5	2.600	6,64E-01	3,87E-01	< 1
6	2.600	6,02E-01	4,27E-01	< 1
7	2.600	5,45E-01	4,71E-01	< 1
8	2.600	4,88E-01	5,26E-01	< 1
9	2.600	4,32E-01	5,95E-01	< 1
10	2.600	3,94E-01	6,51E-01	< 1

Tabela 12: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido das seções III a V (seções com riser) – Poço Pinguim | Projeto SBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	4.150	1,48E+00	1,74E-01	< 1
2	4.150	1,28E+00	2,01E-01	< 1
3	4.150	1,14E+00	2,25E-01	< 1
4	4.150	1,03E+00	2,50E-01	< 1
5	4.150	9,35E-01	2,75E-01	< 1
6	4.150	8,48E-01	3,03E-01	< 1
7	4.150	7,68E-01	3,35E-01	< 1
8	4.150	6,88E-01	3,74E-01	< 1
9	4.150	6,08E-01	4,22E-01	< 1
10	4.150	5,56E-01	4,62E-01	< 1

Tabela 13: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de cascalho das seções III a V (seções com riser) – Poço Pinguim | Projeto WBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	2.600	2,65E-01	9,70E-01	< 1
2	2.600	1,27E-01	2,03E+00	< 1
3	2.600	6,03E-02	4,26E+00	< 1
4	2.600	1,65E-02	1,56E+01	< 1
5	2.600	4,84E-03	5,31E+01	2,2
6	2.600	6,84E-04	3,76E+02	15,6
7	2.600	6,53E-05	3,93E+03	163,9
8	2.600	5,24E-06	4,91E+04	2044,5

Tabela 14: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido da seção III – Poço Pinguim | Projeto WBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	1.830	1,85E-01	1,39E+00	< 1
2	1.830	8,14E-02	3,16E+00	< 1
3	1.830	3,65E-02	7,04E+00	< 1
4	1.830	8,93E-03	2,88E+01	1,2
5	1.830	2,47E-03	1,04E+02	4,3
6	1.830	3,50E-04	7,35E+02	30,6
7	1.830	3,34E-05	7,70E+03	320,8
8	1.830	2,68E-06	9,60E+04	4000,2

Tabela 15: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido da seção IV – Poço Pinguim | Projeto WBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	2.573	2,63E-01	9,79E-01	< 1
2	2.573	1,25E-01	2,05E+00	< 1
3	2.573	5,95E-02	4,32E+00	< 1
4	2.573	1,62E-02	1,58E+01	< 1
5	2.573	4,76E-03	5,40E+01	2,2
6	2.573	6,72E-04	3,82E+02	15,9
7	2.573	6,42E-05	4,00E+03	166,8
8	2.573	5,15E-06	4,99E+04	2080,2

Tabela 16: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido da seção V – Poço Pinguim | Projeto WBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	3.130	3,09E-01	8,31E-01	< 1
2	3.130	1,52E-01	1,69E+00	< 1
3	3.130	7,43E-02	3,46E+00	< 1
4	3.130	2,14E-02	1,20E+01	< 1
5	3.130	6,47E-03	3,97E+01	1,6
6	3.130	9,14E-04	2,81E+02	11,7
7	3.130	8,73E-05	2,94E+03	122,7
8	3.130	7,00E-06	3,67E+04	1529,8

Tabela 17: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido excedente da seção V – Poço Pinguim | Projeto WBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	3.130	3,67E-03	7,01E+01	2,9
2	3.130	9,60E-04	2,68E+02	11,1
3	3.130	3,48E-04	7,39E+02	30,8
4	3.130	2,68E-04	9,60E+02	40,0
5	3.130	2,24E-04	1,15E+03	47,7
6	3.130	1,75E-04	1,47E+03	61,2
7	3.130	1,03E-04	2,50E+03	104,0
8	3.130	4,82E-05	5,33E+03	222,3
9	3.130	2,14E-05	1,20E+04	500,1

Tabela 18: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de cascalho das seções III a V (seções com riser) – Poço Gaivota | Projeto SBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	2.600	1,05E+00	2,56E-01	< 1
2	2.600	9,05E-01	2,96E-01	< 1
3	2.600	8,10E-01	3,31E-01	< 1
4	2.600	7,30E-01	3,67E-01	< 1
5	2.600	6,64E-01	4,04E-01	< 1
6	2.600	6,02E-01	4,45E-01	< 1
7	2.600	5,45E-01	4,92E-01	< 1
8	2.600	4,88E-01	5,49E-01	< 1
9	2.600	4,32E-01	6,21E-01	< 1
10	2.600	3,94E-01	6,80E-01	< 1

Tabela 19: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido das seções III a V (seções com riser) – Poço Gaivota | Projeto SBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	4.150	1,48E+00	1,82E-01	< 1
2	4.150	1,28E+00	2,10E-01	< 1
3	4.150	1,14E+00	2,35E-01	< 1
4	4.150	1,03E+00	2,61E-01	< 1
5	4.150	9,35E-01	2,87E-01	< 1
6	4.150	8,48E-01	3,16E-01	< 1
7	4.150	7,68E-01	3,49E-01	< 1
8	4.150	6,88E-01	3,90E-01	< 1
9	4.150	6,08E-01	4,41E-01	< 1
10	4.150	5,56E-01	4,82E-01	< 1

Tabela 20: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de cascalho das seções III a V (seções com riser) – Poço Gaivota | Projeto WBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	2.600	2,65E-01	1,01E+00	< 1
2	2.600	1,27E-01	2,12E+00	< 1
3	2.600	6,03E-02	4,45E+00	< 1
4	2.600	1,65E-02	1,63E+01	< 1
5	2.600	4,84E-03	5,54E+01	2,3
6	2.600	6,84E-04	3,92E+02	16,3
7	2.600	6,53E-05	4,10E+03	171,0
8	2.600	5,24E-06	5,12E+04	2133,0

Tabela 21: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido da seção III – Poço Gaivota | Projeto WBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	1.830	1,85E-01	1,45E+00	< 1
2	1.830	8,14E-02	3,30E+00	< 1
3	1.830	3,65E-02	7,34E+00	< 1
4	1.830	8,93E-03	3,00E+01	1,2
5	1.830	2,47E-03	1,08E+02	4,5
6	1.830	3,50E-04	7,67E+02	31,9
7	1.830	3,34E-05	8,03E+03	334,6
8	1.830	2,68E-06	1,00E+05	4173,2

Tabela 22: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido da seção IV – Poço Gaivota | Projeto WBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	2.573	2,63E-01	1,02E+00	< 1
2	2.573	1,25E-01	2,14E+00	< 1
3	2.573	5,95E-02	4,50E+00	< 1
4	2.573	1,62E-02	1,65E+01	< 1
5	2.573	4,76E-03	5,63E+01	2,3
6	2.573	6,72E-04	3,99E+02	16,6
7	2.573	6,42E-05	4,18E+03	174,0
8	2.573	5,15E-06	5,21E+04	2170,2

Tabela 23: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido aderido da seção V – Poço Gaivota | Projeto WBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	3.130	3,09E-01	8,67E-01	< 1
2	3.130	1,52E-01	1,76E+00	< 1
3	3.130	7,43E-02	3,61E+00	< 1
4	3.130	2,14E-02	1,25E+01	< 1
5	3.130	6,47E-03	4,14E+01	1,7
6	3.130	9,14E-04	2,93E+02	12,2
7	3.130	8,73E-05	3,07E+03	128,0
8	3.130	7,00E-06	3,83E+04	1595,9

Tabela 24: Velocidade e tempo de deposição estimados para as classes de sólidos do fluido excedente da seção V – Poço Gaivota | Projeto WBM.

Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Vel. Deposição (m/s)	Tempo Deposição (h)	Tempo Deposição (dias)
1	3.130	3,67E-03	7,31E+01	3,0
2	3.130	9,60E-04	2,79E+02	11,6
3	3.130	3,48E-04	7,71E+02	32,1
4	3.130	2,68E-04	1,00E+03	41,7
5	3.130	2,24E-04	1,19E+03	49,8
6	3.130	1,75E-04	1,53E+03	63,8
7	3.130	1,03E-04	2,60E+03	108,5
8	3.130	4,82E-05	5,57E+03	231,9
9	3.130	2,14E-05	1,25E+04	521,7

### 2.2.3 Tempo de Simulação

Para a estimativa do tempo de simulação, é necessário o conhecimento do tempo total gasto para o descarte de todo o material e, ainda, do tempo ao qual este material estará sujeito à deposição no ambiente, como o apresentado no item 2.2.2 (Velocidade e Tempo de Queda dos Sólidos).

Estima-se que, neste estudo, o tempo total de descarte será de 32 dias para os projetos SBM e de 33 dias para os projetos WBM – soma dos tempos previstos para o descarte de todas as seções. O tempo de simulação deve ser suficiente para que a maior parte do material descartado seja depositada no assoalho oceânico.

Em relação à análise do tempo de queda dos sólidos, é preciso cuidado especial com aqueles que demandam maiores períodos para deposição. É importante ressaltar que esses longos períodos são referentes a classes granulométricas extremamente finas (< 14 µm) e são

representadas por baixas frações do material. Para essas frações granulométricas, a dispersão no ambiente será tão eficiente que tais classes não formarão pilhas de deposição significativas no assoalho marinho. No entanto, contribuirão significativamente para a alteração na concentração dos sedimentos em suspensão. As demais classes granulométricas levam menos de 1 dia para sua total deposição.

Dessa forma, visando associar a melhor representação do descarte a um custo computacional viável, estipulou-se um tempo de simulação de 34 dias para os projetos SBM e de 38 dias para os projetos WBM, 2,0 e 5,0 dias além do tempo total de descarte para cada projeto, SBM e WBM, respectivamente.

## 2.2.4 Características das Simulações

### 2.2.4.1 Simulações Probabilísticas

A modelagem determinística consiste em estudar o comportamento do contaminante em um determinado cenário ambiental, apresentando instantâneos deste comportamento em tempos definidos pelo usuário. Cabe à simulação probabilística averiguar o comportamento da dispersão sob a influência de uma extensa combinação de cenários ambientais e determinar a probabilidade de presença do contaminante em cada região de domínio do modelo. A Figura 4 ilustra como que um resultado probabilístico pode ser calculado a partir de  $n$  casos determinísticos.

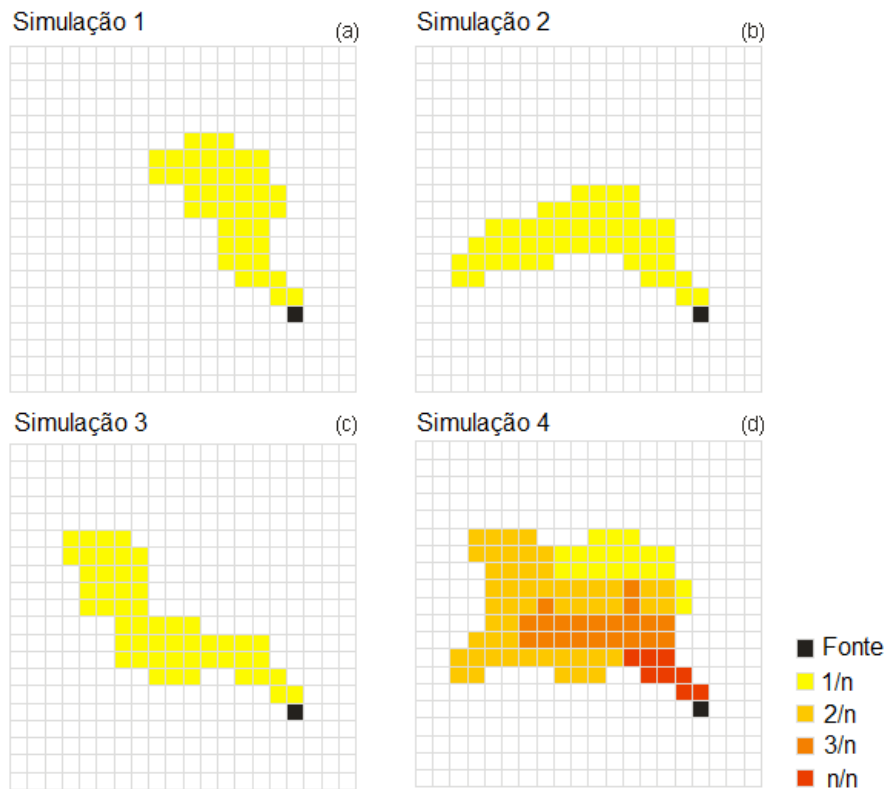


Figura 4: Representação esquemática do cálculo da probabilidade de presença do constituinte a partir de  $n$  casos determinísticos.

Era prática usual nos estudos de licenciamento ambiental que as simulações fossem executadas a partir da seleção prévia de alguns cenários ambientais específicos, comumente separados por estações do ano – verão e inverno – ou por casos extremos de correntes – mais intensas e mais fracas. Tal prática permite um dimensionamento das espessuras e do alcance máximo dos depósitos do material descartado no assoalho marinho. Entretanto, a seleção dos cenários ambientais extremos limita a análise dos resultados a situações específicas com baixa probabilidade de ocorrência, tornando imperativo o emprego de interpretações dos resultados bem conservadoras. Para regiões de águas profundas, a incerteza da modelagem é ainda maior, quando comparada aos resultados de águas rasas. Essa questão é abordada na Nota Técnica nº 06/09, emitida pelo CGPEG/IBAMA. Para uma maior certeza sobre as reais áreas potencialmente impactadas e espessuras formadas, é necessário um estudo probabilístico, no qual uma grande quantidade de cenários ambientais possíveis é avaliada e não apenas os casos extremos.

Mesmo com o advento dos modelos numéricos de simulação de cascalho e fluido aderido, todos ainda são limitados a simulações determinísticas, ao contrário dos modelos numéricos de dispersão de óleo, que apresentam análises em cenários probabilísticos. Dessa forma, foi proposta pela PROOCEANO, a aplicação de uma metodologia que consiste em simular um



determinado número de casos determinísticos no DREAM e após a obtenção desses resultados, extrair qual seria a probabilidade de ocorrência do constituinte para cada ponto de grade.

A aplicação desta metodologia consome um maior tempo para processamento e pós-processamento dos dados, em comparação com os modelos probabilísticos de óleo, mas sua confecção é viável. Esse tempo é variável e dependente da quantidade de cenários determinísticos simulados e do tempo de duração de cada descarte.

Dessa forma, a metodologia a ser empregada deve ser suficiente para captar a variabilidade ambiental e, ao mesmo tempo ser viável – a preparação de 300 simulações determinísticas manualmente seria inviável, por exemplo. Para tal, foi proposto a delimitação de 1 ano para análise, o qual foi dividido em verão e inverno, e para cada período foram simulados descartes de 34 dias (SBM) / 38 dias (WBM) (tempo de simulação estimado no item 2.2.3). A separação sazonal definida será exposta no item 2.3 (Forçantes).

Conforme dito anteriormente, para a separação em cenários sazonais, foi considerado o mesmo critério descrito na Modelagem de Óleo, realizada pela empresa PROOCEANO para a mesma região: a observação das informações de ventos e correntes. O período de **verão** compreende os meses de **outubro a março** e os meses de **abril a setembro**, caracterizam o período de **inverno**.

A Tabela 25 e a Tabela 26 apresenta o número de simulações determinísticas realizadas para cada período sazonal escolhido: verão e inverno, para os projetos SBM e WBM, respectivamente. O intervalo entre cada simulação, tanto de verão quanto de inverno, foi de 5 dias.

Tabela 25: Número de simulações determinísticas realizadas para compor cada um dos cenários probabilísticos escolhidos – Projeto SBM.

<b>Cenários Sazonais</b>	<b>Número de Simulações</b>
Verão	25
Inverno	31

Tabela 26: Número de simulações determinísticas realizadas para compor cada um dos cenários probabilísticos escolhidos – Projeto WBM.

<b>Cenários Sazonais</b>	<b>Número de Simulações</b>
Verão	24
Inverno	30

A Figura 5 e a Figura 6 apresentam, de maneira esquemática, todas as simulações que foram realizadas para o período de verão (outubro a março) e inverno (abril a setembro) para os projetos SBM e WBM, respectivamente. Nota-se que as simulações abrangem todo o ano de dados disponíveis.

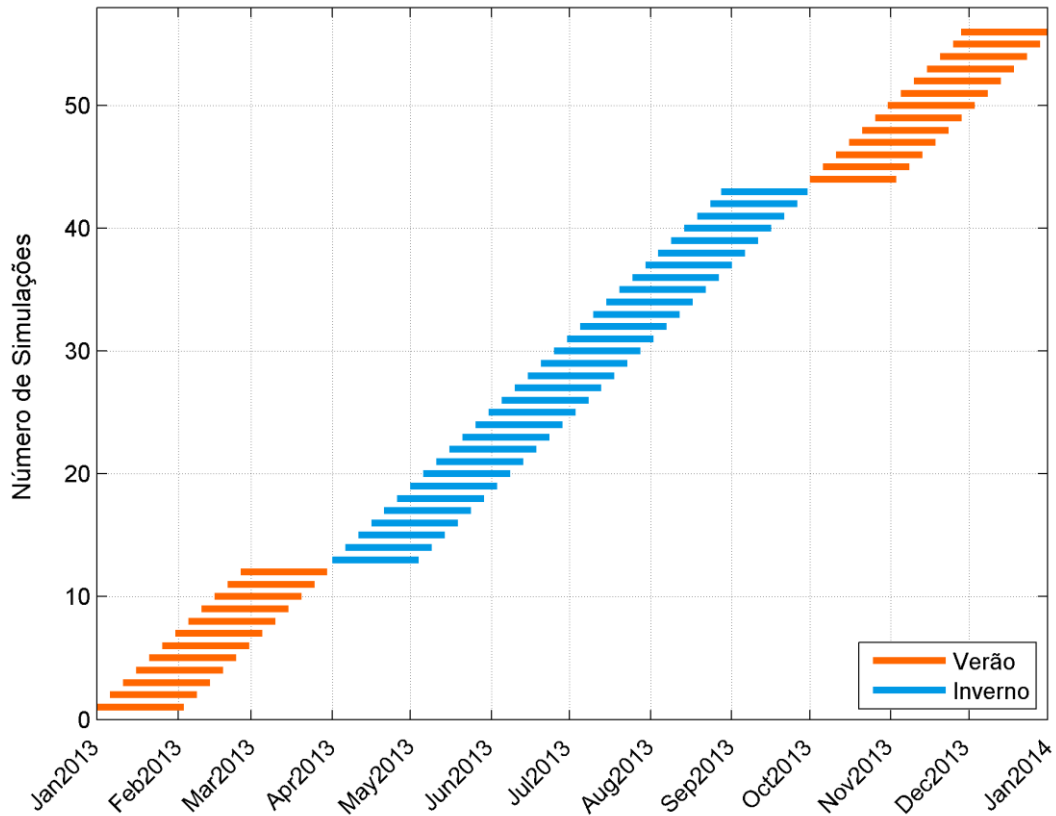


Figura 5: Número de simulações realizadas por período do ano. Cada barra colorida reflete uma simulação distinta com duração de 34 dias (tempo total de simulação). Em laranja, são apresentadas as 25 simulações determinísticas realizadas para o verão (outubro a março) e, em azul, as 31 simulações determinísticas realizadas para o inverno (abril a setembro) | Projeto SBM.

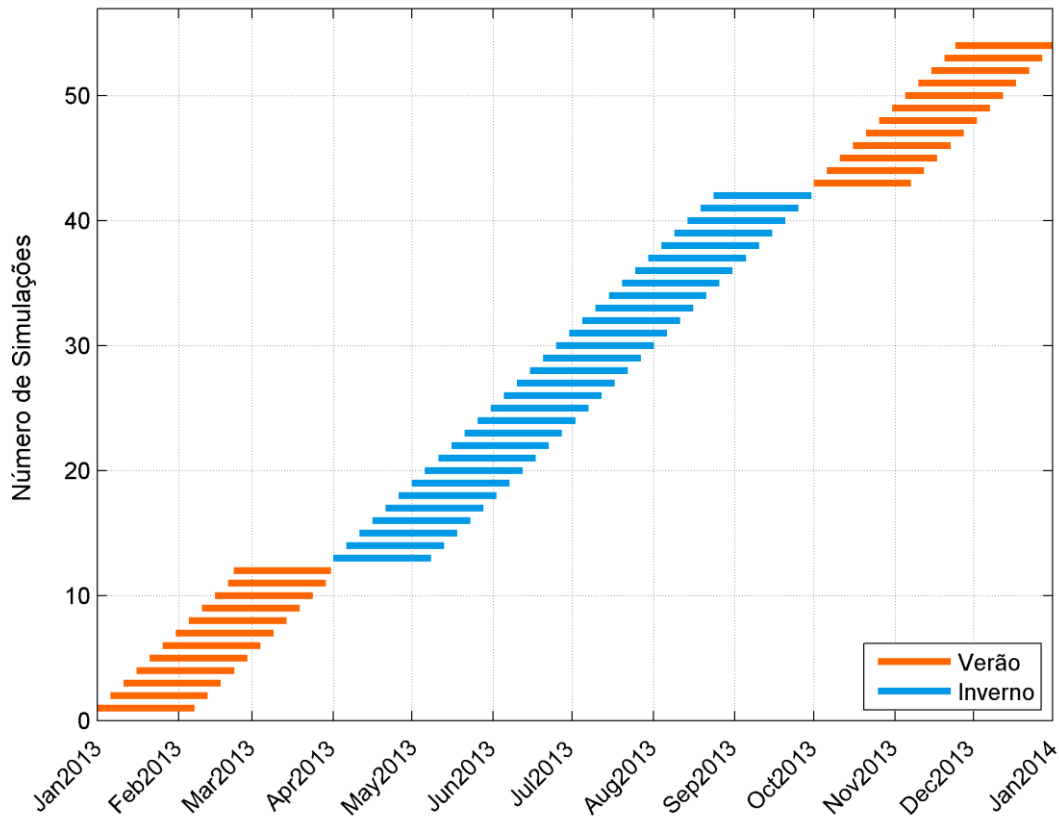


Figura 6: Número de simulações realizadas por período do ano. Cada barra colorida reflete uma simulação distinta com duração de 38 dias (tempo total de simulação). Em laranja, são apresentadas as 24 simulações determinísticas realizadas para o verão (outubro a março) e, em azul, as 30 simulações determinísticas realizadas para o inverno (abril a setembro) | Projeto SBM.

O maior impacto causado pelo descarte de cascalho e fluido aderido, resultante da perfuração marítima, é o acúmulo de sólidos no fundo oceânico. Ainda levando em conta a viabilidade do trabalho – uma modelagem probabilística dos sólidos em suspensão demandaria o dobro das simulações determinísticas realizadas, já que essas demandam normalmente uma grade maior (item 2.2.6) e um maior refinamento temporal (passo de tempo e *output* – Tabela 27) – e a importância dos resultados a serem apresentados, a apresentação da modelagem probabilística foi restrita às pilhas de deposição formadas no assoalho oceânico. As concentrações dos sólidos em suspensão na coluna d’água serão limitadas às apresentações dos resultados determinísticos.

Tabela 27: Passo de tempo e *output* utilizados nas simulações, distintos para os resultados de deposição e suspensão.

<b>Resultados</b>	<b>Passo de Tempo (min)</b>	<b>Output (h)</b>
Pilhas de Deposição	5	6
Sólidos em Suspensão	2	2

## 2.2.4.2 Simulações Determinísticas

Para a escolha dos cenários determinísticos a serem apresentados, foram considerados dois critérios: **espessura máxima** e **distância máxima da fonte**. Dessa forma, dentre todos os cenários determinísticos obtidos, tanto para o verão (outubro a março) como para o inverno (abril a setembro), serão escolhidos dois casos distintos, quais sejam: aquele em que foi obtido o valor máximo de espessura no fundo, e o que obteve a maior distância da fonte, considerando o limiar mais conservador (0,01 mm).

Para estas simulações serão apresentados resultados referentes às pilhas de deposição e às plumas de sólidos em suspensão.

## 2.2.5 Limiar de Monitoramento

### 2.2.5.1 Pilhas de Deposição

O estudo de Kjeilen-Eilertsen *et al.* (2004) apresenta uma revisão bibliográfica (KRANZ, 1974; MAURER *et al.*, 1980 e 1981; BELLCHAMBERS & RICHARDSON, 1995; CHANDRASEKARA & FRID, 1998; HOLTHAUS *et al.*, 2003) dos limites mínimos de espessura para os quais são identificados efeitos nocivos em diversos grupos e espécies de organismos bentônicos. São considerados quatro efeitos críticos para análise: mortalidade, redução do crescimento da espécie, redução do assentamento larval e mudanças na composição faunística.

Dos trabalhos analisados, o estudo de Holthaus *et al.* (2003) estima a espessura mínima para a qual o soterramento não seria considerado nocivo à comunidade bentônica com base na análise de curvas SSD (*Species Sensitivity Distribution*). Os valores obtidos são os seguintes:

- » Para sedimentos exógenos (não-nativos): 0,96 cm;
- » Para sedimentos endógenos (nativos): 0,65 cm.

Com base nessa análise é ainda sugerido, no estudo de Kjeilen-Eilertsen *et al.* (2004), que o limite em que já não são sentidos efeitos nocivos seja de 0,5 cm, podendo este ser utilizado como limiar para estudos de modelagem de cascalho e fluidos de perfuração.

Baseado nas referências bibliográficas apresentadas acima, percebe-se que o limiar de 0,1 cm (1 mm) seria conservador o suficiente para a representação e estimativa das pilhas de deposição formadas no assoalho marinho. Entretanto, de maneira geral, os Termos de Referência elaborados pela CGPEG/DILIC/IBAMA para modelagens de cascalho e fluido aderido, normalmente, exigem que as pilhas de deposição sejam monitoradas até o limiar de 0,01 mm. Dessa forma, visando atender ao que usualmente é solicitado, os resultados serão

apresentados considerando o limiar de 0,01 mm, sendo sempre comparados com o que foi obtido para 1 mm.

### 2.2.5.2 Sólidos em Suspensão

Smit *et al.* (2006) analisou diversos estudos prévios realizados para identificar o efeito do descarte de cascalho e fluido aderido nos organismos nectônicos. Segundo esses estudos, o menor limiar ao qual os organismos estão sujeitos a alterações significativas, em descartes com fluido de base água, foi de 10 mg/L (~10 ppm). Apesar de esse limiar levar em consideração resultados de descartes de fluidos de base aquosa, é importante ressaltar que essa abordagem é aceitável, já que esses são os que se dispersam por mais tempo no ambiente, sendo os mais impactantes aos organismos nectônicos. Dessa forma, visando uma abordagem conservadora, o limiar monitorado neste estudo foi de 5 ppm.

### 2.2.6 Descrição da Grade

Os efeitos dos descartes de sólidos no mar variam consideravelmente de acordo com a distância vertical entre a fonte e o assoalho marinho. Nas seções onde o descarte é feito próximo ao fundo (sem utilização do *riser*), o material tende a formar uma pilha de deposição significativamente maior que aquela associada aos descartes que ocorrem junto à superfície. Por outro lado, o material descartado da superfície (com *riser*) irá percorrer uma distância maior, sofrendo influência das forçantes locais e cobrindo uma área mais extensa quando depositado. Entretanto, também há a questão do tipo de fluido que é descartado, devido a sua menor densidade, os sólidos presentes nos fluidos de base água tendem a se dispersar mais que aqueles derivados de fluidos de base sintética.

Em estudos de modelagem, a relação entre a resolução da grade projetada e a escala do fenômeno estudado é vital na obtenção de bons resultados. Deve-se atentar para o fato de que uma grade ampla, que abranja toda a região de deposição ou de dispersão dos sólidos em suspensão, pode não ter resolução suficiente para mapear com exatidão a região de maior espessura. Da mesma forma, uma grade de alta resolução pode não cobrir uma área suficientemente grande como a que se espera para a deposição do material ou dispersão dos sólidos.

Como solução para o problema apresentado acima, é proposto o uso de duas grades distintas: a primeira com tamanho e resolução suficientes para representar a região de maior acúmulo de sedimentos; e a segunda, com maior área, porém menos refinada, voltada para o alcance dos sólidos em suspensão. Os domínios das grades utilizadas no estudo são apresentados na

Figura 7 e Figura 8 para os Poços Pinguim e Gaivota, respectivamente. As grades indicadas em verde são referentes às pilhas de deposição e as grades indicadas em azul estão relacionadas às plumas de sólidos em suspensão.

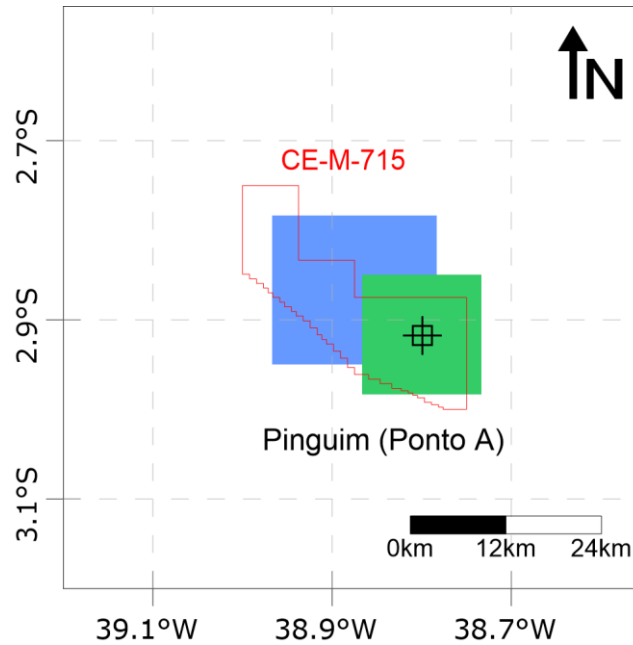


Figura 7: Domínios das grades utilizadas na modelagem para a pilha de deposição (em verde); e para a pluma de sólidos em suspensão (em azul) | Poço Pinguim. (*Datum* SIRGAS 2000).

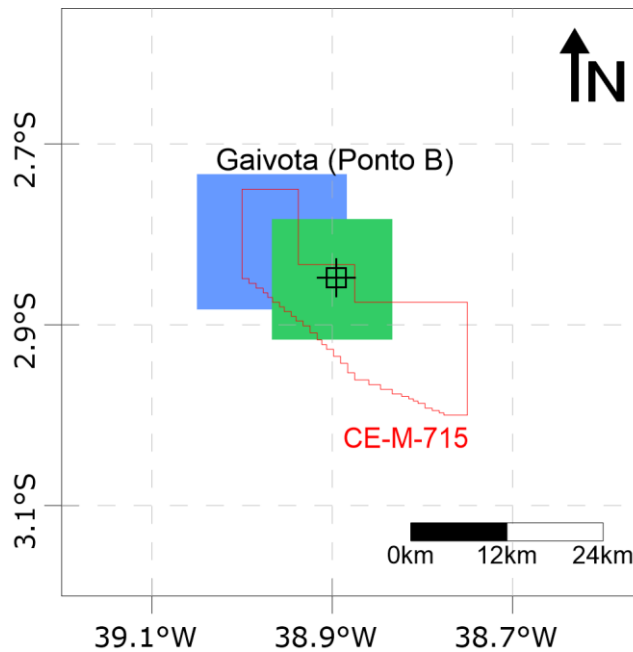


Figura 8: Domínios das grades utilizadas na modelagem para a pilha de deposição (em verde); e para a pluma de sólidos em suspensão (em azul) | Poço Gaivota. (*Datum* SIRGAS 2000).

A grade utilizada para a deposição da modelagem no Poço Pinguim apresenta um espaçamento de 25 m nas direções zonal e meridional e 21,0 m em cada nível de profundidade. Os seus limites são: ao sul, 02°59'S; ao norte, 02°51'S; a oeste, 38°52'W; e a leste, 38°44'W. Obtendo assim uma matriz com 586x573 células em superfície e 44 células verticais. Já a grade para os sólidos em suspensão foi construída com um espaçamento de 30 m nas direções zonal e meridional e 21,0 m na direção vertical. Esta grade apresenta 690x642 células em superfície e 44 células verticais, com seus limites compreendidos entre: 02°57'S e 02°47'S, em latitude, e 38°58'W; e 38°47'W, em longitude. Para fins de modelagem, foi considerada uma profundidade uniforme de 925 m em todo o domínio da grade, que corresponde à profundidade da lâmina d'água local informada pela CHEVRON.

A grade utilizada para a deposição da modelagem no Poço Gaivota apresenta um espaçamento de 25 m nas direções zonal e meridional e 21,4 m em cada nível de profundidade. Os seus limites são: ao sul, 02°55'S; ao norte, 02°47'S; a oeste, 38°58'W; e a leste, 38°50'W. Obtendo assim uma matriz com 584x583 células em superfície e 45 células verticais. Já a grade para os sólidos em suspensão foi construída com um espaçamento de 30 m nas direções zonal e meridional e 21,4 m na direção vertical. Esta grade apresenta 644x574 células em superfície e 45 células verticais, com seus limites compreendidos entre: 02°53'S e 02°54'S, em latitude, e 39°03'W; e 38°53'W, em longitude. Para fins de modelagem, foi considerada uma profundidade uniforme de 965 m em todo o domínio da grade, que corresponde à profundidade da lâmina d'água local informada pela CHEVRON.

## 2.3. Forçantes

Conforme dito anteriormente, a separação sazonal definida para o presente estudo seguiu o mesmo critério adotado no estudo de modelagem de óleo apresentado neste mesmo processo de licenciamento, onde o período de verão corresponde aos meses de **outubro a março** (meses com predominância de ventos E/ENE e correntes WNW/NW) e o período de inverno aos meses de **abril a setembro** (meses com predominância de ventos ESE/E e correntes WNW/NW). Para manter a coerência, todos os parâmetros de entrada do modelo de dispersão (correntes, temperatura e salinidade do mar, ventos e temperatura do ar) serão apresentados de acordo com os períodos escolhidos.

### 2.3.1 Correntes

Como forçante hidrodinâmica foram utilizados os resultados do modelo hidrodinâmico ROMS, o mesmo utilizado no estudo de modelagem de dispersão de óleo. As localizações dos pontos de grade mais próximos aos pontos de descarte são apresentadas na Figura 9.

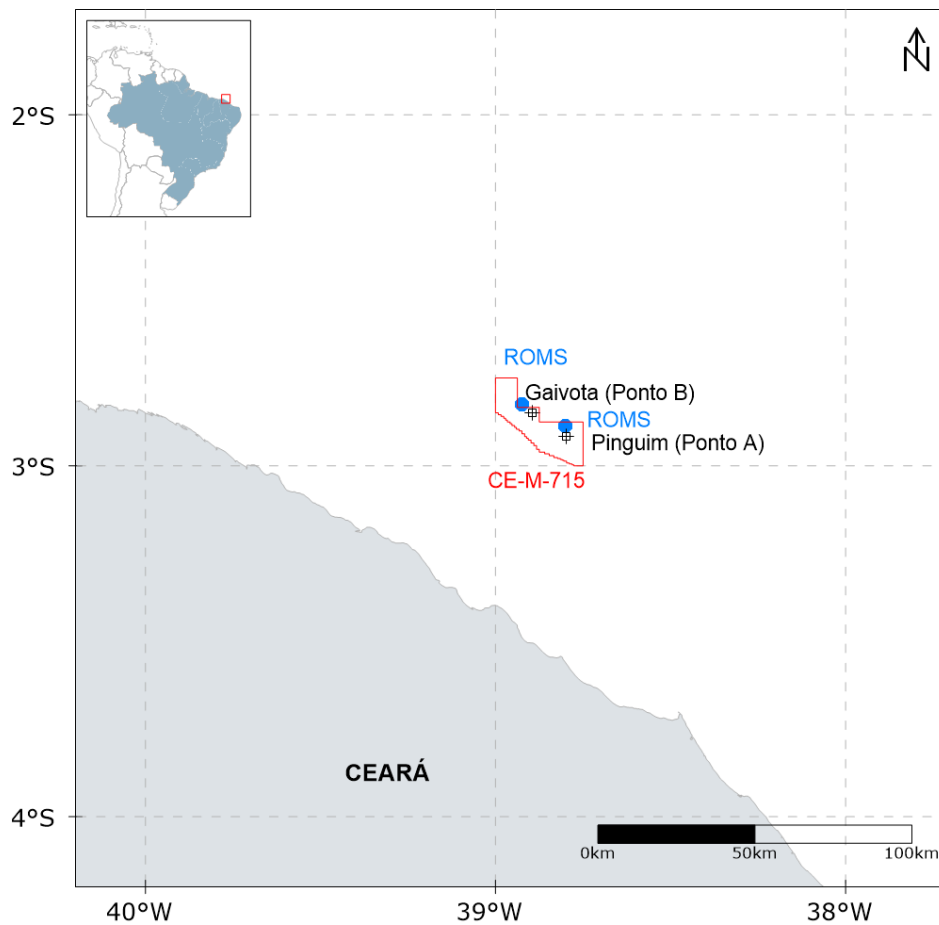


Figura 9: Localização do ponto de grade do ROMS mais próximos a cada ponto de descarte.

A seguir, da Figura 10 a Figura 13, são apresentadas as rosas de correntes obtidas para o verão (outubro a março) e inverno (abril a setembro), respectivamente, variando nas profundidades de 0, 100, 500 m e de fundo, para os poços Pinguim (Ponto A) e Gaivota (Ponto B).



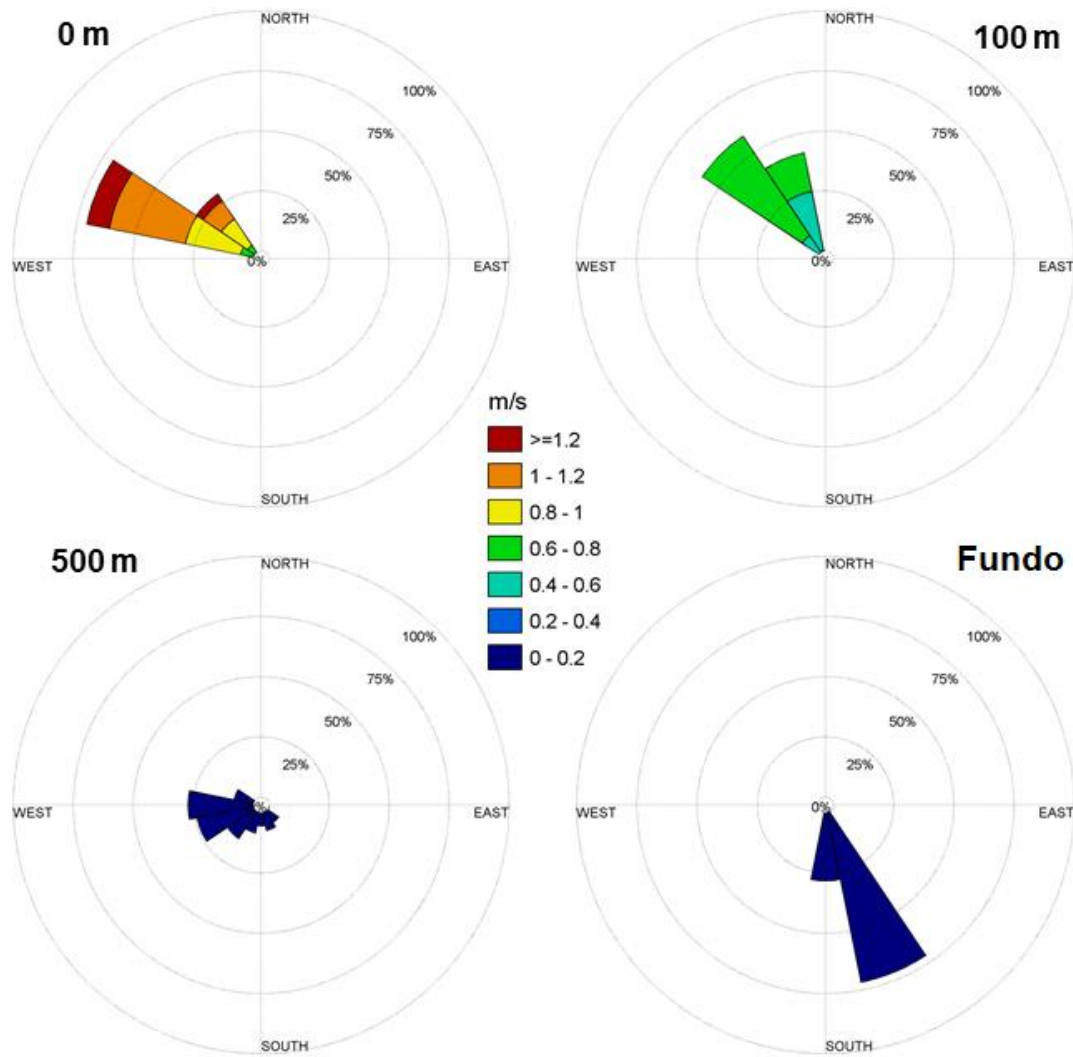


Figura 10: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e de fundo, para o período representativo do cenário de verão (outubro a março), do ponto de grade do ROMS mais próximo ao poço Pinguim (Ponto A).

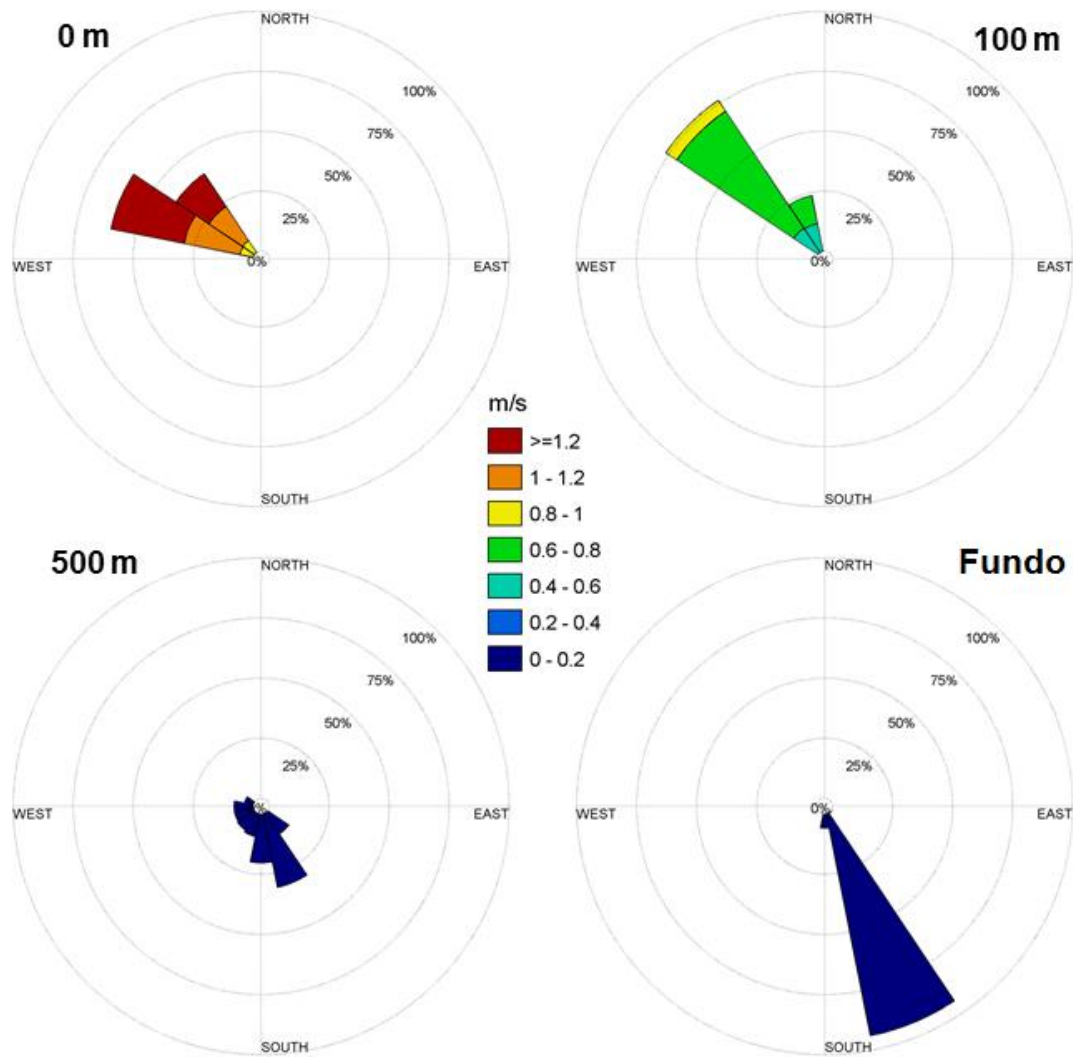


Figura 11: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e de fundo, para o período representativo do cenário de inverno (abril a setembro), do ponto de grade do ROMS mais próximo ao poço Pinguim (Ponto A).

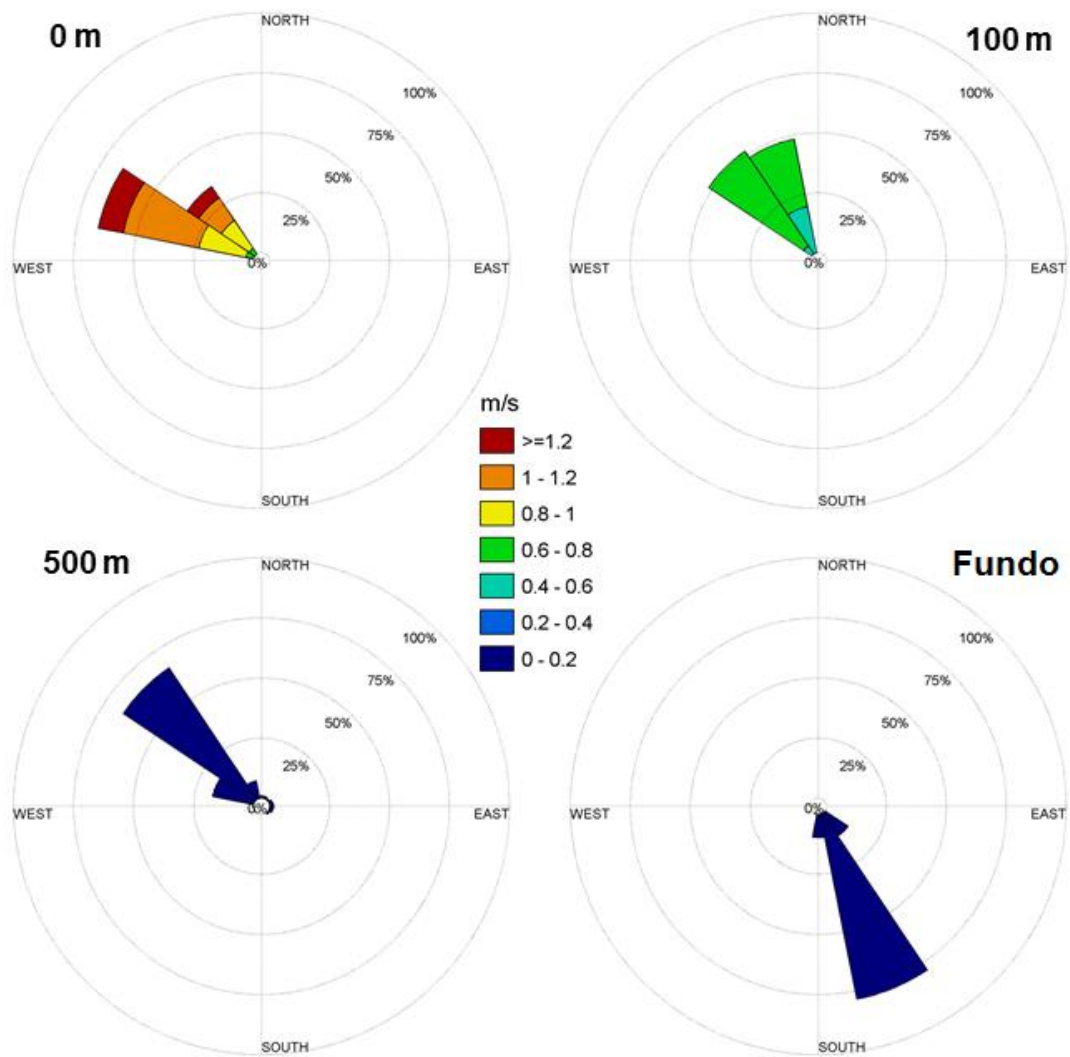


Figura 12: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e de fundo para o período representativo do cenário de verão (outubro a março), do ponto de grade do ROMS mais próximo ao poço Gaiivota (Ponto B)

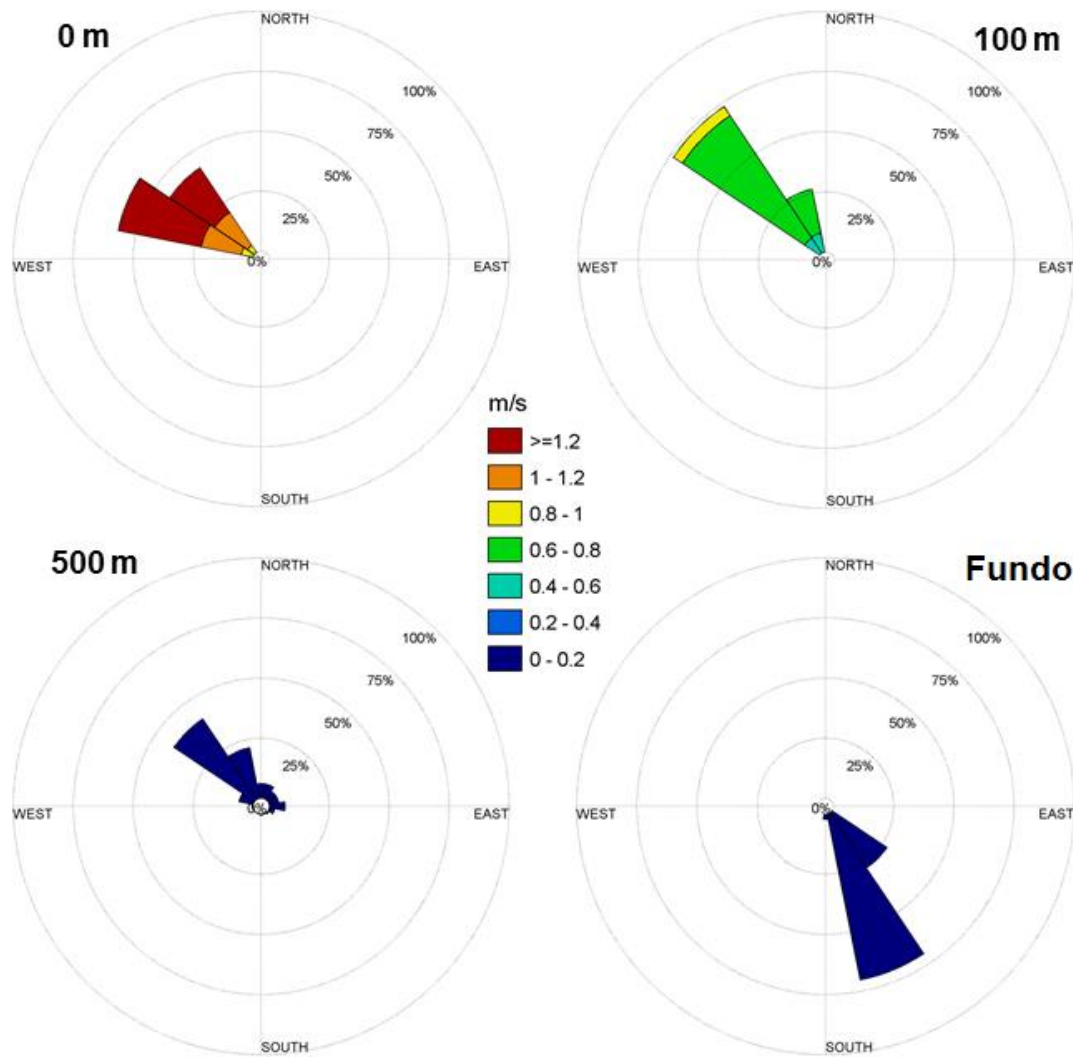


Figura 13: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e de fundo, para o período representativo do cenário de inverno (abril a setembro), do ponto de grade do ROMS mais próximo ao poço Gaivota (Ponto B)

A Tabela 28 e a Tabela 29, abaixo, apresentam os valores máximos de intensidade obtidos em ambos os cenários para os poços Pinguim e Gaivota, respectivamente.

Tabela 28: Intensidades máximas de corrente obtidas para os cenários de verão (outubro a março) e inverno (abril a setembro) | Poço Pinguim.

Profundidade (m)	Intensidade Máxima (m/s)	
	Verão	Inverno
0	1,38	1,51
100	0,78	0,91
500	0,13	0,13
Fundo	0,03	0,03

Tabela 29: Intensidades máximas de corrente obtidas para os cenários de verão (outubro a março) e inverno (abril a setembro) | Poço Gaivota.

Profundidade (m)	Intensidade Máxima (m/s)	
	Verão	Inverno
0	1,40	1,51
100	0,77	0,91
500	0,04	0,03
Fundo	0,02	0,02

Para ambos os poços e cenários sazonais, a corrente atuante é para oeste-noroeste e noroeste em superfície e, no fundo, para sul-sudeste. O cenário de inverno (abril a setembro) é o que apresenta, em ambos os poços considerados, a maior velocidade em superfície (1,51 m/s). O mesmo pode ser observado na profundidade de 100 metros, onde apenas no inverno as rosas atingem a classe de intensidades entre 0,8 e 1,0 m/s. Já no fundo, não são observadas diferenças significativas de intensidade quando comparados os dois períodos sazonais. Observa-se que há pouca variação das correntes, tanto em intensidade quanto em direção, quando comparadas as estações do ano.

### 2.3.2 Temperatura e Salinidade do Mar

Para definir os perfis de temperatura e salinidade a serem incorporados na modelagem de óleo foram utilizados os dados da Análise Global do Projeto MyOcean, os mesmos utilizados na condição inicial e de contorno da Modelagem Hidrodinâmica. Os pontos de grade do MyOcean mais próximos aos pontos de descarte são apresentados na Figura 14.

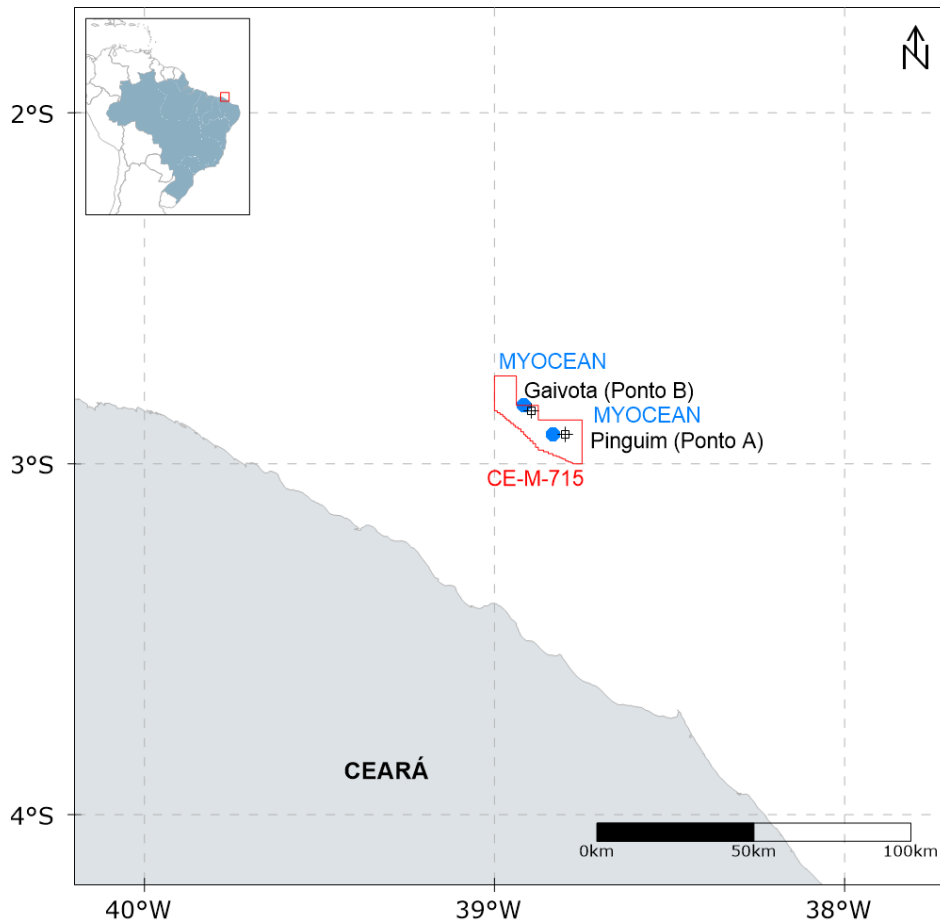


Figura 14: Localização do ponto de grade do MyOcean mais próximo aos poços Pinguim e Gaivota.

No DREAM, apesar de ser utilizada uma série temporal para representar a variabilidade dos dados de corrente, os parâmetros temperatura e salinidade não seguem esse padrão. O usuário do modelo tem a opção de inserir apenas um perfil de temperatura e salinidade para cada cenário. Desta forma, foram calculados perfis médios de temperatura e salinidade para cada período (verão – outubro a março – e inverno – abril a setembro) para os poços Pinguim (Figura 15) e Gaivota (Figura 16).

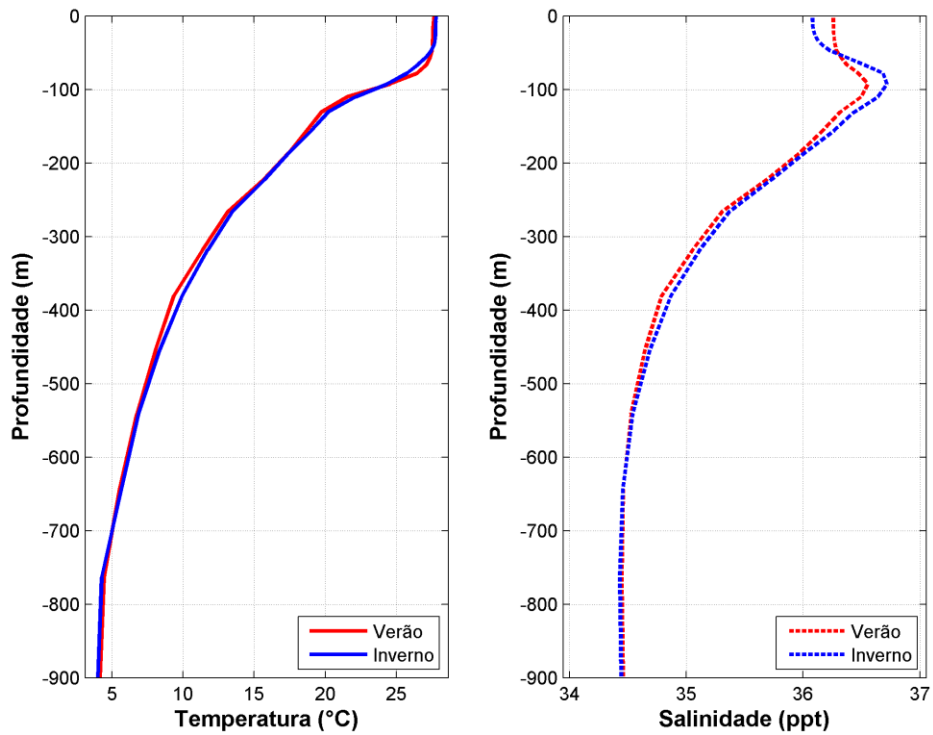


Figura 15: Perfis médios de temperatura e salinidade para o ponto do MyOcean mais próximo ao poço Pinguim (Ponto A).

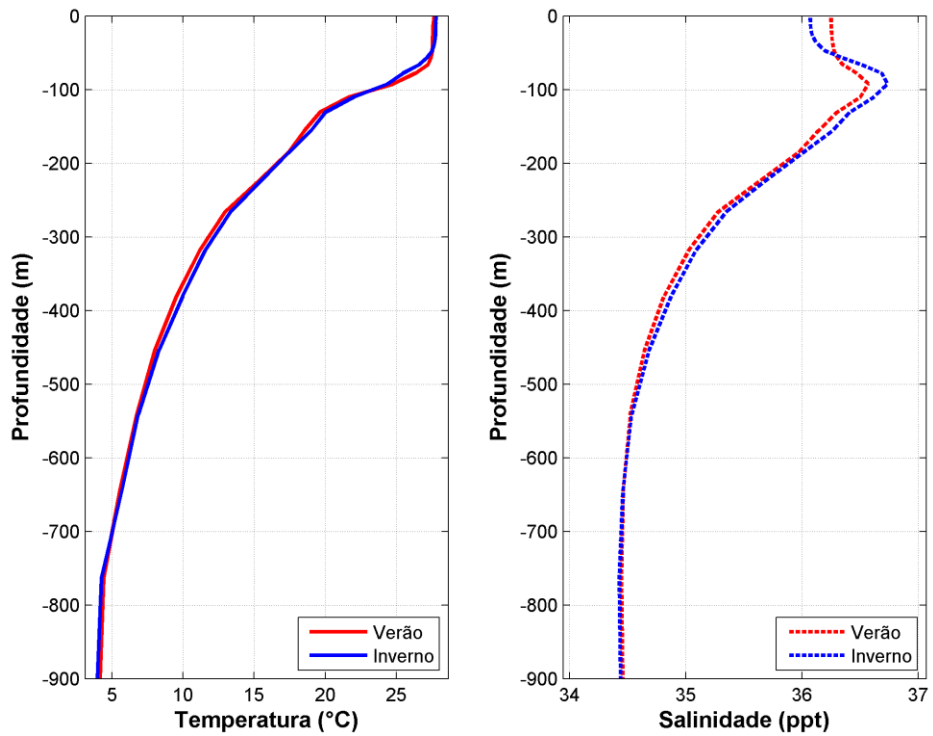


Figura 16: Perfis médios de temperatura e salinidade para o ponto do MyOcean mais próximo ao poço Gaivota (Ponto B).

### 2.3.3 Ventos

Os dados de vento utilizados como forçante no modelo são provenientes das Reanálises do NCEP – *National Centers for Environmental Prediction* – (KALNAY *et al.*, 1996). A base de dados conhecida como “Reanálises do NCEP” foi originada a partir de uma cooperação entre o NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) e o NCAR (*National Center for Atmospheric Research*), com intuito de produzir inicialmente uma rede de 40 anos de dados meteorológicos globais com base nas análises dos campos atmosféricos (KALNAY *et al.*, 1996). Posteriormente, esse projeto foi ampliado para uma janela de tempo de 50 anos (KISTLER *et al.*, 2001), e atualmente, estão disponíveis mais de 60 anos (1948-atual) de dados.

A Reanálise do NCEP (R-1) usa o estado da arte em sistemas de assimilação de dados e um banco de dados mais completo possível, abrangendo informações meteorológicas primárias das mais diversas fontes associadas aos dados do modelo atmosférico global do NCEP (KISTLER *et al.*, 2001).

Estes dados são amplamente utilizados pela comunidade científica, sendo, portanto adequados para utilização em estudos dessa natureza. Os dados primários utilizados para gerar as reanálises são de diferentes origens:

- » Dados globais de radiossondas.
- » Dados da superfície do mar obtidos através do projeto COADS (Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) no período de 1983 a 1996 (14 anos), originados de diversas fontes, dentre elas, observações de navios, bóias fixas, bóias móveis e estações oceânicas próximas à superfície.
- » Dados aéreos, originados de observações por aeronaves em todo o globo, geralmente associados a projetos como GARP (Global Atmospheric Research Program) e GATE (Global Atlantic Tropical Experiment), por exemplo.
- » Dados de Satélite, que começaram a ser obtidos em 1967, através de diversos programas. Atualmente, o NCEP/NCAR utiliza dados fornecidos pelo projeto TOVS (Operational Vertical Sounder System), com variáveis em três dimensões, cuja resolução espacial média é de 2,5 graus.
- » Dados de vento em superfície, obtidos pelo sensor espacial Microwave/Imager (SSM/I) a partir de 1987, submetidos ao tratamento feito pela rede neural de Kransnopolsky *et al.* (1995) *apud* Kalnay *et al.* (1996).
- » Dados de cobertura de nuvens obtidos por estimativas dos dados de Satélites Meteorológicos Geoestacionários (SMG). Esses dados estão disponíveis desde 1978.



Todos os dados utilizados nas reanálises passam por um rigoroso controle de qualidade e recebem um tratamento diferenciado de acordo com a forma de obtenção. Utilizando-se técnicas de interpolação espaço-temporal, que levam em consideração não somente a estatística como também a dinâmica dos fenômenos meteorológicos (análise objetiva).

Para este estudo, foram utilizados os dados coincidentes com o período disponível para as correntes (ano de 2013), tendo uma frequência temporal de 6 horas (4 dados por dia). A resolução espacial na área em questão é de aproximadamente 1,8°, tendo sido utilizado o ponto de grade do NCEP mais próximo à ambos os pontos de descarte (Figura 17). A seguir, são apresentadas as rosas dos ventos (Figura 18), elaboradas para os períodos sazonais escolhidos.

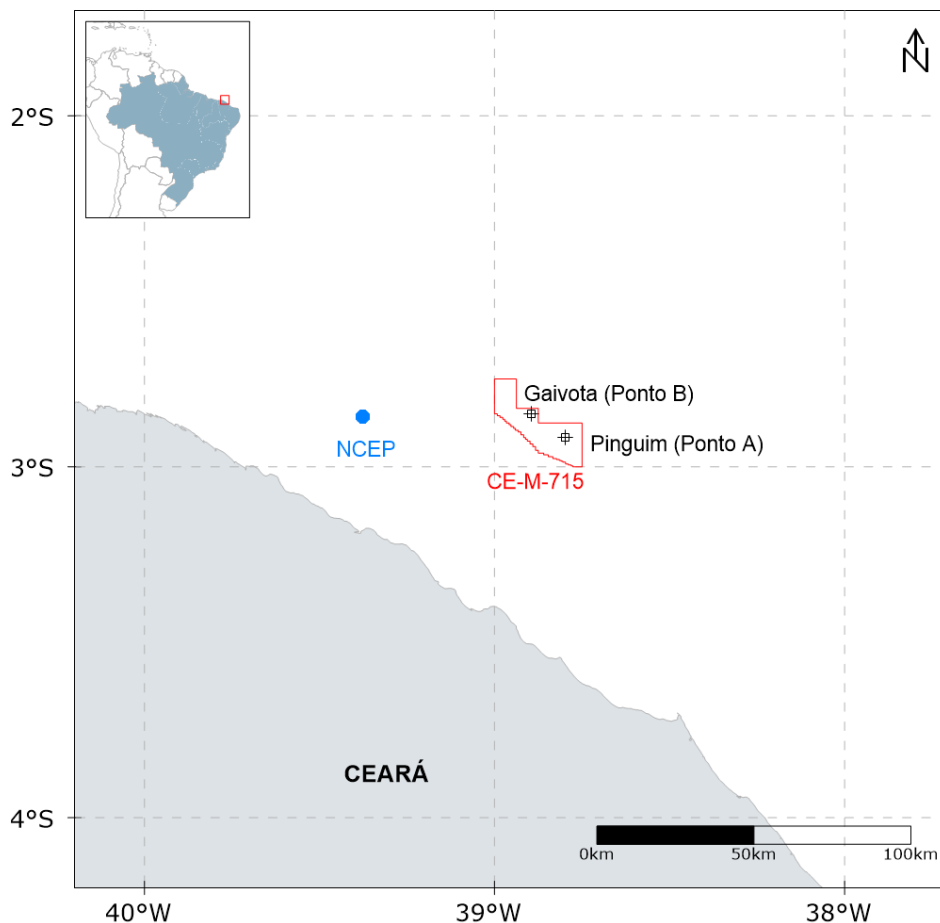


Figura 17: Localização do ponto de grade do NCEP mais próximo aos poços Pinguim e Gaivota.

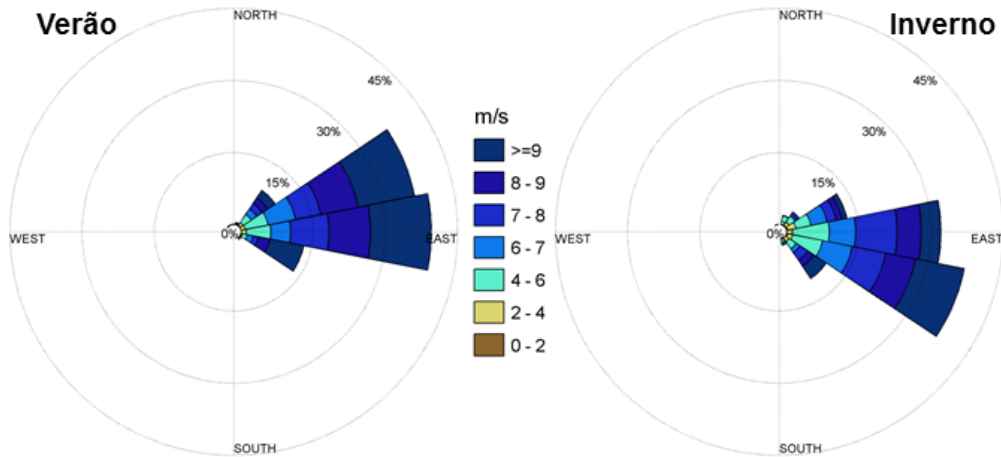


Figura 18: Histogramas direcionais para os ventos de cada cenário sazonal escolhido no ponto de grade do NCEP mais próximos aos poços Pinguim e Gaivota.

Ambos os cenários apresentam predominância de ventos de leste, com uma tendência maior para leste-nordeste no verão (outubro a março) e leste-sudeste durante o inverno (abril a setembro). As maiores intensidades ( $\geq 9$  m/s) são mais frequentes durante o verão.

### 2.3.4 Temperatura do Ar

Os dados de temperatura do ar utilizados como forçantes do modelo também são oriundos das Reanálises do NCEP. Assim como nos dados de temperatura do mar e salinidade, no DREAM há a opção de inserir apenas um valor de temperatura do ar para cada cenário. Sendo assim, optou-se, novamente, por se utilizar os valores médios de cada período em ambos os pontos, apresentados na Tabela 30 abaixo.

Tabela 30: Temperatura do ar característica no ponto de grade do NCEP mais próximos aos poços Pinguim e Gaivota.

<b>Cenários Sazonais</b>	<b>Temperatura do Ar (°C)</b>
Verão (outubro a março)	27,66
Inverno (abril a setembro)	27,74

## 3. Resultados

A seguir, serão apresentados os resultados probabilísticos e determinísticos das simulações de dispersão de cascalho e fluido aderido separadamente para os poços Pinguim (Ponto A) e Gaivota (Ponto B) e, dentro deles, para os projetos SBM e WBM, considerando os dois cenários sazonais de verão (outubro a março) e inverno (abril a setembro).

Na abordagem probabilística, são realizadas diversas simulações determinísticas, considerando todos os processos citados nos itens anteriores, para diferentes condições meteorológicas. Os resultados probabilísticos são de grande importância, pois ilustram tanto a abrangência da área passível de ser afetada pelo descarte de cascalho e fluido aderido quanto as regiões com maior probabilidade de serem afetadas por tal descarte.

Para a obtenção destes resultados foram realizadas diferentes simulações, com intervalos temporais de 5 dias, para cada estação (verão – outubro a março – e inverno – abril a setembro). Visto que o impacto principal da atividade é o empilhamento de material no assoalho oceânico, os resultados probabilísticos aqui apresentados são restritos à espessura resultante no fundo. Serão apresentados mapas de probabilidade de presença na região para determinados limites de espessura e mapas da espessura máxima obtida. As concentrações de sólidos em suspensão na coluna d'água serão apresentadas para os casos determinísticos selecionados.

Para a escolha dos cenários determinísticos a serem apresentados, foram considerados dois critérios: **espessura máxima dos depósitos no fundo** e **distância máxima da fonte dos depósitos no fundo**. Dessa forma, dentre todos os cenários determinísticos obtidos, tanto para o verão (outubro a março) como para o inverno (abril a setembro), serão apresentados dois resultados distintos, aquele em que foi obtido o valor máximo de espessura no fundo, e o que obteve a maior distância da fonte, considerando o limiar mais conservador (0,01 mm). Para tais casos, serão apresentados resultados de espessura, considerando a integração total de todos os descartes e a integração das seções com e sem *riser*, analisadas separadamente, além da concentração dos sólidos em suspensão na coluna d'água.

A Figura 19 resume a forma como os resultados dos modos probabilísticos e determinísticos serão apresentados dentro de cada projeto considerado.

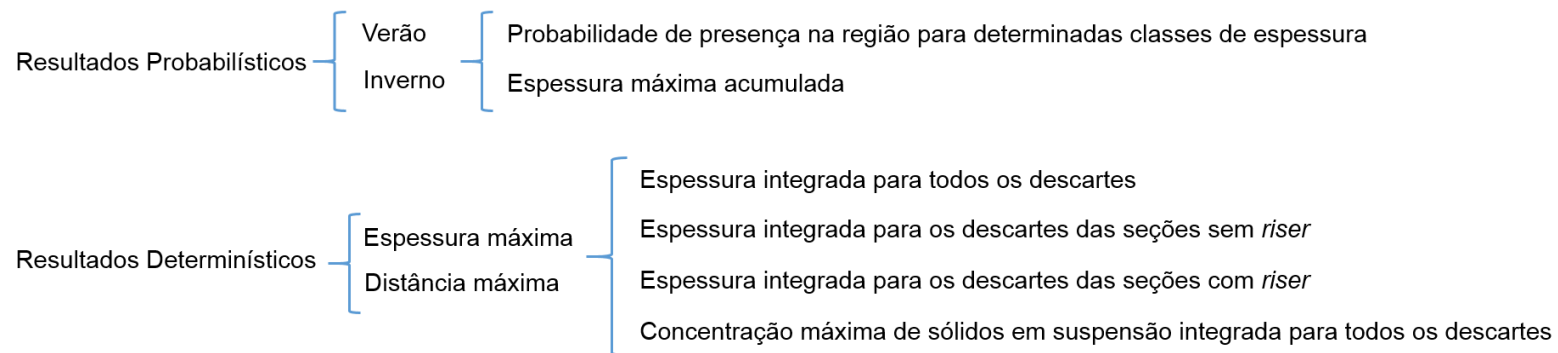


Figura 19: Fluxograma de apresentação dos resultados.

## 3.1. Resultados Probabilísticos

A seguir, serão apresentados mapas de probabilidade de presença de espessuras acima de 0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm, considerando todos os casos determinísticos simulados. Serão também apresentados mapas com a espessura máxima observada acima de 0,01 mm, onde, para cada ponto de grade, foi extraído o maior valor de espessura observado, dentre todos os casos obtidos. Os resultados serão apresentados, separadamente, para os cenários de verão (outubro a março) e inverno (abril a setembro).

### 3.1.1 Poço Pinguim (Ponto A)

Nesse item serão apresentados os resultados obtidos pelas simulações conduzidas no poço Pinguim (Ponto A), separadamente para os projetos SBM e WBM.

#### 3.1.1.1 Projeto SBM

##### 3.1.1.1.1 Probabilidade de Presença

###### 3.1.1.1.1.1 Verão

As probabilidades de presença para as classes de espessura acima de 0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm para o cenário de verão (outubro a março), considerando a integração de todos os descartes, são apresentadas da Figura 20 à Figura 23.

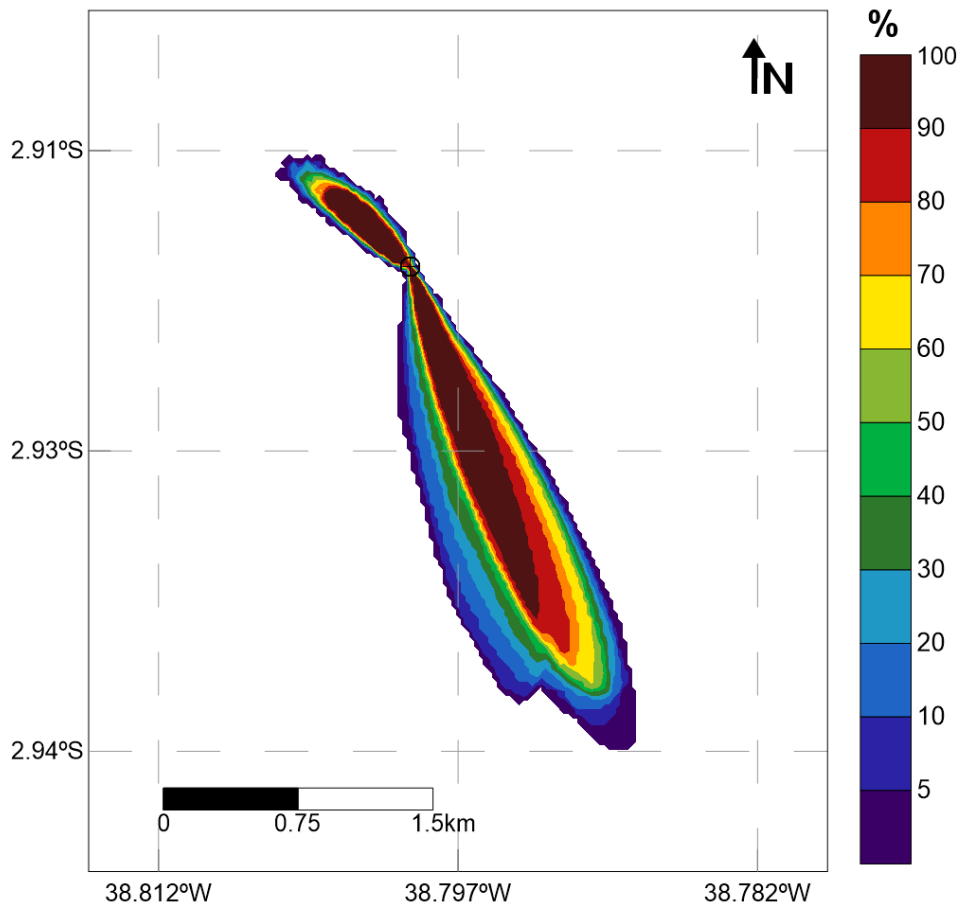


Figura 20: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

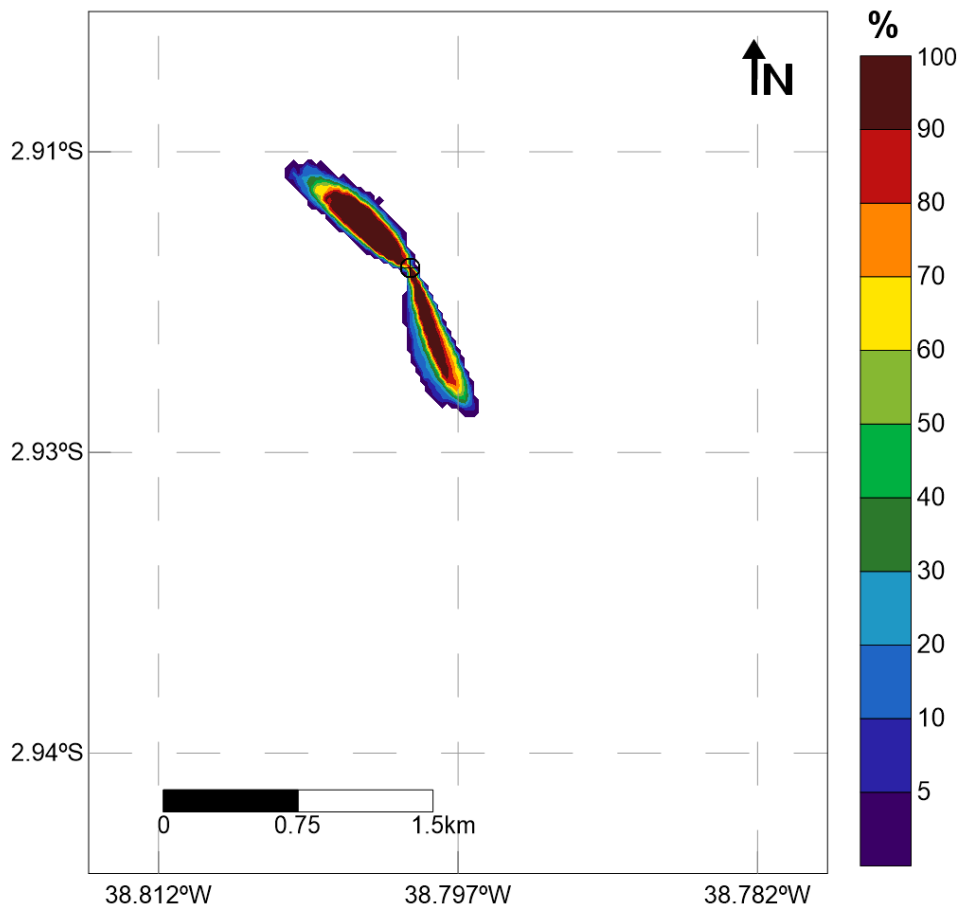


Figura 21: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

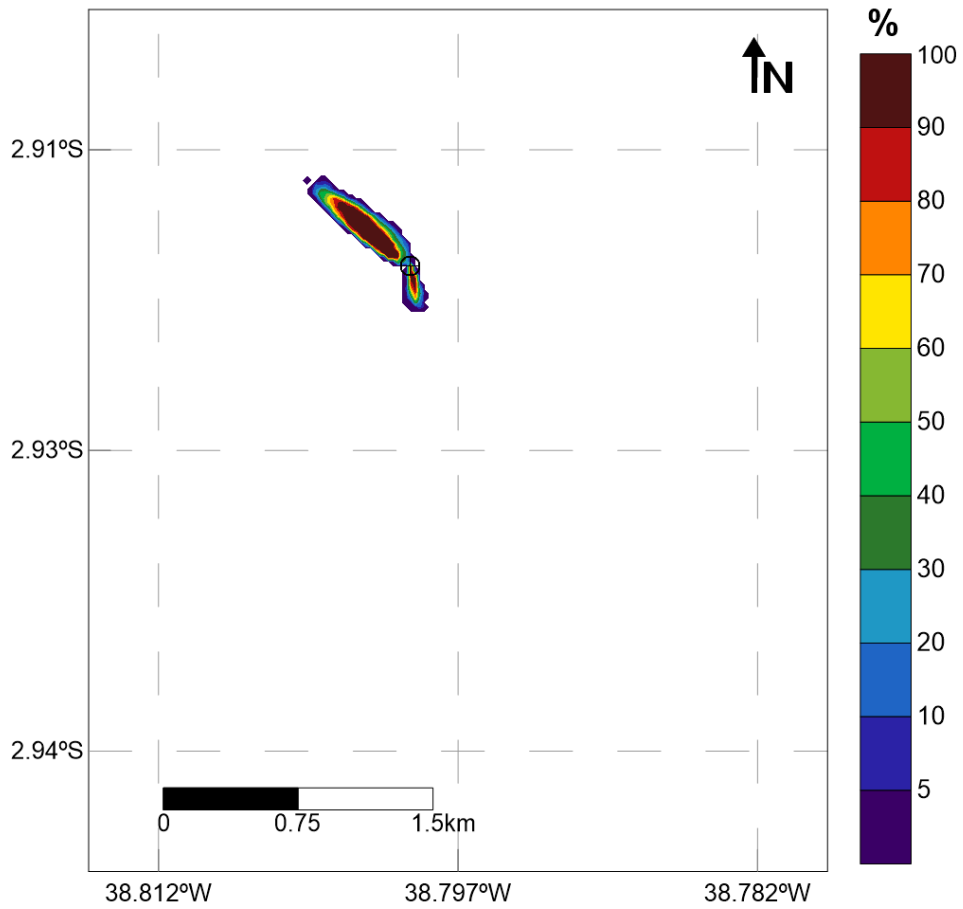


Figura 22: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).



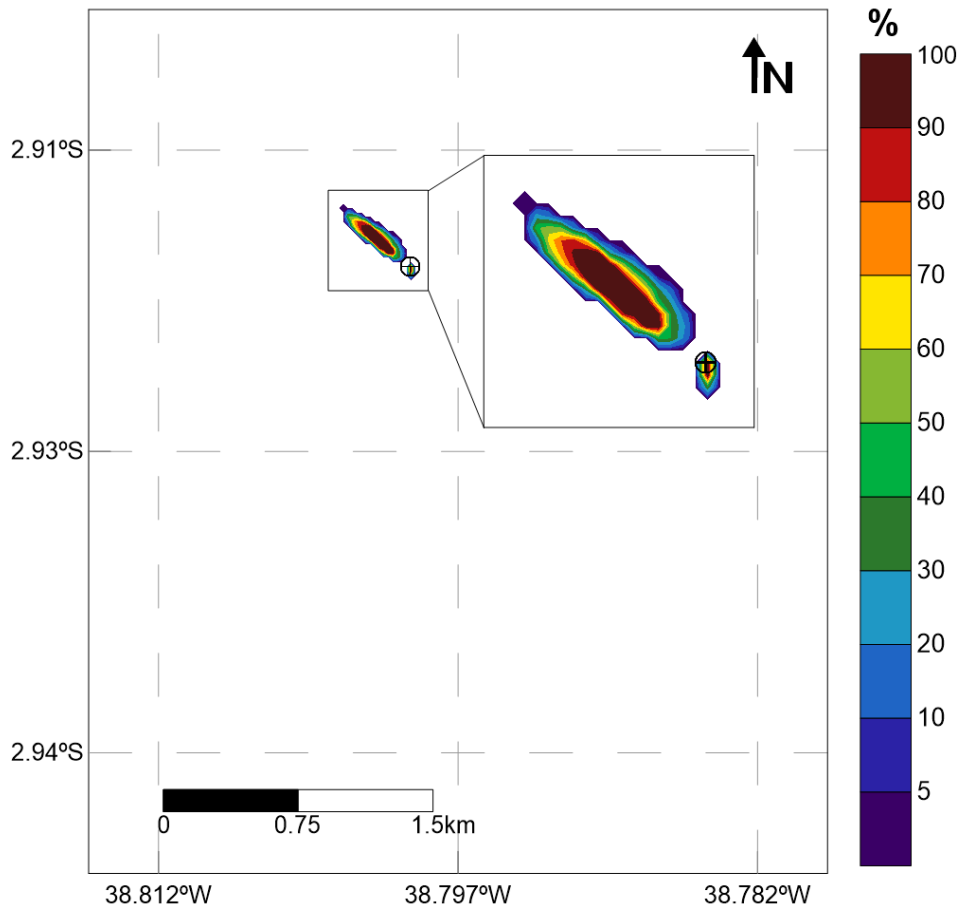


Figura 23: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 31, são apresentadas as áreas obtidas para algumas classes de probabilidade, durante o cenário de verão (outubro a março), considerando cada limiar monitorado.

Tabela 31: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM.

Probabilidade	Área (km <sup>2</sup> )			
	Limiar de 0,01 mm	Limiar de 0,1 mm	Limiar de 1 mm	Limiar de 10 mm
> 0%	2,21	0,39	0,12	0,04
>= 25%	1,15	0,23	0,08	0,03
>= 50%	0,92	0,17	0,07	0,03
>= 75%	0,66	0,15	0,05	0,02
= 100%	0,10	0,06	0,03	0,01

Pela análise dos resultados, percebe-se que as maiores probabilidades de ocorrência de espessuras são para noroeste, relativos ao descarte em superfície (correntes para noroeste), que ocorre nas fases com a utilização do *riser*, e para sul-sudeste, proveniente do descarte de fundo (correntes para sudeste), correspondente às duas primeiras seções modeladas (sem utilização do *riser*, logo susceptíveis às correntes de sul-sudeste), o que está coerente com o perfil de correntes observado para a região, apresentado na Figura 10. Percebe-se, também, que as correntes de fundo exercem influência por mais tempo na dispersão do material, que por ser mais fino, conforme apresentado no item **2.2.2 - Velocidade e Tempo de Queda dos Sólidos**, apresenta maior tempo de deposição, resultando em maiores áreas para sudeste nas menores espessuras monitoradas.

Da mesma forma observa-se uma diminuição significativa da probabilidade de presença à medida que os maiores limiares são analisados. Para 0,01 mm, por exemplo, a área total de ocorrência é de 2,21 km<sup>2</sup>, um valor muito alto quando comparado ao resultado obtido para 1 mm, de 0,12 km<sup>2</sup>.

#### 3.1.1.1.2 Inverno

As probabilidades de presença para as classes de espessura acima de 0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm para o cenário de inverno (abril a setembro), considerando a integração de todos os descartes, são apresentadas da Figura 24 à Figura 27.

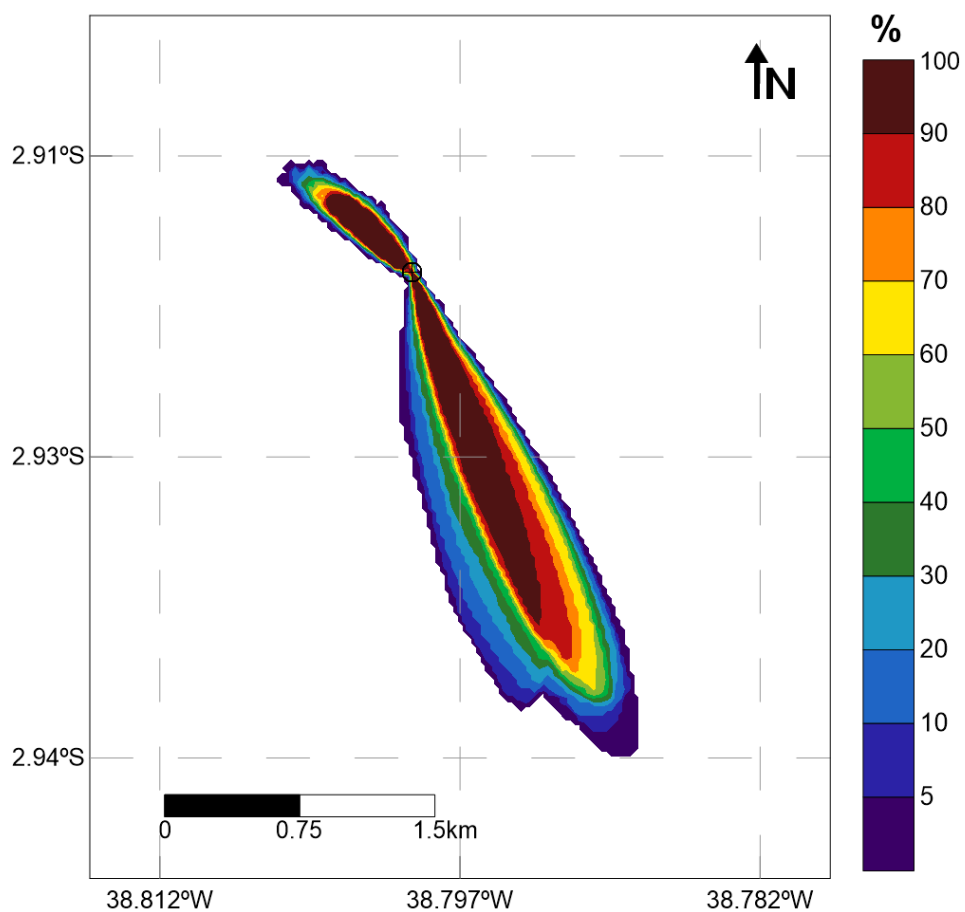


Figura 24: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

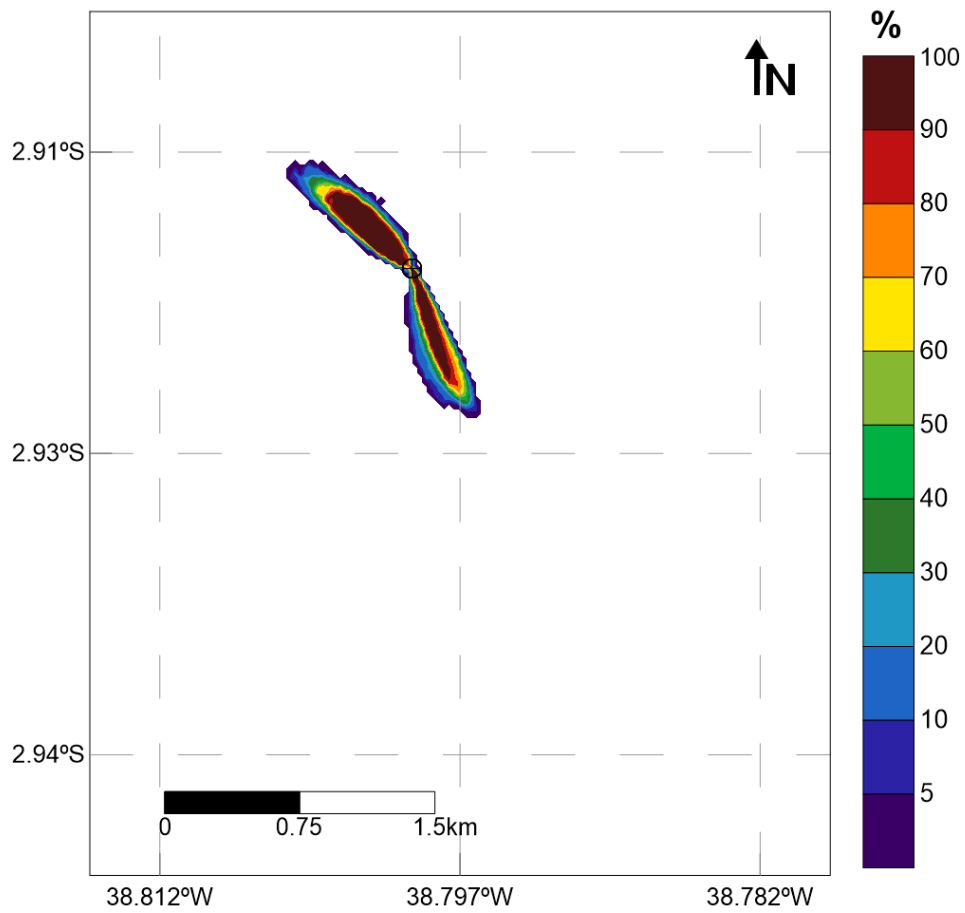


Figura 25: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

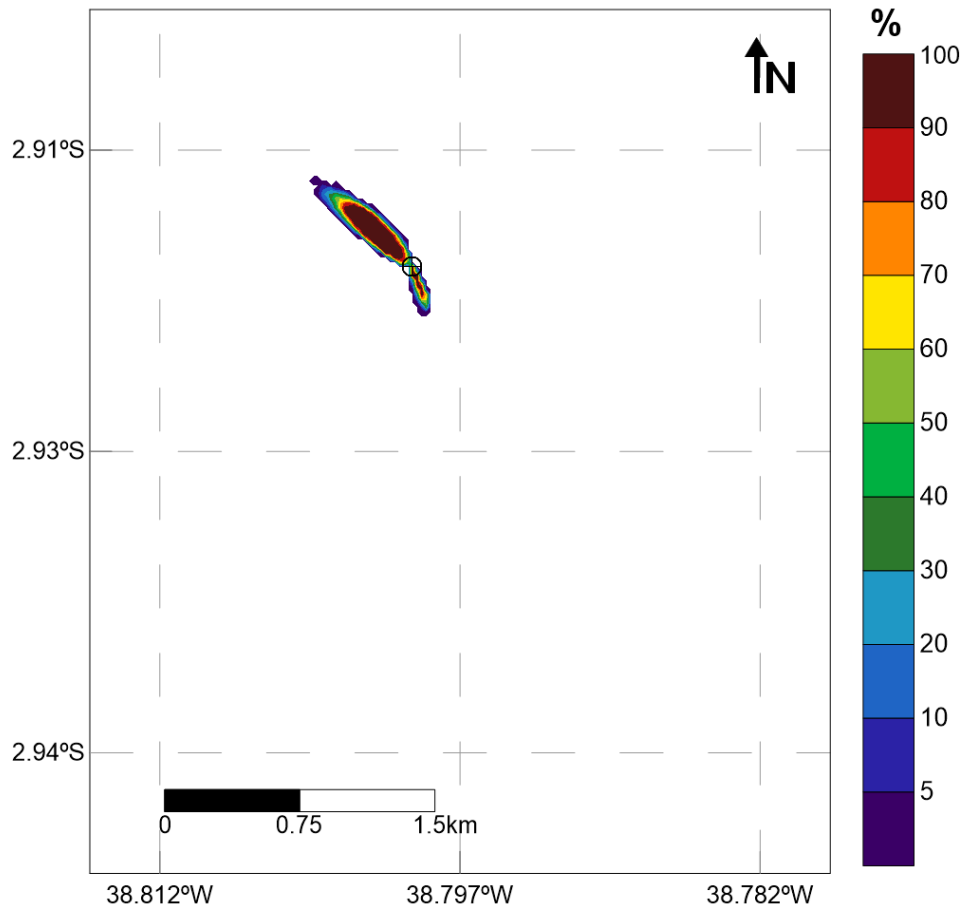


Figura 26: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

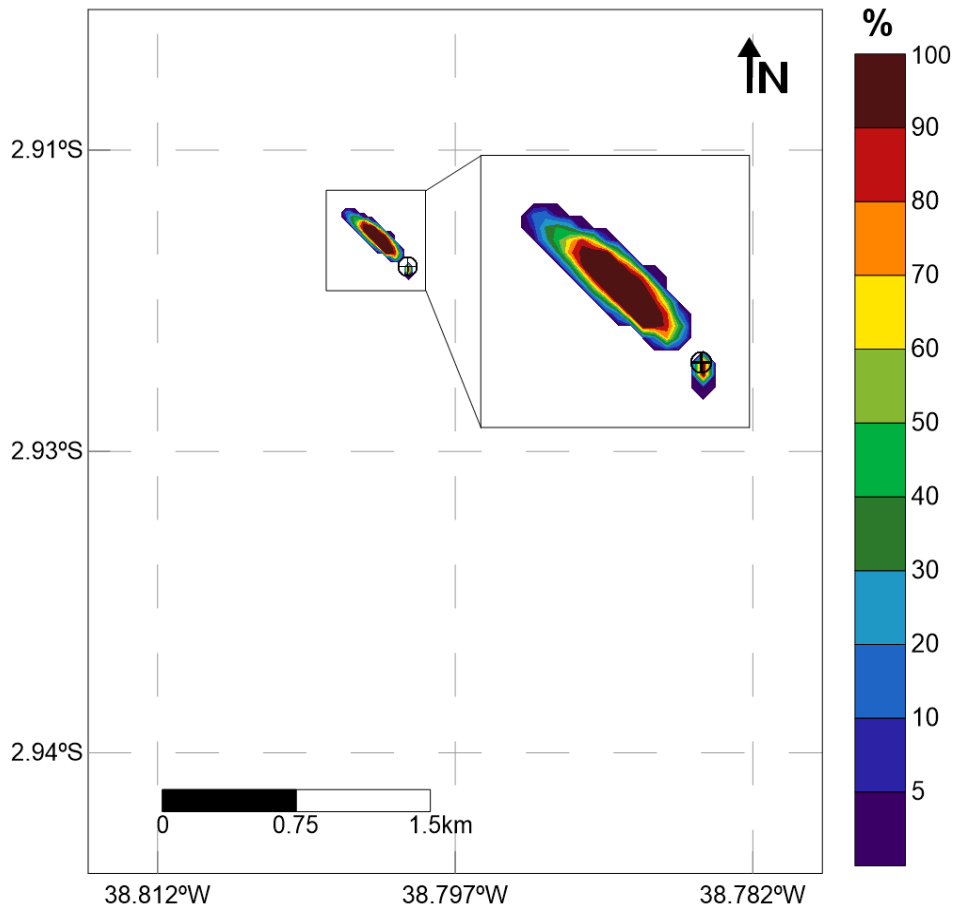


Figura 27: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 32, são apresentadas as áreas obtidas para algumas classes de probabilidade, durante o cenário de inverno (abril a setembro), considerando cada limiar monitorado.

Tabela 32: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto SBM.

Probabilidade	Área (km <sup>2</sup> )			
	Limiar de 0,01 mm	Limiar de 0,1 mm	Limiar de 1 mm	Limiar de 10 mm
> 0%	1,79	0,33	0,11	0,04
>= 25%	1,18	0,22	0,08	0,03
>= 50%	0,89	0,17	0,07	0,02
>= 75%	0,63	0,13	0,06	0,02
= 100%	0,34	0,08	0,04	0,01

Observam-se, novamente, dois padrões diferentes de circulação - sudeste (nas camadas de fundo) e noroeste (em superfície) - como pode ser observado nas rosas de corrente apresentadas na Figura 11, que determinam a direção de propagação do material descartado – para sul-sudeste nas fases sem *riser* (seções I e II / descarte no fundo) e para noroeste (seções III a V / descarte em superfície).

Nota-se, também uma diminuição significativa da probabilidade de presença à medida que os maiores limiares são analisados. A área total de ocorrência para o limiar de 0,01 mm é de 1,79 km<sup>2</sup>, e para o limiar de 1 mm, é de 0,11 km<sup>2</sup>.

### 3.1.1.1.2 Espessura Máxima

#### 3.1.1.1.2.1 Verão

A Figura 28 apresenta a espessura máxima obtida acima de 0,01 mm para todos os casos determinísticos do verão (outubro a março), considerando a integração de todos os resultados. A espessura máxima obtida neste cenário foi de 1.287,80 mm.

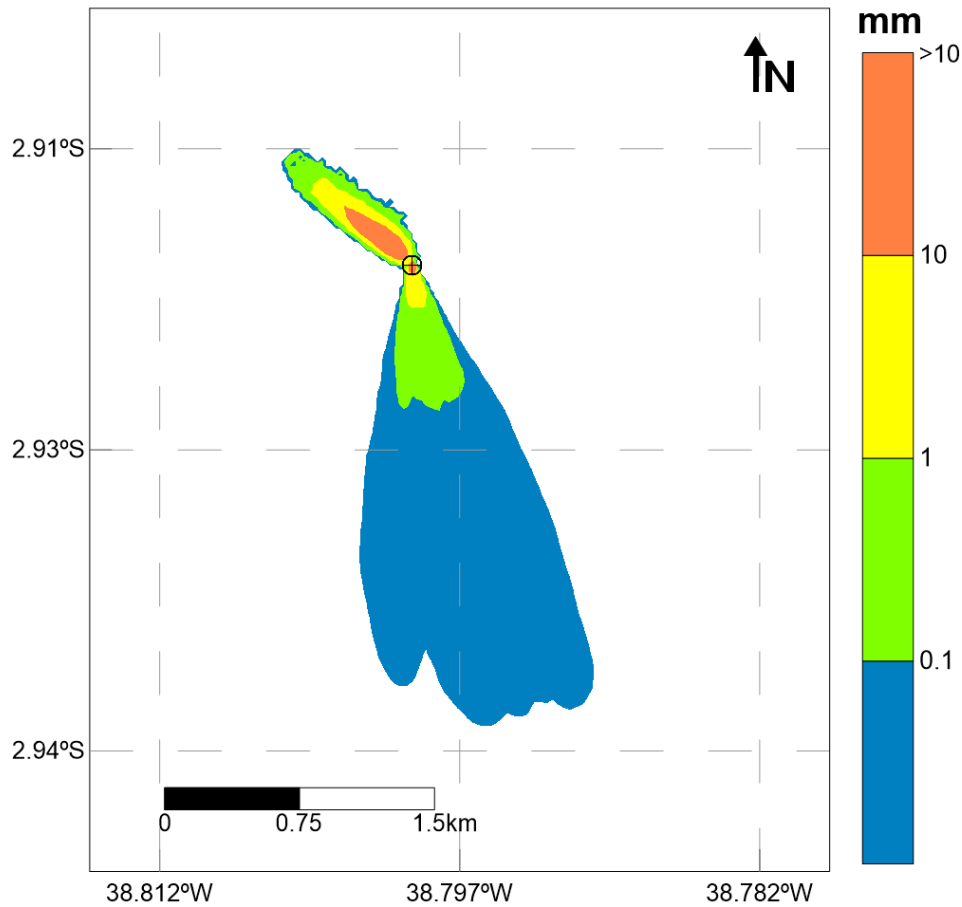


Figura 28: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

A Tabela 33 apresenta as distâncias máximas da fonte alcançadas em função de cada classe de limiar adotado, para o cenário de verão (outubro a março). A distância máxima observada para espessuras acima de 0,01 mm foi de 2,61 km, contrastando com a distância obtida para o limiar de 1 mm, que foi de 750 m.

Tabela 33: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM.

<b>Espessura</b>	<b>Distância Máxima da Fonte (km)</b>
$\geq 0,01$	2,61
$\geq 0,1$	0,90
$\geq 1$	0,75
$\geq 10$	0,49



A Tabela 34 apresenta as espessuras máximas obtidas a determinadas distâncias da fonte (100, 500 e 1.000 m). A 1 km do ponto de descarte, a máxima espessura observada foi de 0,07 mm.

Tabela 34: Espessuras máximas obtidas a 100, 500 e 1.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM.

<b>Distância da Fonte (m)</b>	<b>Espessura Máxima (mm)</b>
100	75,14
500	10,87
1.000	0,07

### 3.1.1.1.2.2 Inverno

A Figura 29 apresenta a espessura máxima obtida acima de 0,01 mm para todos os casos determinísticos do inverno (abril a setembro), considerando a integração de todos os resultados. A espessura máxima obtida neste cenário, de 1.290,07 mm, foi ligeiramente superior à observada no cenário de verão (outubro a março) (1.287,80 mm).

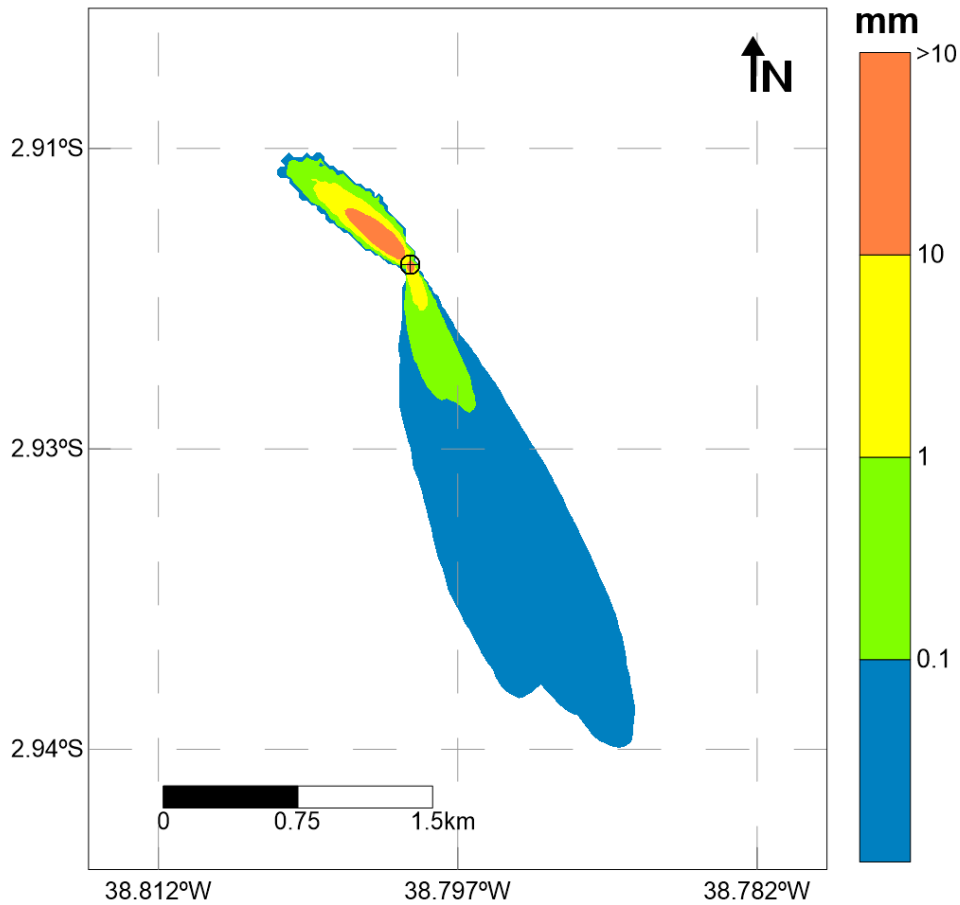


Figura 29: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

A Tabela 35 apresenta as distâncias máximas da fonte alcançadas em função de cada classe de limiar adotado, para o cenário de inverno. Espessuras acima de 0,01 mm são alcançadas até 2,92 km de distância da fonte, e acima de 1 mm, até 720 m. A distância máxima da fonte foi superior para a espessura de 0,01 mm, quando comparadas aos resultados do cenário de verão (outubro a março), enquanto que para todas as outras espessuras, as distâncias foram menores.

Tabela 35: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto SBM.

<b>Espessura</b>	<b>Distância Máxima da Fonte (km)</b>
$\geq 0,01$	2,92
$\geq 0,1$	0,88
$\geq 1$	0,72
$\geq 10$	0,46

A Tabela 36 apresenta as espessuras máximas obtidas a determinadas distâncias da fonte (100, 500 e 1.000 m). A 1 km do ponto de descarte, a máxima espessura observada foi de 0,08 mm.

Tabela 36: Espessuras máximas obtidas a 100, 500 e 1.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto SBM.

<b>Distância da Fonte (m)</b>	<b>Espessura Máxima (mm)</b>
100	73,12
500	7,12
1.000	0,08

### 3.1.1.2 Projeto WBM

#### 3.1.1.2.1 Probabilidade de Presença

##### 3.1.1.2.1.1 Verão

As probabilidades de presença para as classes de espessura acima de 0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm para o cenário de verão (outubro a março), considerando a integração de todos os descartes, são apresentadas da Figura 30 à Figura 33.

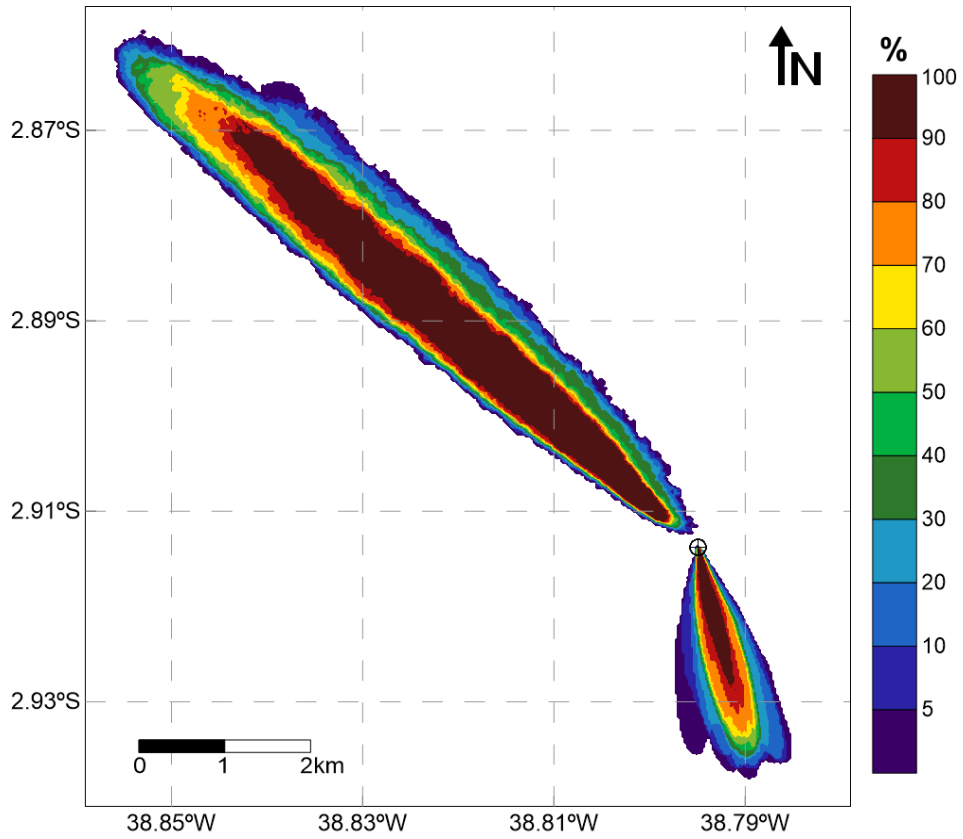


Figura 30: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

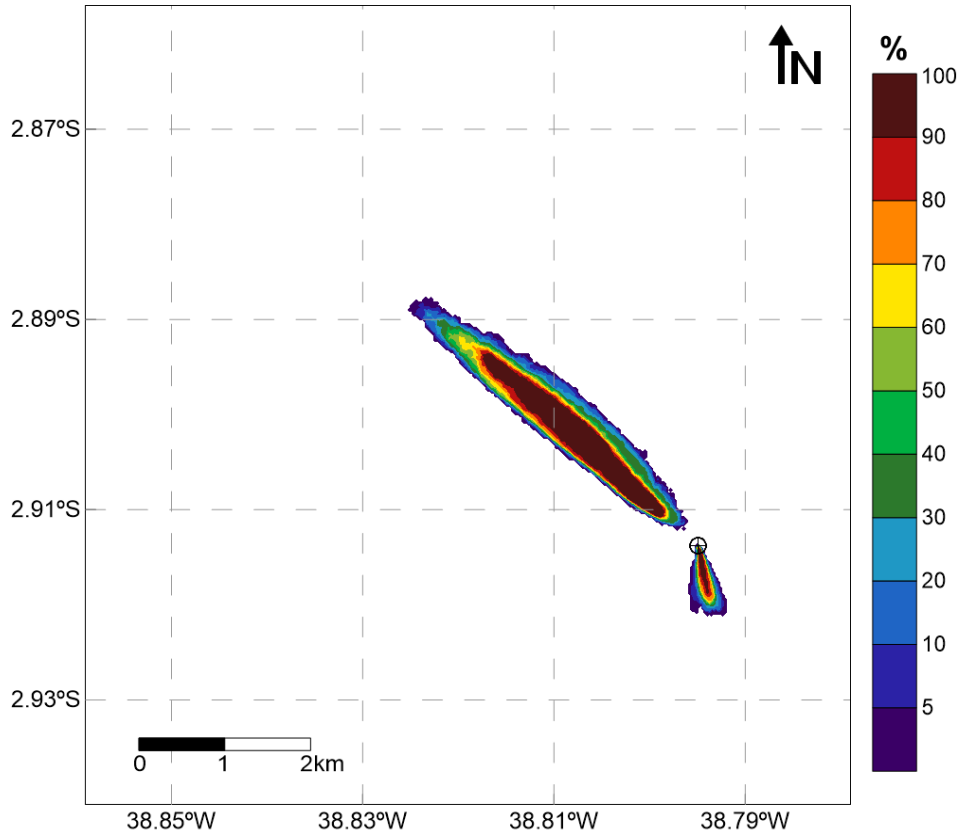


Figura 31: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

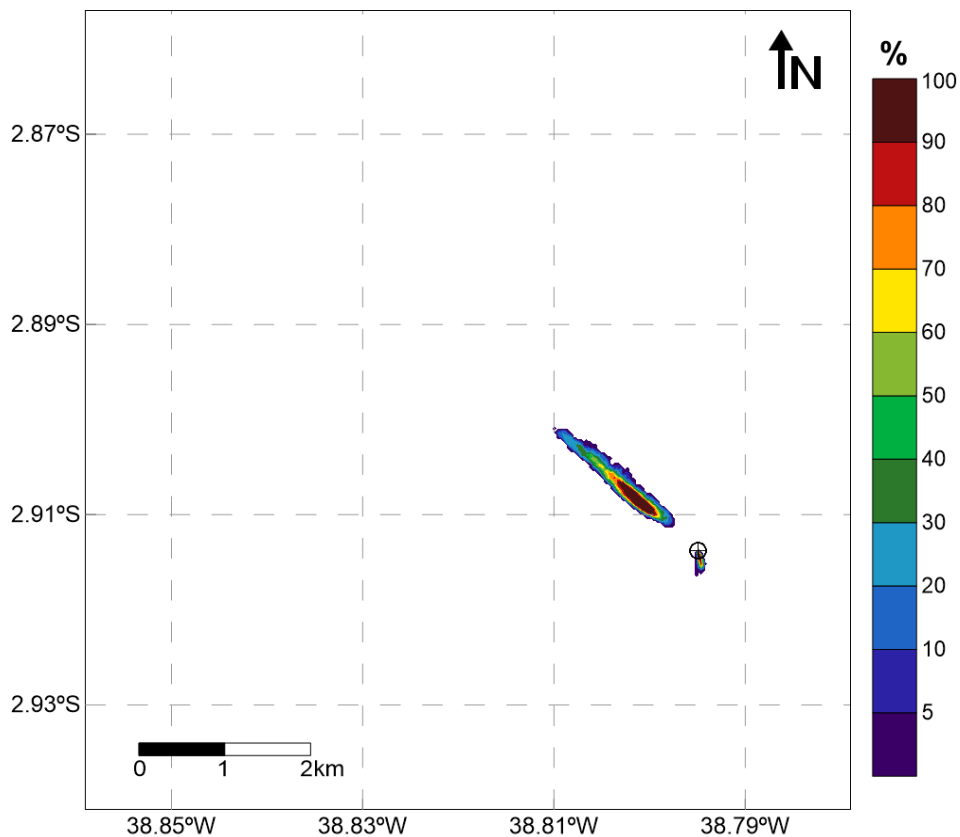


Figura 32: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

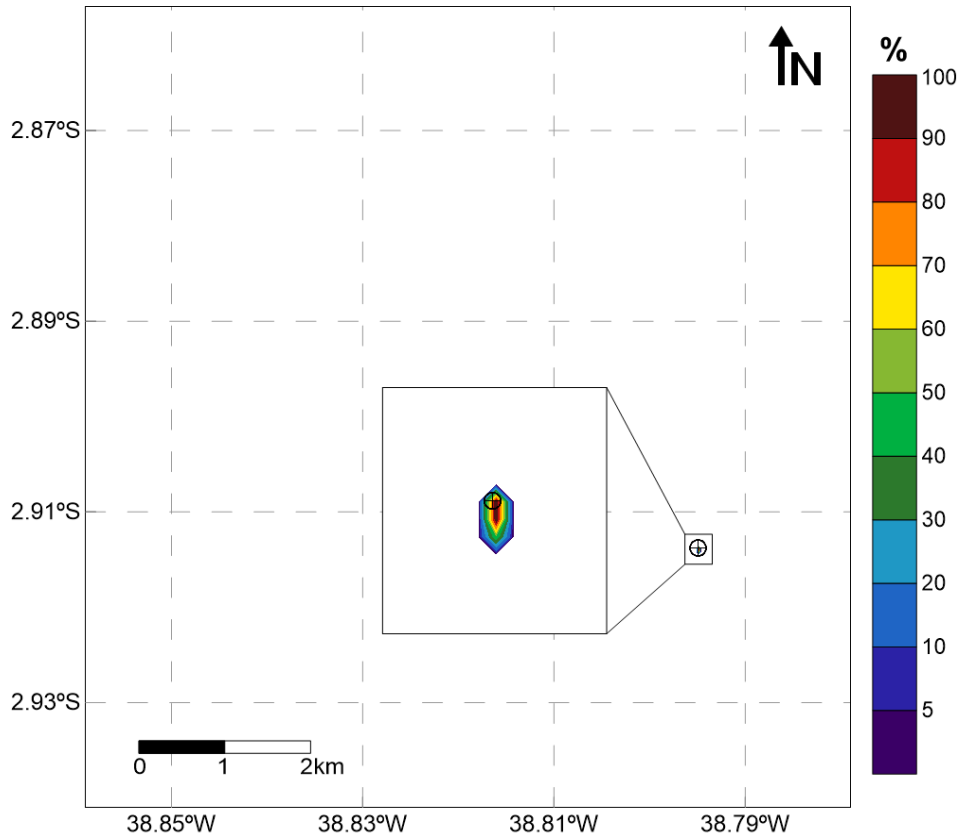


Figura 33: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 37, são apresentadas as áreas obtidas para algumas classes de probabilidade, durante o cenário de verão (outubro a março), considerando cada limiar monitorado.

Tabela 37: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM.

Probabilidade	Área (km <sup>2</sup> )			
	Limiar de 0,01 mm	Limiar de 0,1 mm	Limiar de 1 mm	Limiar de 10 mm
> 0%	11,48	2,20	0,37	0,002
>= 25%	8,52	1,62	0,22	0,002
>= 50%	6,59	1,22	0,13	0,002
>= 75%	5,06	0,95	0,08	0,001
= 100%	2,60	0,55	0,03	0,001

Assim como observado nos resultados do projeto SBM, as áreas de maiores probabilidades se estendem nas direções sul-sudeste (resultado relativo aos descartes de fundo, nas duas primeiras seções modeladas, onde as correntes atuam principalmente na direção sudeste) e noroeste (proveniente das seções III a V, onde o descarte ocorre em superfície, com correntes para noroeste).

Entretanto, as maiores áreas são àquelas voltadas para noroeste do ponto de descarte, enquanto no projeto SBM as maiores áreas eram para sul-sudeste. Isso ocorre devido às diferenças nos tempos de queda dos sólidos quando comparados um fluido de perfuração de base aquosa (WBM) com um de base sintética (SBM), conforme pode ser observado no item **2.2.2 - Velocidade e Tempo de Queda dos Sólidos**. Os fluidos de base aquosa apresentam sólidos com espessuras inferiores aos sólidos de fluidos de base sintética e, por isso, possuem um tempo de queda mais elevado. Como consequência, esses sólidos permanecem mais tempo na coluna d'água, susceptíveis à ação das correntes oceânicas, logo, as áreas com probabilidade de presença para noroeste são mais extensas no projeto WBM que no SBM.

Além disso, observa-se uma diminuição significativa da área de probabilidade de presença à medida que os maiores limiares são analisados. Para 0,01 mm, por exemplo, a área total com probabilidade de ocorrência é de 11,48 km<sup>2</sup>, um valor elevado quando comparado ao resultado obtido para 1 mm, de 0,37 km<sup>2</sup>.

#### 3.1.1.2.1.2 Inverno

As probabilidades de presença para as classes de espessura acima de 0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm para o cenário de inverno (abril a setembro), considerando a integração de todos os descartes, são apresentadas da Figura 34 à Figura 37.



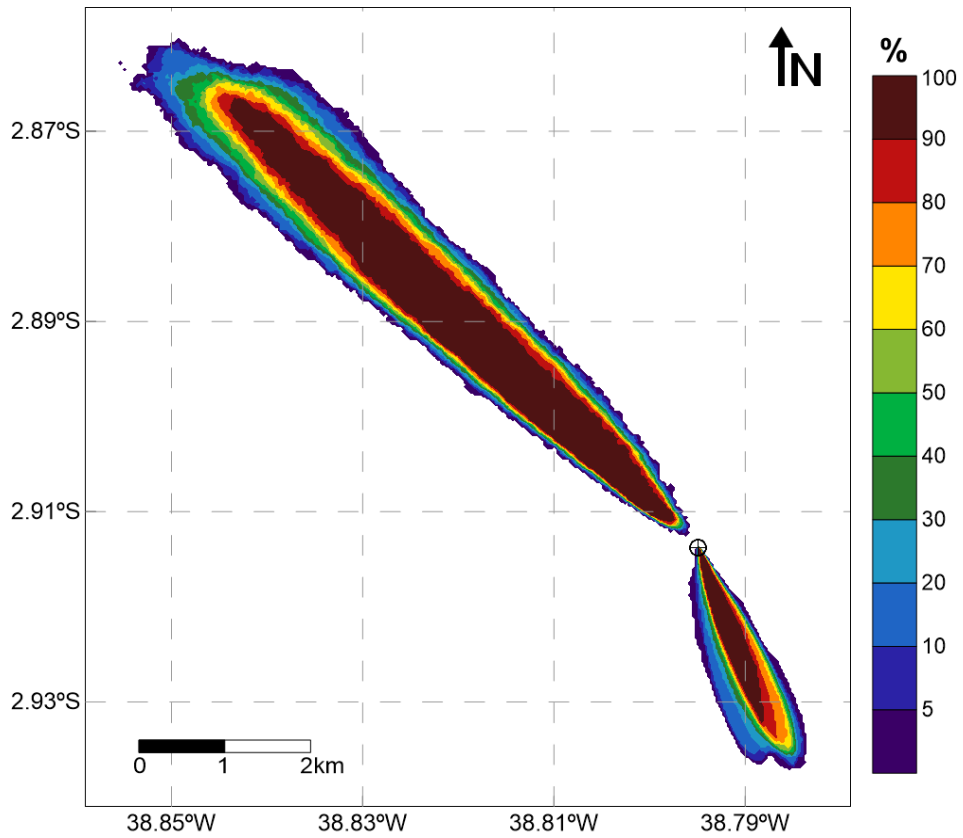


Figura 34: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

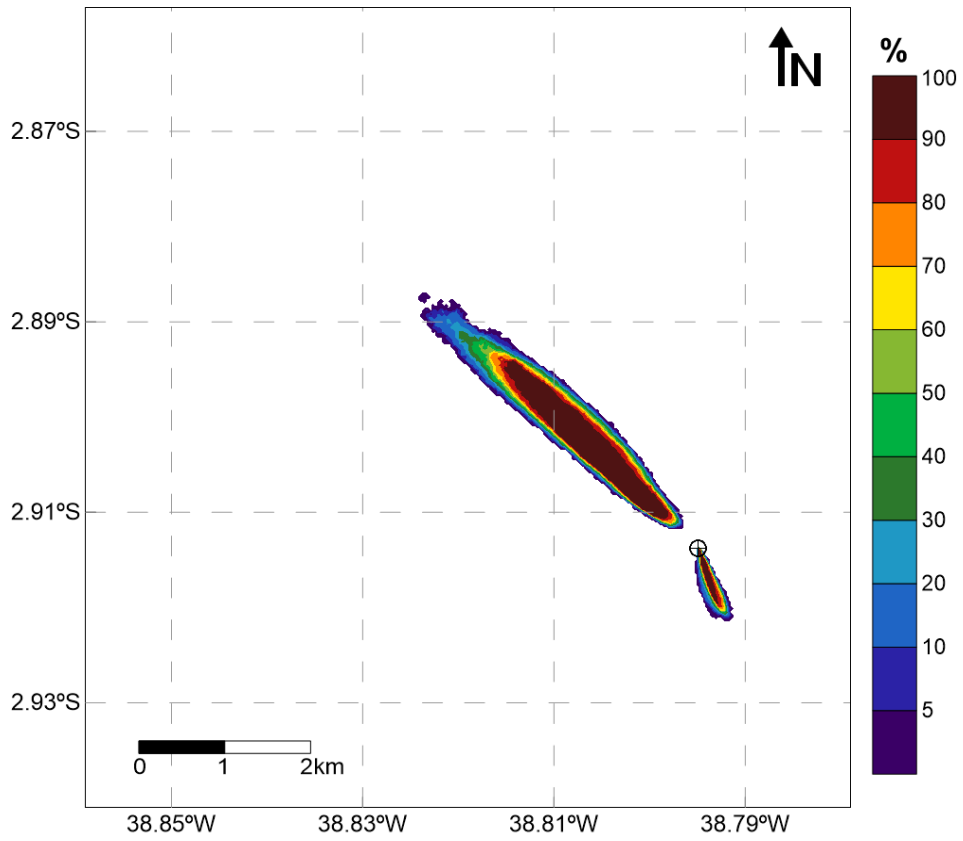


Figura 35: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

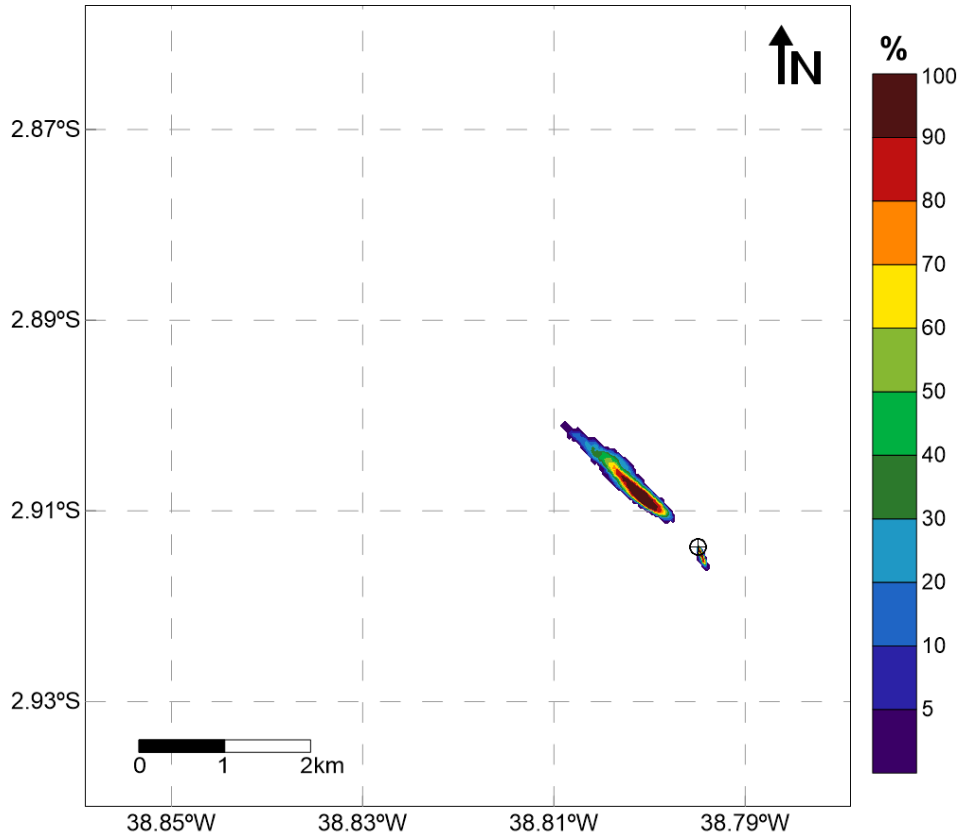


Figura 36: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

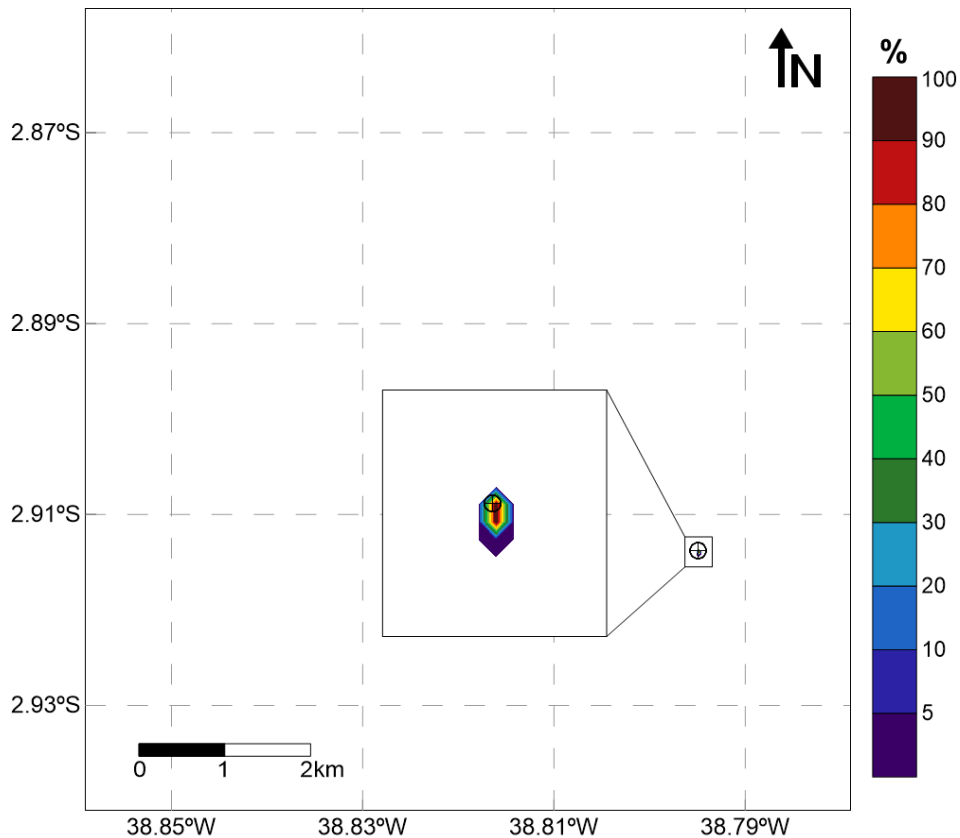


Figura 37: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 38, são apresentadas as áreas obtidas para algumas classes de probabilidade, durante o cenário de inverno (abril a setembro), considerando cada limiar monitorado.

Tabela 38: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto WBM.

Probabilidade	Área (km <sup>2</sup> )			
	Limiar de 0,01 mm	Limiar de 0,1 mm	Limiar de 1 mm	Limiar de 10 mm
> 0%	10,38	2,03	0,37	0,002
>= 25%	7,69	1,46	0,21	0,001
>= 50%	6,37	1,19	0,14	0,001
>= 75%	5,06	1,00	0,08	0,001
= 100%	3,15	0,59	0,03	0,001

Novamente são observadas áreas com probabilidade de presença de sólidos nas direções sul-sudeste (referentes aos descartes de fundo nas seções I e II, sem a utilização de *riser*) e noroeste (provenientes dos descartes em superfície nas seções III a V, com a utilização de *riser*). Assim como no projeto SBM, há pouca diferença nas áreas com probabilidade de presença quando comparados os cenários sazonais de verão e inverno.

Nota-se, também uma diminuição significativa da probabilidade de presença à medida que os maiores limiares são analisados. A área total de ocorrência para o limiar de 0,01 mm é de 10,38 km<sup>2</sup> (inferior à encontrada no cenário de verão – 11,48 km<sup>2</sup>), e para o limiar de 1 mm, é de 0,37 km<sup>2</sup>.

### 3.1.1.2.2 Espessura Máxima

#### 3.1.1.2.2.1 Verão

A Figura 38 apresenta a espessura máxima obtida acima de 0,01 mm para todos os casos determinísticos do verão (outubro a março), considerando a integração de todos os resultados. A espessura máxima obtida neste cenário foi de 1.351,78 mm.

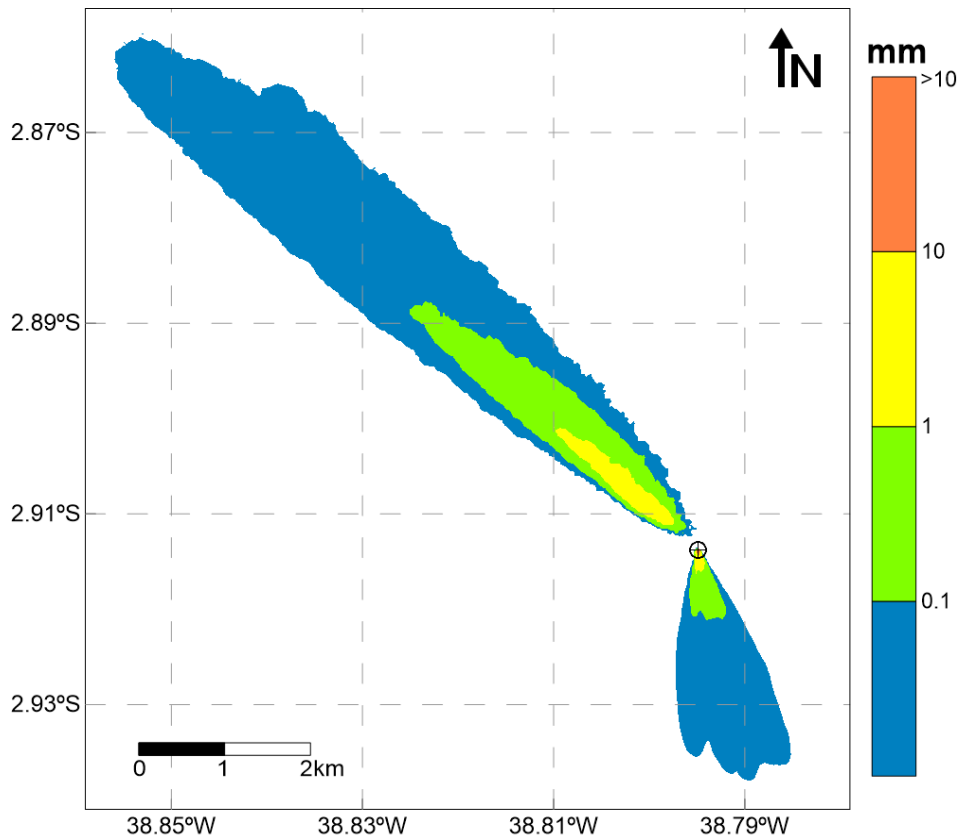


Figura 38: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A Tabela 39 apresenta as distâncias máximas da fonte alcançadas em função de cada classe de limiar adotado, para o cenário de verão (outubro a março). A distância máxima observada para espessuras acima de 0,01 mm foi de 8,91 km (bem superior àquela encontrada no cenário de verão do projeto SBM - 2,61 km), contrastando com a distância obtida para o limiar de 1 mm, que foi de 2,20 km.

Tabela 39: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM.

<b>Espessura</b>	<b>Distância Máxima da Fonte (km)</b>
$\geq 0,01$	8,91
$\geq 0,1$	4,35
$\geq 1$	2,20
$\geq 10$	0,05

A Tabela 40 apresenta as espessuras máximas obtidas a determinadas distâncias da fonte (1.000, 2.000 e 3.000 m). A 1 km do ponto de descarte, a máxima espessura observada foi de 4,61 mm.

Tabela 40: Espessuras máximas obtidas a 1.000, 2.000 e 3.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM.

<b>Distância da Fonte (m)</b>	<b>Espessura Máxima (mm)</b>
1.000	4,61
2.000	1,26
3.000	0,39

### 3.1.1.2.2.2 Inverno

A Figura 39 apresenta a espessura máxima obtida acima de 0,01 mm para todos os casos determinísticos do inverno (abril a setembro), considerando a integração de todos os resultados. A espessura máxima obtida neste cenário, de 1.357,00 mm, foi ligeiramente superior à observada no cenário de verão (outubro a março) (1.351,78 mm).

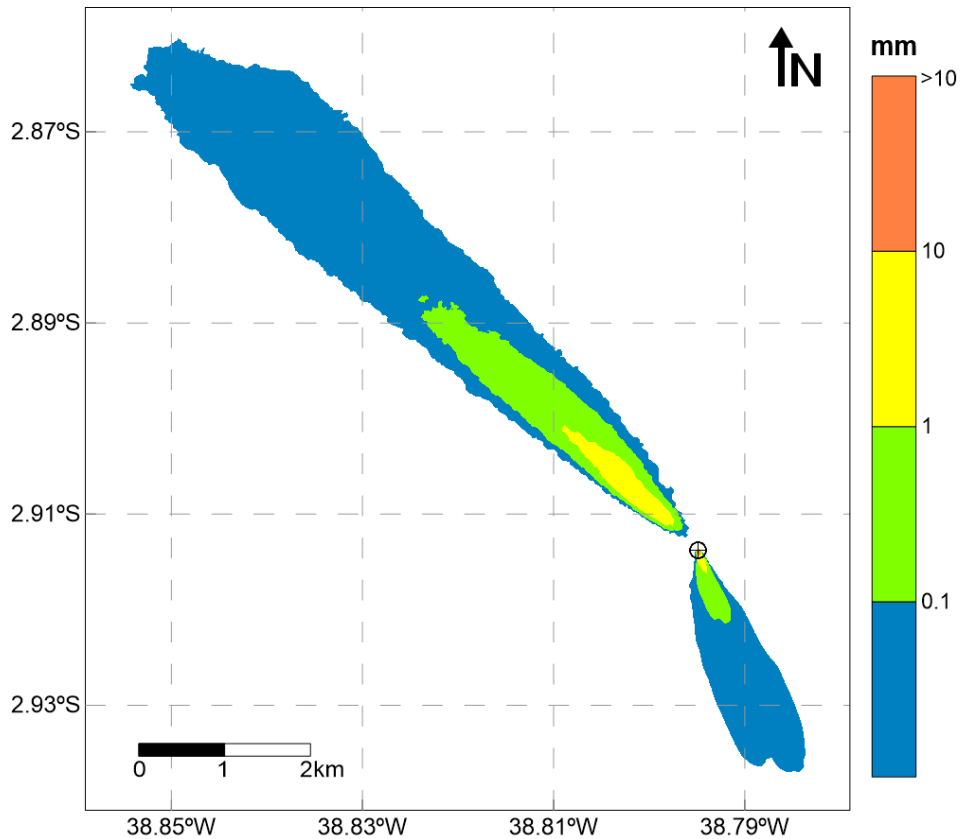


Figura 39: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A Tabela 41 apresenta as distâncias máximas da fonte alcançadas em função de cada classe de limiar adotado, para o cenário de inverno. Espessuras acima de 0,01 mm são alcançadas até 8,78 km de distância da fonte, e acima de 1 mm, até 2,12 km. As distâncias máximas da fonte foram inferiores para as espessuras de 0,01 e 1 mm, quando comparadas aos resultados do cenário de verão (outubro a março).

Tabela 41: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Pinguim, projeto WBM.

<b>Espessura</b>	<b>Distância Máxima da Fonte (km)</b>
$\geq 0,01$	8,78
$\geq 0,1$	4,36
$\geq 1$	2,12
$\geq 10$	0,05



A Tabela 42 apresenta as espessuras máximas obtidas a determinadas distâncias da fonte (1.000, 2.000 e 3.000 m). A 1 km do ponto de descarte, a máxima espessura observada foi de 4,33 mm.

Tabela 42: Espessuras máximas obtidas a 1.000, 2.000 e 3.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Pinguim, projeto WBM.

<b>Distância da Fonte (m)</b>	<b>Espessura Máxima (mm)</b>
1.000	4,33
2.000	1,07
3.000	0,32

### 3.1.2 Poço Gaivota (Ponto B)

Nesse item serão apresentados os resultados obtidos pelas simulações conduzidas no poço Gaivota (Ponto B), separadamente para os projetos SBM e WBM.

#### 3.1.2.1 Projeto SBM

##### 3.1.2.1.1 Probabilidade de Presença

###### 3.1.2.1.1.1 Verão

As probabilidades de presença para as classes de espessura acima de 0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm para o cenário de verão (outubro a março), considerando a integração de todos os descartes, são apresentadas da Figura 40 à Figura 43.

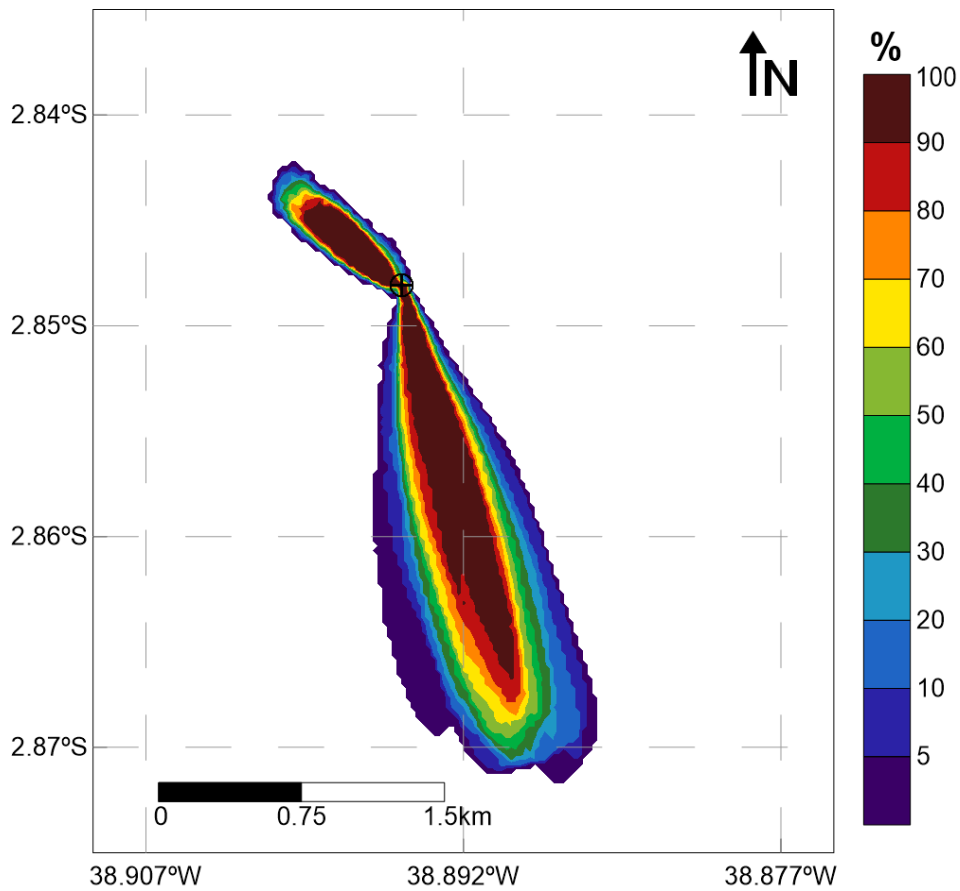


Figura 40: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

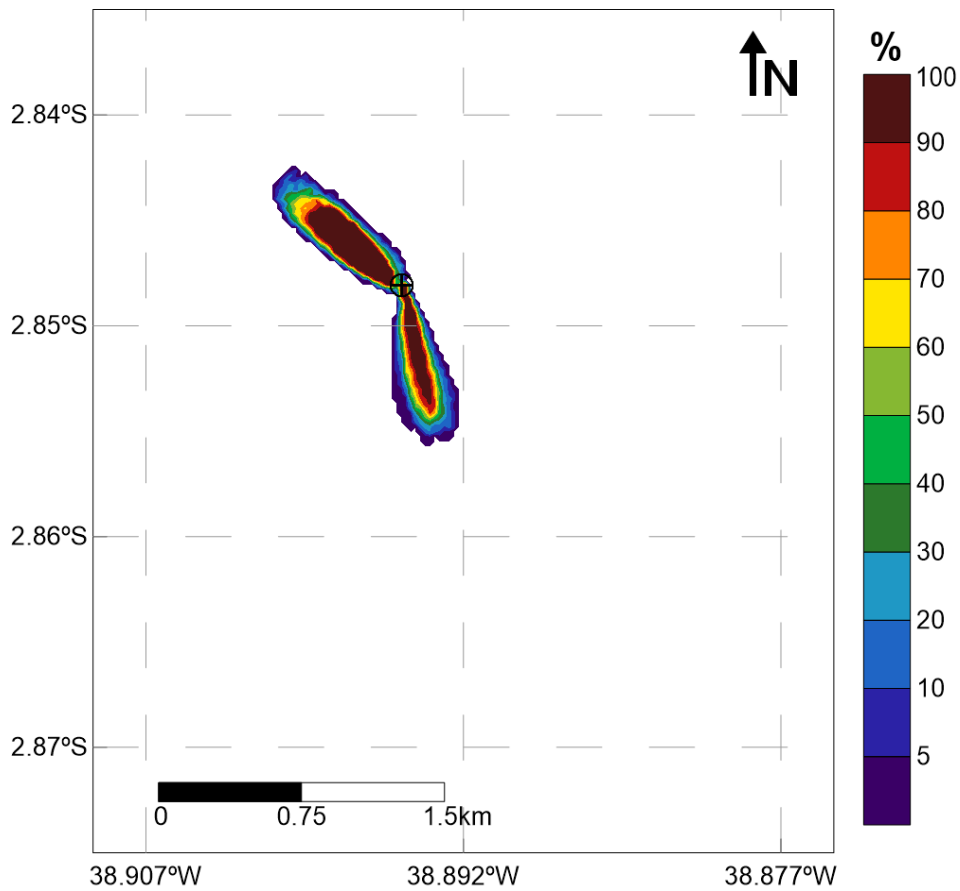


Figura 41: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

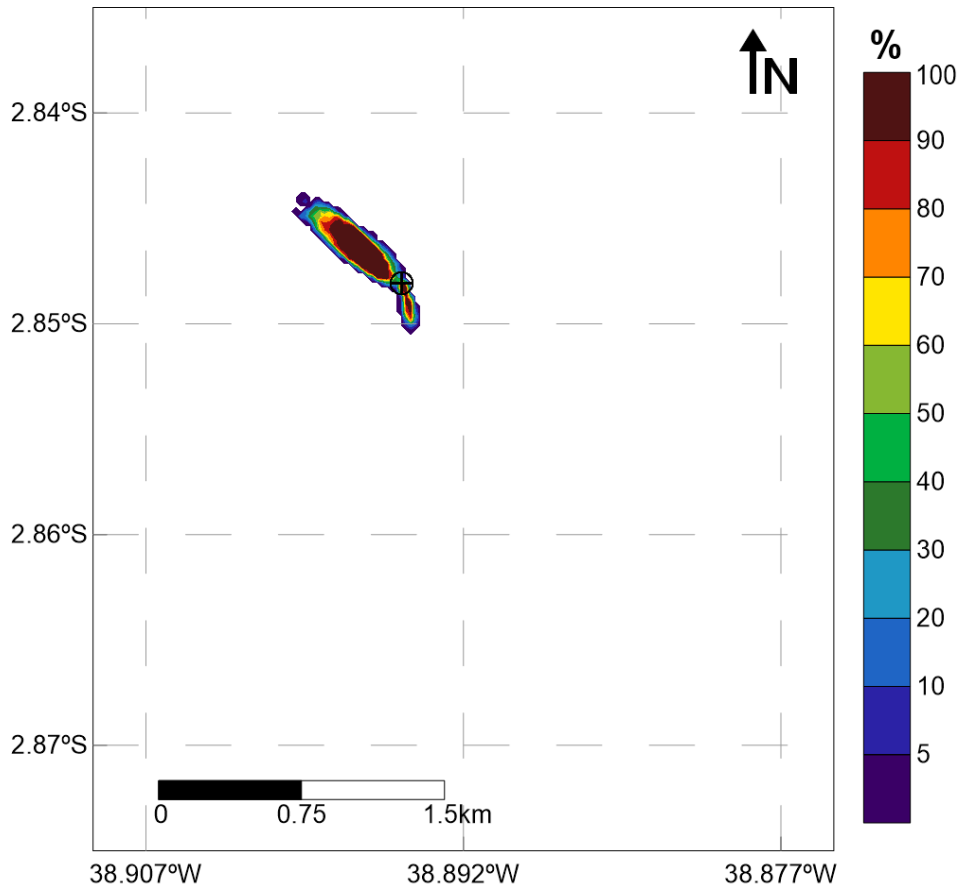


Figura 42: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

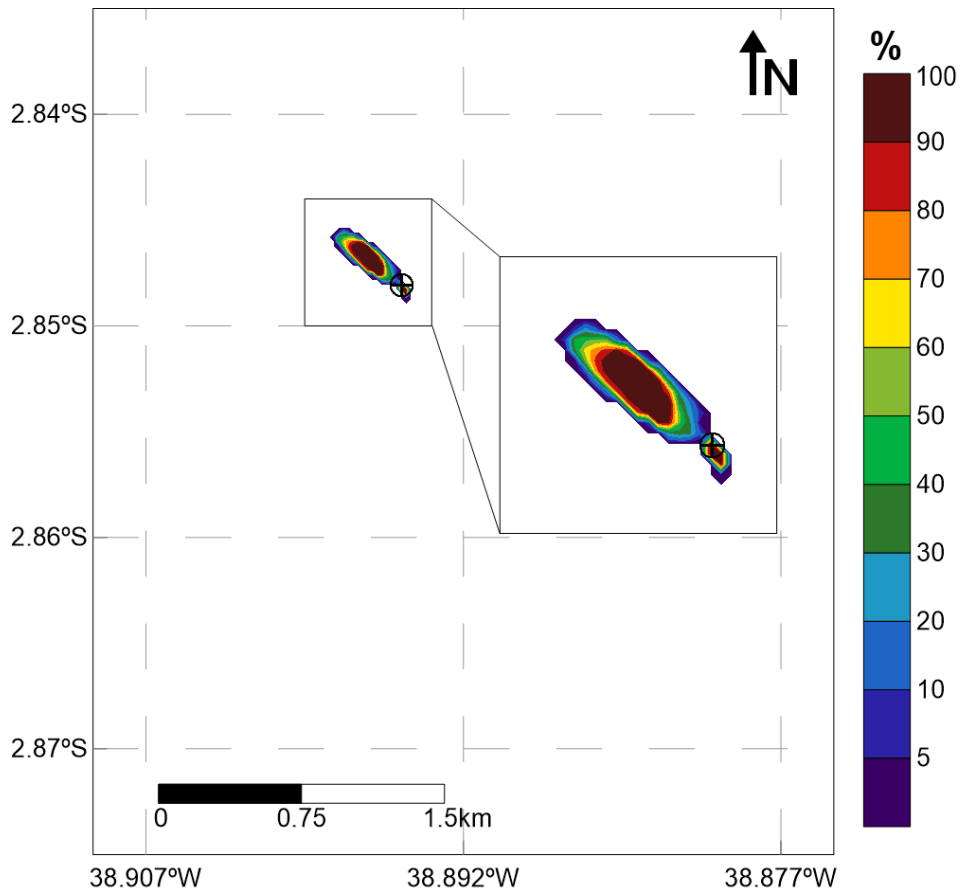


Figura 43: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 43, são apresentadas as áreas obtidas para algumas classes de probabilidade, durante o cenário de verão (outubro a março), considerando cada limiar monitorado.

Tabela 43: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM.

Probabilidade	Área (km <sup>2</sup> )			
	Limiar de 0,01 mm	Limiar de 0,1 mm	Limiar de 1 mm	Limiar de 10 mm
> 0%	1,99	0,37	0,13	0,05
>= 25%	1,20	0,25	0,09	0,04
>= 50%	0,95	0,20	0,08	0,03
>= 75%	0,69	0,15	0,07	0,03
= 100%	0,20	0,09	0,05	0,02

Assim como no Poço Pinguim, nos resultados do Poço Gaivota, percebe-se que as maiores probabilidades de ocorrência de espessuras são para noroeste, relativos ao descarte em superfície (correntes para noroeste), que ocorre nas fases com a utilização do *riser*, e para sudeste, proveniente do descarte de fundo (correntes para sudeste), correspondente às duas primeiras seções modeladas (sem utilização do *riser*, logo susceptíveis às correntes de sudeste), o que está coerente com o perfil de correntes observado para a região, apresentado na Figura 10. Novamente, percebe-se que as correntes de fundo exercem influência por mais tempo na dispersão do material, que por ser mais fino, conforme apresentado no item **2.2.2 - Velocidade e Tempo de Queda dos Sólidos**, apresenta maior tempo de deposição, resultando em maiores áreas para sudeste nas menores espessuras monitoradas.

Da mesma forma observa-se uma diminuição significativa da probabilidade de presença à medida que os maiores limiares são analisados. Para 0,01 mm, por exemplo, a área total de ocorrência é de 1,99 km<sup>2</sup> (inferior à área observada para o Poço Pinguim, de 2,21 km<sup>2</sup>), um valor muito alto quando comparado ao resultado obtido para 1 mm, de 0,13 km<sup>2</sup>.

#### 3.1.2.1.1.2 Inverno

As probabilidades de presença para as classes de espessura acima de 0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm para o cenário de inverno (abril a setembro), considerando a integração de todos os descartes, são apresentadas da Figura 44 à Figura 47.

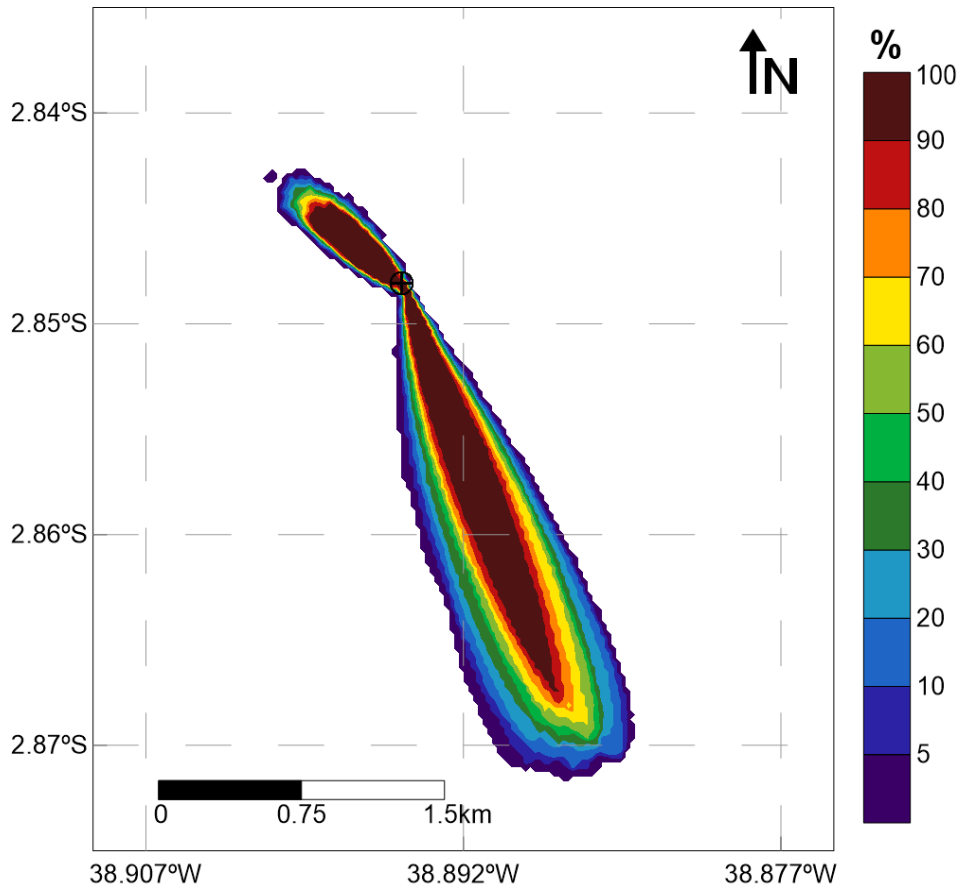


Figura 44: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Gavota, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

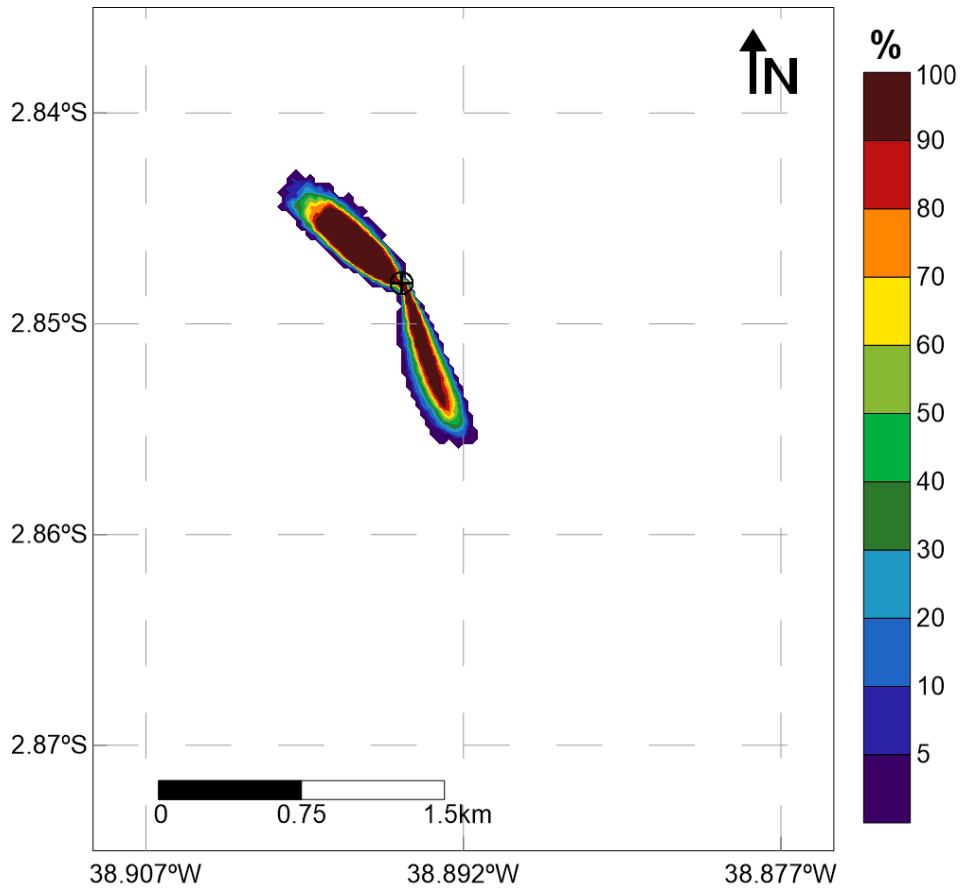


Figura 45: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).



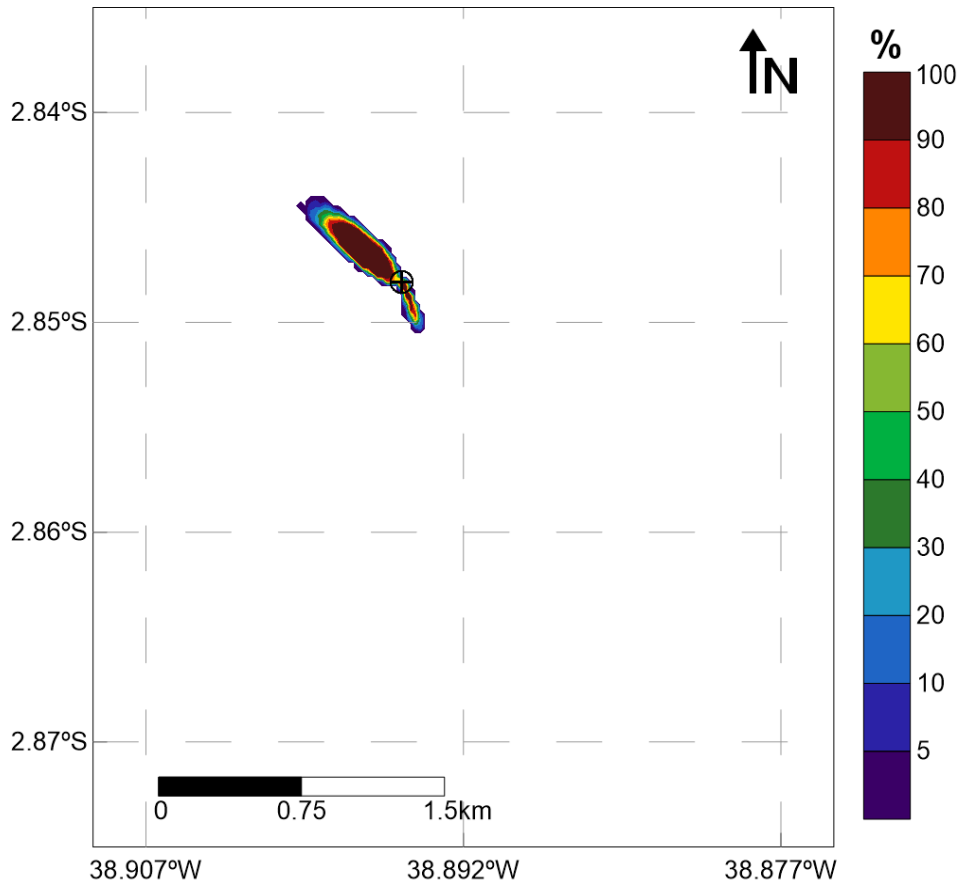


Figura 46: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

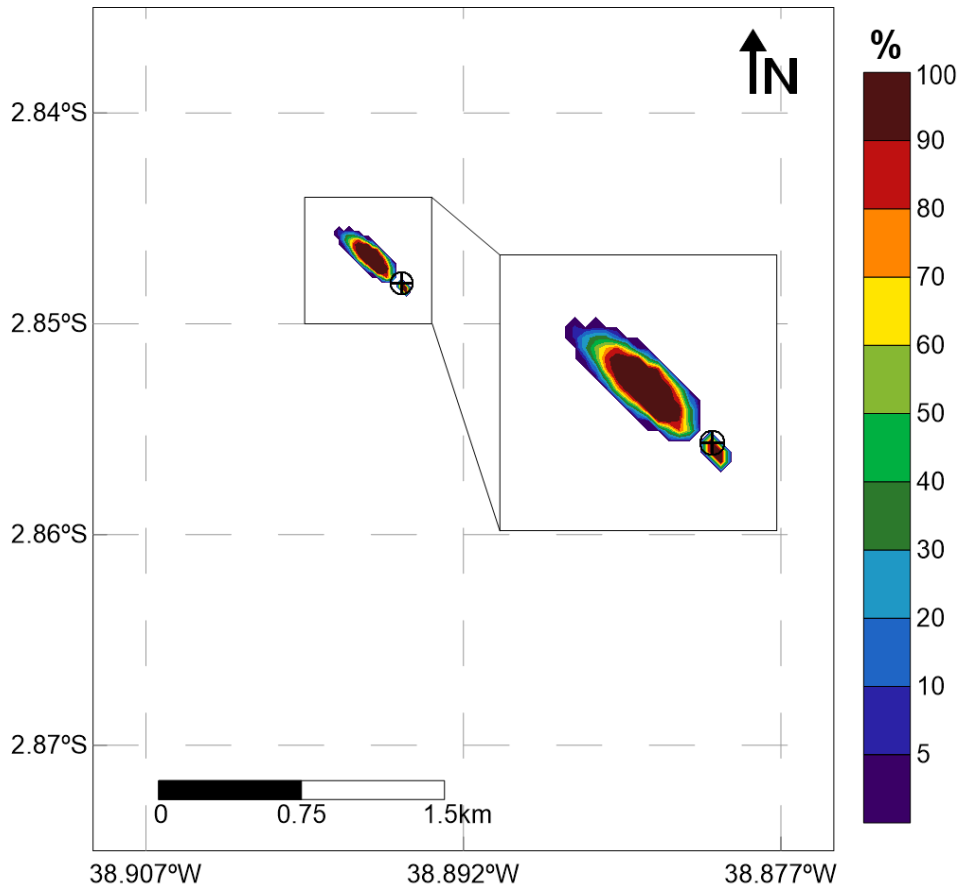


Figura 47: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 44, são apresentadas as áreas obtidas para algumas classes de probabilidade, durante o cenário de inverno (abril a setembro), considerando cada limiar monitorado.

Tabela 44: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto SBM.

Probabilidade	Área (km <sup>2</sup> )			
	Limiar de 0,01 mm	Limiar de 0,1 mm	Limiar de 1 mm	Limiar de 10 mm
> 0%	1,78	0,34	0,11	0,04
>= 25%	1,22	0,23	0,09	0,04
>= 50%	0,92	0,19	0,07	0,03
>= 75%	0,63	0,14	0,06	0,02
= 100%	0,34	0,09	0,05	0,02

Observam-se, novamente, dois padrões diferentes de circulação - sudeste (nas camadas de fundo) e noroeste (em superfície) - como pode ser observado nas rosas de corrente apresentadas na Figura 11, que determinam a direção de propagação do material descartado – para sul-sudeste nas fases sem *riser* (seções I e II / descarte no fundo) e para noroeste (seções III a V / descarte em superfície).

Nota-se, também uma diminuição significativa da probabilidade de presença à medida que os maiores limiares são analisados. A área total de ocorrência para o limiar de 0,01 mm é de 1,78 km<sup>2</sup> (similar ao valor encontrado no Poço Pinguim, de 1,79 km<sup>2</sup>), e para o limiar de 1 mm, é de 0,11 km<sup>2</sup>.

### 3.1.2.1.2 Espessura Máxima

#### 3.1.2.1.2.1 Verão

A Figura 48 apresenta a espessura máxima obtida acima de 0,01 mm para todos os casos determinísticos do verão (outubro a março), considerando a integração de todos os resultados. A espessura máxima obtida neste cenário foi de 1.244,22 mm.

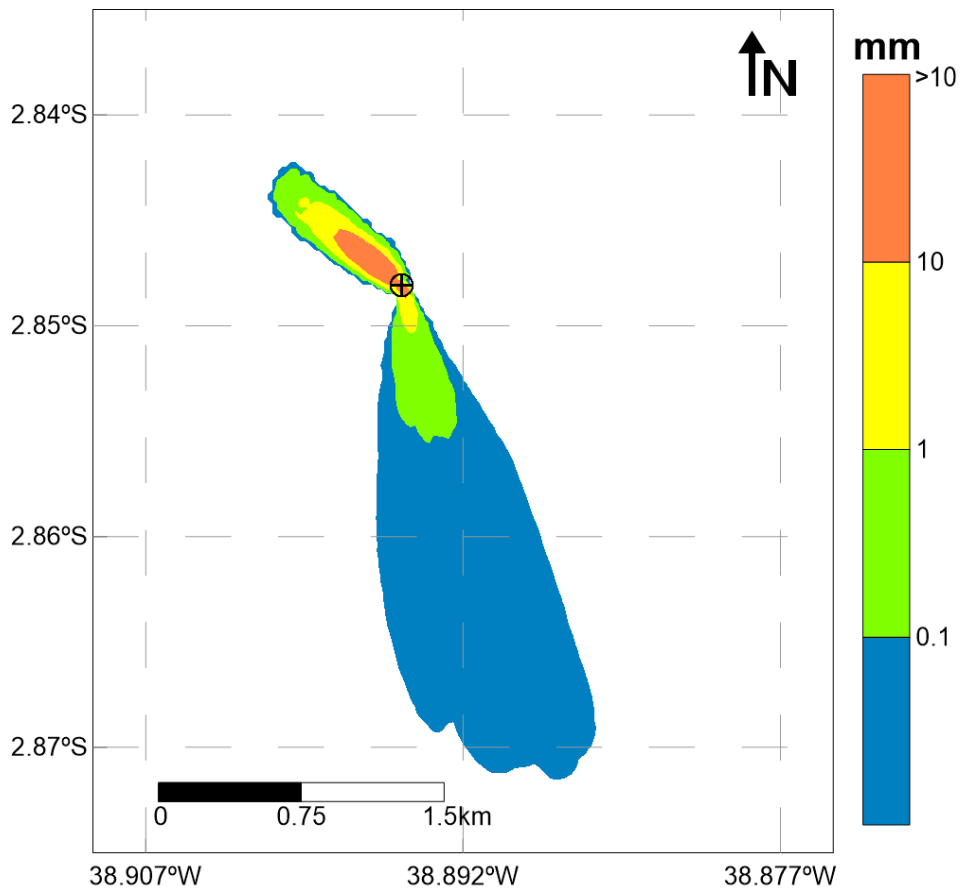


Figura 48: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

A Tabela 45 apresenta as distâncias máximas da fonte alcançadas em função de cada classe de limiar adotado, para o cenário de verão (outubro a março). A distância máxima observada para espessuras acima de 0,01 mm foi de 2,73 km (ligeiramente superior ao valor encontrado para o Poço Pinguim, 2,61 km), contrastando com a distância obtida para o limiar de 1 mm, que foi de 700 m.

Tabela 45: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM.

<b>Espessura</b>	<b>Distância Máxima da Fonte (km)</b>
$\geq 0,01$	2,73
$\geq 0,1$	0,84
$\geq 1$	0,70
$\geq 10$	0,44

A Tabela 46 apresenta as espessuras máximas obtidas a determinadas distâncias da fonte (100, 500 e 1.000 m). A 1 km do ponto de descarte, a máxima espessura observada foi de 0,07 mm.

Tabela 46: Espessuras máximas obtidas a 100, 500 e 1.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM.

<b>Distância da Fonte (m)</b>	<b>Espessura Máxima (mm)</b>
100	61,43
500	4,55
1.000	0,07

### 3.1.2.1.2.2 Inverno

A Figura 49 apresenta a espessura máxima obtida acima de 0,01 mm para todos os casos determinísticos do inverno (abril a setembro), considerando a integração de todos os resultados. A espessura máxima obtida neste cenário, de 1.257,36 mm, foi ligeiramente superior à observada no cenário de verão (outubro a março) (1.244,22 mm).

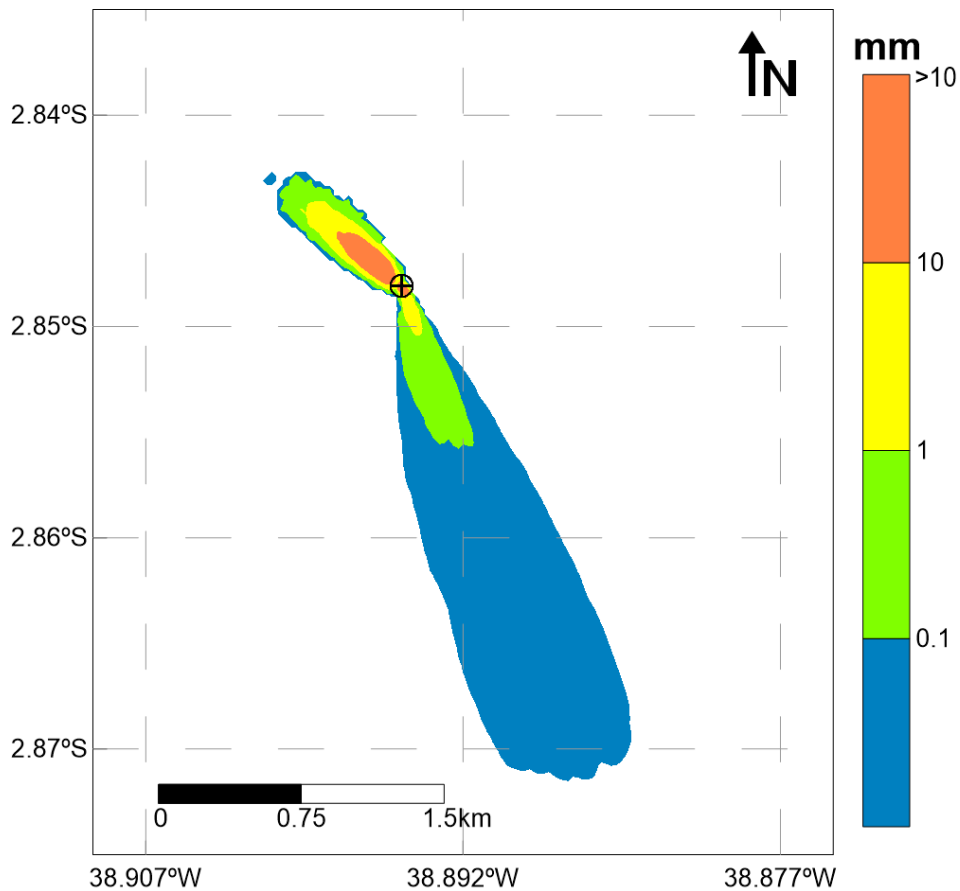


Figura 49: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

A Tabela 47 apresenta as distâncias máximas da fonte alcançadas em função de cada classe de limiar adotado, para o cenário de inverno. Espessuras acima de 0,01 mm são alcançadas até 2,76 km (ligeiramente superior ao caso de verão, de 2,73 e inferior ao valor encontrado para o mesmo caso do Poço Pinguim, 2,92 km) de distância da fonte, e acima de 1 mm, até 670 m. As distâncias máximas da fonte foram superiores para as espessuras de 0,01 e 0,1 mm, quando comparadas aos resultados do cenário de verão (outubro a março), enquanto que para as espessuras de 1 e 10 mm, as distâncias foram menores.

Tabela 47: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de inverno (abril a setembro).

<b>Espessura</b>	<b>Distância Máxima da Fonte (km)</b>
$\geq 0,01$	2,76
$\geq 0,1$	0,90
$\geq 1$	0,67
$\geq 10$	0,43

A Tabela 48 apresenta as espessuras máximas obtidas a determinadas distâncias da fonte (100, 500 e 1.000 m). A 1 km do ponto de descarte, a máxima espessura observada foi de 0,08 mm.

Tabela 48: Espessuras máximas obtidas a 100, 500 e 1.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto SBM.

<b>Distância da Fonte (m)</b>	<b>Espessura Máxima (mm)</b>
100	75,80
500	4,38
1.000	0,08

### 3.1.2.2 Projeto WBM

#### 3.1.2.2.1 Probabilidade de Presença

##### 3.1.2.2.1.1 Verão

As probabilidades de presença para as classes de espessura acima de 0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm para o cenário de verão (outubro a março), considerando a integração de todos os descartes, são apresentadas da Figura 50 à Figura 53.

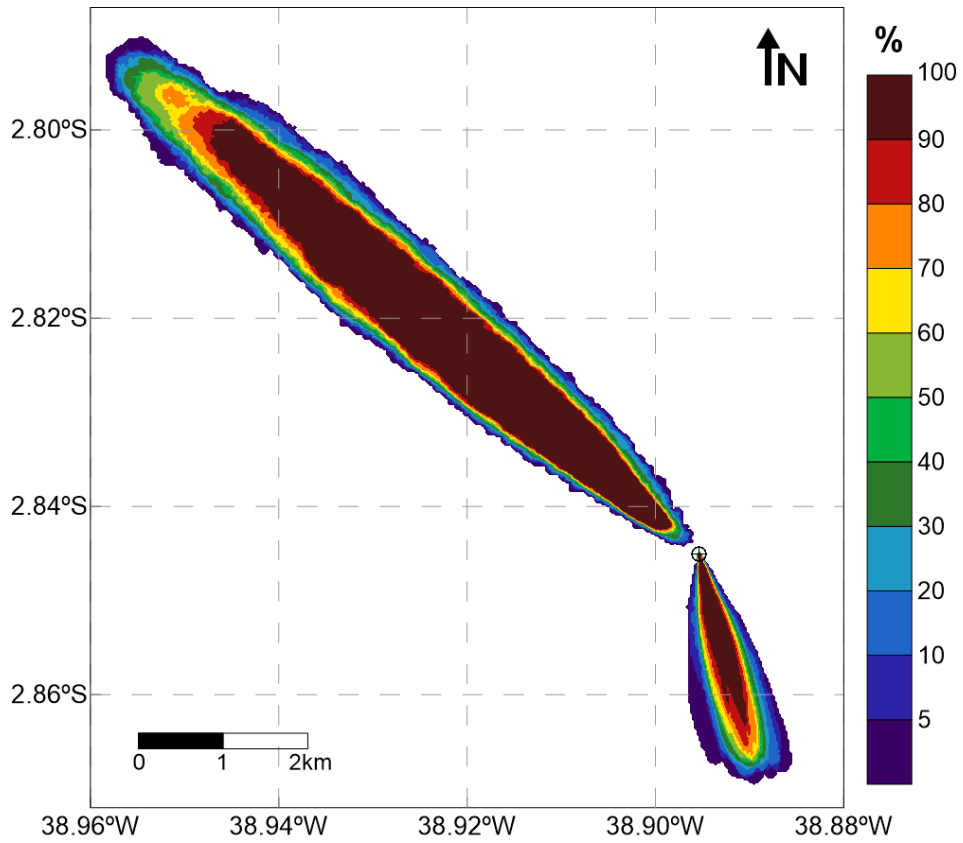


Figura 50: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).



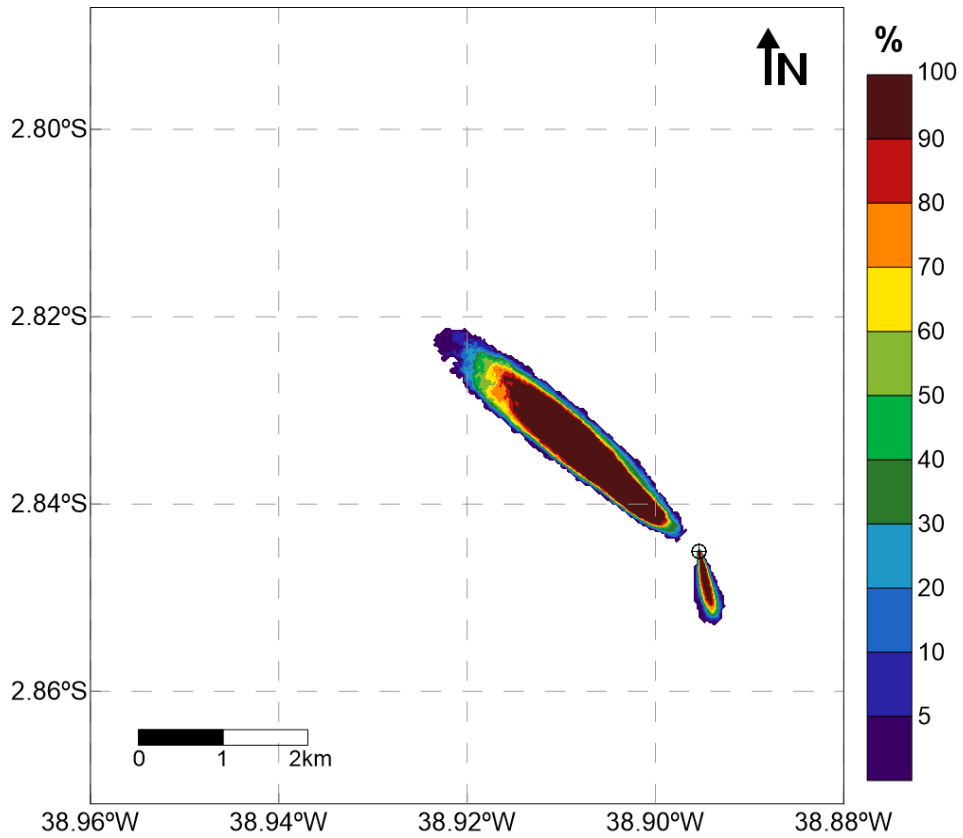


Figura 51: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

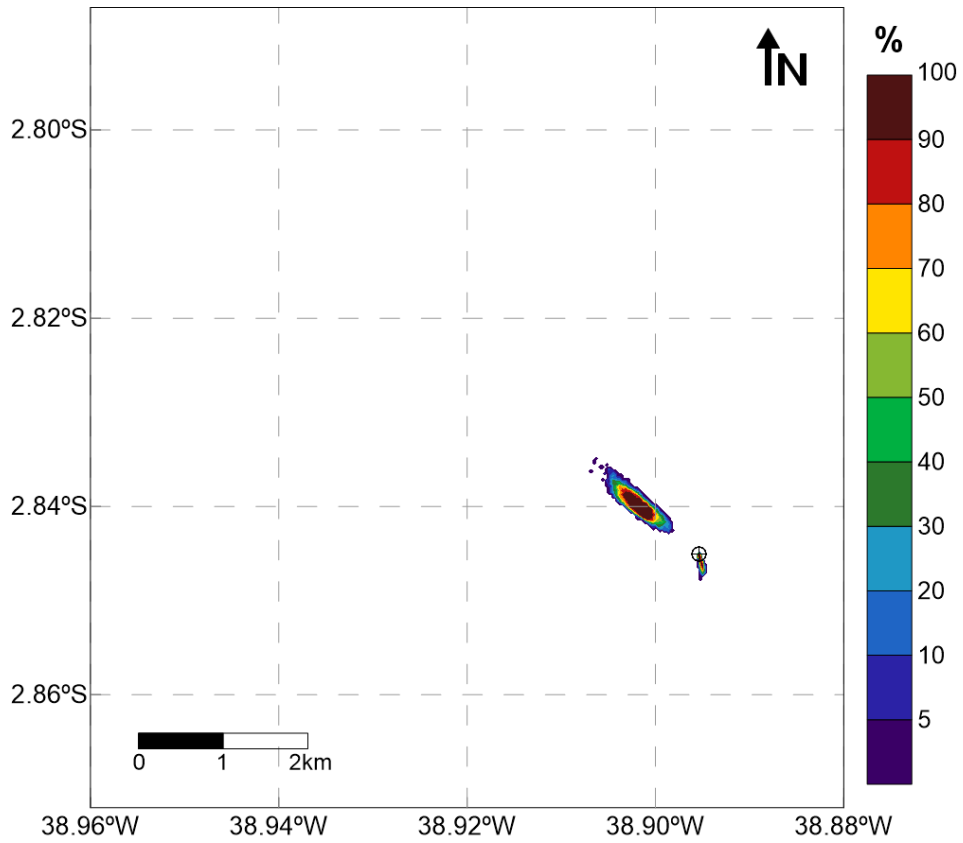


Figura 52: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

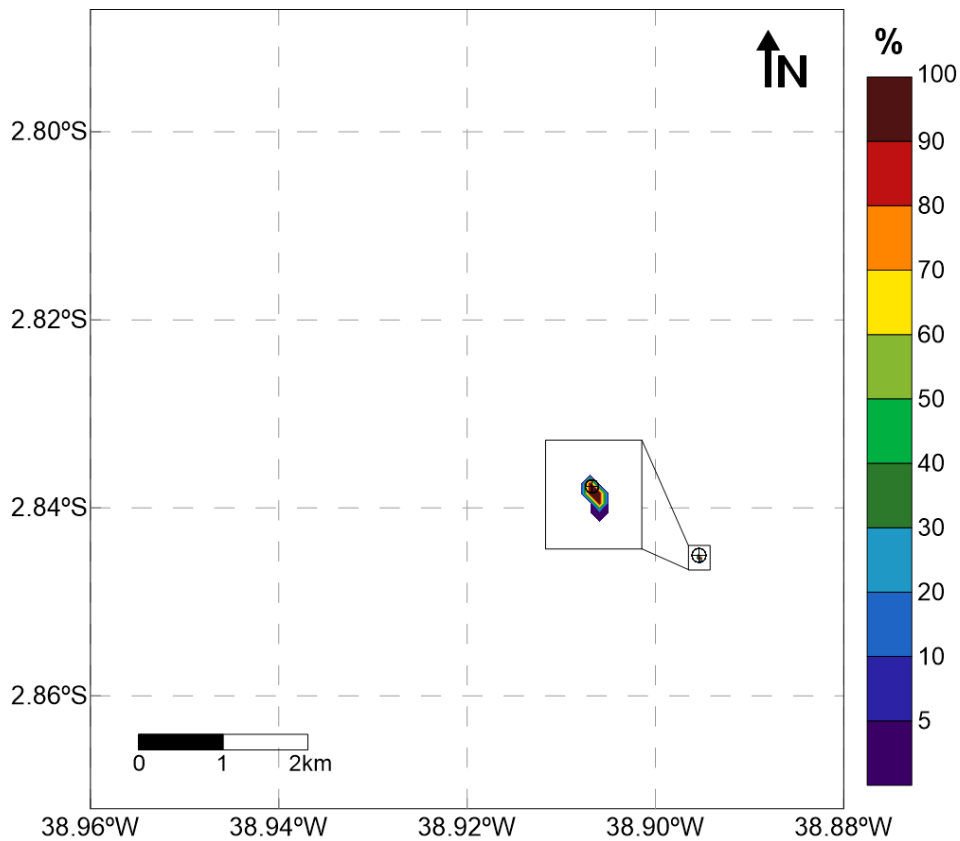


Figura 53: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 49, são apresentadas as áreas obtidas para algumas classes de probabilidade, durante o cenário de verão (outubro a março), considerando cada limiar monitorado.

Tabela 49: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM.

Probabilidade	Área (km <sup>2</sup> )			
	Limiar de 0,01 mm	Limiar de 0,1 mm	Limiar de 1 mm	Limiar de 10 mm
> 0%	11,28	2,19	0,26	0,003
>= 25%	8,77	1,64	0,17	0,003
>= 50%	7,45	1,38	0,21	0,003
>= 75%	6,08	1,13	0,09	0,003
= 100%	4,20	0,77	0,04	0,002

Novamente, temos que os resultados obtidos pela modelagem no Poço Gaivota se apresentam similares aos do Poço Pinguim. Assim como observado nos resultados do projeto SBM, as áreas de maiores probabilidades se estendem nas direções sul-sudeste (resultado relativo aos descartes de fundo, nas duas primeiras seções modeladas, onde as correntes atuam principalmente na direção sudeste) e noroeste (proveniente das seções III a V, onde o descarte ocorre em superfície, com correntes para noroeste).

Como explicado no Poço Pinguim, projeto WBM, os sólidos presentes em fluidos de base aquosa permanecem mais tempo na coluna d'água, susceptíveis à ação das correntes oceânicas. Devido à esse fato, as áreas de probabilidade voltadas para noroeste do ponto de descarte (decorrentes do descarte com *riser*, em superfície) alcançam maiores distâncias e possuem maiores áreas do que no projeto SBM, sendo maior, também, do que as áreas de probabilidade que aparecem nas direções sul-sudeste, quando consideradas as espessuras de até 1 mm.

Além disso, observa-se uma diminuição significativa da área de probabilidade de presença à medida que os maiores limiares são analisados. Para 0,01 mm, por exemplo, a área total com probabilidade de ocorrência é de 11,28 km<sup>2</sup> (inferior à área observada para o Poço Pinguim, de 11,48 km<sup>2</sup>), um valor elevado quando comparado ao resultado obtido para 1 mm, de 0,26 km<sup>2</sup>.

### 3.1.2.2.1.2 Inverno

As probabilidades de presença para as classes de espessura acima de 0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm para o cenário de inverno (abril a setembro), considerando a integração de todos os descartes, são apresentadas da Figura 54 à Figura 57.

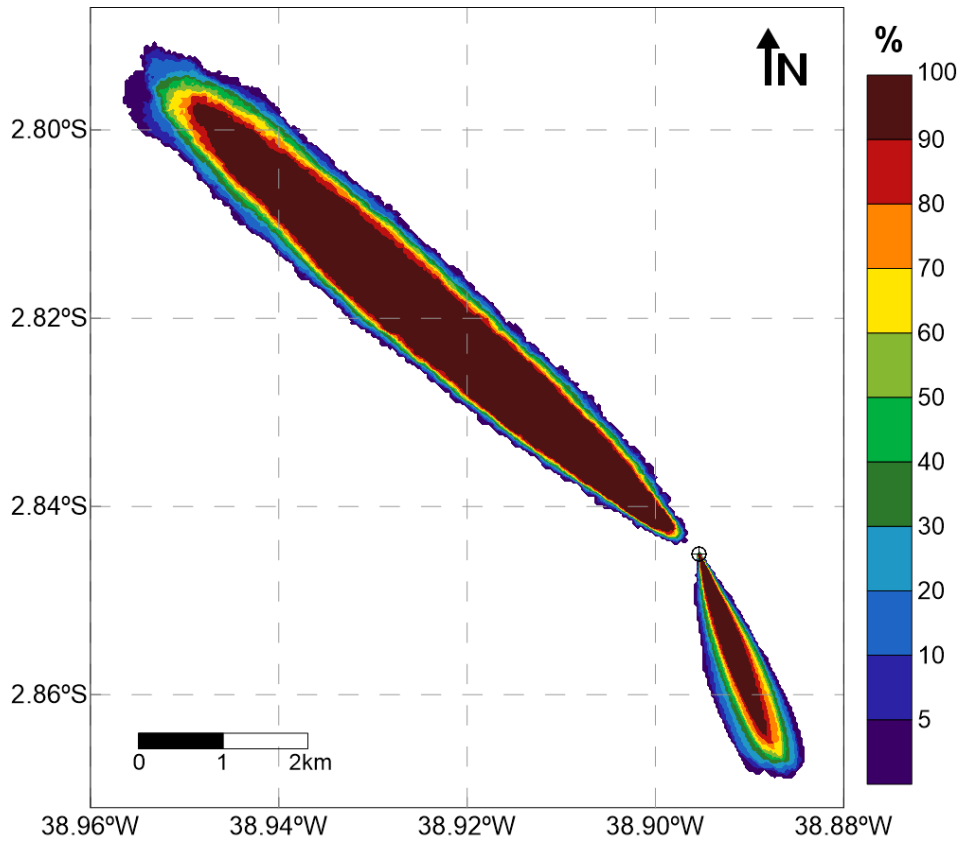


Figura 54: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,01 mm, considerando todos os resultados determinísticos no cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

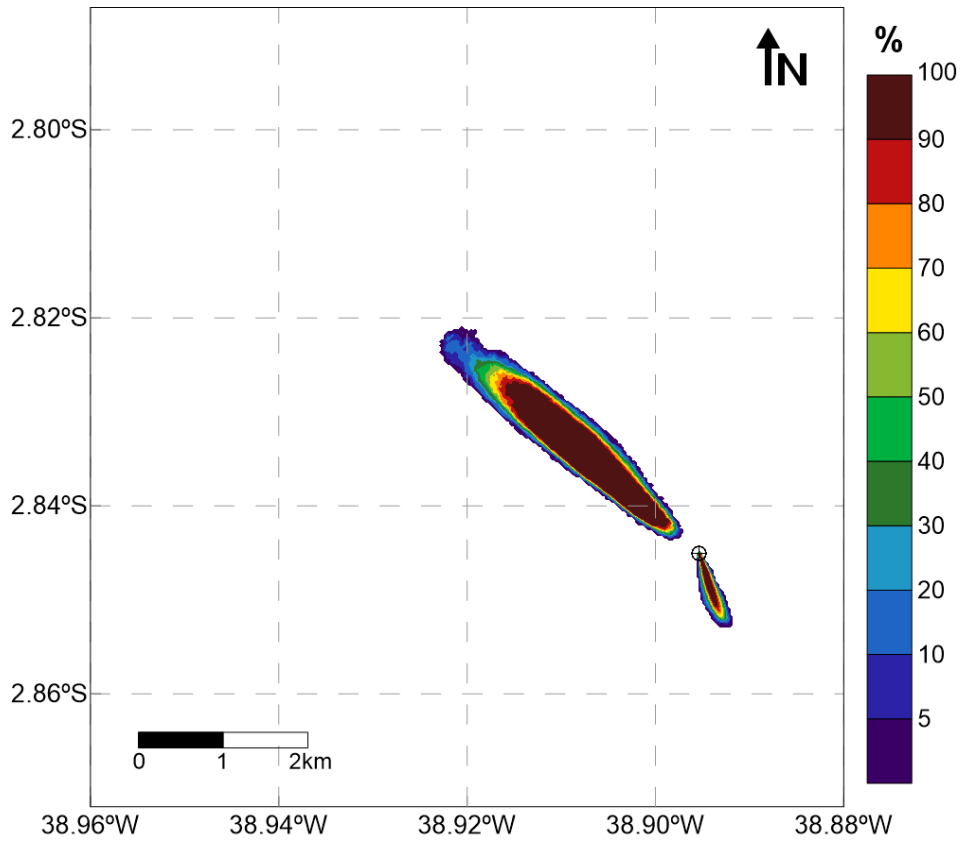


Figura 55: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 0,1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

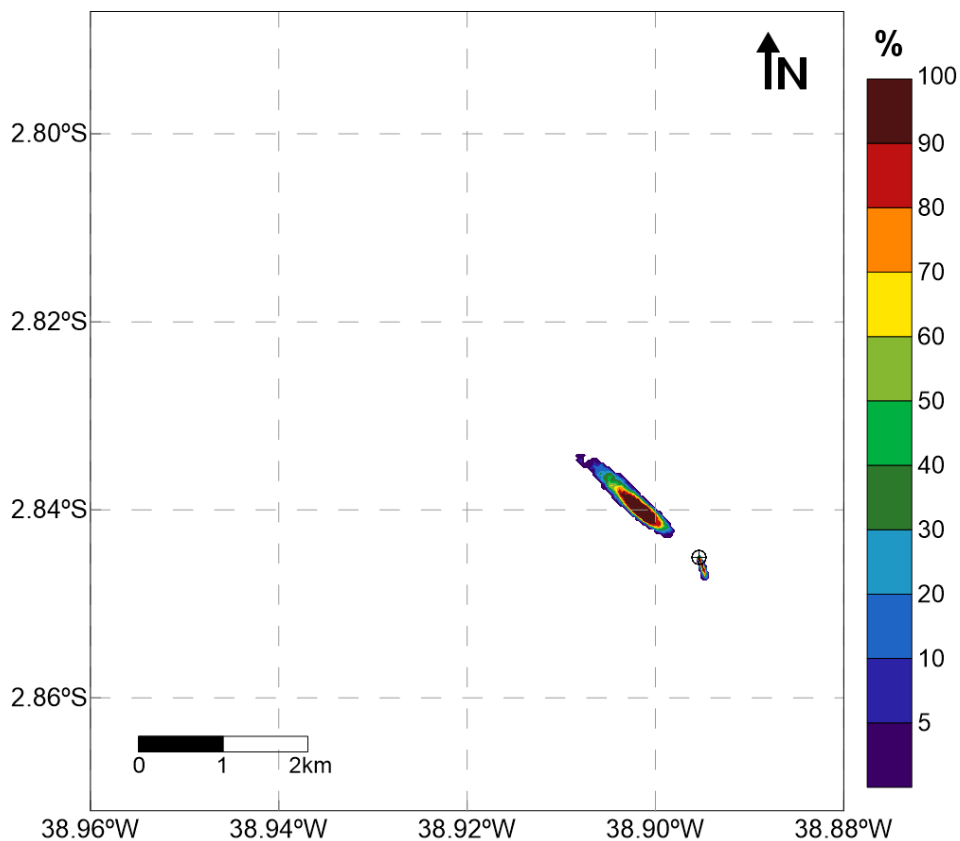


Figura 56: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 1 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

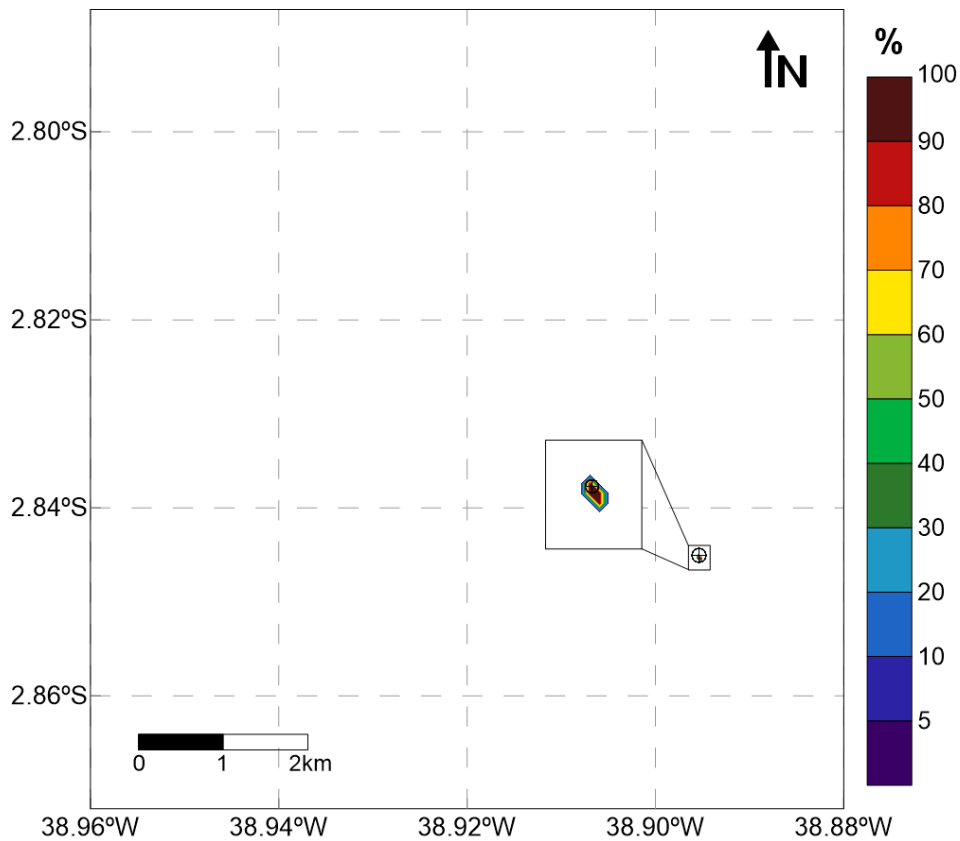


Figura 57: Mapa de probabilidade de presença de espessuras superiores a 10 mm, considerando todos os resultados determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 50, são apresentadas as áreas obtidas para algumas classes de probabilidade, durante o cenário de inverno (abril a setembro), considerando cada limiar monitorado.

Tabela 50: Áreas obtidas para as classes de probabilidade de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando os distintos limiares monitorados. Cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto WBM.

Probabilidade	Área (km <sup>2</sup> )			
	Limiar de 0,01 mm	Limiar de 0,1 mm	Limiar de 1 mm	Limiar de 10 mm
> 0%	10,38	2,03	0,30	0,002
>= 25%	8,12	1,46	0,19	0,002
>= 50%	7,01	1,26	0,14	0,002
>= 75%	5,91	1,06	0,09	0,002
= 100%	4,29	0,75	0,04	0,002



Novamente são observadas áreas com probabilidade de presença de sólidos nas direções sul-sudeste (referentes aos descartes de fundo nas seções I e II, sem a utilização de *riser*) e noroeste (provenientes dos descartes em superfície nas seções III a V, com a utilização de *riser*). Assim como no projeto SBM, há pouca diferença nas áreas com probabilidade de presença quando comparados os cenários sazonais de verão e inverno.

Nota-se, também uma diminuição significativa da probabilidade de presença à medida que os maiores limiares são analisados. A área total de ocorrência para o limiar de 0,01 mm é de 10,38 km<sup>2</sup> (inferior à encontrada no cenário de verão – 11,28 km<sup>2</sup> e similar à área obtida no mesmo caso do Poço Pinguim – 10,38 km<sup>2</sup>), e para o limiar de 1 mm, é de 0,30 km<sup>2</sup>.

### 3.1.2.2.2 Espessura Máxima

#### 3.1.2.2.2.1 Verão

A Figura 58 apresenta a espessura máxima obtida acima de 0,01 mm para todos os casos determinísticos do verão (outubro a março), considerando a integração de todos os resultados. A espessura máxima obtida neste cenário foi de 1.318,75 mm.

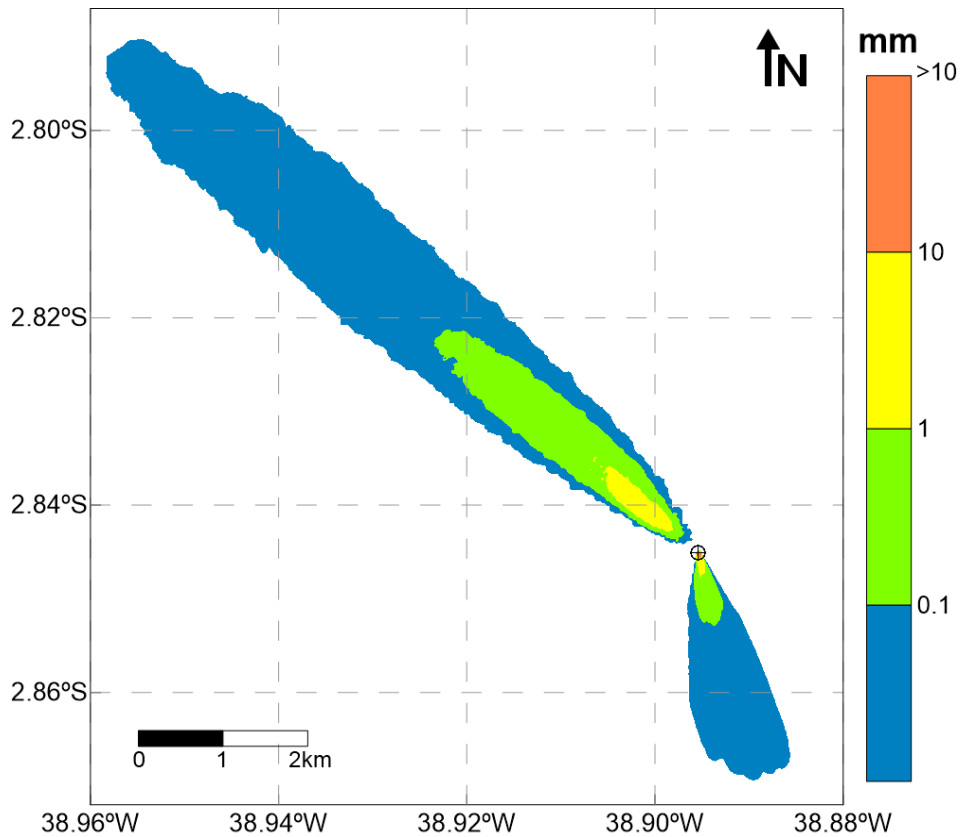


Figura 58: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

A Tabela 51 apresenta as distâncias máximas da fonte alcançadas em função de cada classe de limiar adotado, para o cenário de verão (outubro a março). A distância máxima observada para espessuras acima de 0,01 mm foi de 9,12 km (bem superior àquela encontrada no cenário de verão do projeto SBM - 2,73 km, e também superior ao mesmo caso do Poço Pinguim, que havia sido de 8,91 km), contrastando com a distância obtida para o limiar de 1 mm, que foi de 1,65 km.

Tabela 51: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM.

<b>Espessura</b>	<b>Distância Máxima da Fonte (km)</b>
$\geq 0,01$	9,12
$\geq 0,1$	4,00
$\geq 1$	1,65
$\geq 10$	0,07

A Tabela 52 apresenta as espessuras máximas obtidas a determinadas distâncias da fonte (1.000, 2.000 e 3.000 m). A 1 km do ponto de descarte, a máxima espessura observada foi de 2,84 mm.

Tabela 52: Espessuras máximas obtidas a 1.000, 2.000 e 3.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM.

<b>Distância da Fonte (m)</b>	<b>Espessura Máxima (mm)</b>
1.000	2,84
2.000	0,82
3.000	0,22

### 3.1.2.2.2 Inverno

A Figura 59 apresenta a espessura máxima obtida acima de 0,01 mm para todos os casos determinísticos do inverno (abril a setembro), considerando a integração de todos os resultados. A espessura máxima obtida neste cenário, de 1.329,81 mm, foi ligeiramente superior à observada no cenário de verão (outubro a março) (1.318,75 mm).

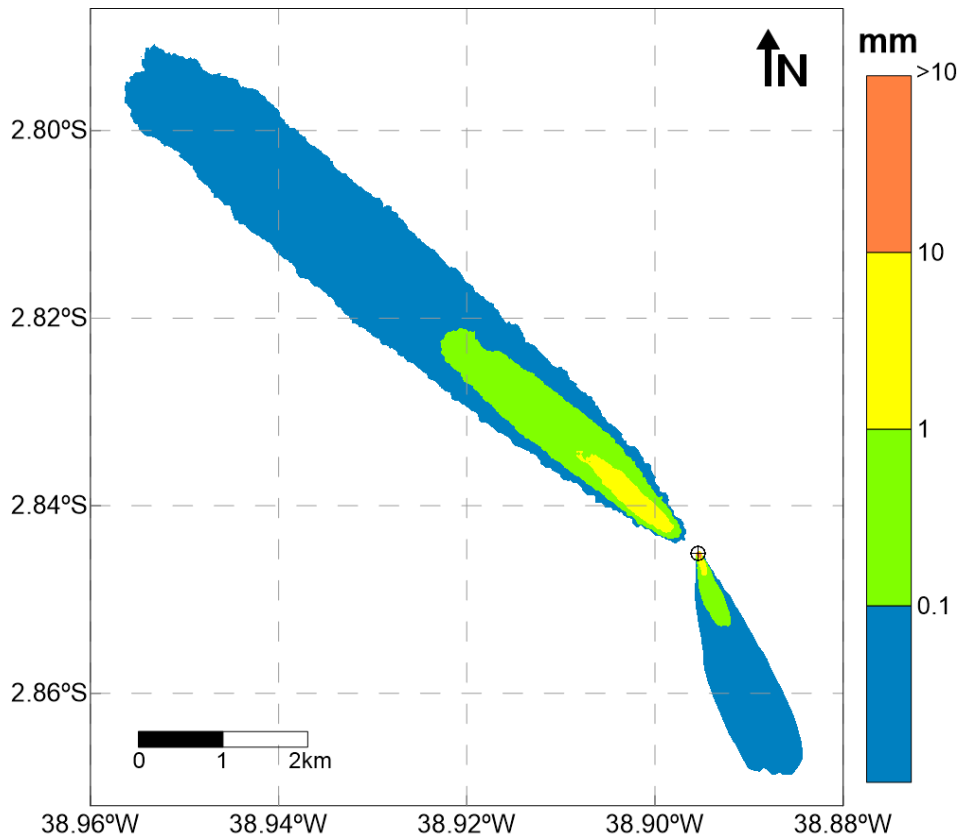


Figura 59: Mapa de espessura máxima acumulada no fundo oceânico, considerando todos os casos determinísticos de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A Tabela 53 apresenta as distâncias máximas da fonte alcançadas em função de cada classe de limiar adotado, para o cenário de inverno. Espessuras acima de 0,01 mm são alcançadas até 8,85 km (bem superior àquela encontrada no cenário de inverno do projeto SBM – 2,76 km, e também superior ao mesmo caso do Poço Pinguim, que havia sido de 8,78 km) de distância da fonte, e acima de 1 mm, até 1,87 km. As distâncias máximas da fonte foram inferiores para as espessuras de 0,01, 0,1 e 10 mm, quando comparadas aos resultados do cenário de verão (outubro a março).

Tabela 53: Distâncias máximas alcançadas para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm). Cenário de inverno (abril a setembro) para o Poço Gaivota, projeto WBM.

<b>Espessura</b>	<b>Distância Máxima da Fonte (km)</b>
$\geq 0,01$	8,85
$\geq 0,1$	3,95
$\geq 1$	1,87
$\geq 10$	0,05

A Tabela 54 apresenta as espessuras máximas obtidas a determinadas distâncias da fonte (1.000, 2.000 e 3.000 m). A 1 km do ponto de descarte, a máxima espessura observada foi de 3,89 mm.

Tabela 54: Espessuras máximas obtidas a 1.000, 2.000 e 3.000 m de distância da fonte. Cenário de verão (outubro a março) para o Poço Gaivota, projeto WBM.

<b>Distância da Fonte (m)</b>	<b>Espessura Máxima (mm)</b>
1.000	3,89
2.000	0,85
3.000	0,26

### 3.1. Resultados Determinísticos

Dentre todos os resultados probabilísticos obtidos, foram selecionados aqueles que refletiram os piores cenários possíveis em relação à espessura máxima dos depósitos no fundo e à distância máxima da fonte dos depósitos no fundo, independente do cenário sazonal (verão – outubro a março – ou inverno – abril a setembro). Dessa forma, para cada ponto simulado, serão apresentados dois casos determinísticos para cada poço e projeto considerado.

Os resultados do modo determinístico serão apresentados com enfoque nos impactos que o material descartado pode causar no fundo oceânico e na coluna d'água.

Os resultados obtidos para as pilhas de deposição serão apresentados da seguinte forma:

- » Integração das seções sem *riser*;
- » Integração das seções com *riser*;
- » Integração de todas as seções.

Para a apresentação destes resultados, foi escolhido o limiar de 0,01 mm, como justificado no item 2.2.5.1 (Limiar de Monitoramento – Pilhas de Deposição).

O impacto do material descartado na coluna d'água será apresentado através da concentração máxima de sólidos que permanece na água durante e após o descarte. Os resultados serão apresentados considerando todos os descartes realizados. O limiar monitorado foi de 5 ppm, como explicado no item 2.2.5.2 (Limiar de Monitoramento – Sólidos em Suspensão).

Com o objetivo de determinar a área de influência da pluma de sólidos em suspensão, foi extraída a concentração máxima que a pluma pode obter para cada ponto de grade, analisando todos os tempos de simulação. Ou seja, para cada passo de tempo da simulação, registrou-se

o valor máximo de concentração em cada ponto de grade, e ao final de todo o período, extraiu-se a máxima de todas as máximas obtidas.

Cabe ressaltar que, apesar desta análise ser ideal para a obtenção da área potencialmente impactada pela atividade, e de resultados como concentração e distância máxima alcançadas, esta não retrata o comportamento da pluma em determinado instante. Para tal, serão apresentados exemplos de mapas com a concentração de sólidos para alguns períodos após o início do descarte.

A Tabela 55 apresenta os períodos de simulação selecionados para cada caso determinístico de cada ponto de simulação e projeto.

Tabela 55: Data inicial e final da simulação obtidas para os todos casos determinísticos selecionados.

Ponto de Descarte	Projeto	Cenário Determinístico	Início	Fim
<b>Poço Pinguim (Ponto A)</b>	<b>SBM</b>	Espessura Máxima	16-abr-2103	19-mai-2013
		Distância Máxima	11-abr-2013	14-mai-2013
	<b>WBM</b>	Espessura Máxima	01-mai-2013	07-jun-2013
		Distância Máxima	21-jan-2013	27-fev-2013
<b>Poço Gaivota (Ponto B)</b>	<b>SBM</b>	Espessura Máxima	21-abr-2013	24-mai-2013
		Distância Máxima	11-abr-2013	14-mai-2013
	<b>WBM</b>	Espessura Máxima	01-abr-2013	08-mai-2013
		Distância Máxima	21-jan-2013	27-fev-2013

Da Figura 60 a Figura 67 são apresentadas as rosas de correntes limitadas a esses períodos para cada ponto de descarte (Poços Pinguim e Gaivota), projeto (SBM / WBM) e cenário determinístico considerado. De maneira similar, da Tabela 56 a Tabela 59, apresentam-se os valores máximos de intensidade obtidos para cada cenário modelado.

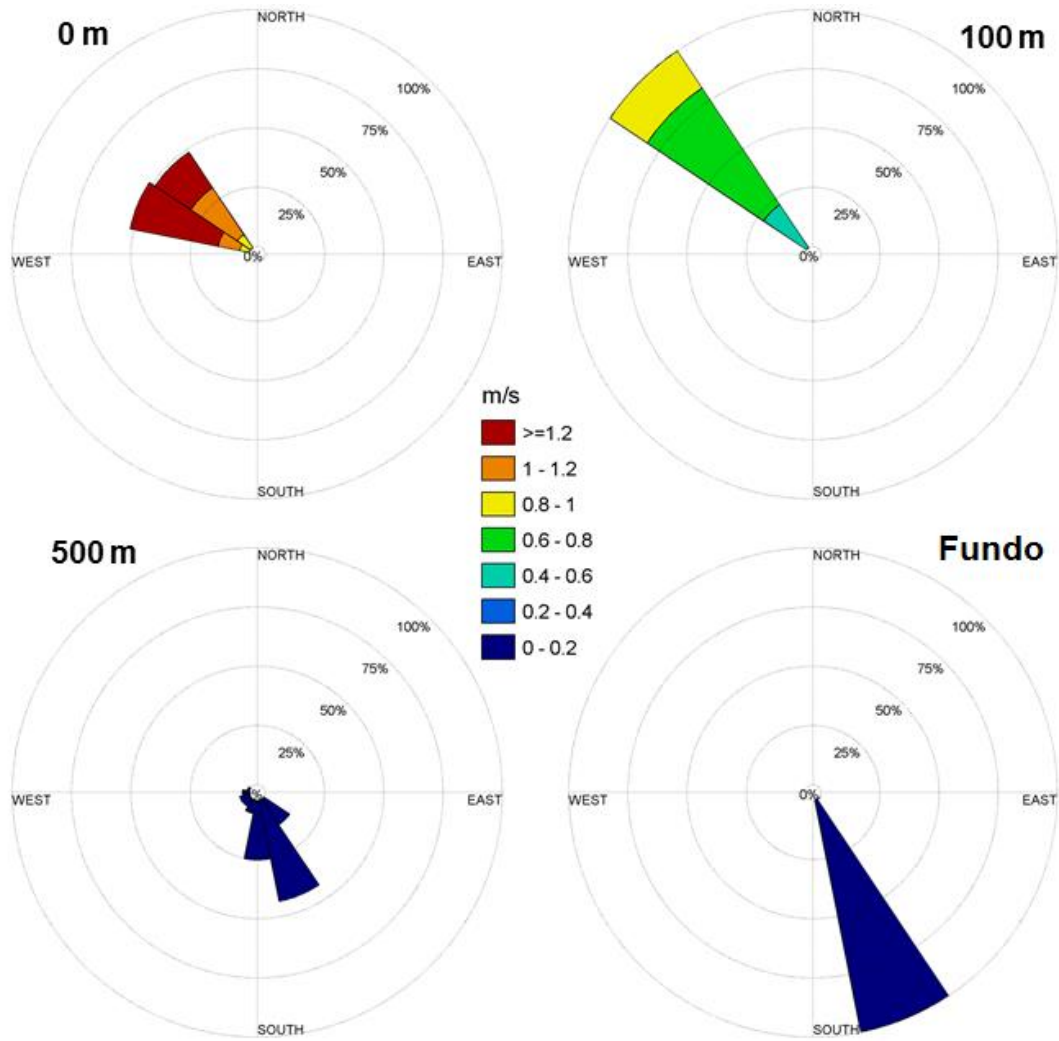


Figura 60: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM.

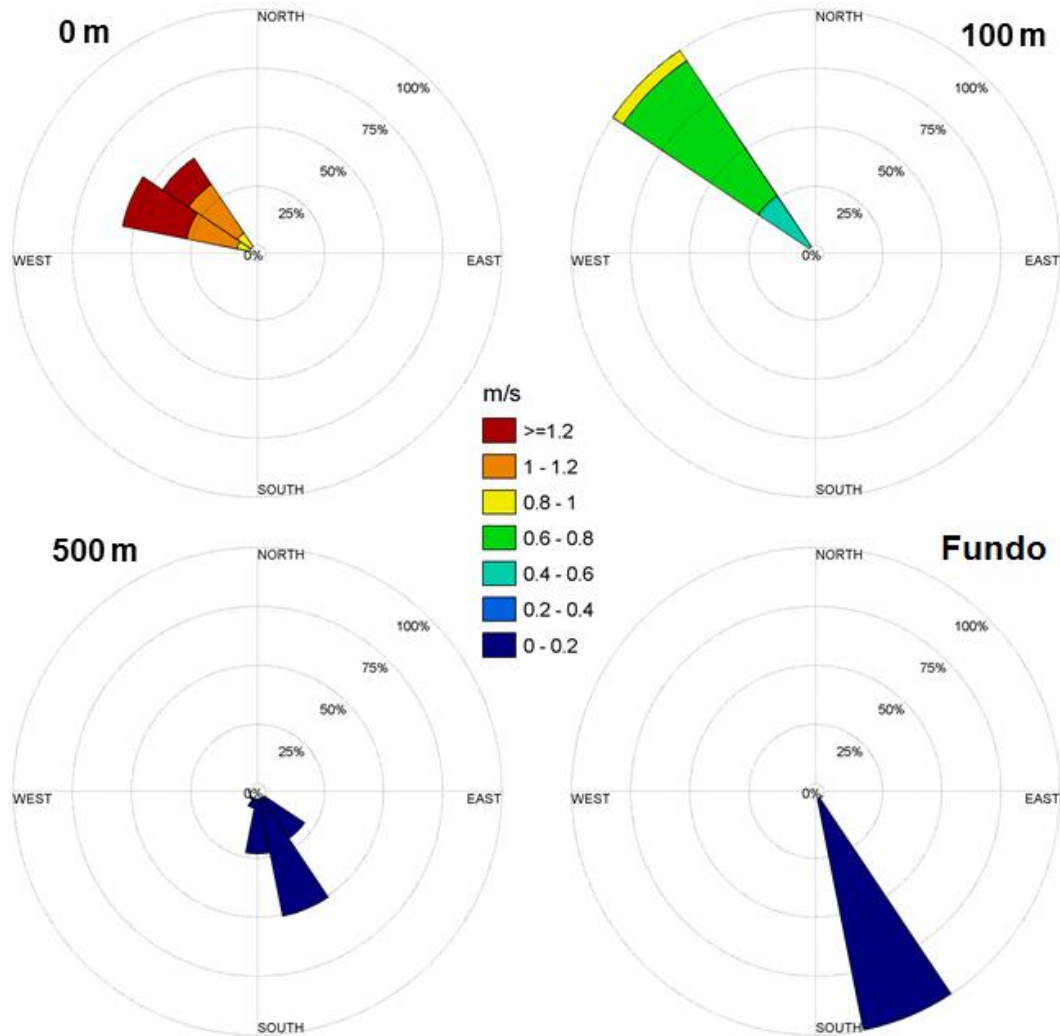


Figura 61: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de distância máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM.

Tabela 56: Intensidades máximas de corrente obtidas para os cenários determinísticos de espessura máxima e distância máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM.

Profundidade (m)	Intensidade Máxima (m/s)	
	Det. Esp. Máx.	Det. Dist. Máx.
0	1,35	1,43
100	0,89	0,78
500	0,15	0,18
1.800	0,077	0,083



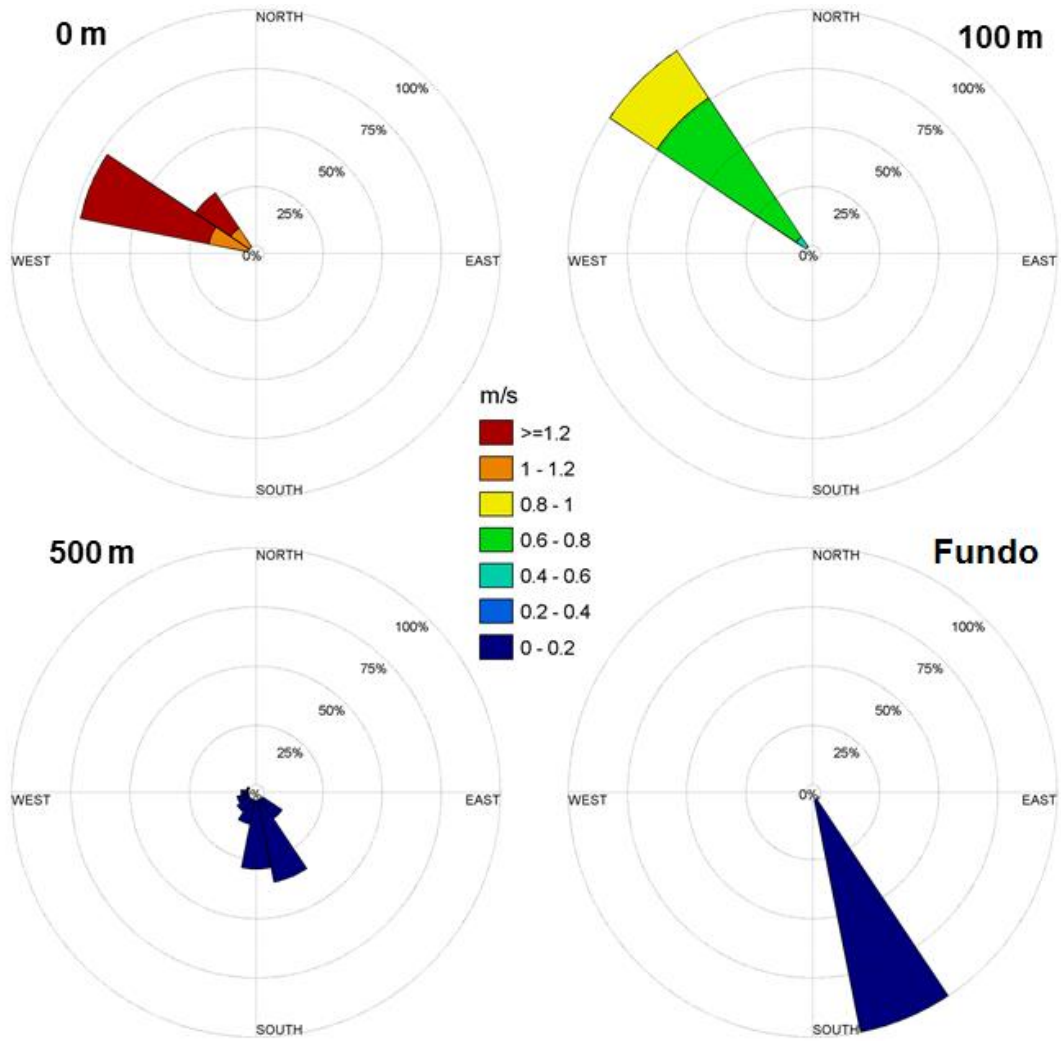


Figura 62: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM.

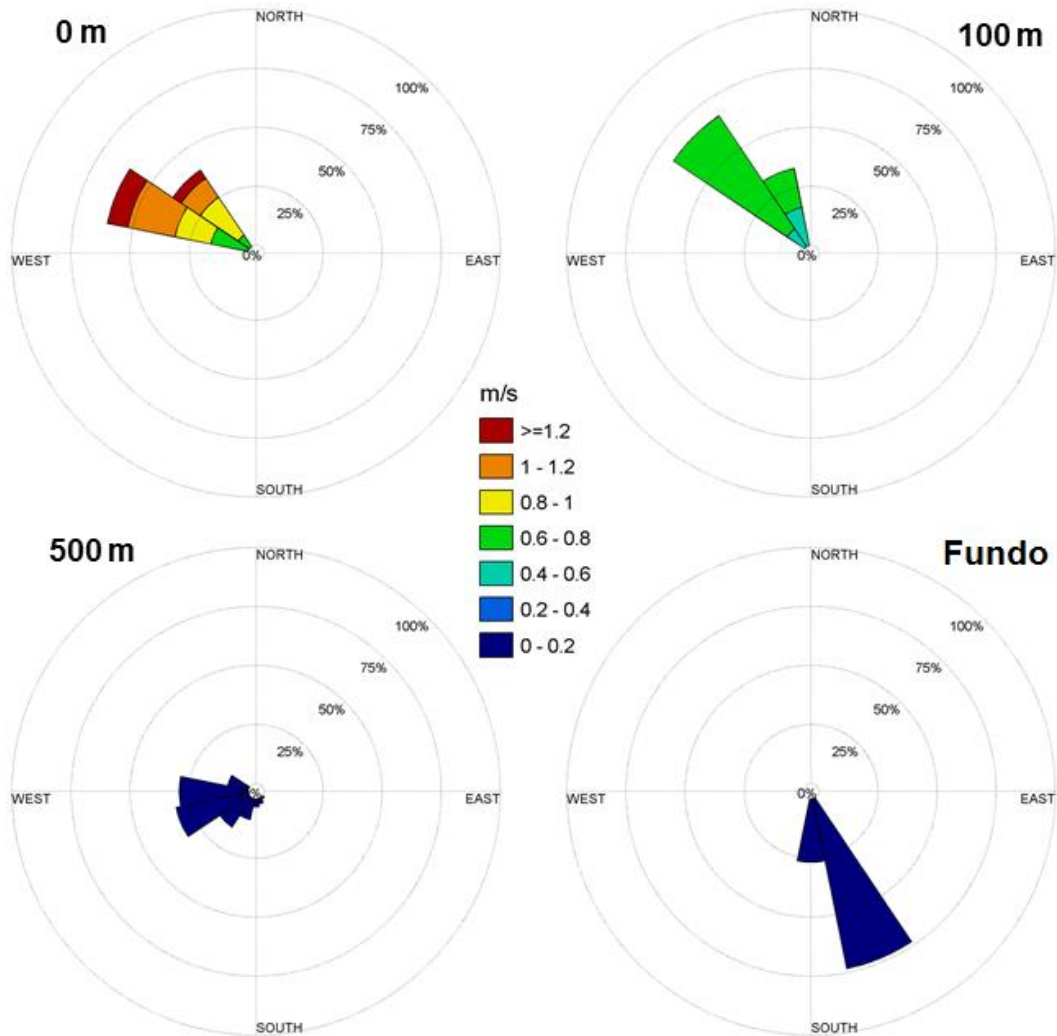


Figura 63: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de distância máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM.

Tabela 57: Intensidades máximas de corrente obtidas para os cenários determinísticos de espessura máxima e distância máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM.

Profundidade (m)	Intensidade Máxima (m/s)	
	Det. Esp. Máx.	Det. Dist. Máx.
0	1,35	1,43
100	0,89	0,78
500	0,15	0,18
1.800	0,077	0,083

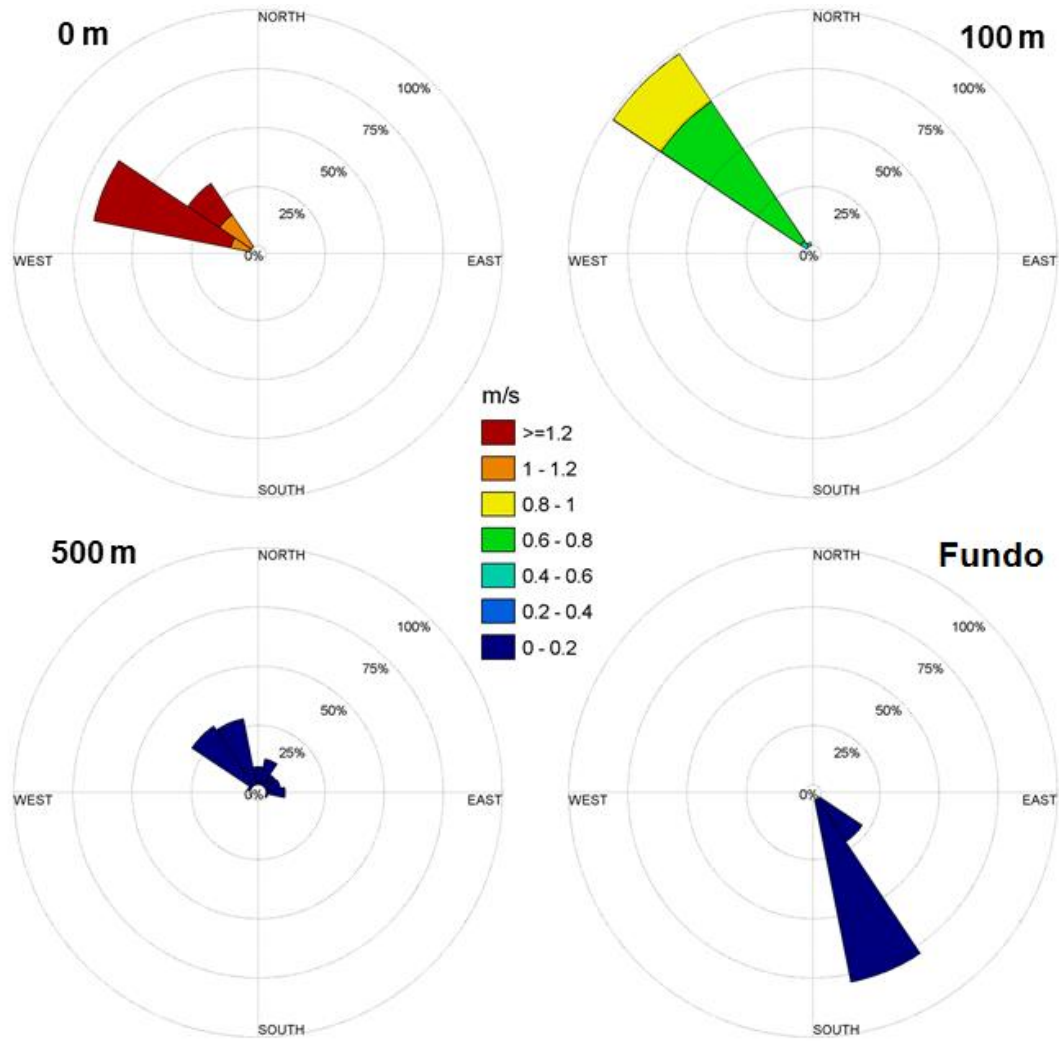


Figura 64: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de espessura máxima | Poço Gavota – Projeto SBM.

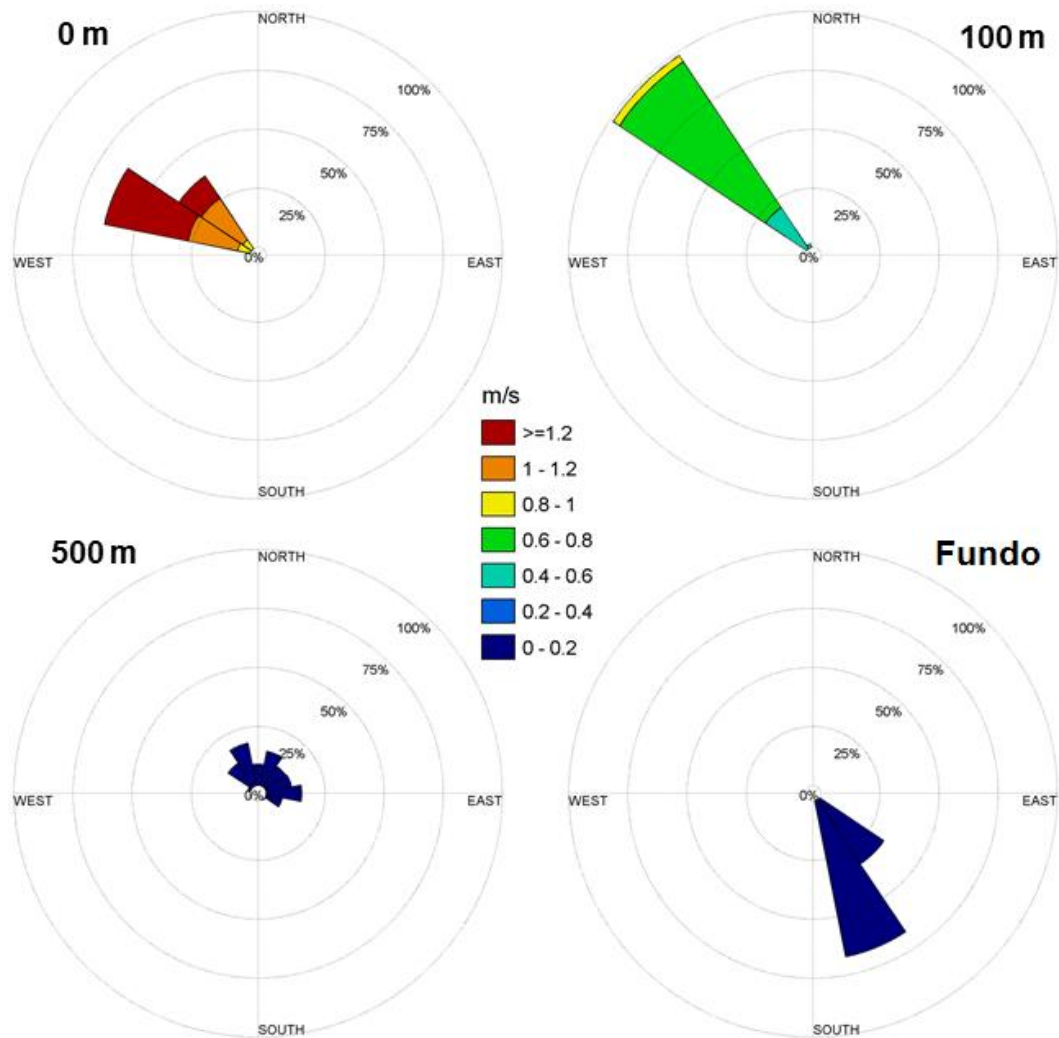


Figura 65: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de distância máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM.

Tabela 58: Intensidades máximas de corrente obtidas para os cenários determinísticos de espessura máxima e distância máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM.

Profundidade (m)	Intensidade Máxima (m/s)	
	Det. Esp. Máx.	Det. Dist. Máx.
0	1,35	1,43
100	0,89	0,78
500	0,15	0,18
1.800	0,077	0,083

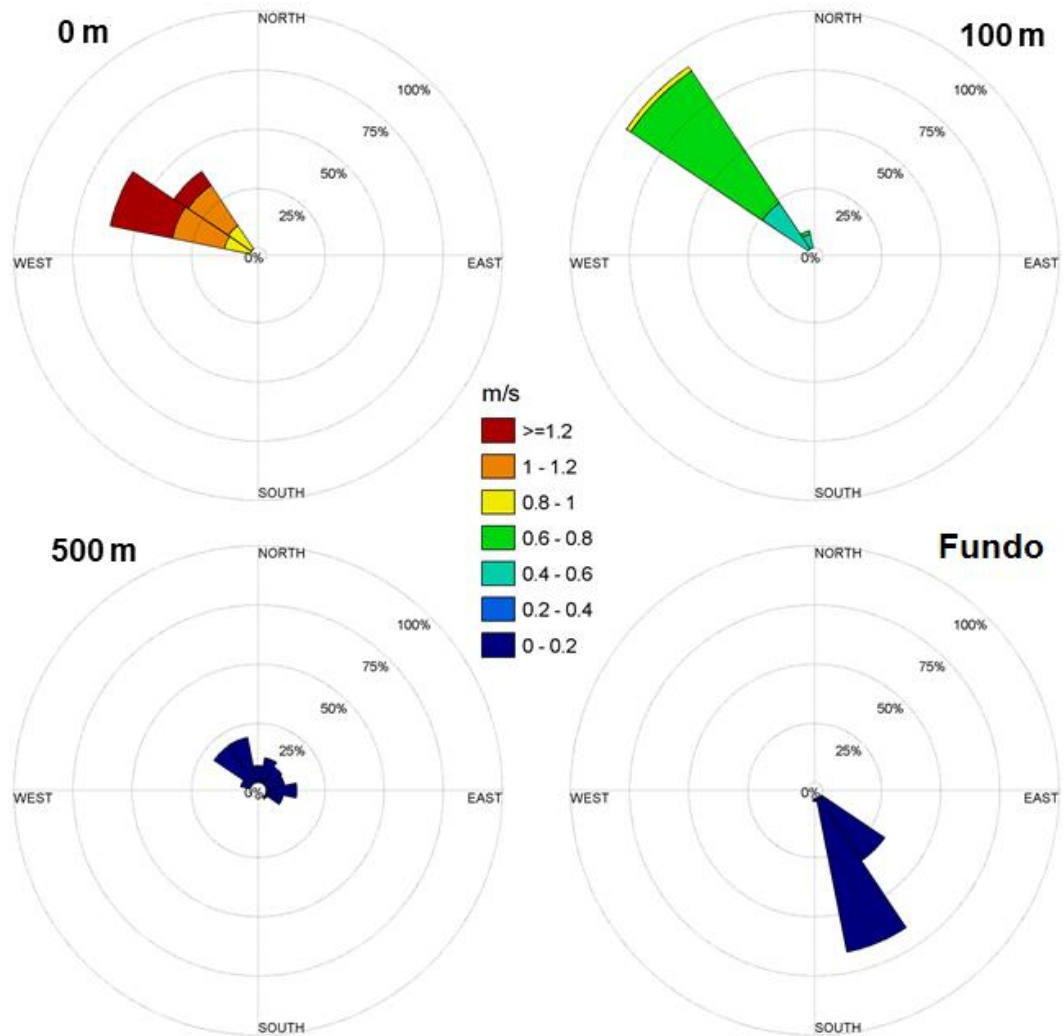


Figura 66: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de espessura máxima | Poço Gavota – Projeto WBM.

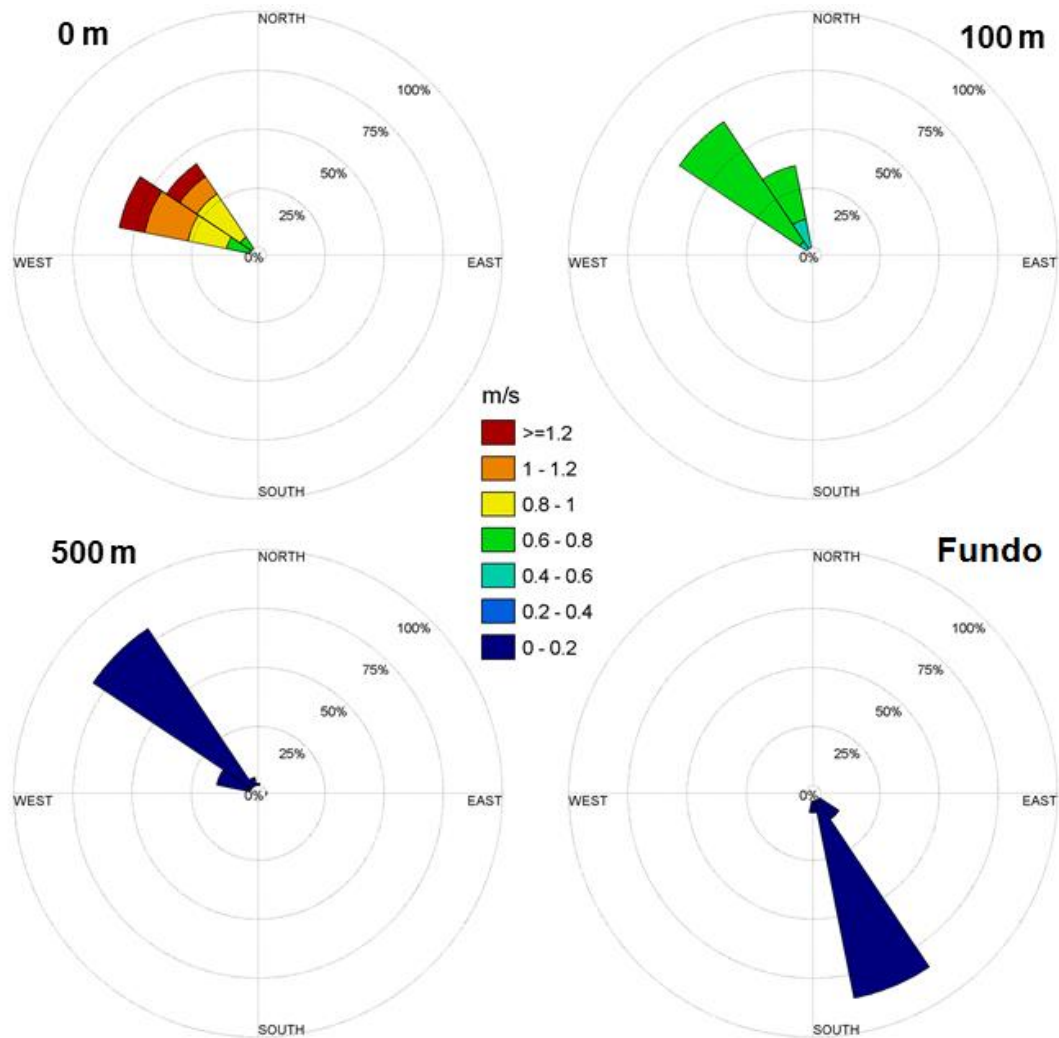


Figura 67: Histogramas direcionais de corrente nas profundidades de 0, 100, 500 metros e fundo, para o período representativo do cenário determinístico de distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM.

Tabela 59: Intensidades máximas de corrente obtidas para os cenários determinísticos de espessura máxima e distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM.

Profundidade (m)	Intensidade Máxima (m/s)	
	Det. Esp. Máx.	Det. Dist. Máx.
0	1,35	1,43
100	0,89	0,78
500	0,15	0,18
1.800	0,077	0,083

### 3.1.1 Poço Pinguim (Ponto A)

#### 3.1.1.1 Projeto SBM

##### 3.1.1.1.1 Pilhas de Deposição

##### 3.1.1.1.1.1 Espessura Máxima

A seguir, serão apresentados os resultados para o caso determinístico que obteve o maior valor de espessura. A integração das seções sem e com *riser* são apresentadas na Figura 68 e na Figura 69, respectivamente.

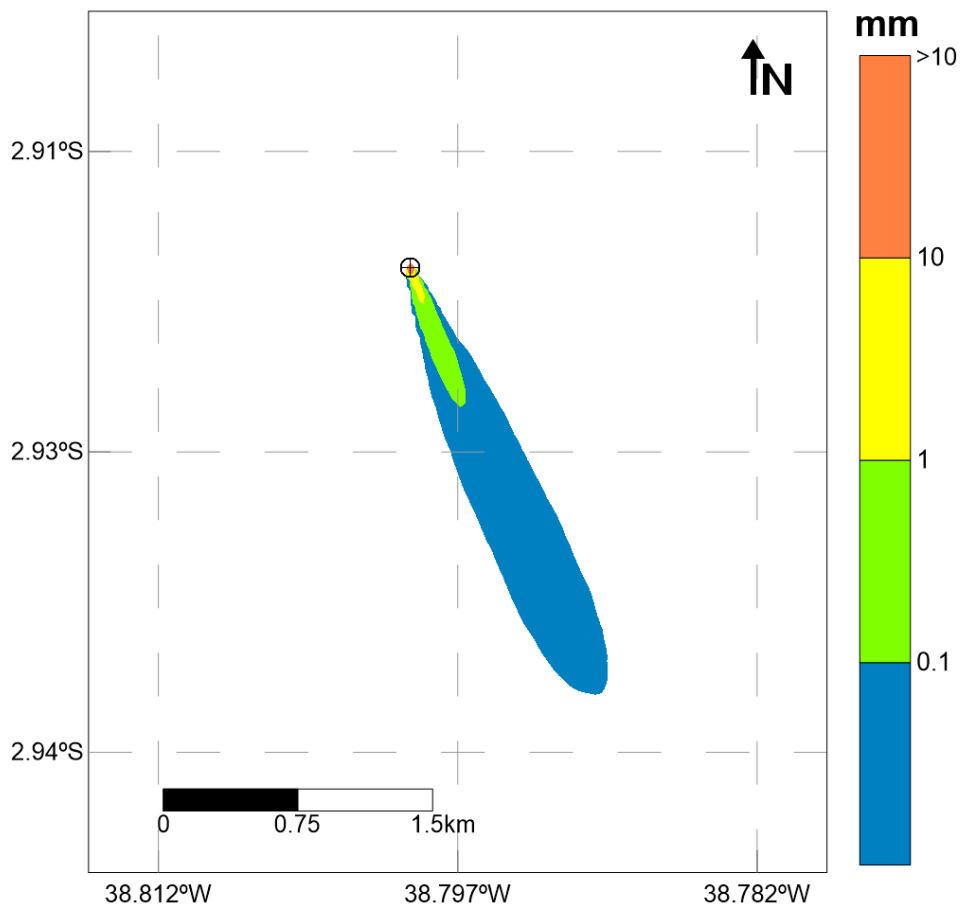


Figura 68: Pilha resultante da integração das seções sem *riser*, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

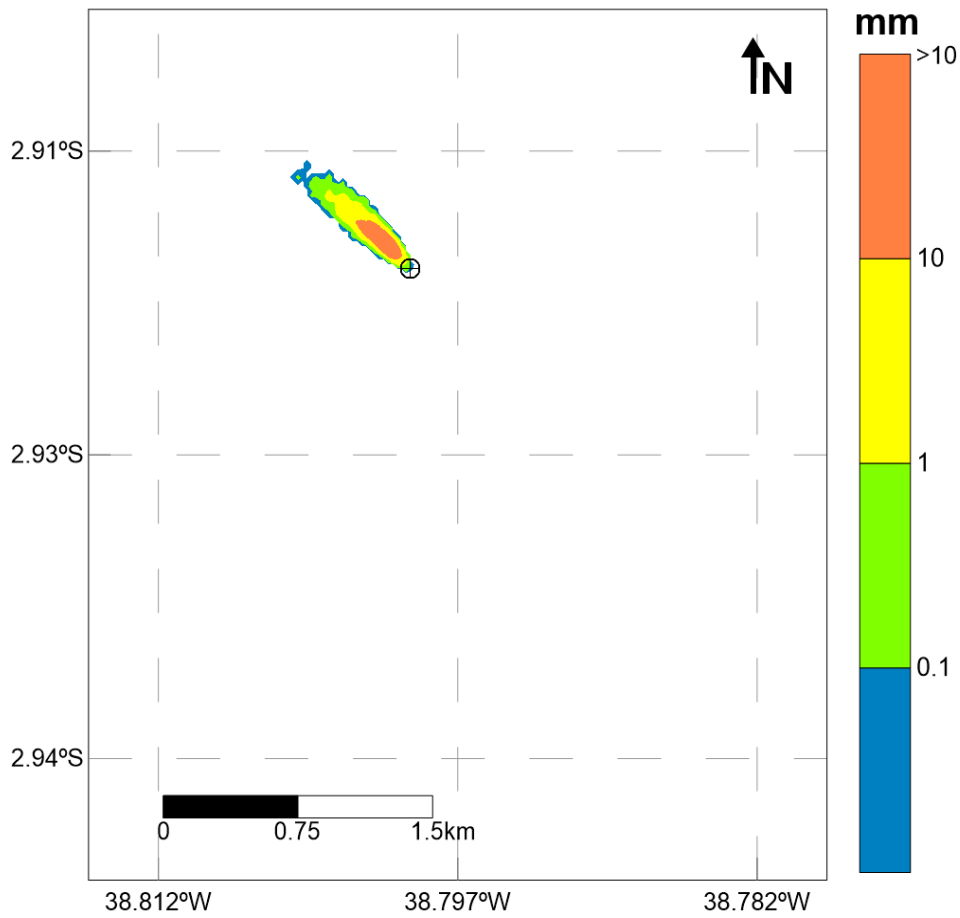


Figura 69: Pilha resultante da integração das seções com *riser*, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

A pilha resultante da integração de todos os descartes é apresentada a seguir, na Figura 70.



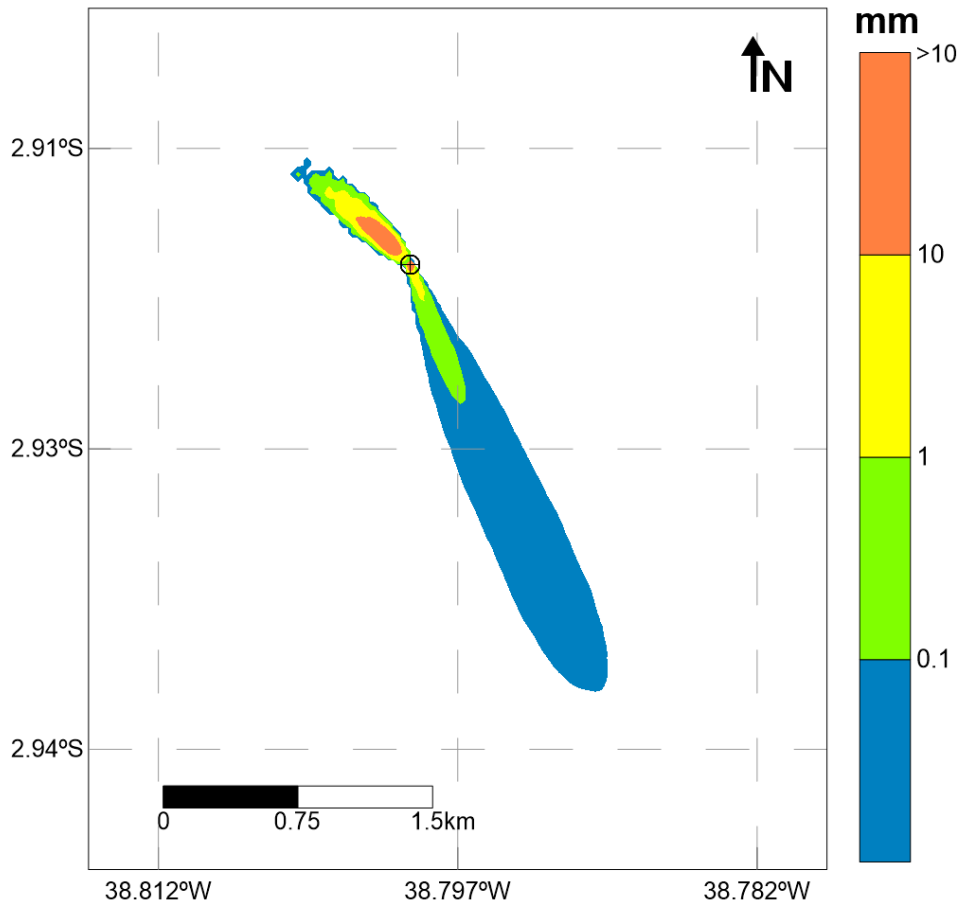


Figura 70: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

A Tabela 60 apresenta um resumo dos resultados obtidos para este cenário.

Tabela 60: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

Descarte	Espessura Máxima (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	Distância máx. da fonte (km)
Integração - seções sem riser	1.290,05	0,81	2,59
Integração - seções com riser	83,09	0,12	0,82
Integração - todas as seções	1.290,07	0,93	2,59

Para este caso determinístico, o acúmulo de material no fundo ocorre preferencialmente para sudeste – decorrente dos descartes das seções sem riser – com acumulação em menor área para noroeste – decorrente dos descartes das seções com riser. Esta configuração está de acordo com o regime de correntes predominante para a região (Figura 60).

As seções sem *riser* são as responsáveis pelas maiores espessuras (1.290,05 mm), área (0,81 km<sup>2</sup>) e distância da fonte alcançada (2,59 km). É importante ressaltar que as seções com *riser* ocupam maiores áreas quando se compara limiares maiores que 1 mm.

Na Tabela 61, é apresentado um resumo da área encontrada acima de algumas espessuras determinadas na pilha de integração total.

Tabela 61: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

<b>Espessura (mm)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
>= 0,01	0,93
>= 0,1	0,19
>= 1	0,07
>= 10	0,03

A espessura máxima alcançada pela integração de todos os descartes foi de 1.290,07 mm, ocupando uma área de 0,93 km<sup>2</sup> e atingindo uma distância de 2,59 km do ponto de descarte, considerando o limiar 0,01 mm. Acima de 1 mm, a área impactada reduz significativamente para 0,07 km<sup>2</sup>.

### 3.1.1.1.1.2 Distância Máxima

A seguir, serão apresentados os resultados para o caso determinístico que obteve a maior distância em relação à fonte. A integração das seções sem e com *riser* são apresentadas na Figura 71 e na Figura 72, respectivamente.

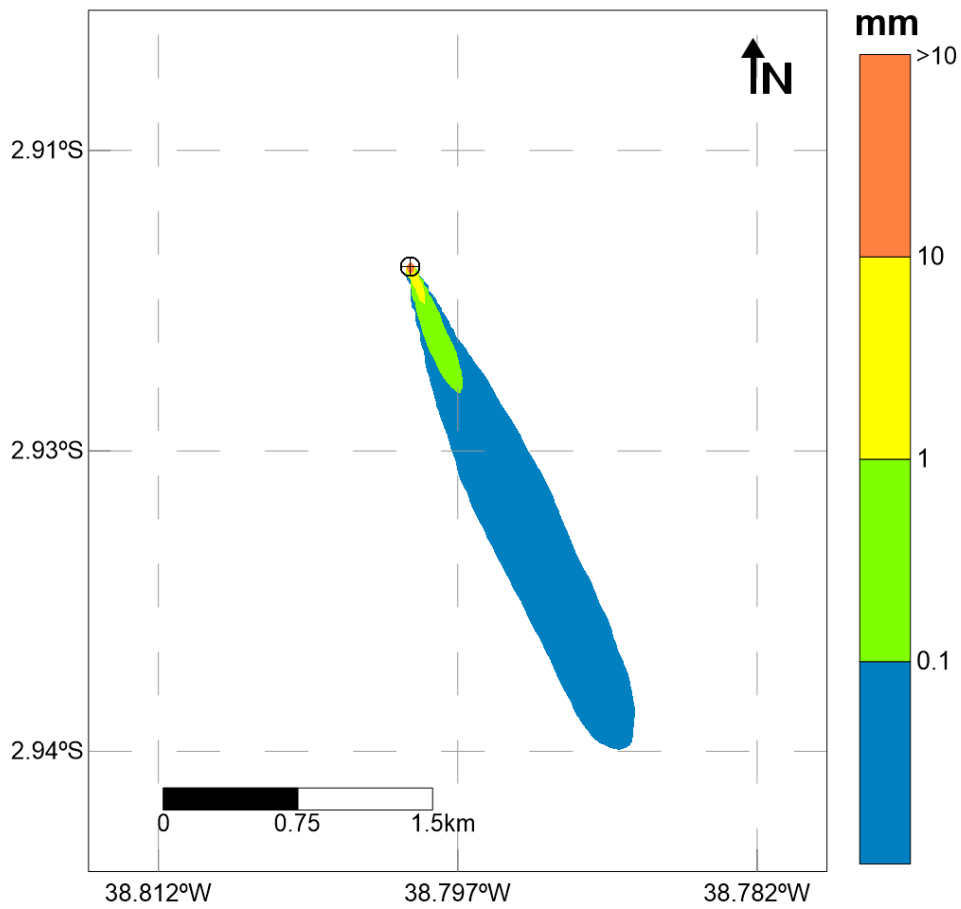


Figura 71: Pilha resultante da integração das seções sem *riser*, considerando o limiar de 0,01 mm.  
Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

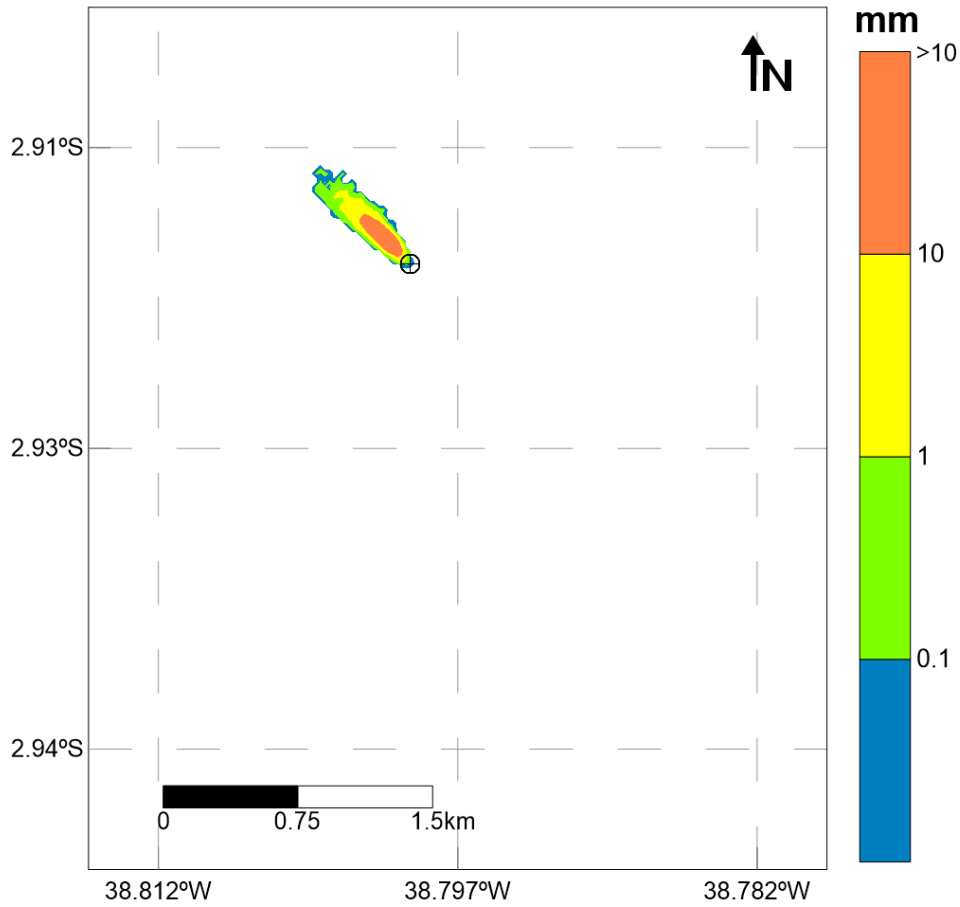


Figura 72: Pilha resultante da integração das seções com *riser*, considerando o limiar de 0,01 mm.  
Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

A pilha resultante da integração de todos os descartes é apresentada na Figura 73.

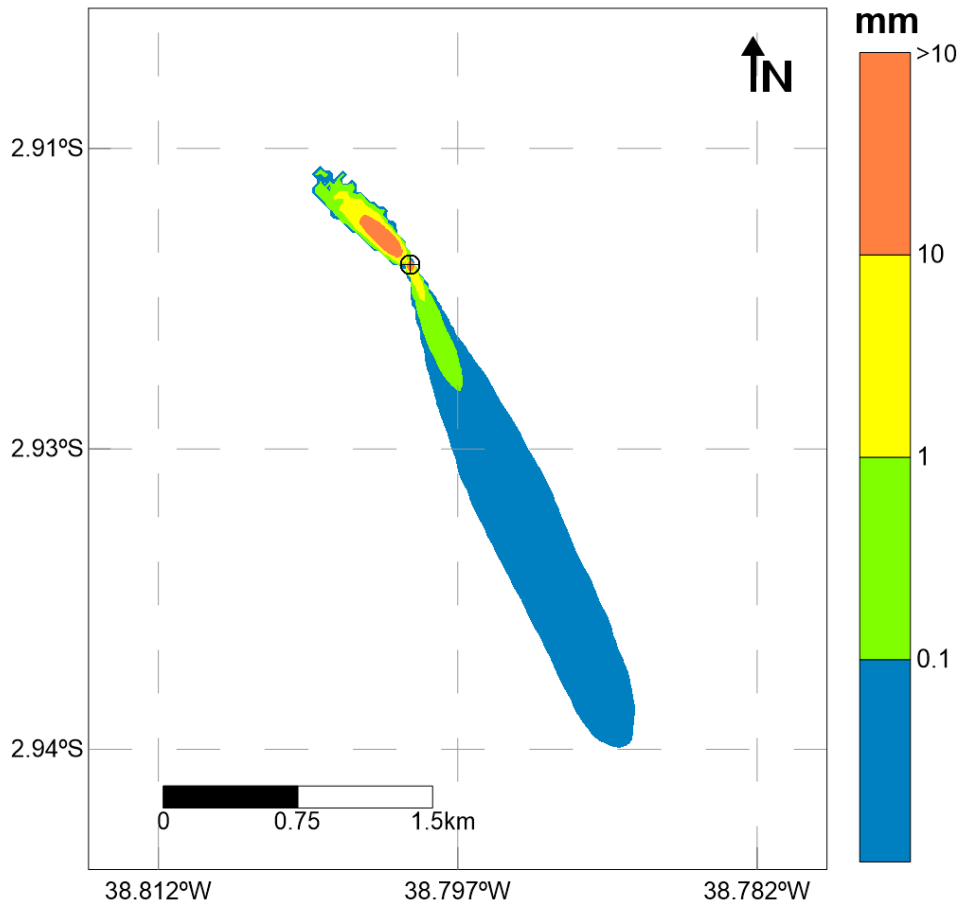


Figura 73: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

Um resumo dos resultados obtidos para este cenário é apresentado na Tabela 62.

Tabela 62: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

Descarte	Espessura Máxima (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	Distância máx. da fonte (km)
Integração - seções sem <i>riser</i>	1.282,03	0,94	2,93
Integração - seções com <i>riser</i>	96,71	0,11	0,72
Integração - todas as seções	1.282,09	1,04	2,93

Para este caso, também é observado o acúmulo da pilha de deposição para os descartes de superfície para noroeste e para sudeste, para os descartes do fundo, estando de acordo com as correntes predominantes para a região (Figura 61). A espessura máxima (1.282,03 mm), distância máxima (2,93 km) e área (0,94 km<sup>2</sup>) são maiores para as seções sem *riser*.

Na Tabela 63, é apresentado um resumo da área encontrada acima de algumas espessuras determinadas na pilha de integração total.

Tabela 63: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

<b>Espessura (mm)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
>= 0,01	1,04
>= 0,1	0,17
>= 1	0,07
>= 10	0,03

A espessura máxima alcançada pela integração de todos os descartes foi de 1.282,09 mm, ocupando uma área de 1,04 km<sup>2</sup> e atingindo 2,93 km do ponto de descarte, considerando o limiar de 0,01 mm. Acima de 1 mm, a área impactada reduz significativamente para 0,07 km<sup>2</sup>.

### 3.1.1.1.2 Sólidos em Suspensão

#### 3.1.1.1.2.1 Espessura Máxima

A Figura 74 e a Figura 75 apresentam a concentração máxima de sólidos em suspensão, considerando todo o período de simulação. O mapa em planta é o mesmo em ambas as figuras, diferindo entre elas somente o perfil que foi extraído.

É importante ressaltar que esse resultado não corresponde a um instantâneo, mas sim à integração no tempo de todos os resultados. O objetivo desta análise é determinar a área impactada e quais foram as concentrações máximas e distâncias máximas da fonte obtidas durante toda a simulação.

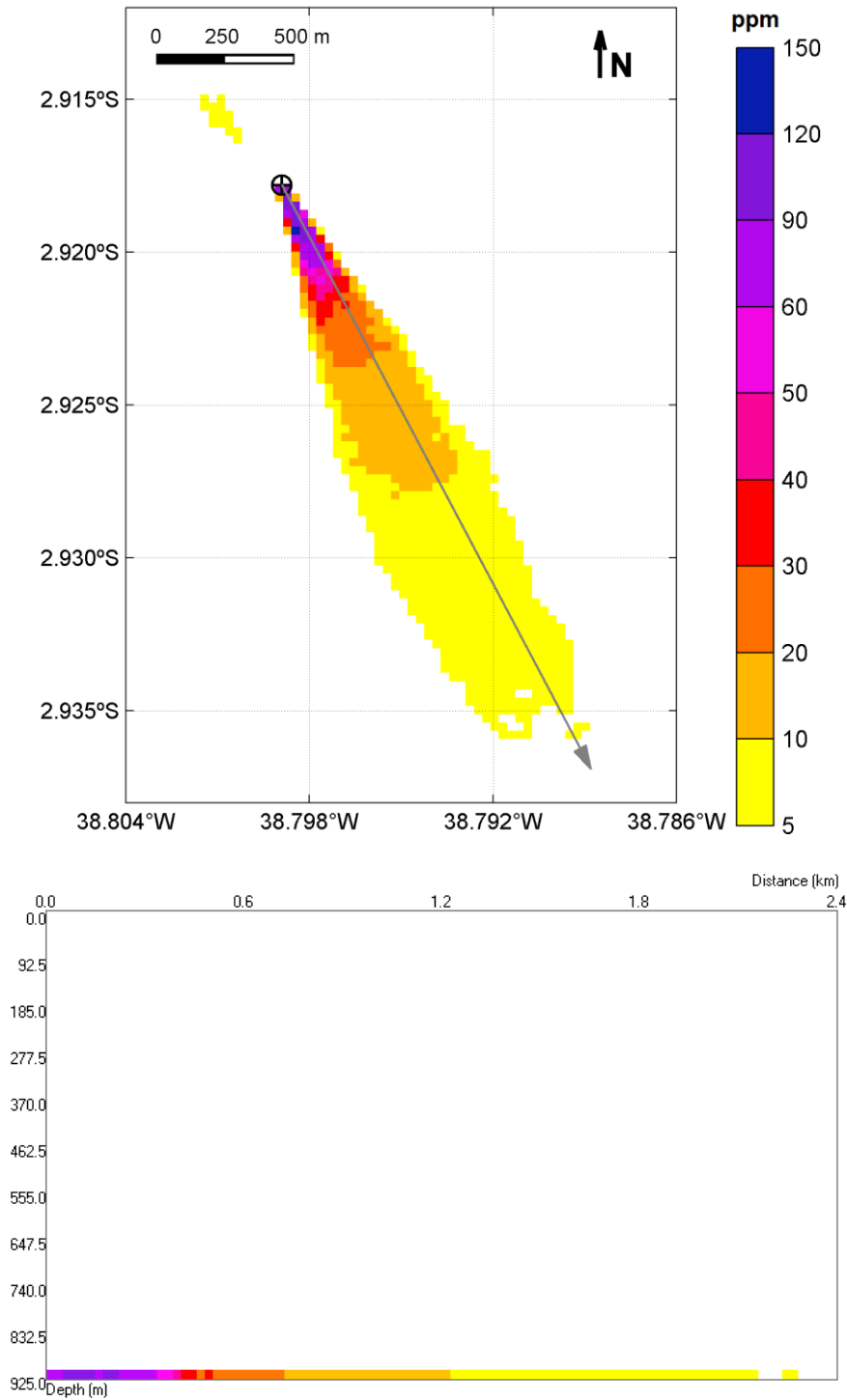


Figura 74: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,4 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

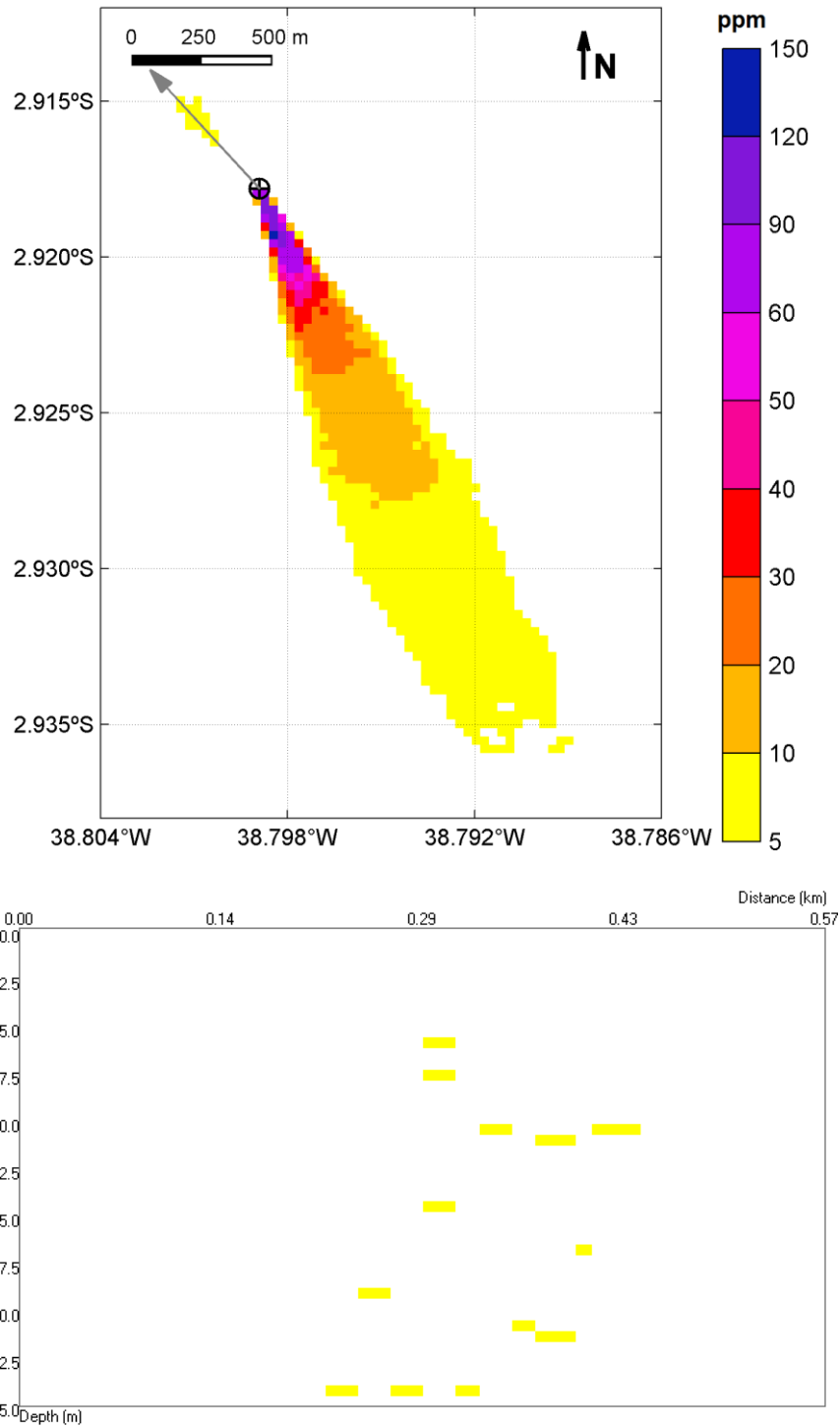


Figura 75: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 0,57 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).



Na Figura 76 e na Figura 77, são apresentados exemplos da dispersão de sólidos na coluna d'água, para determinados instantes após o início do descarte (2 dias; 11 dias e 16 h), indicando instantes em que o descarte ocorre no fundo e em superfície, respectivamente.

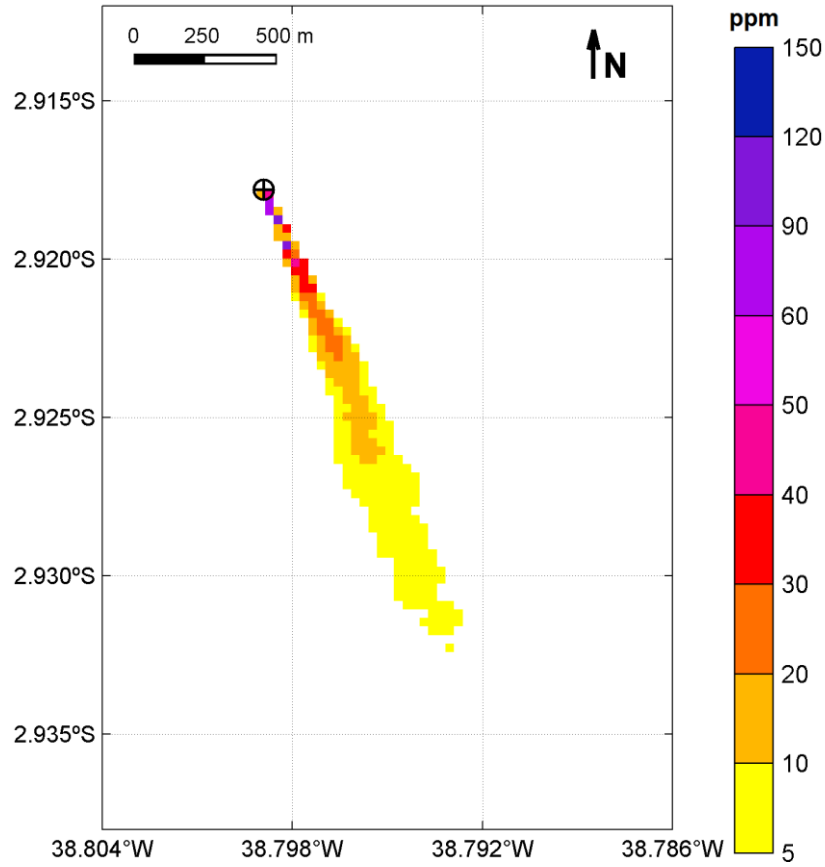


Figura 76: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM.  
(Datum SIRGAS 2000).

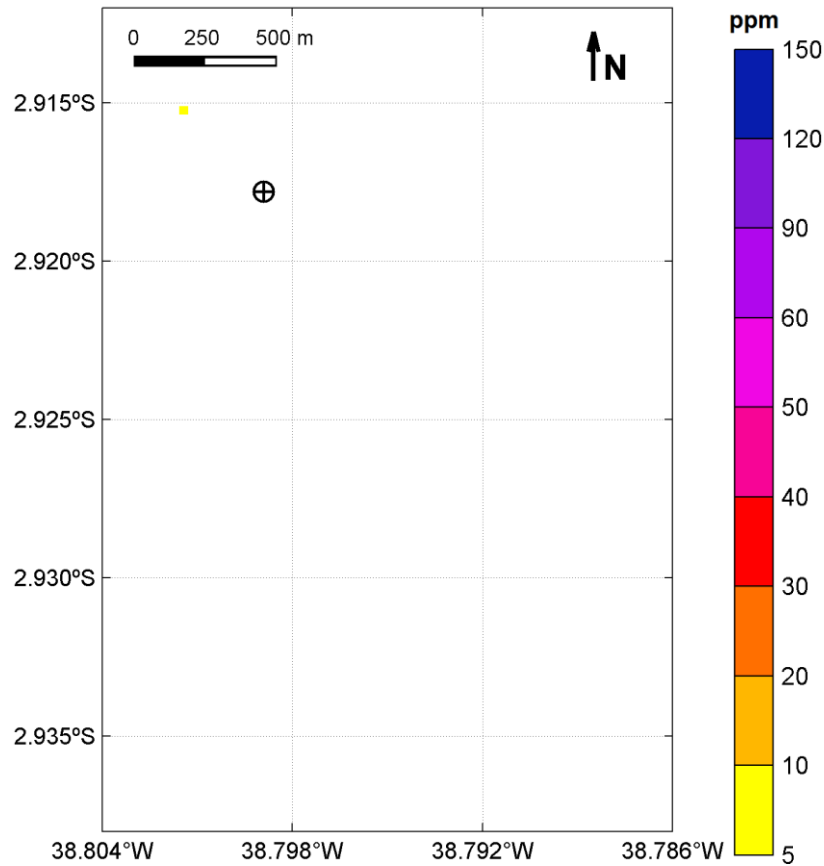


Figura 77: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 11 dias e 16 h do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 64, são apresentados os valores máximos de concentração de sólidos em suspensão, distância da fonte e tempo de permanência obtidos.

Tabela 64: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

Parâmetros	Valores
Concentração Máxima (ppm)	121,32
Distância Máxima da Fonte (km)	2,27
Tempo de Permanência (h)	< 2

Os resultados obtidos mostram que os descartes das seções sem riser são os principais responsáveis pelas elevadas concentrações de sólidos em suspensão, sendo estas limitadas

ao fundo. Em menores profundidades, não são observadas concentrações superiores a 10 ppm.

A concentração máxima observada foi de 121,32 ppm e a pluma alcançou até 2,27 km do ponto de descarte. Após 2 h do término do descarte, já não são mais observadas concentrações acima do limiar monitorado.

A Tabela 65 apresenta as distâncias máximas alcançadas para várias classes de concentração.

Tabela 65: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

<b>Concentração (ppm)</b>	<b>Distância (km)</b>
>= 5	2,27
>= 10	1,23
>= 20	0,72
>= 30	0,53
>= 50	0,38
>= 70	0,32
>= 90	0,22

### 3.1.1.1.2.2 Distância Máxima

A Figura 78 e a Figura 79 apresentam a concentração máxima de sólidos em suspensão, considerando todo o período de simulação. O mapa em planta é o mesmo em ambas as figuras, diferindo entre elas somente o perfil que foi extraído.

É importante ressaltar que esse resultado não corresponde a um instantâneo, mas sim à integração no tempo de todos os resultados. O objetivo desta análise é determinar a área impactada e quais foram as concentrações máximas e distâncias máximas da fonte obtidas durante toda a simulação.

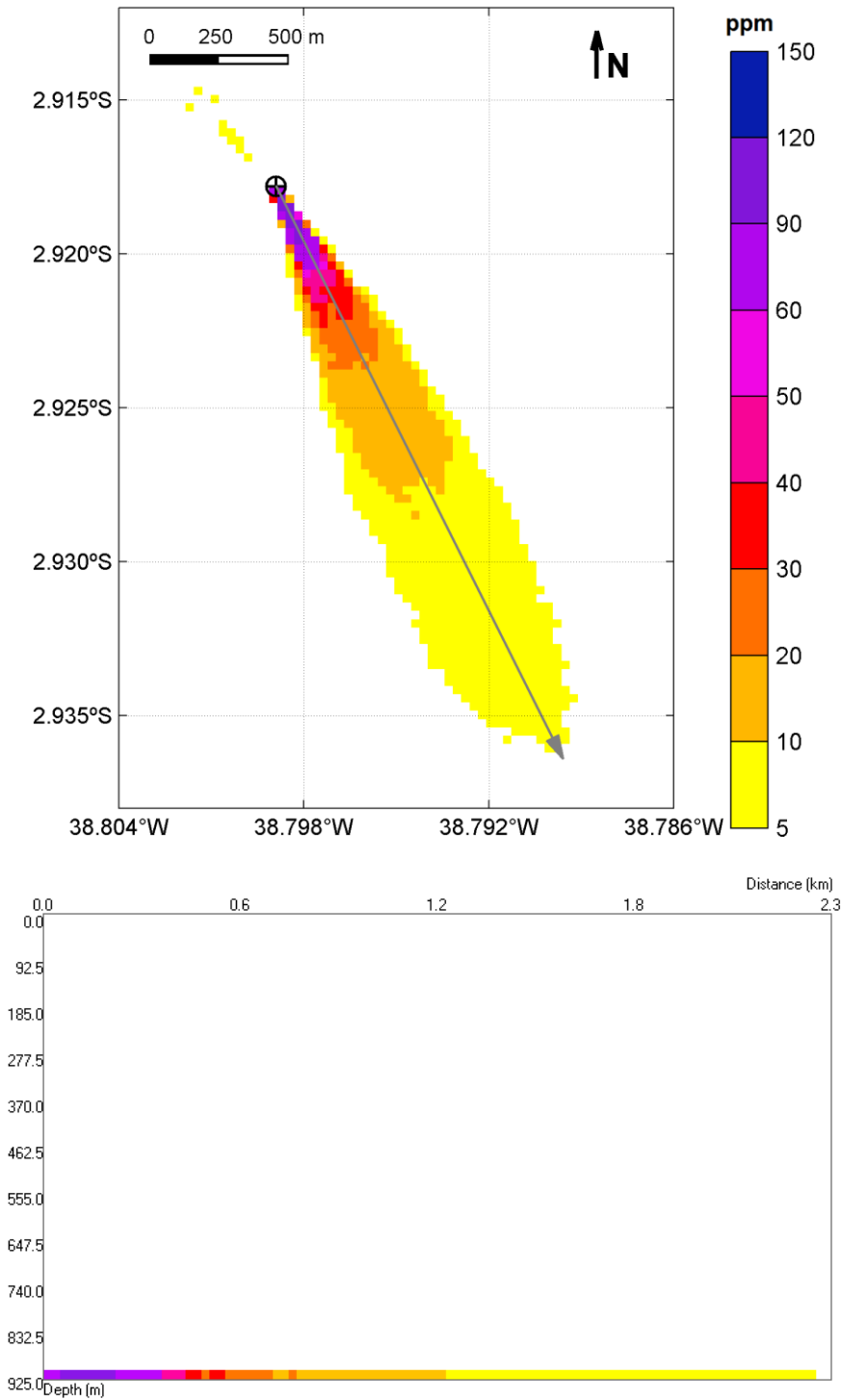


Figura 78: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,3 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

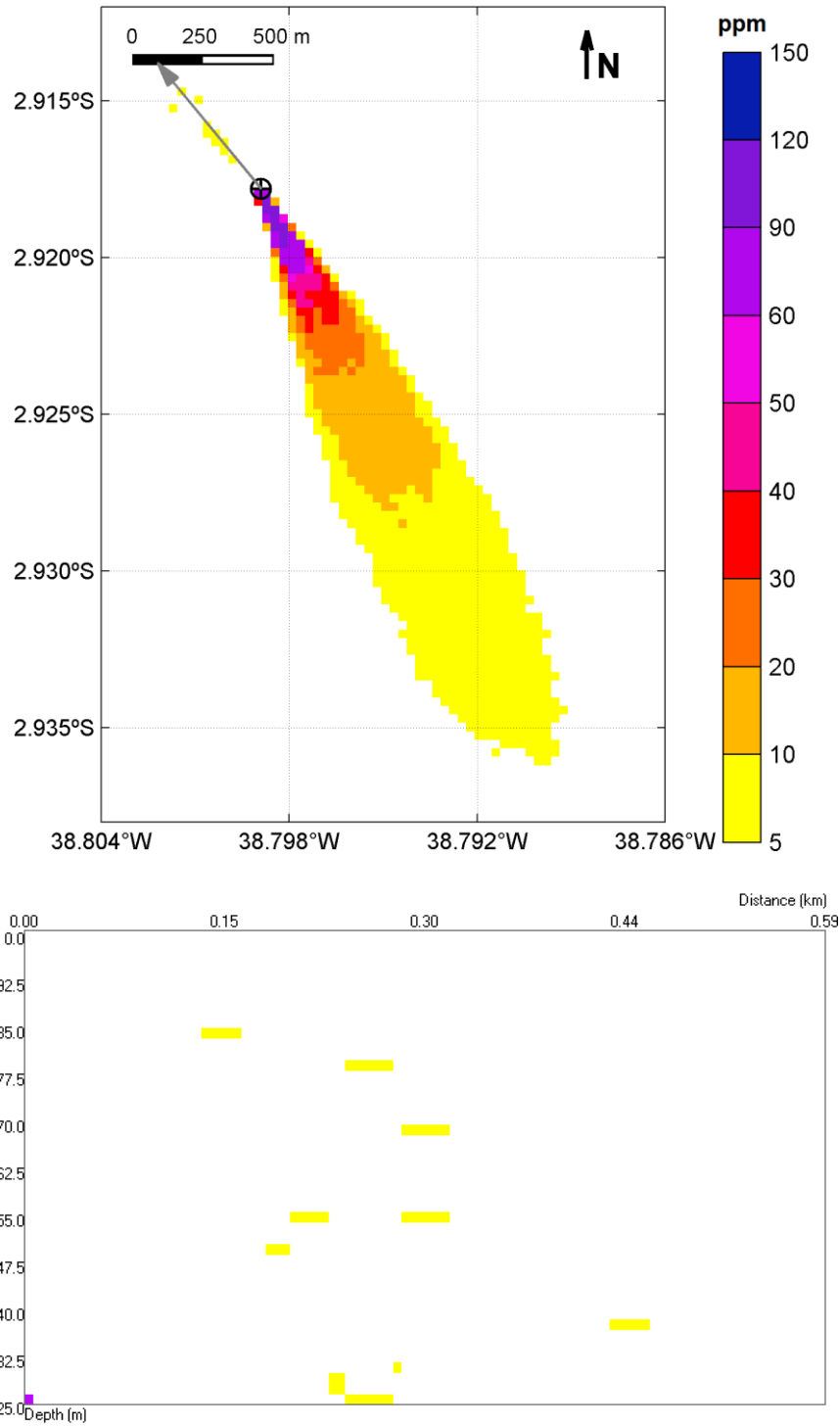


Figura 79: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 0,59 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

Na Figura 80 e na Figura 81, são apresentados exemplos da dispersão de sólidos na coluna d'água, para determinados instantes após o início do descarte (2 dias; 10 dias e 12 h), indicando instantes em que o descarte ocorre no fundo e em superfície, respectivamente.

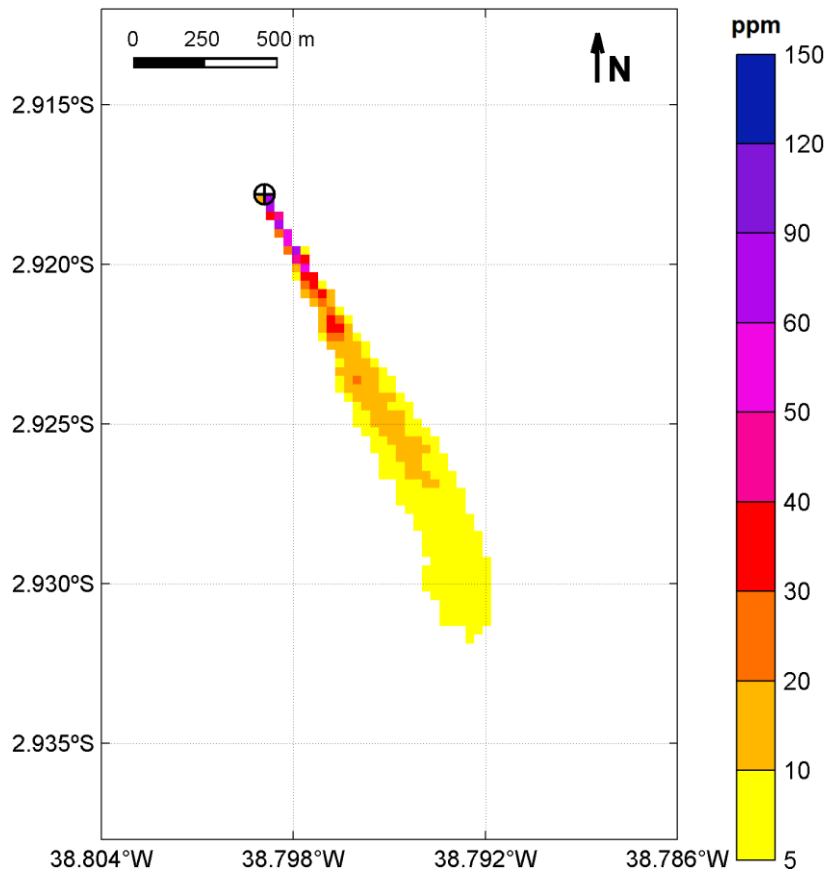


Figura 80: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias do início do descarte (seções sem *riser*, descarte no fundo): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

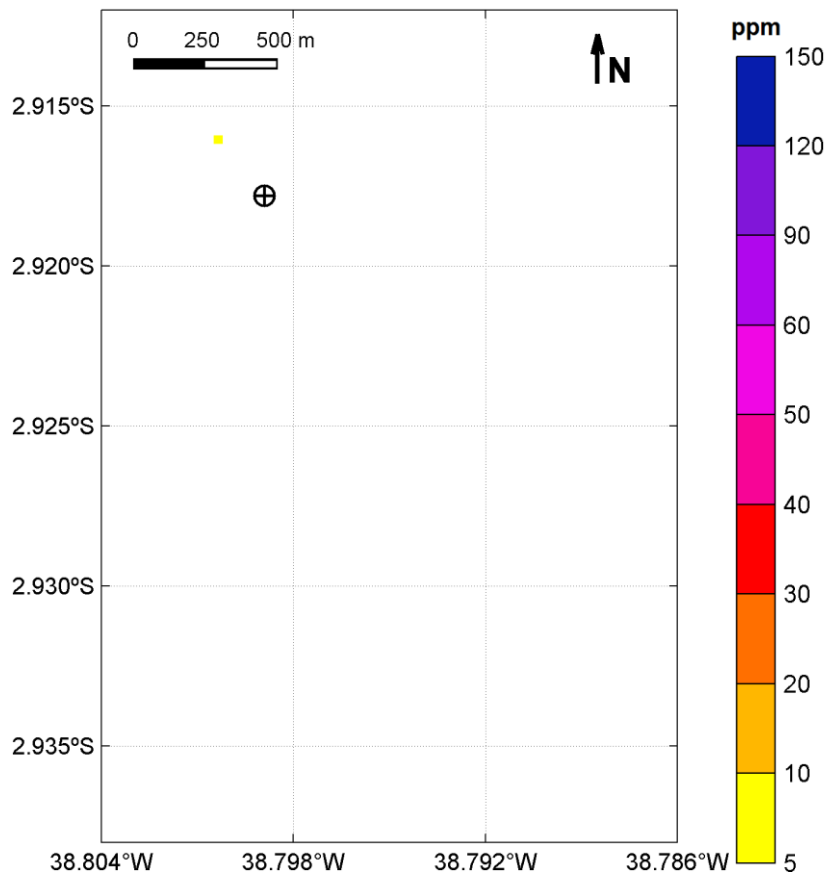


Figura 81: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 10 dias e 12 h do início do descarte (seções com *riser*, descarte em superfície): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 66, são apresentados os valores máximos de concentração de sólidos em suspensão, distância da fonte e tempo de permanência obtidos.

Tabela 66: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

Parâmetros	Valores
Concentração Máxima (ppm)	114,15
Distância Máxima da Fonte (km)	2,27
Tempo de Permanência (h)	< 2

Assim como no caso de espessura máxima, os resultados mostram que os descartes das seções sem *riser* são os principais responsáveis pelas elevadas concentrações de sólidos em



suspensão, sendo estas limitadas ao fundo. Em menores profundidades, não são observadas concentrações superiores a 10 ppm. A concentração máxima observada foi de 114,15 ppm, com a pluma chegando a 2,27 km do ponto de descarte.

Após 2 h do término do descarte, já não são mais observadas concentrações acima do limiar monitorado.

A Tabela 67 apresenta as distâncias máximas alcançadas para algumas classes de concentração.

Tabela 67: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

<b>Concentração (ppm)</b>	<b>Distância (km)</b>
>= 5	2,27
>= 10	1,30
>= 20	0,73
>= 30	0,54
>= 50	0,35
>= 70	0,30
>= 90	0,22

### 3.1.1.2 Projeto WBM

#### 3.1.1.2.1 Pilhas de Deposição

##### 3.1.1.2.1.1 Espessura Máxima

A seguir, serão apresentados os resultados para o caso determinístico que obteve o maior valor de espessura. A integração das seções sem e com *riser* são apresentadas na Figura 82 e na Figura 83, respectivamente.

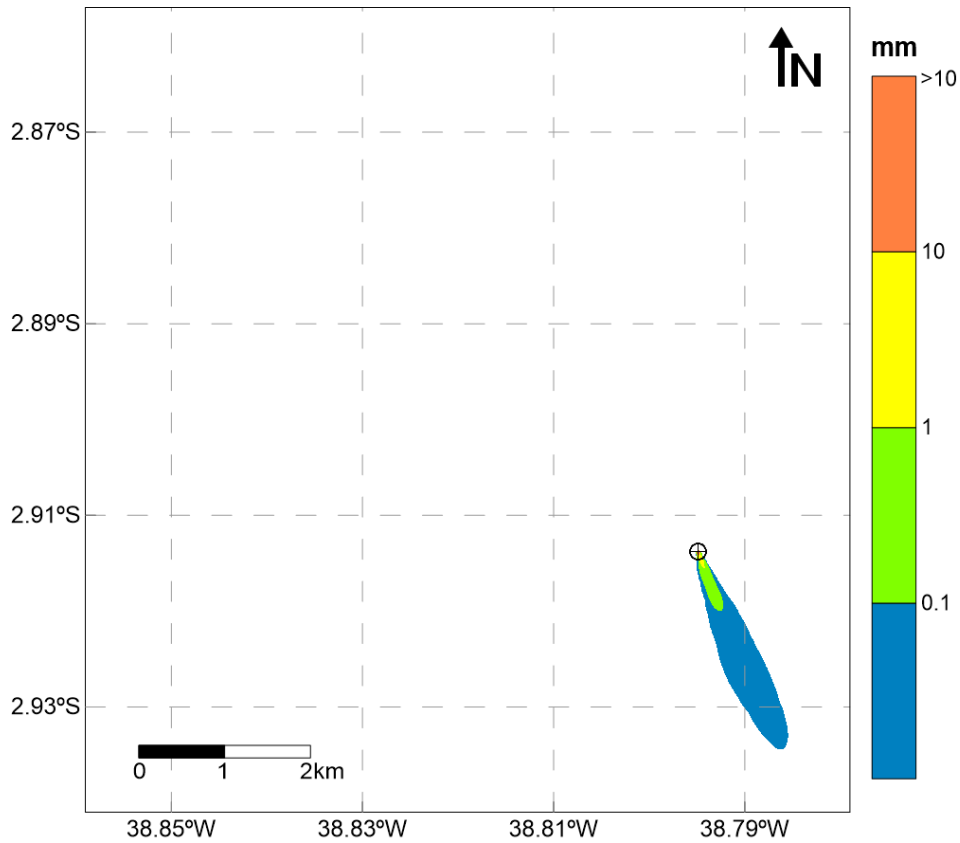


Figura 82: Pilha resultante da integração das seções sem *riser*, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

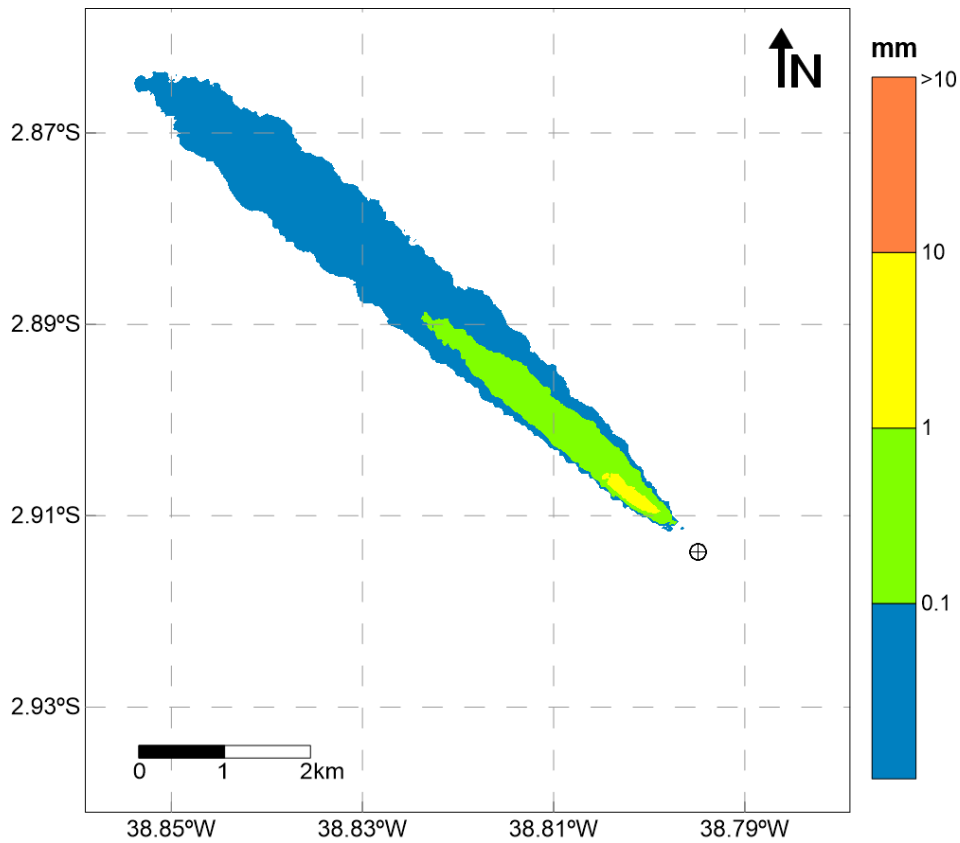


Figura 83: Pilha resultante da integração das seções com *riser*, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A pilha resultante da integração de todos os descartes é apresentada a seguir, na Figura 84.

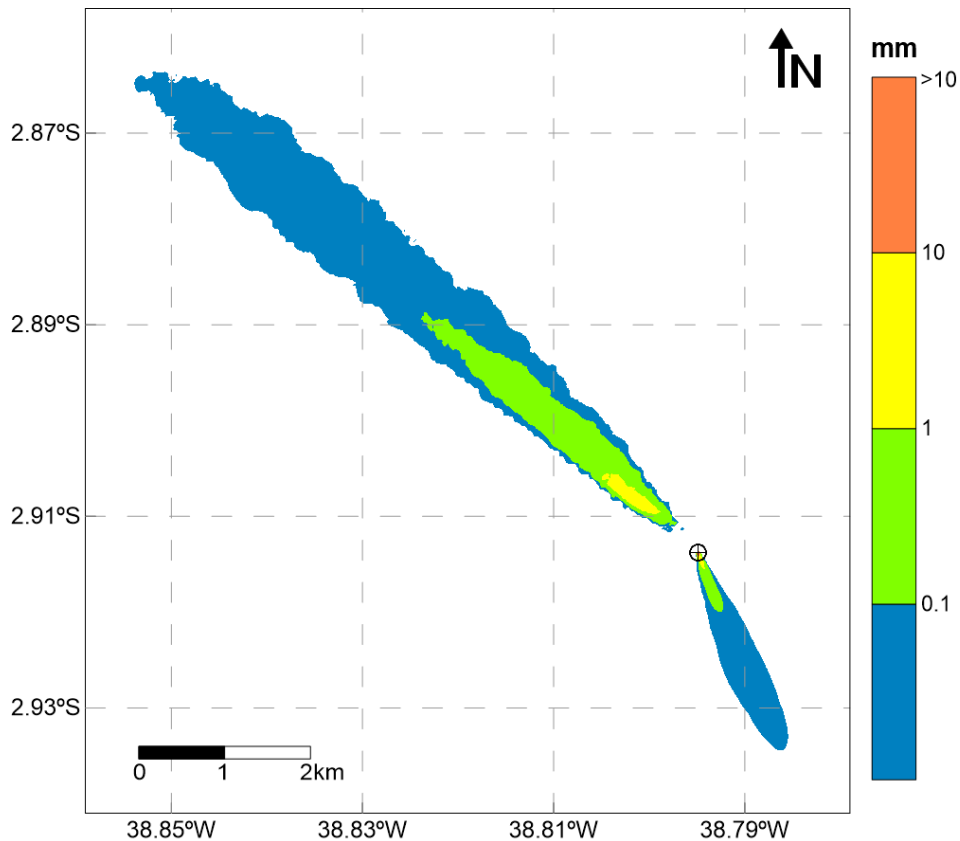


Figura 84: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A Tabela 68 apresenta um resumo dos resultados obtidos para este cenário.

Tabela 68: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Descarte	Espessura Máxima (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	Distância máx. da fonte (km)
Integração - seções sem <i>riser</i>	1.357,00	0,82	2,49
Integração - seções com <i>riser</i>	3,34	5,96	8,78
Integração - todas as seções	1.357,00	6,78	8,78

Para este caso determinístico, o acúmulo de material no fundo ocorre preferencialmente para noroeste – decorrente dos descartes das seções com *riser* – com acumulação em menor área para sudeste – decorrente dos descartes das seções sem *riser*. Esta configuração está de acordo com o regime de correntes predominante para a região (Figura 62).

Nesse projeto, as seções sem *riser* continuam sendo as responsáveis pelas maiores espessuras (1.357,00 mm). Entretanto, a maior área (5,96 km<sup>2</sup>) e distância da fonte alcançada (8,78 km) são provenientes das seções com *riser*.

Na Tabela 69, é apresentado um resumo da área encontrada acima de algumas espessuras determinadas na pilha de integração total.

Tabela 69: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

<b>Espessura (mm)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
>= 0,01	6,78
>= 0,1	1,42
>= 1	0,11
>= 10	0,001

A espessura máxima alcançada pela integração de todos os descartes foi de 1.357,00 mm, ocupando uma área de 6,78 km<sup>2</sup> e atingindo uma distância de 8,78 km do ponto de descarte, considerando o limiar 0,01 mm. Acima de 1 mm, a área impactada reduz significativamente para 0,11 km<sup>2</sup>.

### 3.1.1.2.1.2 Distância Máxima

A seguir, serão apresentados os resultados para o caso determinístico que obteve a maior distância em relação à fonte. A integração das seções sem e com *riser* são apresentadas na Figura 85 e na Figura 86, respectivamente.

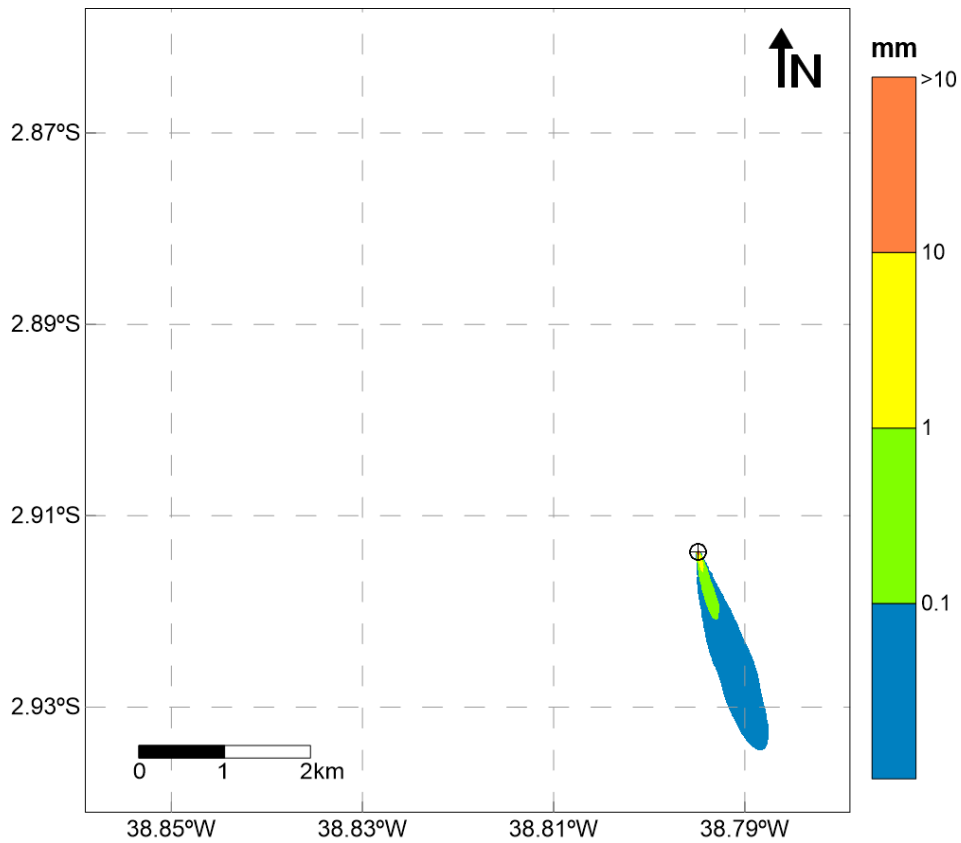


Figura 85: Pilha resultante da integração das seções sem *riser*, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

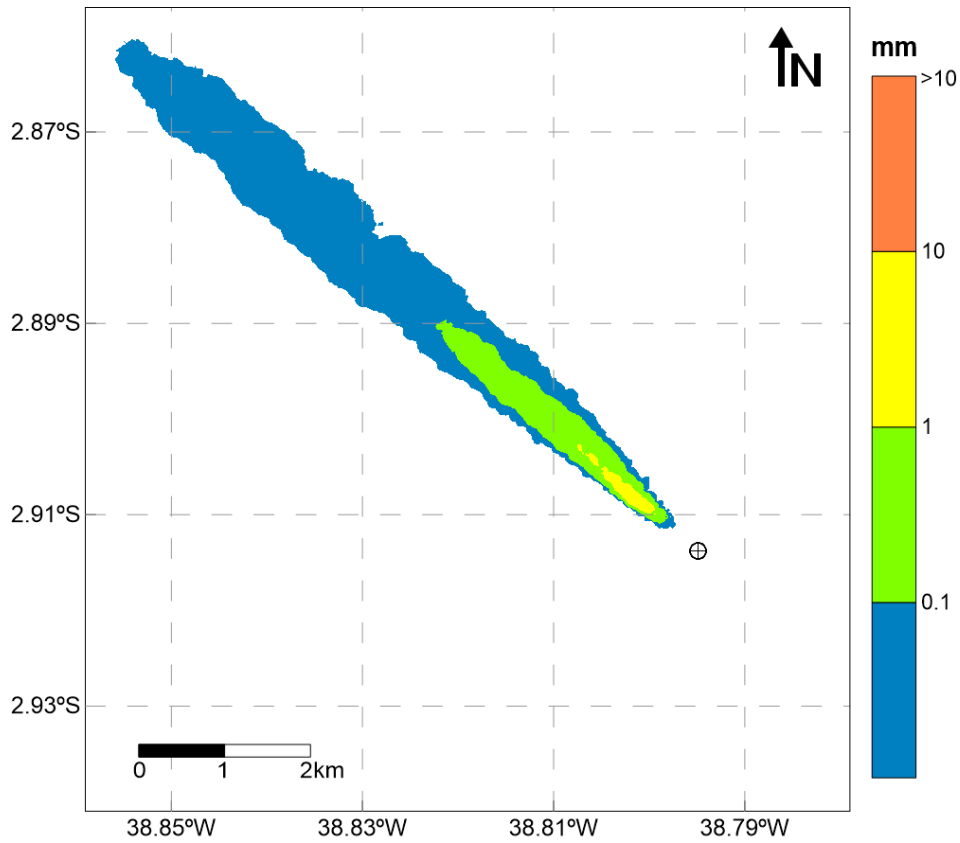


Figura 86: Pilha resultante da integração das seções com *riser*, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

A pilha resultante da integração de todos os descartes é apresentada na Figura 87.

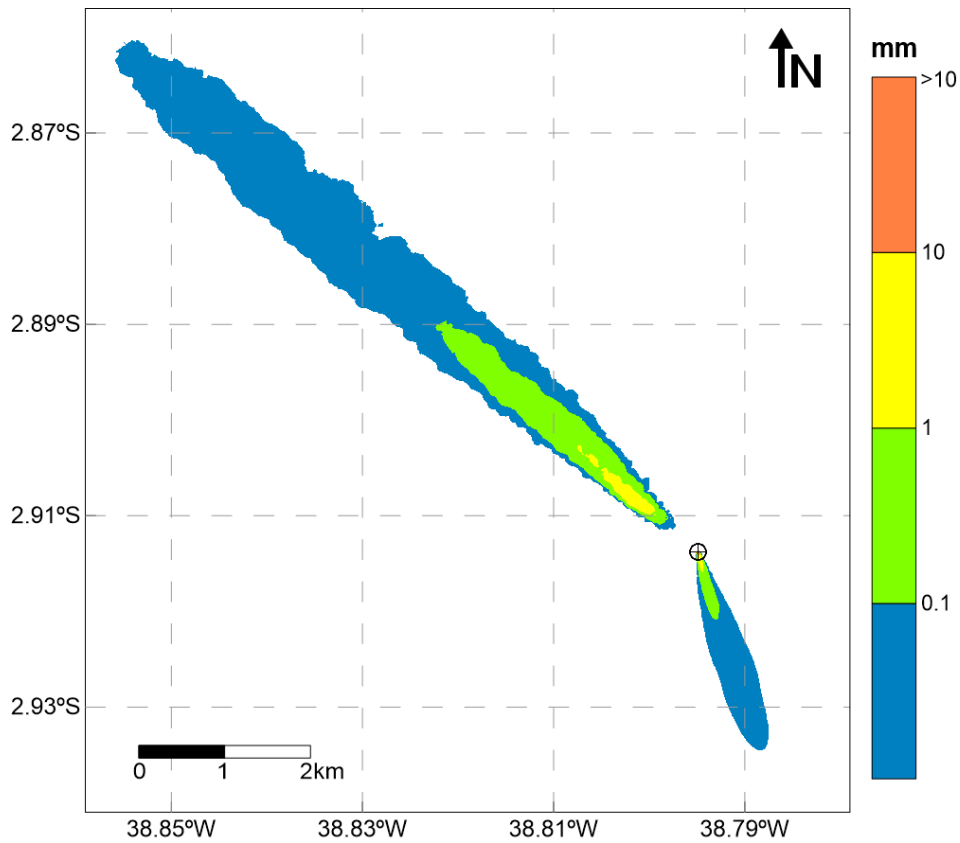


Figura 87: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Um resumo dos resultados obtidos para este cenário é apresentado na Tabela 70.

Tabela 70: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Descarte	Espessura Máxima (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	Distância máx. da fonte (km)
Integração - seções sem riser	1.347,62	0,79	2,41
Integração - seções com riser	3,97	6,01	8,92
Integração - todas as seções	1.347,62	6,80	8,92

Para este caso, também é observado o acúmulo da pilha de deposição para os descartes de superfície para noroeste e para sudeste, para os descartes do fundo, estando de acordo com as correntes predominantes para a região (Figura 63). Novamente, a espessura máxima (1.347,62 mm) é superior no caso sem riser, enquanto a distância máxima (8,92 km) e área (6,01 km<sup>2</sup>) são maiores para as seções com riser.



Na Tabela 71, é apresentado um resumo da área encontrada acima de algumas espessuras determinadas na pilha de integração total.

Tabela 71: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

<b>Espessura (mm)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
>= 0,01	6,80
>= 0,1	1,28
>= 1	0,13
>= 10	0,002

A espessura máxima alcançada pela integração de todos os descartes foi de 1.347,62 mm, ocupando uma área de 6,80 km<sup>2</sup> e atingindo 8,92 km do ponto de descarte, considerando o limiar de 0,01 mm. Acima de 1 mm, a área impactada reduz significativamente para 0,13 km<sup>2</sup>.

### 3.1.1.2.2 Sólidos em Suspensão

#### 3.1.1.2.2.1 Espessura Máxima

A Figura 88 e a Figura 89 apresentam a concentração máxima de sólidos em suspensão, considerando todo o período de simulação. O mapa em planta é o mesmo em ambas as figuras, diferindo entre elas somente o perfil que foi extraído.

É importante ressaltar que esse resultado não corresponde a um instantâneo, mas sim à integração no tempo de todos os resultados. O objetivo desta análise é determinar a área impactada e quais foram as concentrações máximas e distâncias máximas da fonte obtidas durante toda a simulação.

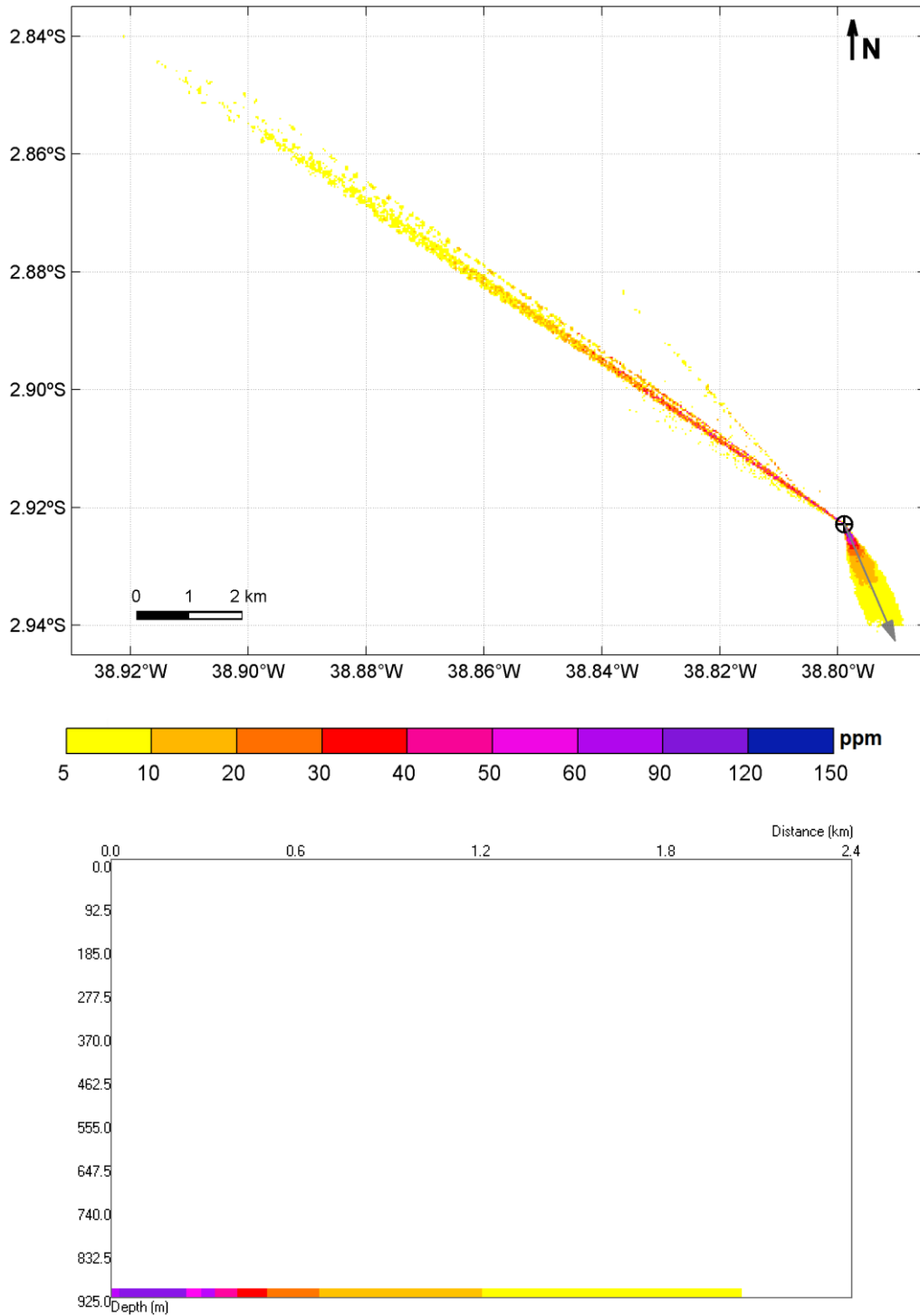


Figura 88: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,4 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

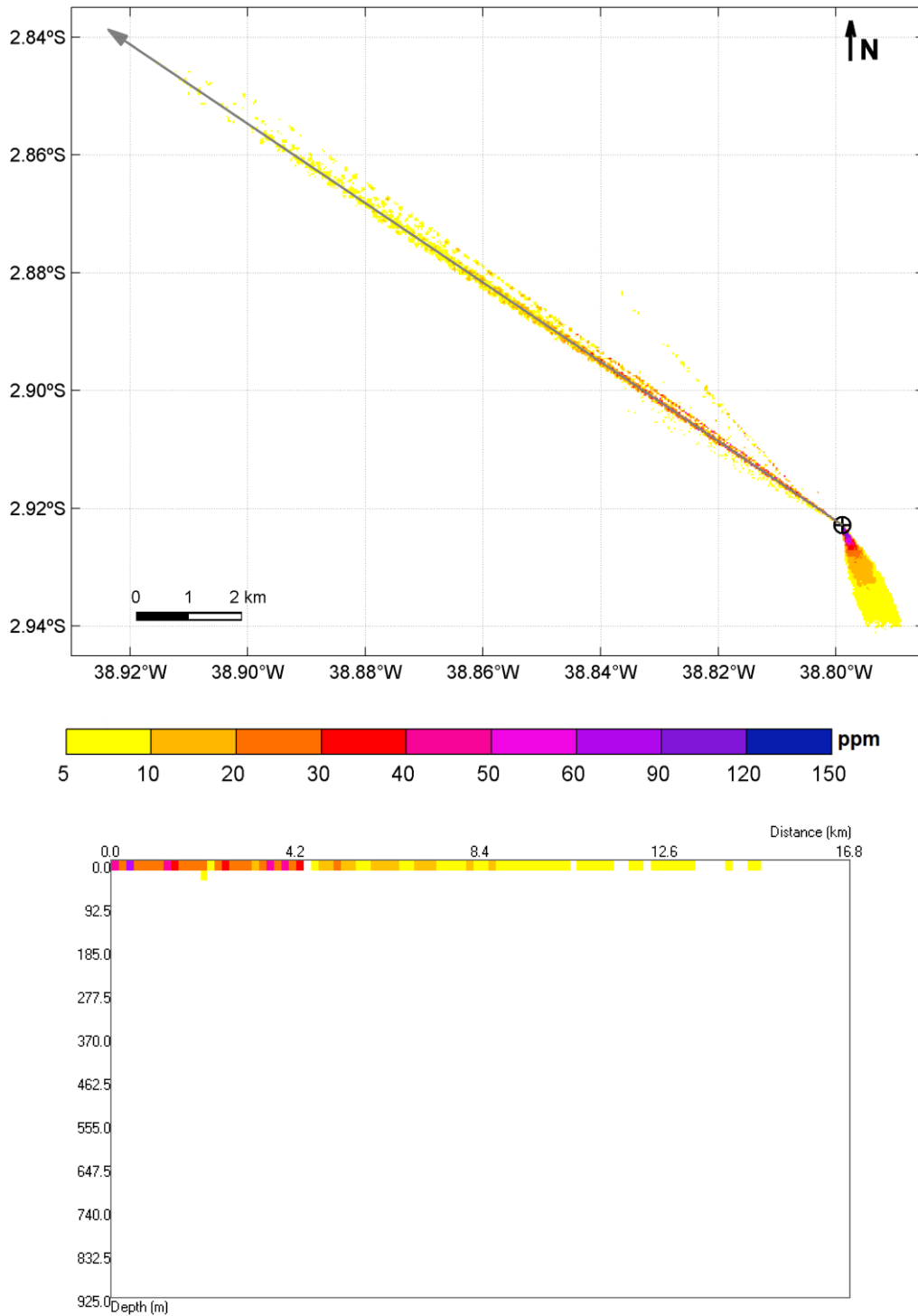


Figura 89: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 16,8 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Na Figura 90 e na Figura 91, são apresentados exemplos da dispersão de sólidos na coluna d'água, para determinados instantes após o início do descarte (2 dias; 33 dias e 4 h), indicando instantes em que o descarte ocorre no fundo e em superfície, respectivamente.

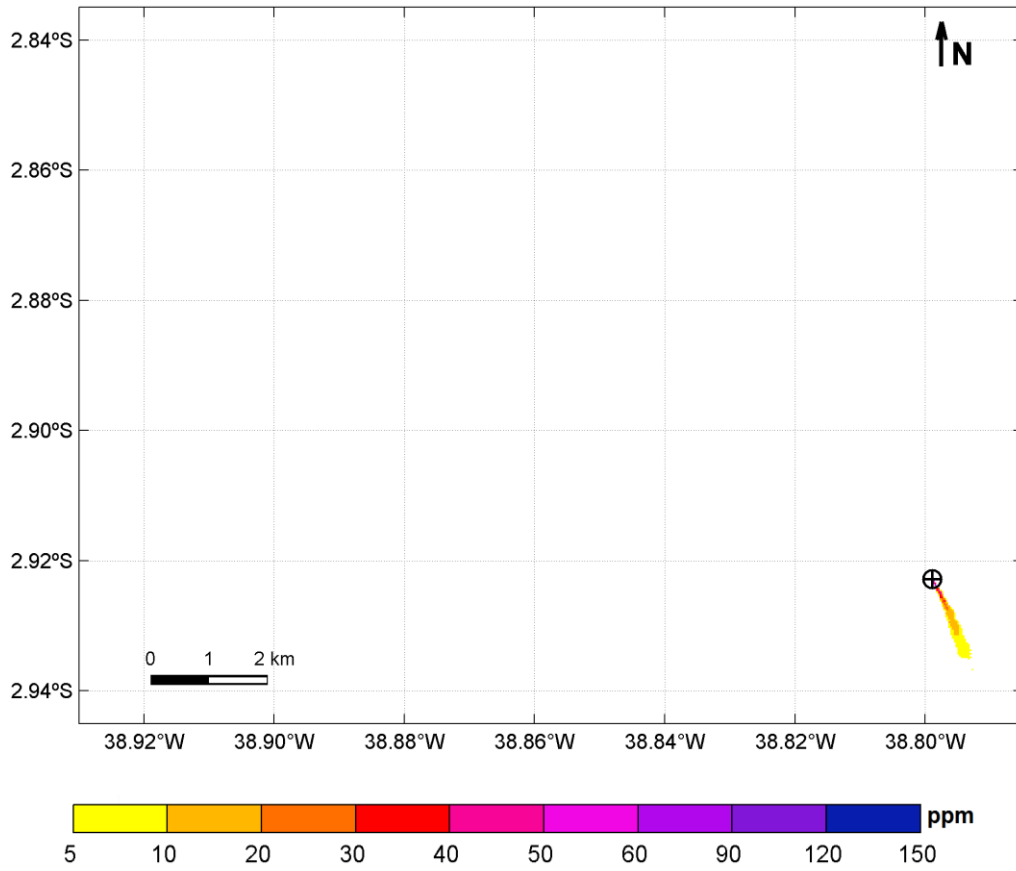


Figura 90: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM.  
(Datum SIRGAS 2000).

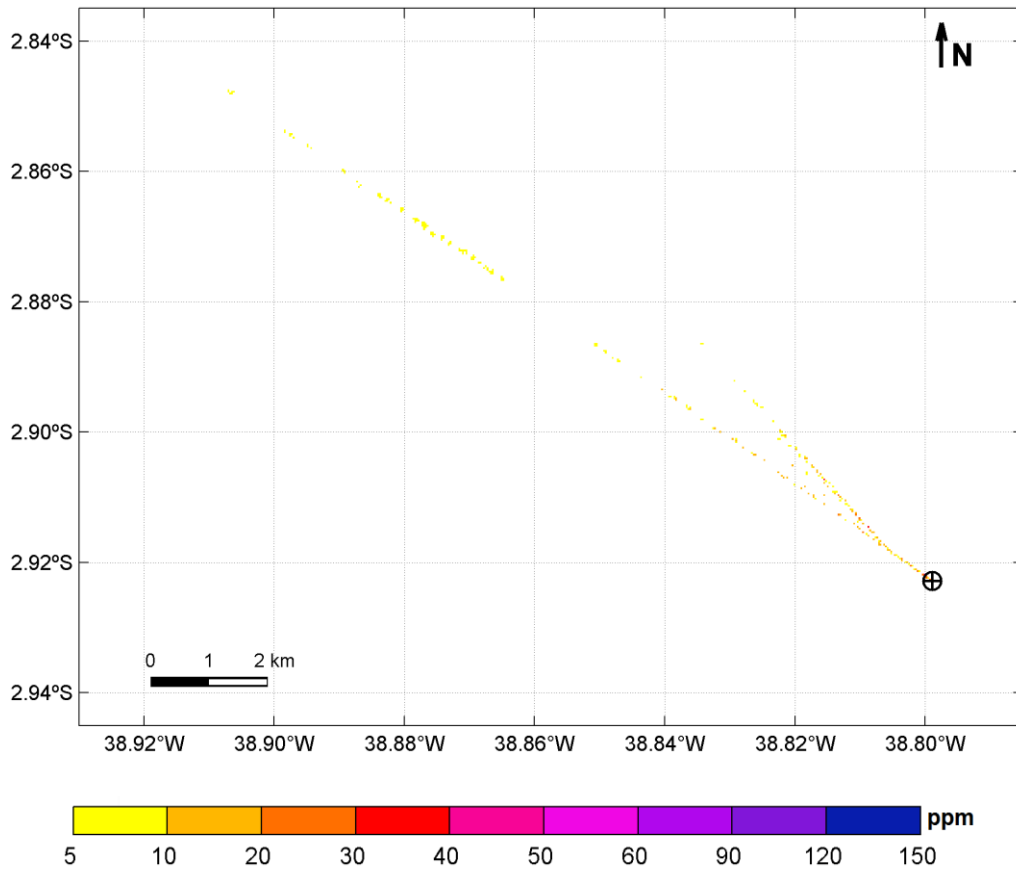


Figura 91: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 33 dias e 4 horas do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 72, são apresentados os valores máximos de concentração de sólidos em suspensão, distância da fonte e tempo de permanência obtidos.

Tabela 72: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Parâmetros	Valores
Concentração Máxima (ppm)	113,01
Distância Máxima da Fonte (km)	16,40
Tempo de Permanência (h)	< 2

Tanto os resultados dos descartes das seções sem *riser* quanto das seções com *riser* são responsáveis por elevadas concentrações de sólidos em suspensão. As concentrações acima

de 5 ppm obtidas pelos descartes sem *riser* são limitadas ao fundo, enquanto aquelas provenientes dos descartes com *riser* são verificadas, em maior frequência, nos primeiros 50 metros da coluna d'água.

A concentração máxima observada foi de 113,01 ppm (ligeiramente inferior ao resultado do projeto SBM – 121,32 ppm) e a pluma alcançou até 16,40 km (bem superior a distância encontrada para o mesmo caso do projeto SBM – 2,27 km) do ponto de descarte. Após 2 h do término do descarte, já não são mais observadas concentrações acima do limiar monitorado.

A Tabela 73 apresenta as distâncias máximas alcançadas para várias classes de concentração.

Tabela 73: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

<b>Concentração (ppm)</b>	<b>Distância (km)</b>
>= 5	16,40
>= 10	10,92
>= 20	7,31
>= 30	6,16
>= 50	5,10
>= 70	2,24
>= 90	0,25

### 3.1.1.2.2.2 Distância Máxima

A Figura 92 e a Figura 93 apresentam a concentração máxima de sólidos em suspensão, considerando todo o período de simulação. O mapa em planta é o mesmo em ambas as figuras, diferindo entre elas somente o perfil que foi extraído.

É importante ressaltar que esse resultado não corresponde a um instantâneo, mas sim à integração no tempo de todos os resultados. O objetivo desta análise é determinar a área impactada e quais foram as concentrações máximas e distâncias máximas da fonte obtidas durante toda a simulação.

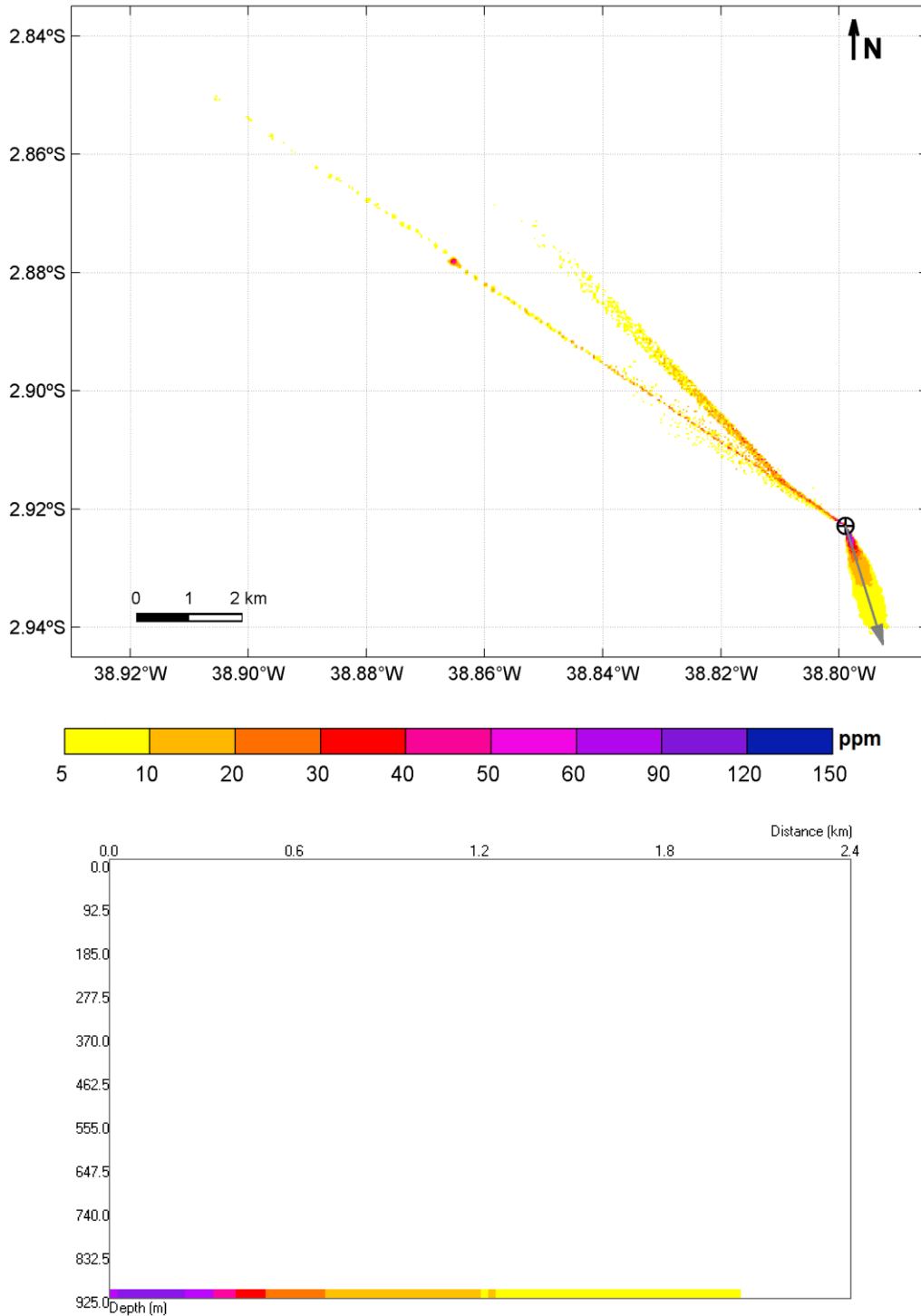


Figura 92: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,4 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).



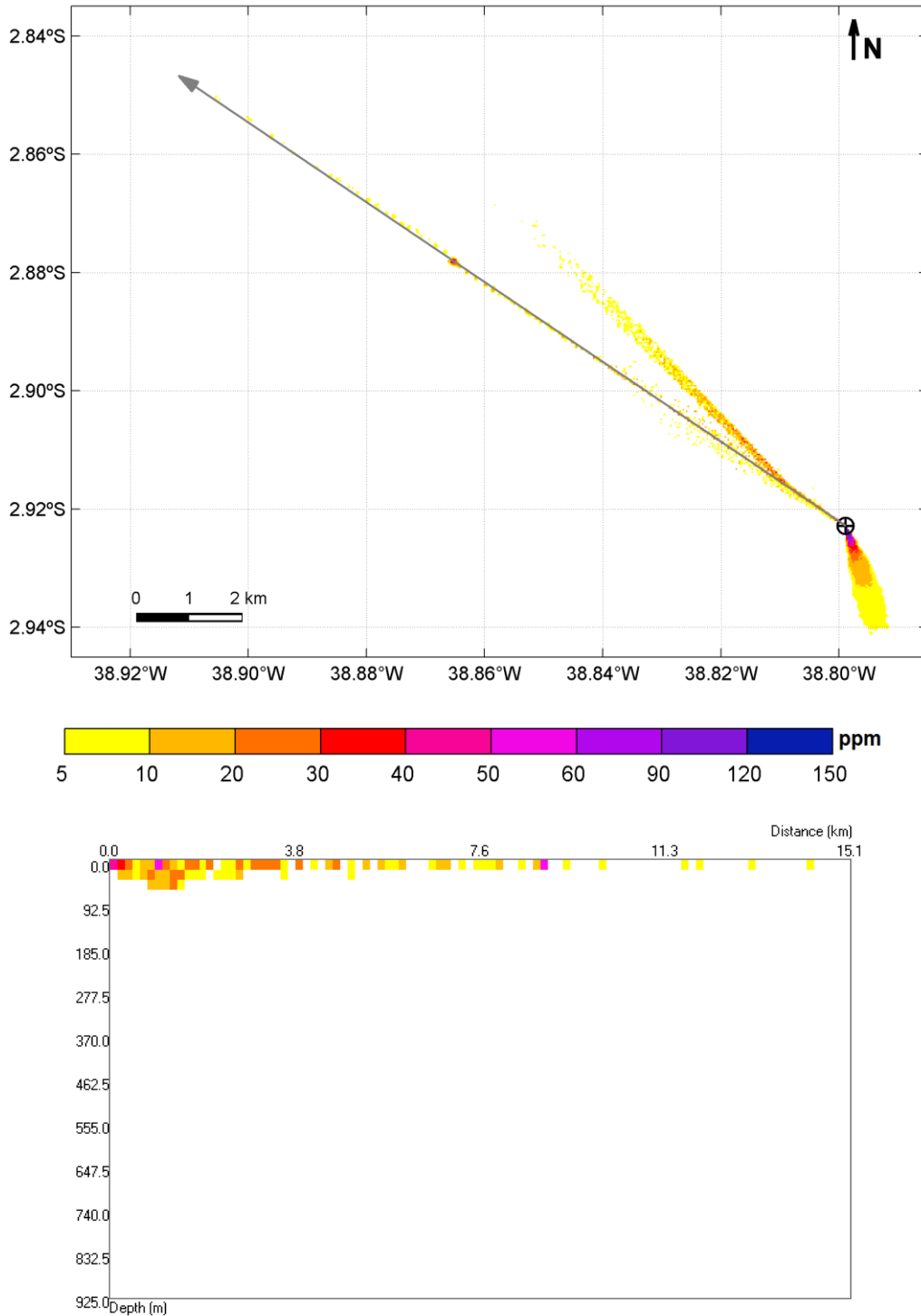


Figura 93: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 15,1 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Na Figura 94 e na Figura 95, são apresentados exemplos da dispersão de sólidos na coluna d'água, para determinados instantes após o início do descarte (2 dias; 33 dias e 4 h), indicando instantes em que o descarte ocorre no fundo e em superfície, respectivamente.

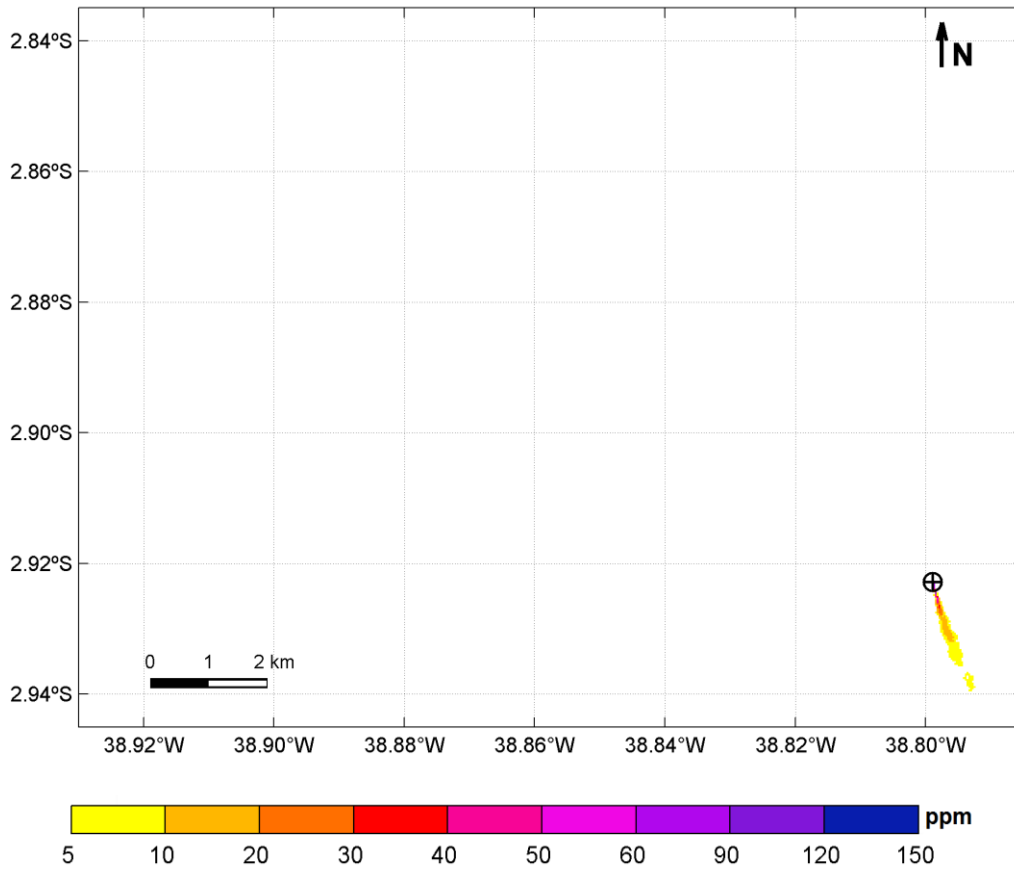


Figura 94: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias do início do descarte (seções sem *riser*, descarte no fundo): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

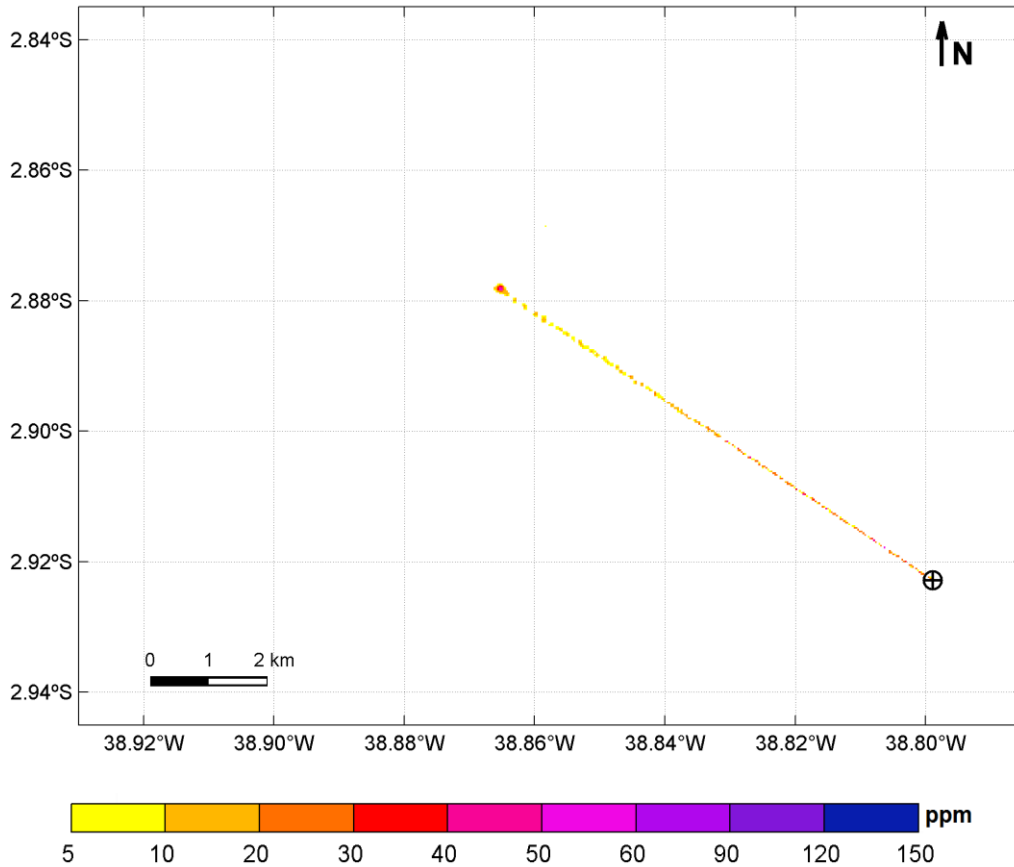


Figura 95: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 33 dias e 4 horas do início do descarte (seções com *riser*, descarte em superfície): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 74, são apresentados os valores máximos de concentração de sólidos em suspensão, distância da fonte e tempo de permanência obtidos.

Tabela 74: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Parâmetros	Valores
Concentração Máxima (ppm)	123,21
Distância Máxima da Fonte (km)	14,32
Tempo de Permanência (h)	< 2

Assim como no caso de espessura máxima, os resultados apresentam concentrações acima de 5 ppm tanto nos descartes das seções sem *riser* como também naqueles onde foi utilizado o *riser*. A concentração máxima observada foi de 123,21 ppm (ligeiramente superior ao resultado

do projeto SBM – 114,15 ppm), com a pluma chegando a 14,32 km (bem superior a distância encontrada para o mesmo caso do projeto SBM – 2,27 km) do ponto de descarte.

Após 2 h do término do descarte, já não são mais observadas concentrações acima do limiar monitorado.

A Tabela 75 apresenta as distâncias máximas alcançadas para algumas classes de concentração.

Tabela 75: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – distância máxima | Poço Pinguim – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Concentração (ppm)	Distância (km)
>= 5	14,32
>= 10	8,97
>= 20	8,94
>= 30	8,92
>= 50	8,90
>= 70	0,32
>= 90	0,25

### 3.1.2 Poço Gaivota (Ponto B)

#### 3.1.2.1 Projeto SBM

##### 3.1.2.1.1 Pilhas de Deposição

###### 3.1.2.1.1.1 Espessura Máxima

A seguir, serão apresentados os resultados para o caso determinístico que obteve o maior valor de espessura. A integração das seções sem e com *riser* são apresentadas na Figura 96 e na Figura 97, respectivamente.

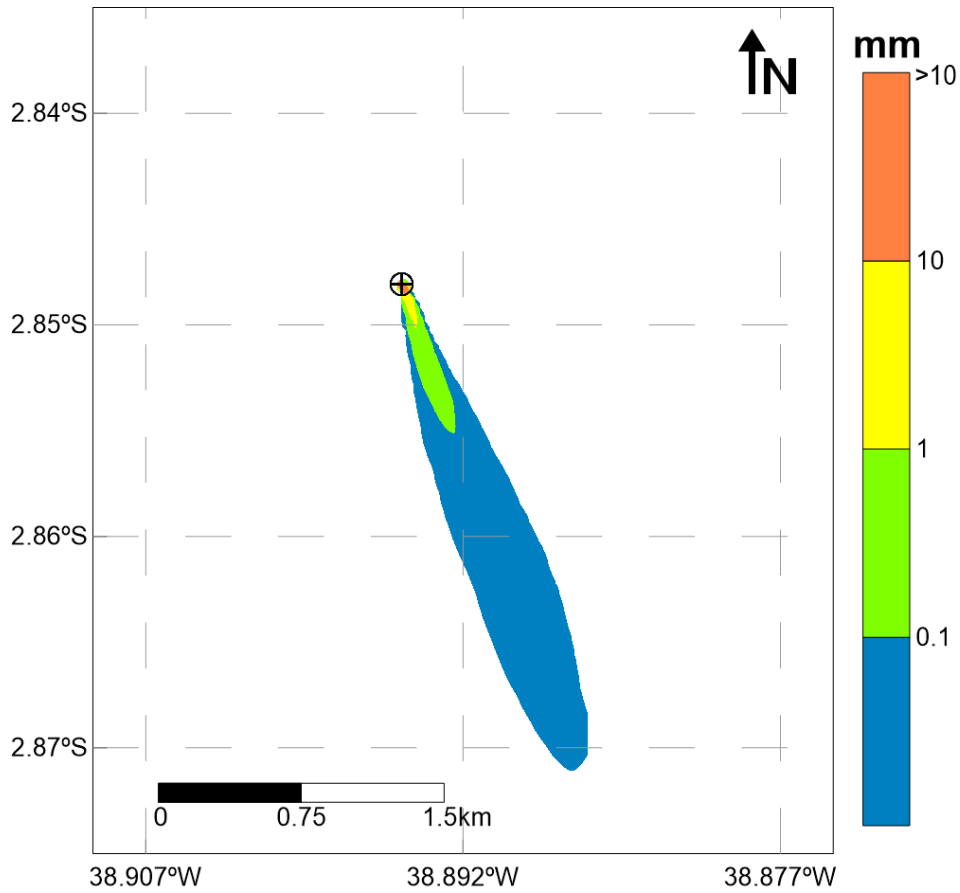


Figura 96: Pilha resultante da integração das seções sem *riser*, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

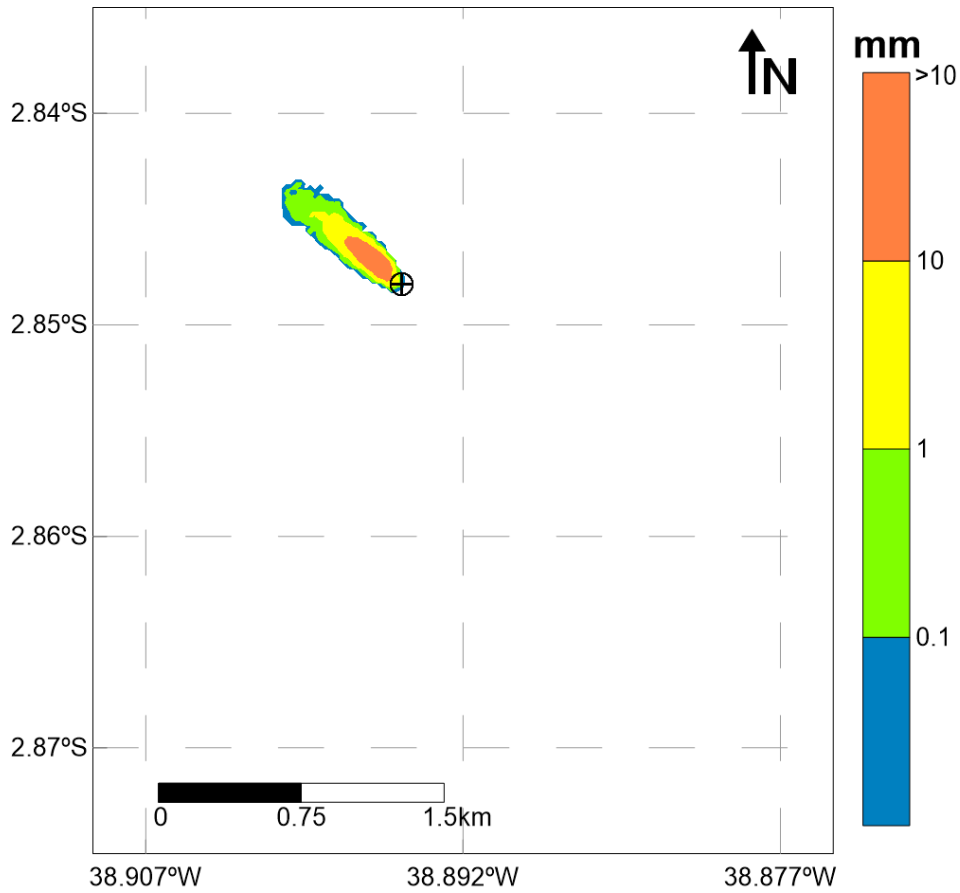


Figura 97: Pilha resultante da integração das seções com *riser*, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

A pilha resultante da integração de todos os descartes é apresentada a seguir, na Figura 98.

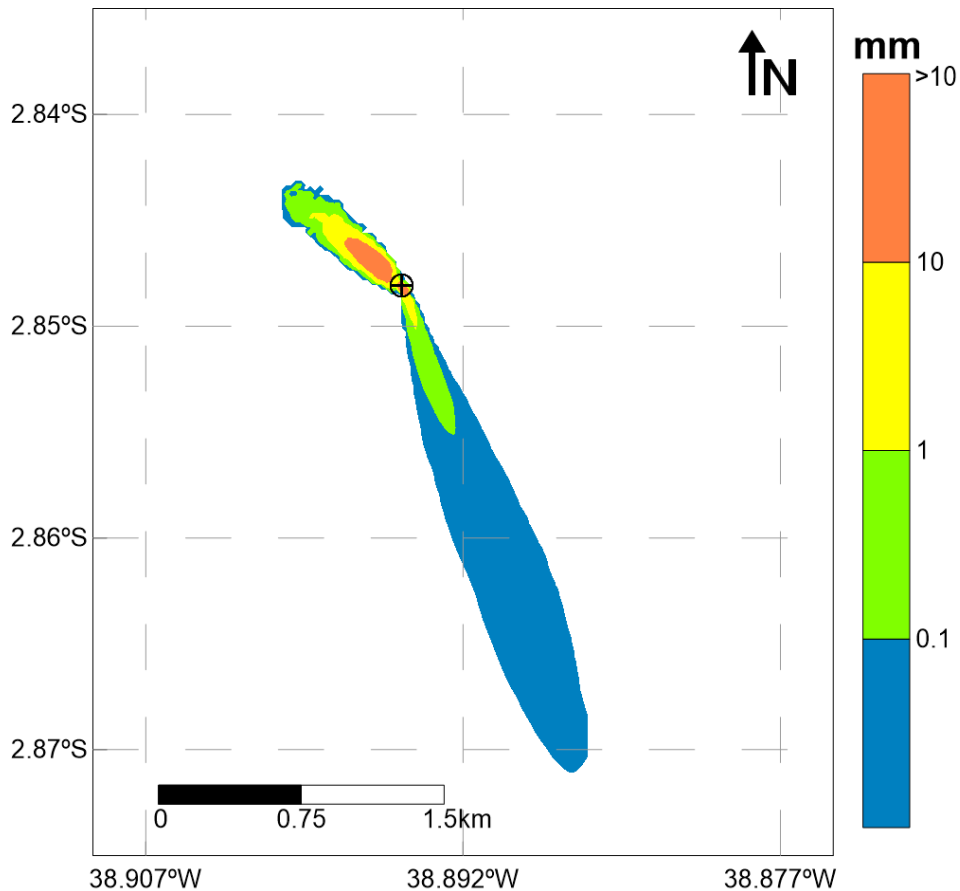


Figura 98: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

A Tabela 76 apresenta um resumo dos resultados obtidos para este cenário.

Tabela 76: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

Descarte	Espessura Máxima (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	Distância máx. da fonte (km)
Integração - seções sem riser	1.257,12	0,81	2,71
Integração - seções com riser	64,97	0,14	0,79
Integração - todas as seções	1.257,36	0,96	2,71

Assim como no caso correspondente do Poço Pinguim, o acúmulo de material no fundo ocorre preferencialmente para sudeste – decorrente dos descartes das seções sem riser – com acumulação em menor área para noroeste – decorrente dos descartes das seções com riser.

Esta configuração está de acordo com o regime de correntes predominante para a região (Figura 64).

As seções sem *riser* são as responsáveis pelas maiores espessuras (1.257,12 mm), área (0,81 km<sup>2</sup>) e distância da fonte alcançada (2,71 km). É importante ressaltar que as seções com *riser* ocupam maiores áreas quando se compara limiares maiores que 1 mm.

Na Tabela 77, é apresentado um resumo da área encontrada acima de algumas espessuras determinadas na pilha de integração total.

Tabela 77: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

<b>Espessura (mm)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
>= 0,01	0,96
>= 0,1	0,20
>= 1	0,08
>= 10	0,03

A espessura máxima alcançada pela integração de todos os descartes foi de 1.257,36 mm, ocupando uma área de 0,96 km<sup>2</sup> e atingindo uma distância de 2,71 km do ponto de descarte, considerando o limiar 0,01 mm. Acima de 1 mm, a área impactada reduz significativamente para 0,08 km<sup>2</sup>.

### 3.1.2.1.1.2 Distância Máxima

A seguir, serão apresentados os resultados para o caso determinístico que obteve a maior distância em relação à fonte. A integração das seções sem e com *riser* são apresentadas na Figura 99 e na Figura 100, respectivamente.



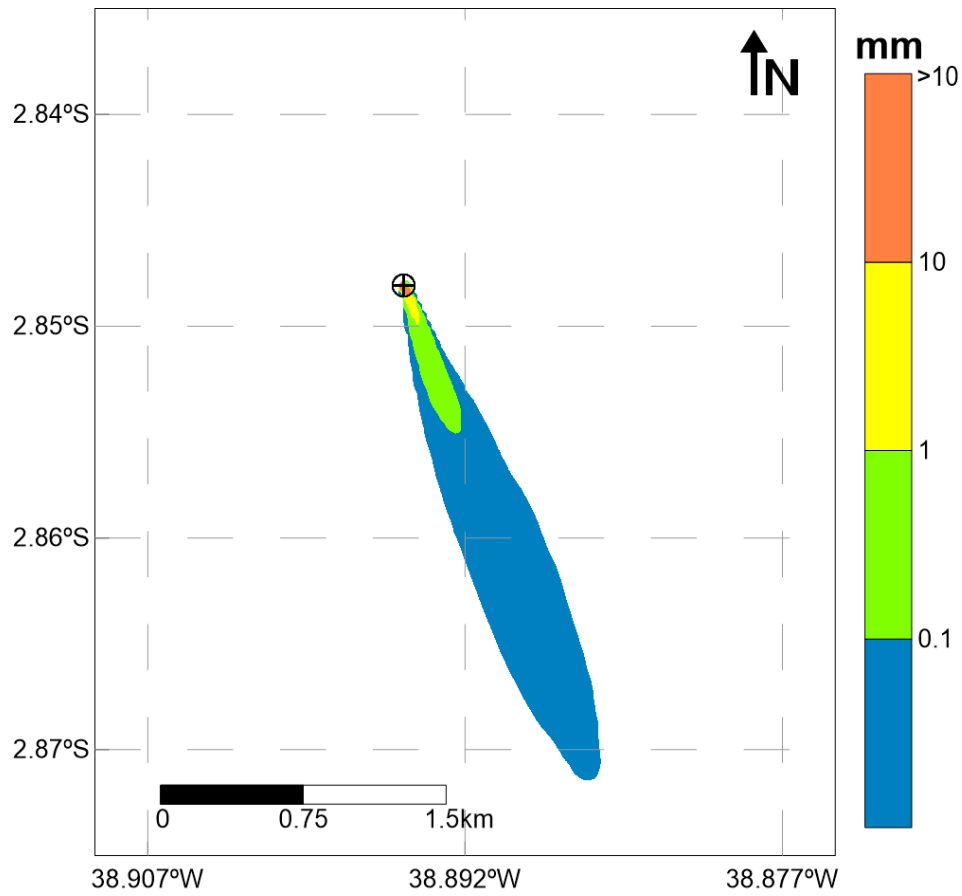


Figura 99: Pilha resultante da integração das seções sem *riser*, considerando o limiar de 0,01 mm.  
Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

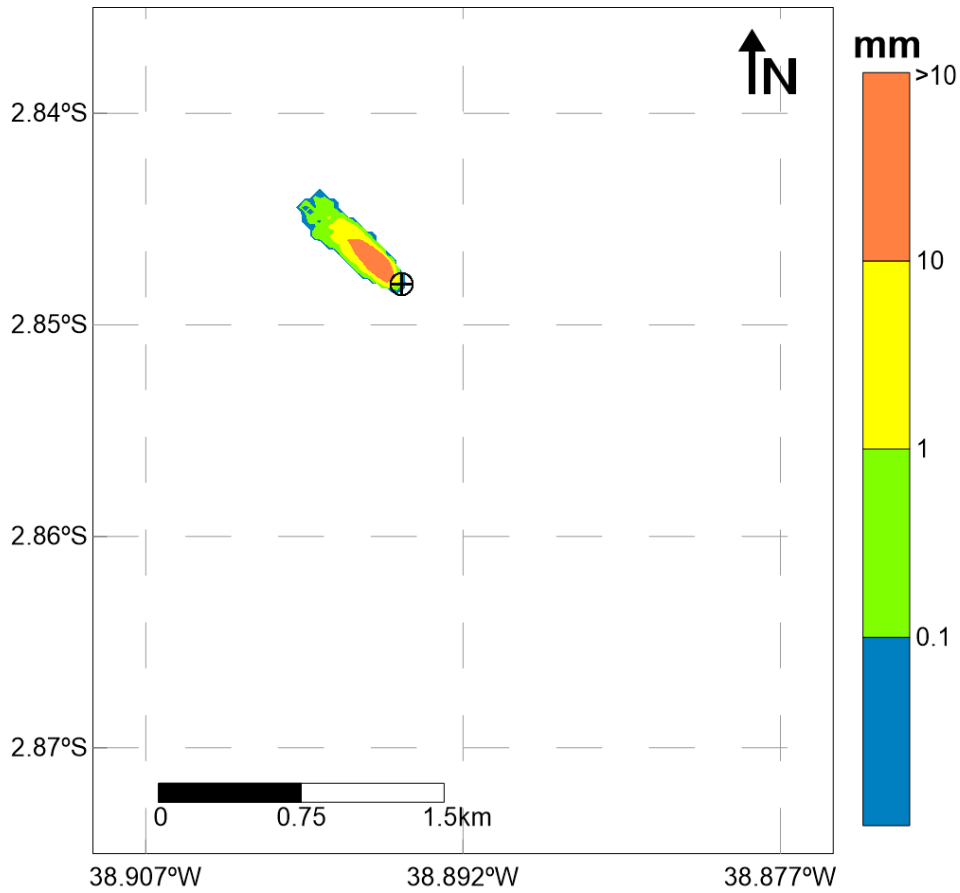


Figura 100: Pilha resultante da integração das seções com *riser*, considerando o limiar de 0,01 mm.  
Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

A pilha resultante da integração de todos os descartes é apresentada na Figura 101.

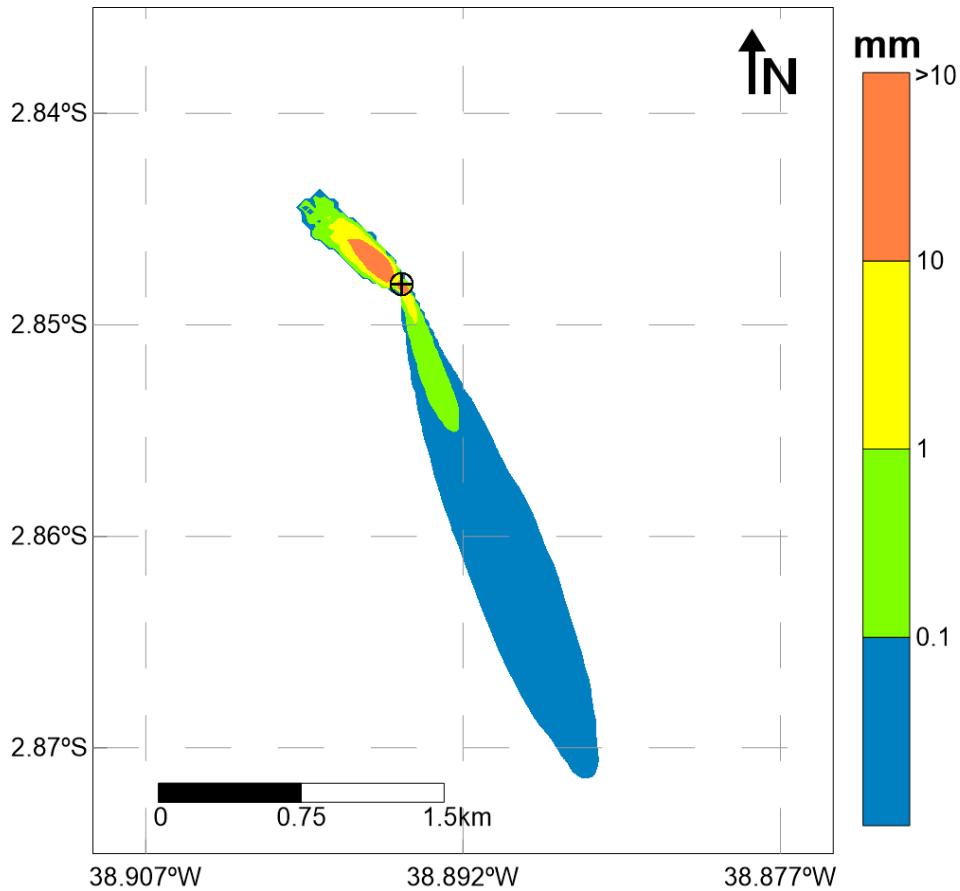


Figura 101: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

Um resumo dos resultados obtidos para este cenário é apresentado na Tabela 78.

Tabela 78: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

Descarte	Espessura Máxima (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	Distância máx. da fonte (km)
Integração - seções sem <i>riser</i>	1.240,02	0,86	2,77
Integração - seções com <i>riser</i>	78,16	0,11	0,67
Integração - todas as seções	1.240,21	0,97	2,77

Assim como para o Poço Pinguim, também é observado o acúmulo da pilha de deposição para os descartes de superfície para noroeste e para sudeste, para os descartes do fundo, estando de acordo com as correntes predominantes para a região (Figura 65). A espessura máxima

(1.240,02 mm), distância máxima (2,77 km) e área (0,86 km<sup>2</sup>) são maiores para as seções sem riser.

Na Tabela 79, é apresentado um resumo da área encontrada acima de algumas espessuras determinadas na pilha de integração total.

Tabela 79: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

<b>Espessura (mm)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
>= 0,01	0,97
>= 0,1	0,19
>= 1	0,07
>= 10	0,029

A espessura máxima alcançada pela integração de todos os descartes foi de 1.240,21 mm, ocupando uma área de 0,97 km<sup>2</sup> e atingindo 2,77 km do ponto de descarte, considerando o limiar de 0,01 mm. Acima de 1 mm, a área impactada reduz significativamente para 0,07 km<sup>2</sup>.

### 3.1.2.1.2 Sólidos em Suspensão

#### 3.1.2.1.2.1 Espessura Máxima

A Figura 102 e a Figura 103 apresentam a concentração máxima de sólidos em suspensão, considerando todo o período de simulação. O mapa em planta é o mesmo em ambas as figuras, diferindo entre elas somente o perfil que foi extraído.

É importante ressaltar que esse resultado não corresponde a um instantâneo, mas sim à integração no tempo de todos os resultados. O objetivo desta análise é determinar a área impactada e quais foram as concentrações máximas e distâncias máximas da fonte obtidas durante toda a simulação.

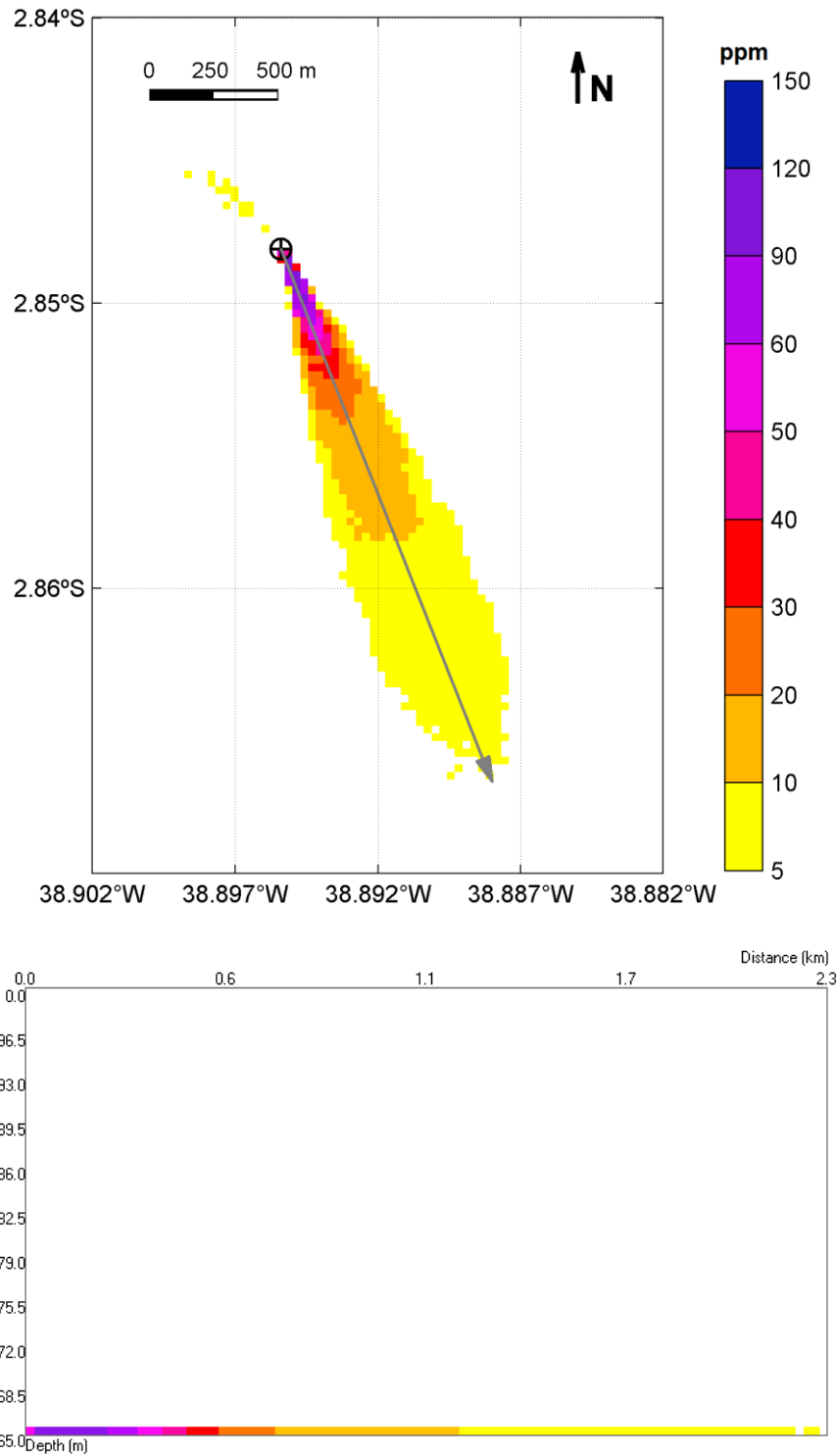


Figura 102: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,3 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

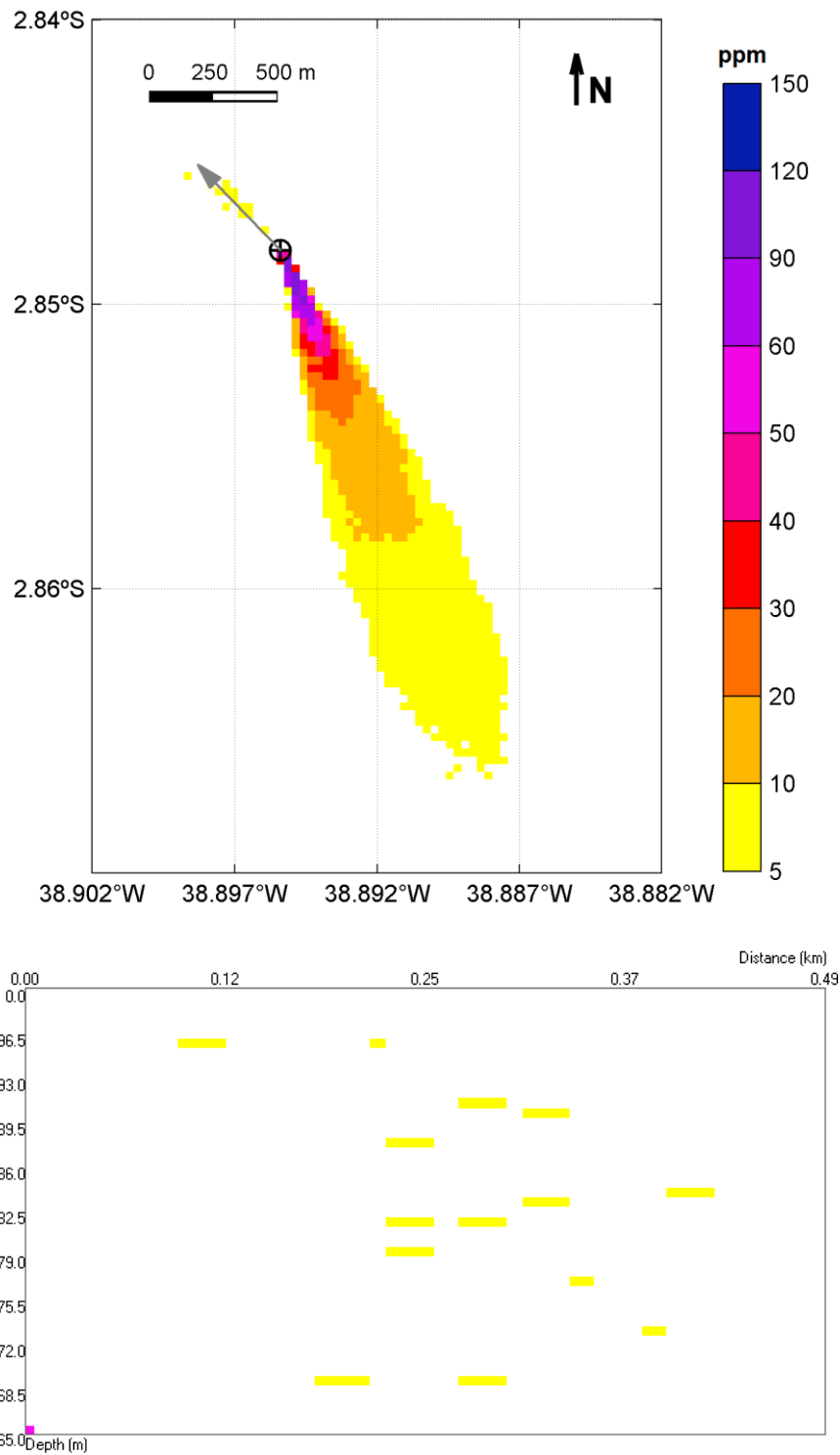


Figura 103: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 0,49 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gavota – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

Na Figura 104 e na Figura 105, são apresentados exemplos da dispersão de sólidos na coluna d'água, para determinados instantes após o início do descarte (2 dias e 20 h; 10 dias e 22 h), indicando instantes em que o descarte ocorre no fundo e em superfície, respectivamente.

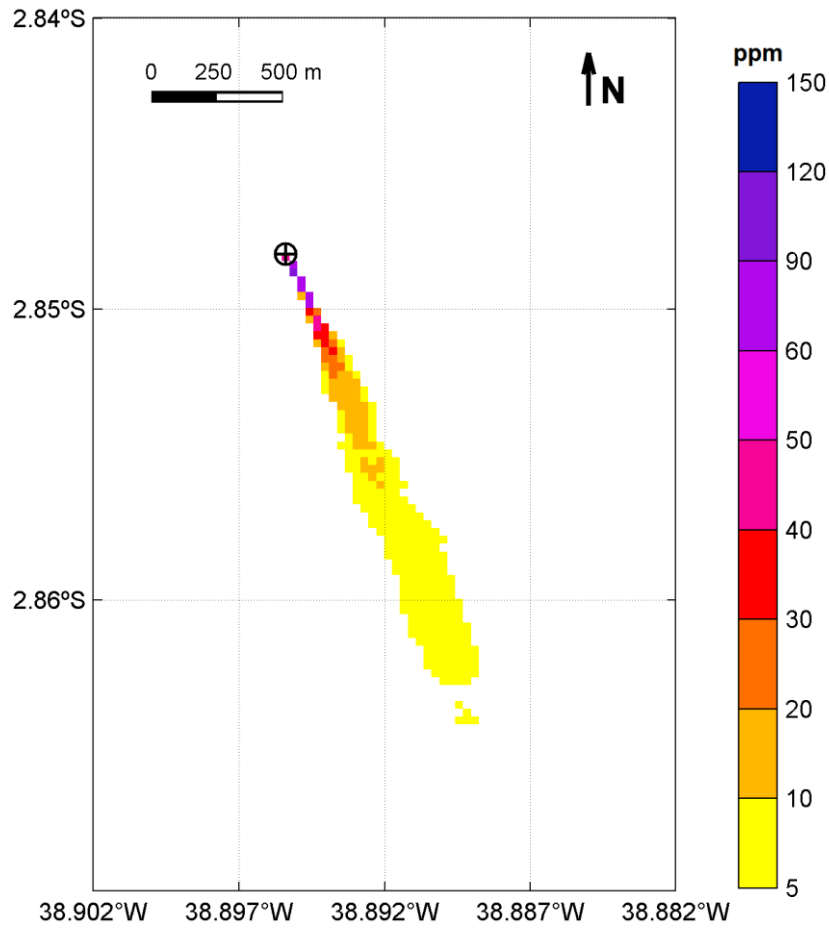


Figura 104: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias 20 h do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).



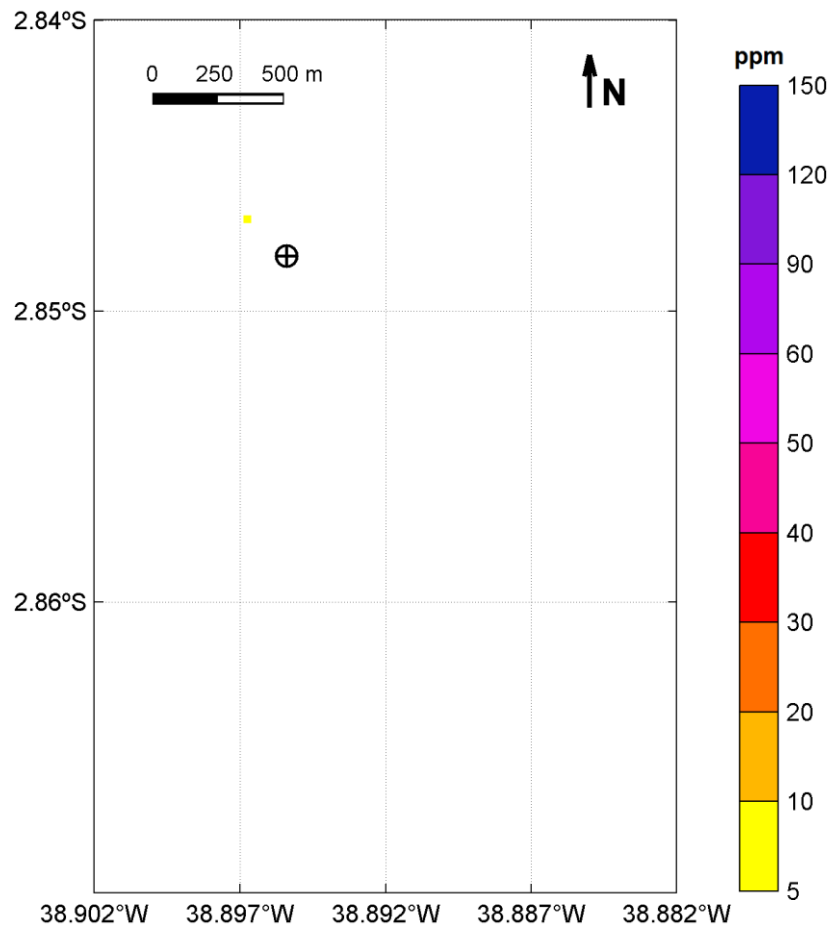


Figura 105: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 10 dias e 22 h do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 80, são apresentados os valores máximos de concentração de sólidos em suspensão, distância da fonte e tempo de permanência obtidos.

Tabela 80: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

Parâmetros	Valores
Concentração Máxima (ppm)	107,66
Distância Máxima da Fonte (km)	2,21
Tempo de Permanência (h)	< 2

Os resultados obtidos mostram que os descartes das seções sem *riser* são os principais responsáveis pelas elevadas concentrações de sólidos em suspensão, sendo estas limitadas

ao fundo. Em menores profundidades, não são observadas concentrações superiores a 10 ppm.

A concentração máxima observada foi de 107,66 ppm e a pluma alcançou até 2,21 km do ponto de descarte. Após 2 h do término do descarte, já não são mais observadas concentrações acima do limiar monitorado.

A Tabela 81 apresenta as distâncias máximas alcançadas para várias classes de concentração.

Tabela 81: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (Datum SIRGAS 2000).

<b>Concentração (ppm)</b>	<b>Distância (km)</b>
>= 5	2,21
>= 10	1,23
>= 20	0,72
>= 30	0,54
>= 50	0,38
>= 70	0,31
>= 90	0,22

### 3.1.2.1.2.2 Distância Máxima

A Figura 106 e a Figura 107 apresentam a concentração máxima de sólidos em suspensão, considerando todo o período de simulação. O mapa em planta é o mesmo em ambas as figuras, diferindo entre elas somente o perfil que foi extraído.

É importante ressaltar que esse resultado não corresponde a um instantâneo, mas sim à integração no tempo de todos os resultados. O objetivo desta análise é determinar a área impactada e quais foram as concentrações máximas e distâncias máximas da fonte obtidas durante toda a simulação.

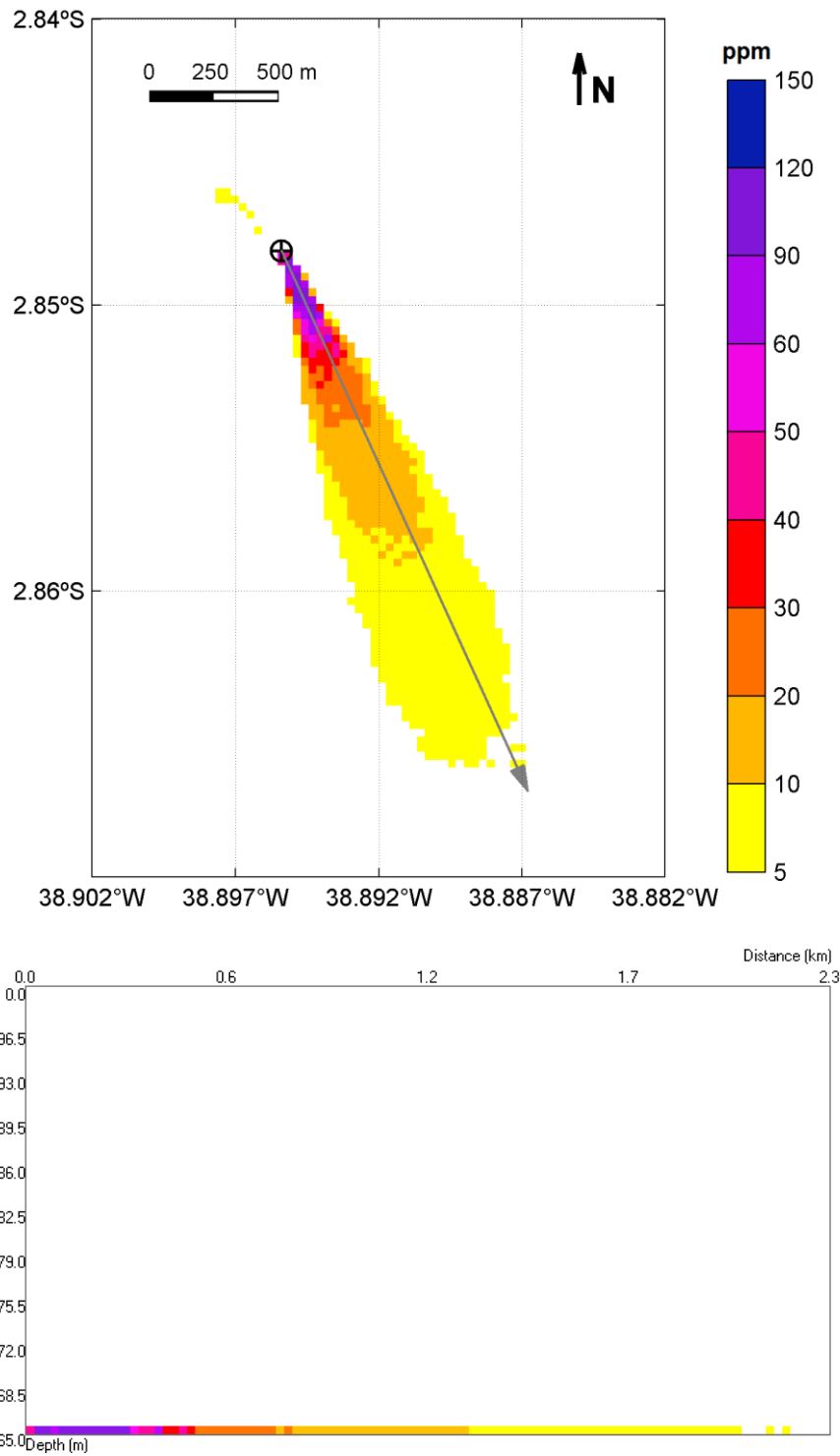


Figura 106: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,3 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima | Poço Gavota – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

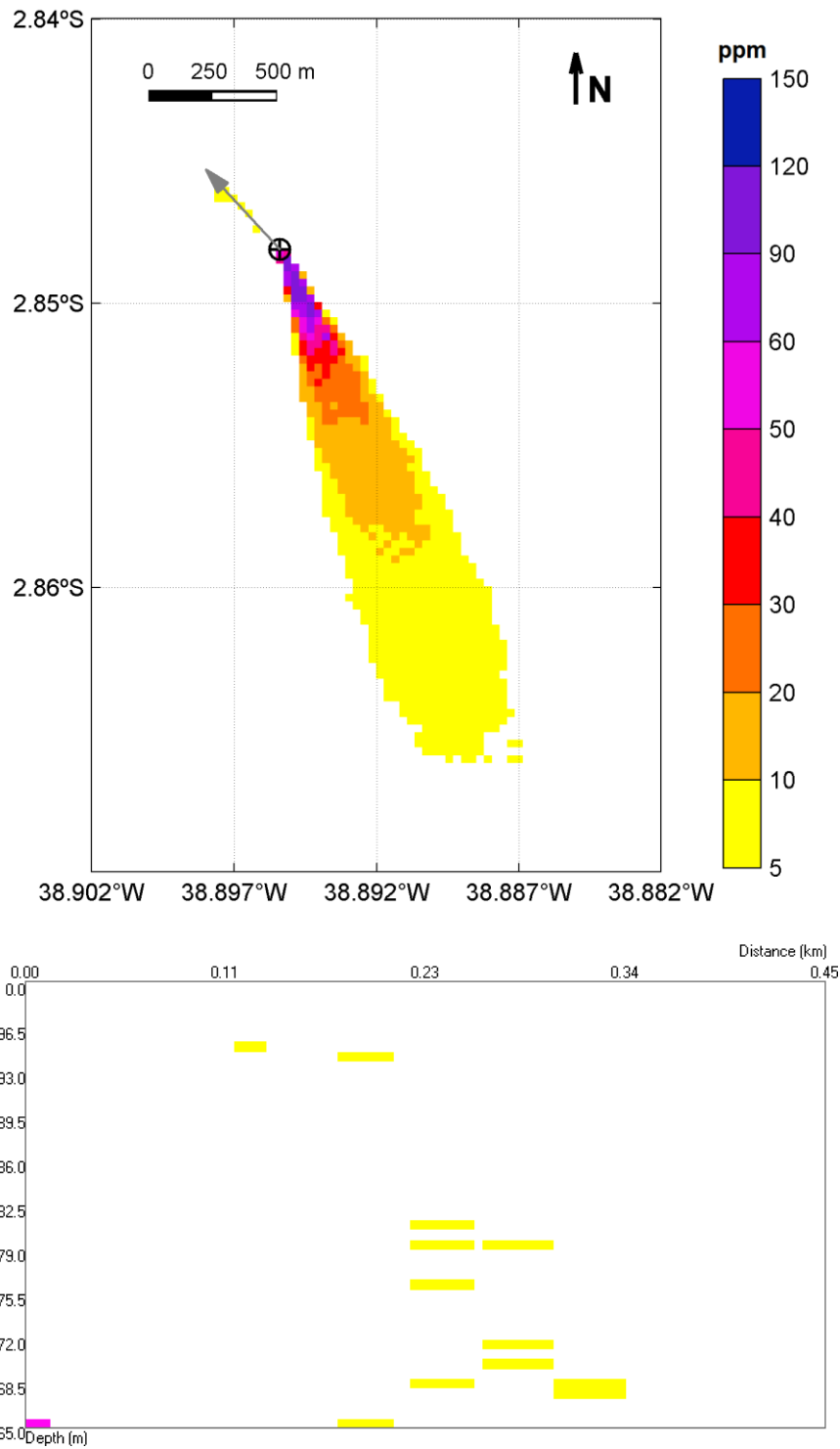


Figura 107: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 0,45 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

Na Figura 108 e na Figura 109, são apresentados exemplos da dispersão de sólidos na coluna d'água, para determinados instantes após o início do descarte (2 dias e 20 h; 10 dias e 18 h), indicando instantes em que o descarte ocorre no fundo e em superfície, respectivamente.

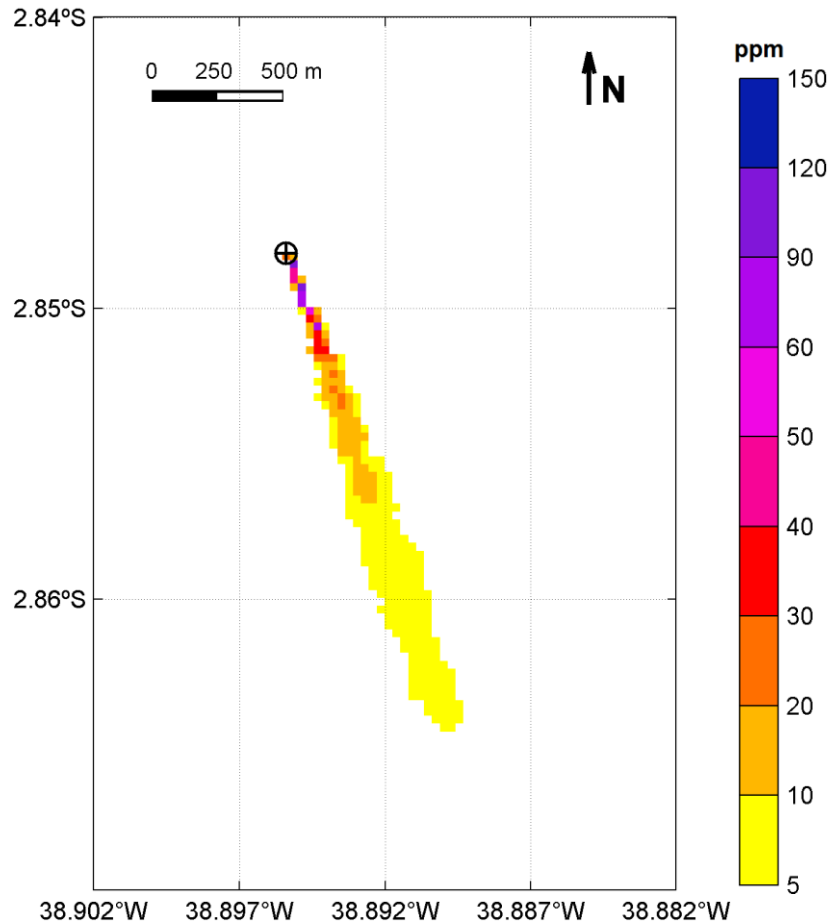


Figura 108: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias e 20 h do início do descarte (seções sem *riser*, descarte no fundo): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

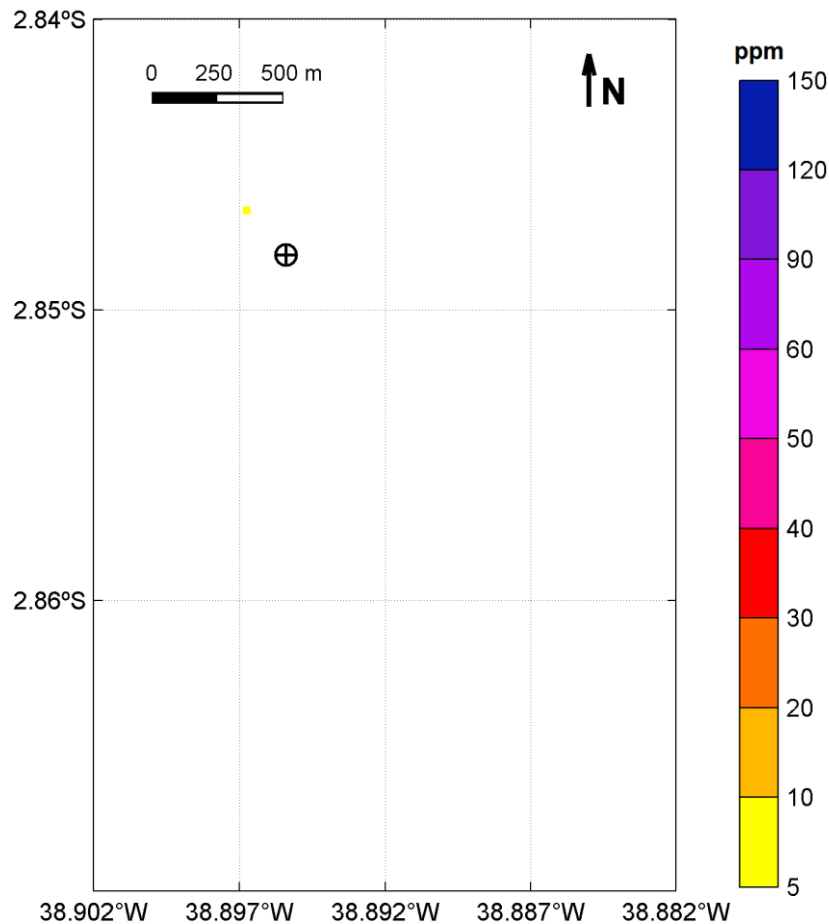


Figura 109: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 10 dias e 18 h do início do descarte (seções com *riser*, descarte em superfície): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 82, são apresentados os valores máximos de concentração de sólidos em suspensão, distância da fonte e tempo de permanência obtidos.

Tabela 82: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

Parâmetros	Valores
Concentração Máxima (ppm)	106,35
Distância Máxima da Fonte (km)	2,21
Tempo de Permanência (h)	< 2

Assim como no caso de espessura máxima, os resultados mostram que os descartes das seções sem *riser* são os principais responsáveis pelas elevadas concentrações de sólidos em

suspensão, sendo estas limitadas ao fundo. Em menores profundidades, não são observadas concentrações superiores a 10 ppm. A concentração máxima observada foi de 106,35 ppm, com a pluma chegando a 2,21 km do ponto de descarte.

Após 2 h do término do descarte, já não são mais observadas concentrações acima do limiar monitorado.

A Tabela 83 apresenta as distâncias máximas alcançadas para algumas classes de concentração.

Tabela 83: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto SBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

<b>Concentração (ppm)</b>	<b>Distância (km)</b>
>= 5	2,20
>= 10	1,30
>= 20	0,75
>= 30	0,55
>= 50	0,39
>= 70	0,31
>= 90	0,28

### 3.1.2.2 Projeto WBM

#### 3.1.2.2.1 Pilhas de Deposição

##### 3.1.2.2.1.1 Espessura Máxima

A seguir, serão apresentados os resultados para o caso determinístico que obteve o maior valor de espessura. A integração das seções sem e com *riser* são apresentadas na Figura 110 e na Figura 111, respectivamente.

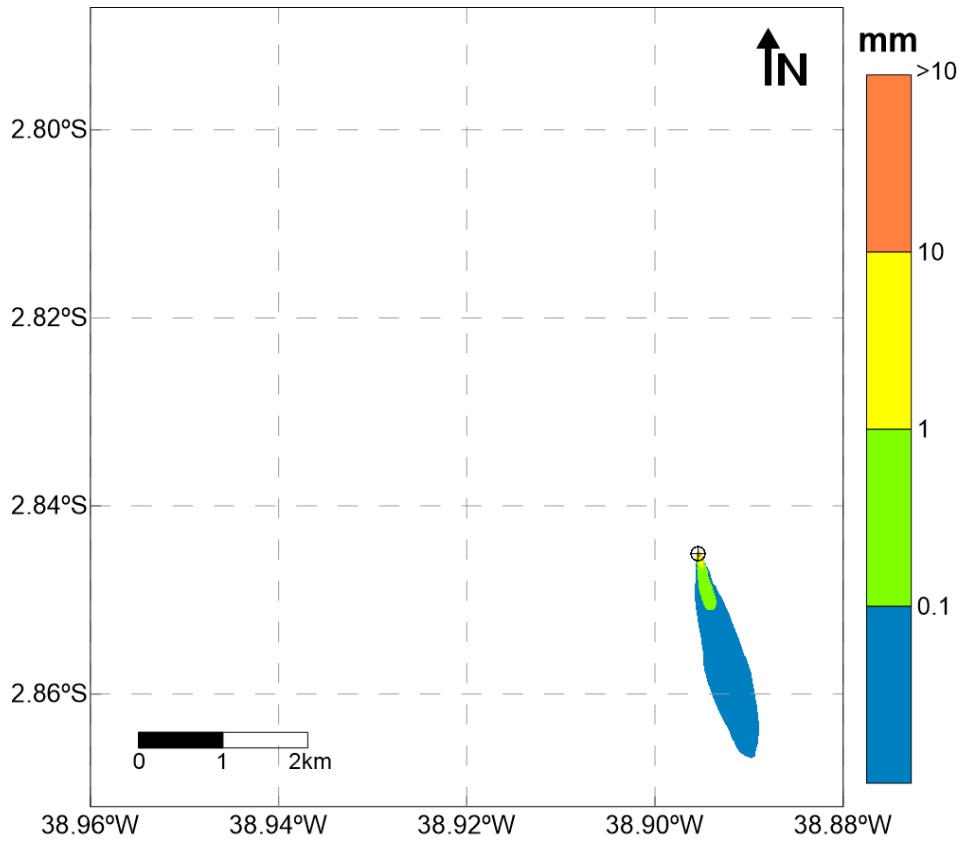


Figura 110: Pilha resultante da integração das seções sem riser, considerando o limiar de 0,01 mm.  
Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).



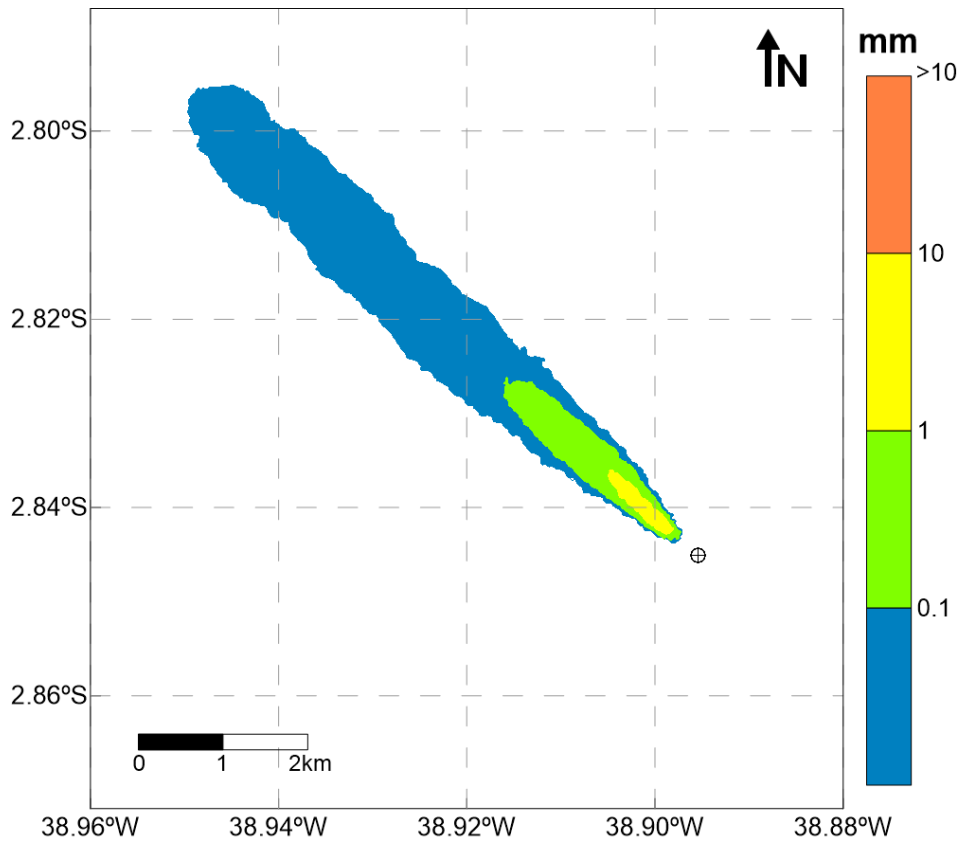


Figura 111: Pilha resultante da integração das seções com *riser*, considerando o limiar de 0,01 mm.  
Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A pilha resultante da integração de todos os descartes é apresentada a seguir, na Figura 112.

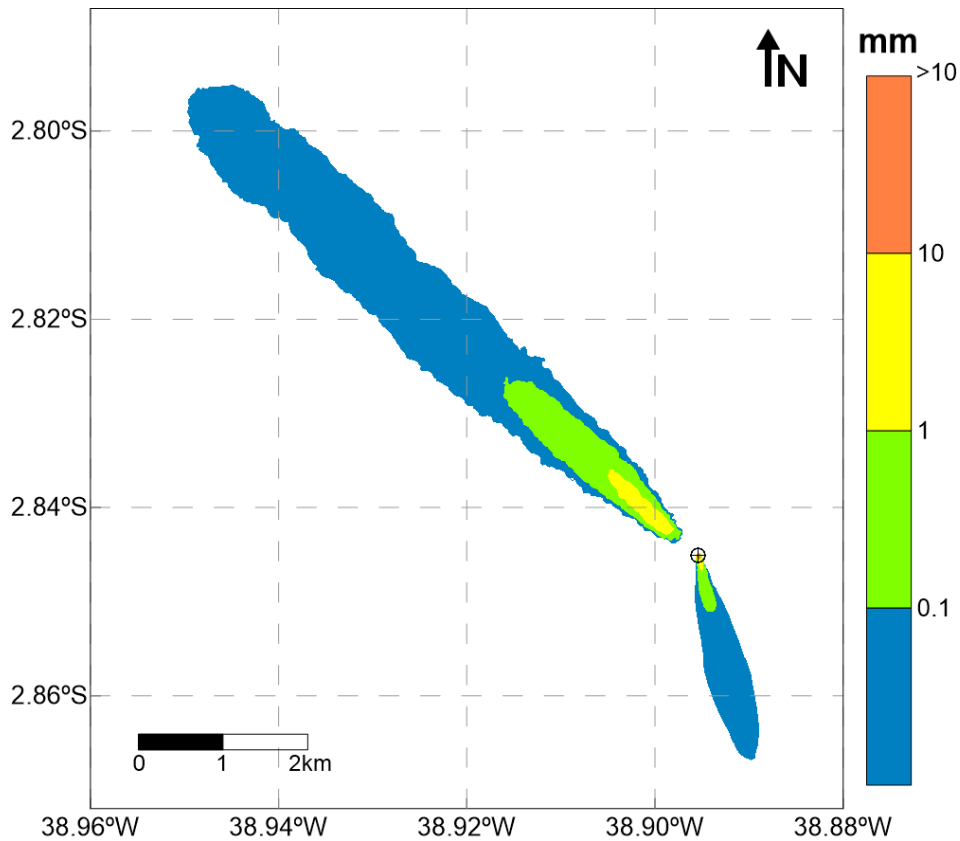


Figura 112: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A Tabela 84 apresenta um resumo dos resultados obtidos para este cenário.

Tabela 84: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Descarte	Espessura Máxima (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	Distância máx. da fonte (km)
Integração - seções sem <i>riser</i>	1.329,80	0,89	2,49
Integração - seções com <i>riser</i>	3,53	6,40	8,07
Integração - todas as seções	1.329,80	7,28	8,07

Para este caso determinístico, o acúmulo de material no fundo ocorre preferencialmente para noroeste – decorrente dos descartes das seções com *riser* – com acumulação em menor área para sudeste – decorrente dos descartes das seções sem *riser*. Esta configuração está de acordo com o regime de correntes predominante para a região (Figura 62).

Nesse projeto, as seções sem *riser* continuam sendo as responsáveis pelas maiores espessuras (1.329,80 mm). Entretanto, a maior área (6,40 km<sup>2</sup>) e distância da fonte alcançada (8,07 km) são provenientes das seções com *riser*.

Na Tabela 85, é apresentado um resumo da área encontrada acima de algumas espessuras determinadas na pilha de integração total.

Tabela 85: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

<b>Espessura (mm)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
>= 0,01	7,28
>= 0,1	1,19
>= 1	0,19
>= 10	0,003

A espessura máxima alcançada pela integração de todos os descartes foi de 1.329,80 mm, ocupando uma área de 7,28 km<sup>2</sup> e atingindo uma distância de 8,07 km do ponto de descarte, considerando o limiar 0,01 mm. Acima de 1 mm, a área impactada reduz significativamente para 0,19 km<sup>2</sup>.

### 3.1.2.2.1.2 Distância Máxima

A seguir, serão apresentados os resultados para o caso determinístico que obteve a maior distância em relação à fonte. A integração das seções sem e com *riser* são apresentadas na Figura 113 e na Figura 114, respectivamente.

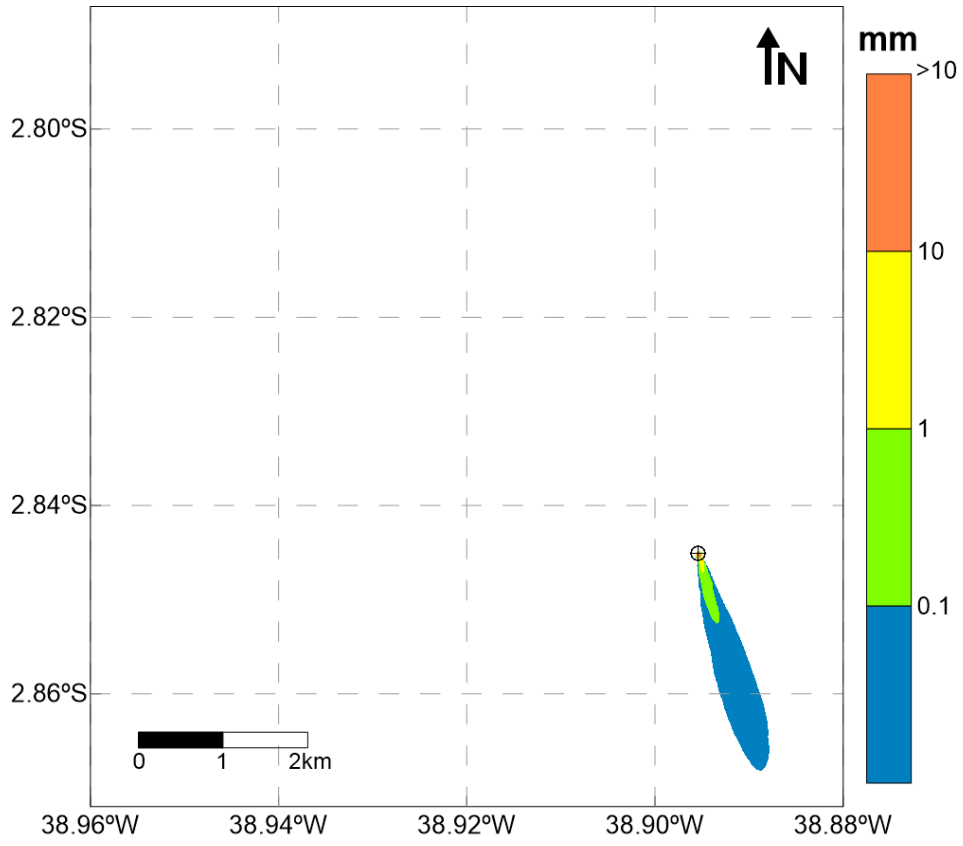


Figura 113: Pilha resultante da integração das seções sem riser, considerando o limiar de 0,01 mm.  
Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

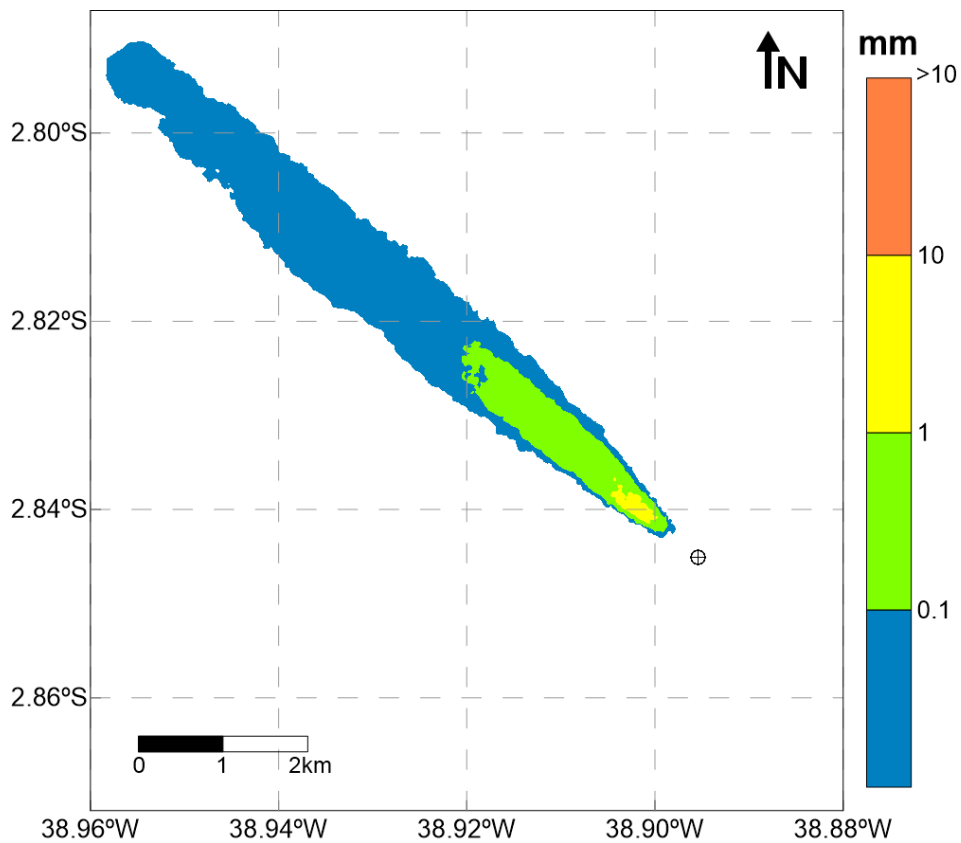


Figura 114: Pilha resultante da integração das seções com *riser*, considerando o limiar de 0,01 mm.  
Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

A pilha resultante da integração de todos os descartes é apresentada na Figura 115.

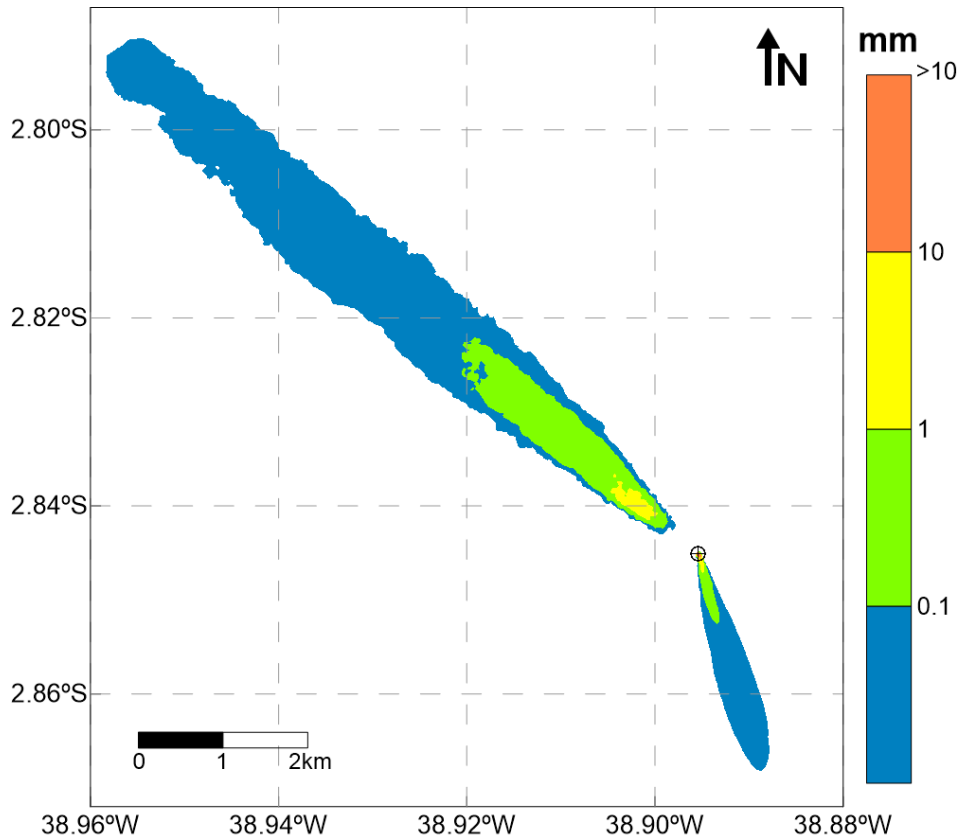


Figura 115: Pilha resultante da integração de todas as seções, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Um resumo dos resultados obtidos para este cenário é apresentado na Tabela 86.

Tabela 86: Espessura máxima, área e maior distância da fonte alcançada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Descarte	Espessura Máxima (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	Distância máx. da fonte (km)
Integração - seções sem riser	1.306,22	0,86	2,66
Integração - seções com riser	2,70	6,91	9,12
Integração - todas as seções	1.306,22	7,76	9,12

Para este caso, também é observado o acúmulo da pilha de deposição para os descartes de superfície para noroeste e para sudeste, para os descartes do fundo, estando de acordo com as correntes predominantes para a região (Figura 67). Novamente, a espessura máxima (1.306,22 mm) é superior no caso sem riser, enquanto a distância máxima (9,12 km) e área (6,91 km<sup>2</sup>) são maiores para as seções com riser.

Na Tabela 87, é apresentado um resumo da área encontrada acima de algumas espessuras determinadas na pilha de integração total.

Tabela 87: Resumo da área encontrada para cada limiar de espessura adotado (0,01 mm, 0,1 mm, 1 mm e 10 mm), considerando a integração de todos os descartes. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

<b>Espessura (mm)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
>= 0,01	7,76
>= 0,1	1,49
>= 1	0,11
>= 10	0,003

A espessura máxima alcançada pela integração de todos os descartes foi de 1.306,22 mm, ocupando uma área de 7,76 km<sup>2</sup> e atingindo 9,12 km do ponto de descarte, considerando o limiar de 0,01 mm. Acima de 1 mm, a área impactada reduz significativamente para 0,11 km<sup>2</sup>.

### 3.1.2.2.2 Sólidos em Suspensão

#### 3.1.2.2.2.1 Espessura Máxima

A Figura 116 e a Figura 117 apresentam a concentração máxima de sólidos em suspensão, considerando todo o período de simulação. O mapa em planta é o mesmo em ambas as figuras, diferindo entre elas somente o perfil que foi extraído.

É importante ressaltar que esse resultado não corresponde a um instantâneo, mas sim à integração no tempo de todos os resultados. O objetivo desta análise é determinar a área impactada e quais foram as concentrações máximas e distâncias máximas da fonte obtidas durante toda a simulação.

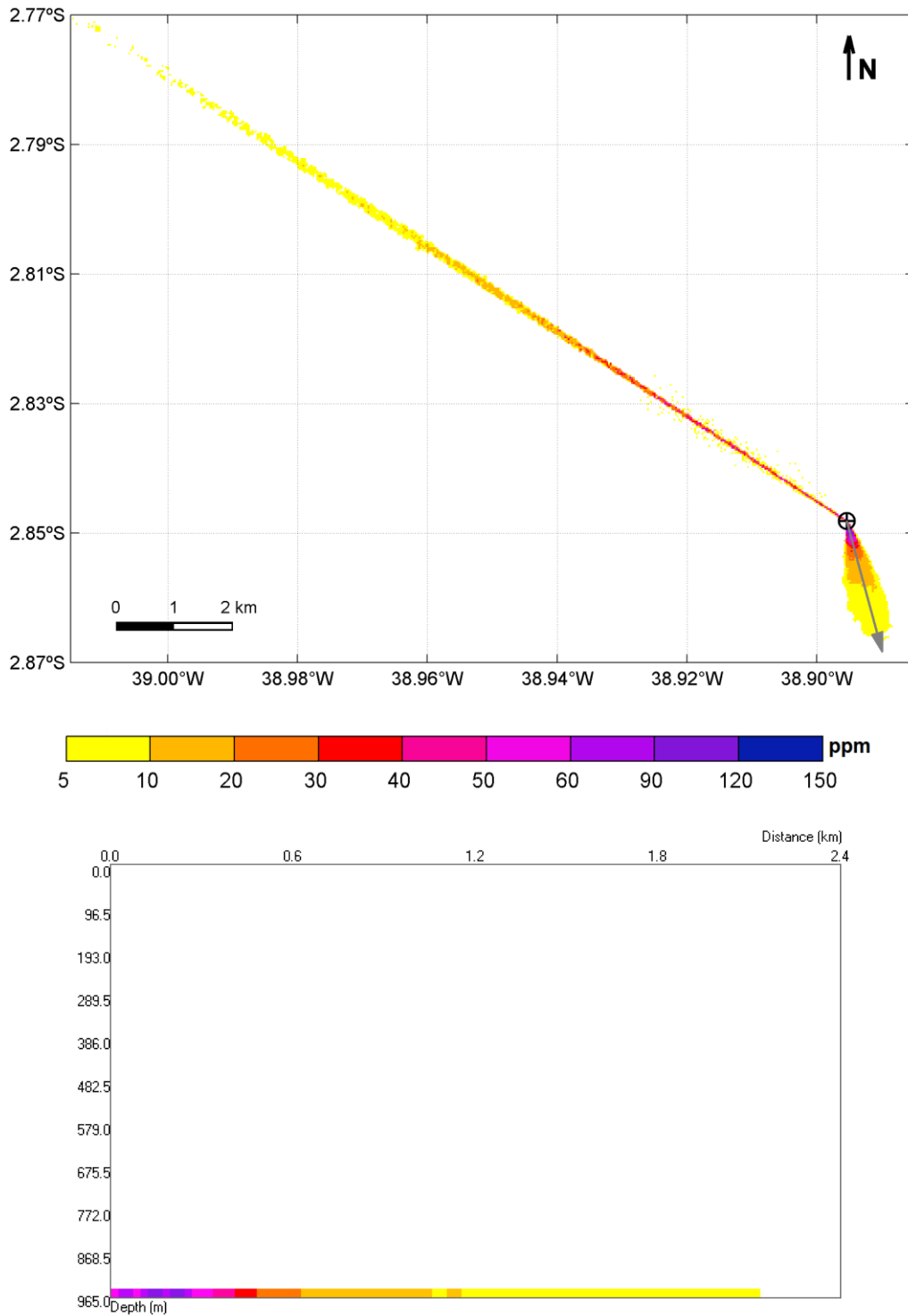


Figura 116: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,4 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gavota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).



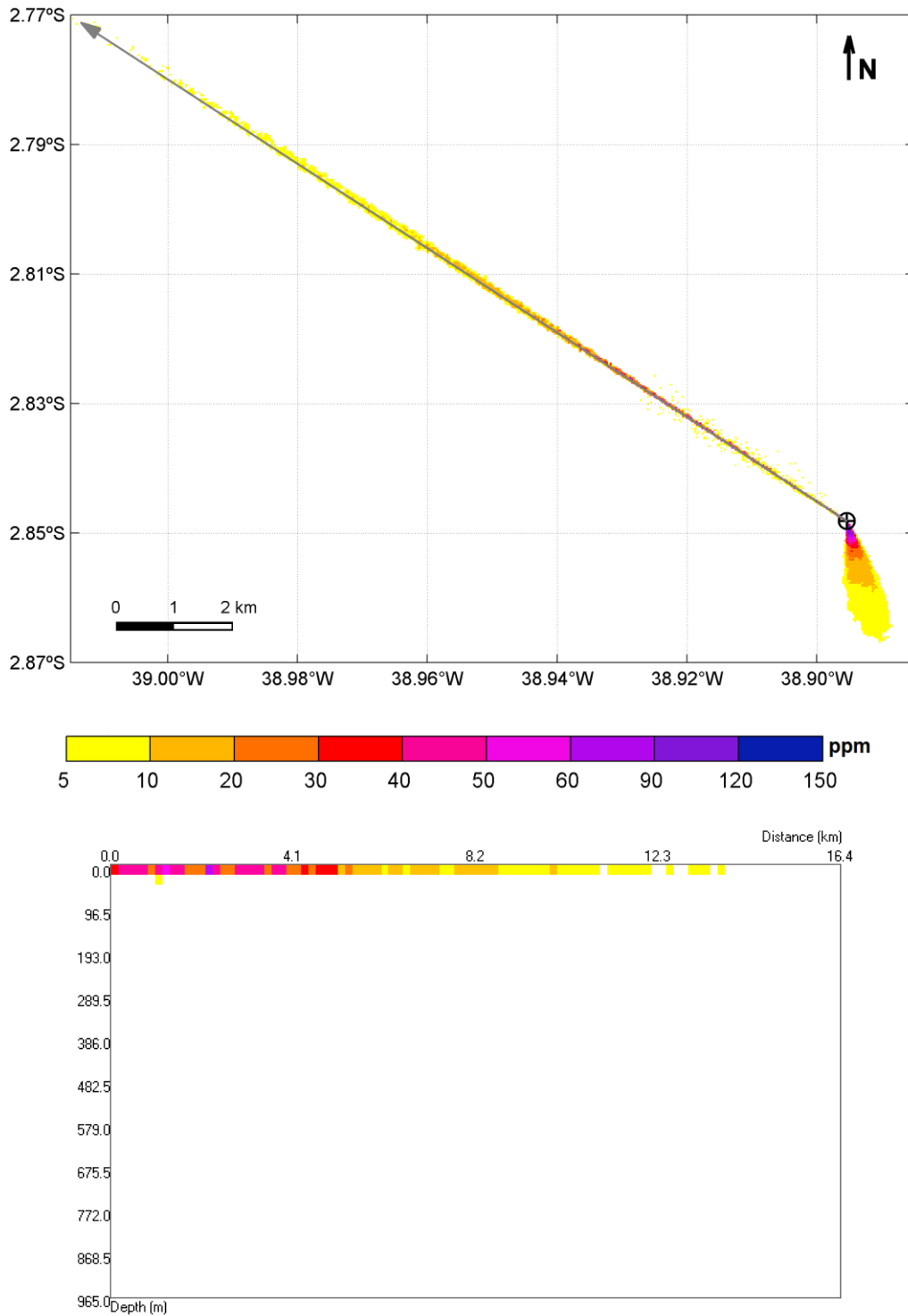


Figura 117: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 16,4 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gavota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Na Figura 118 e na Figura 119, são apresentados exemplos da dispersão de sólidos na coluna d'água, para determinados instantes após o início do descarte (2 dias; 33 dias e 4 h), indicando instantes em que o descarte ocorre no fundo e em superfície, respectivamente.

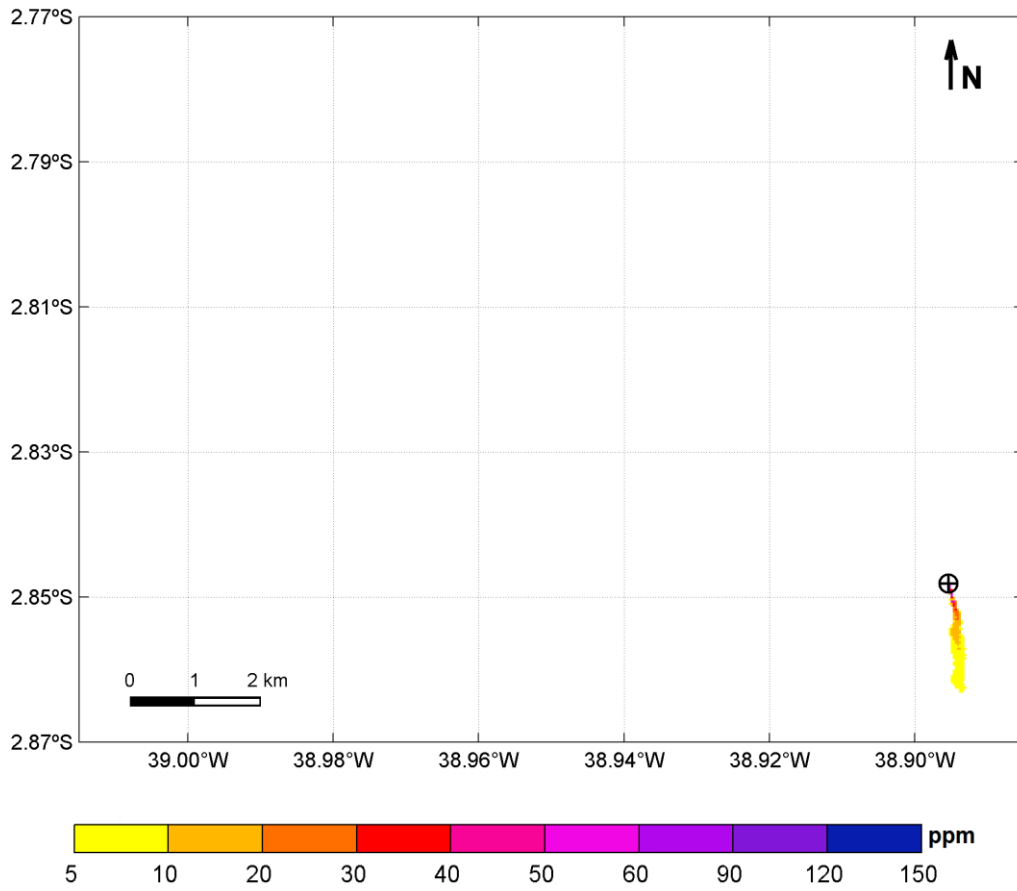


Figura 118: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

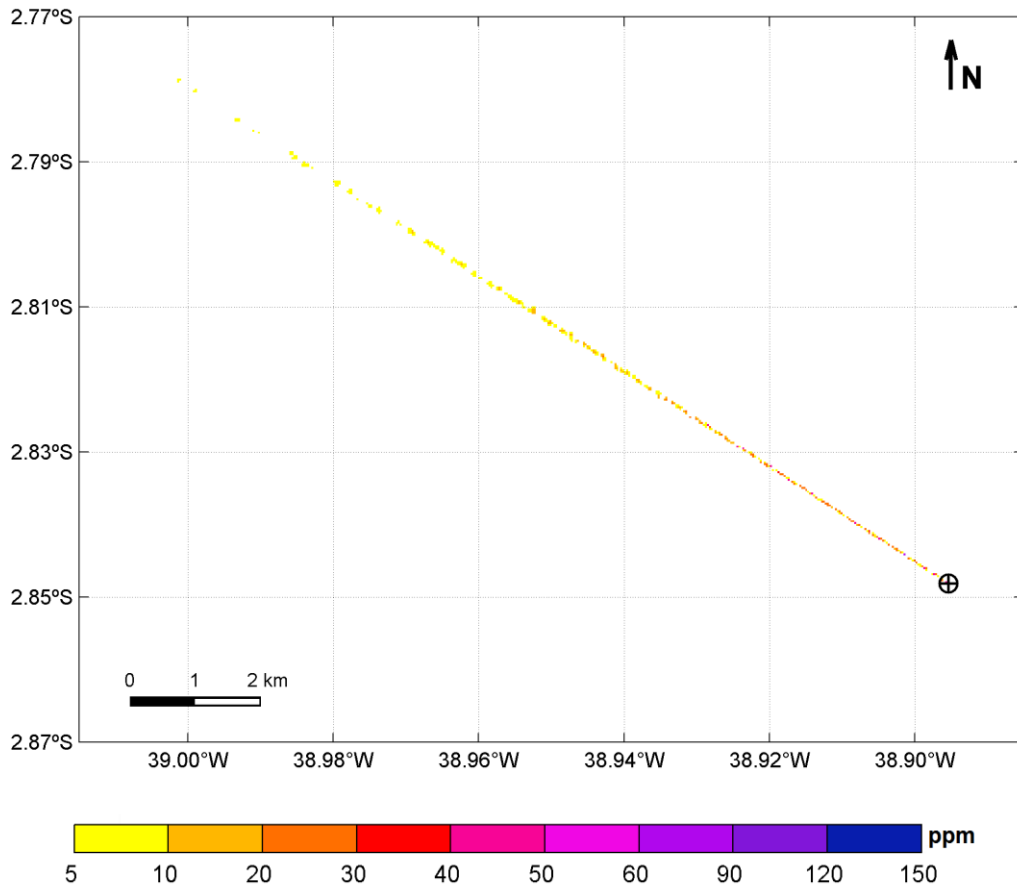


Figura 119: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 33 dias e 4 horas do início do descarte: visão em planta. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 88, são apresentados os valores máximos de concentração de sólidos em suspensão, distância da fonte e tempo de permanência obtidos.

Tabela 88: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Parâmetros	Valores
Concentração Máxima (ppm)	107,36
Distância Máxima da Fonte (km)	16,01
Tempo de Permanência (h)	< 2

Tanto os resultados dos descartes das seções sem *riser* quanto das seções com *riser* são responsáveis por elevadas concentrações de sólidos em suspensão. As concentrações acima de 5 ppm obtidas pelos descartes sem *riser* são limitadas ao fundo, enquanto aquelas provenientes dos descartes com *riser* são verificadas, em maior frequência, nos primeiros 50 metros da coluna d'água.

A concentração máxima observada foi de 107,36 ppm (ligeiramente inferior ao resultado do projeto SBM – 107,66 ppm) e a pluma alcançou até 16,01 km (bem superior a distância encontrada para o mesmo caso do projeto SBM – 2,21 km) do ponto de descarte. Após 2 h do término do descarte, já não são mais observadas concentrações acima do limiar monitorado.

A Tabela 89 apresenta as distâncias máximas alcançadas para várias classes de concentração.

Tabela 89: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – espessura máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Concentração (ppm)	Distância (km)
>= 5	16,01
>= 10	11,12
>= 20	7,56
>= 30	5,90
>= 50	4,69
>= 70	2,75
>= 90	0,24

### 3.1.2.2.2 Distância Máxima

A Figura 120 e a Figura 121 apresentam a concentração máxima de sólidos em suspensão, considerando todo o período de simulação. O mapa em planta é o mesmo em ambas as figuras, diferindo entre elas somente o perfil que foi extraído.

É importante ressaltar que esse resultado não corresponde a um instantâneo, mas sim à integração no tempo de todos os resultados. O objetivo desta análise é determinar a área impactada e quais foram as concentrações máximas e distâncias máximas da fonte obtidas durante toda a simulação.

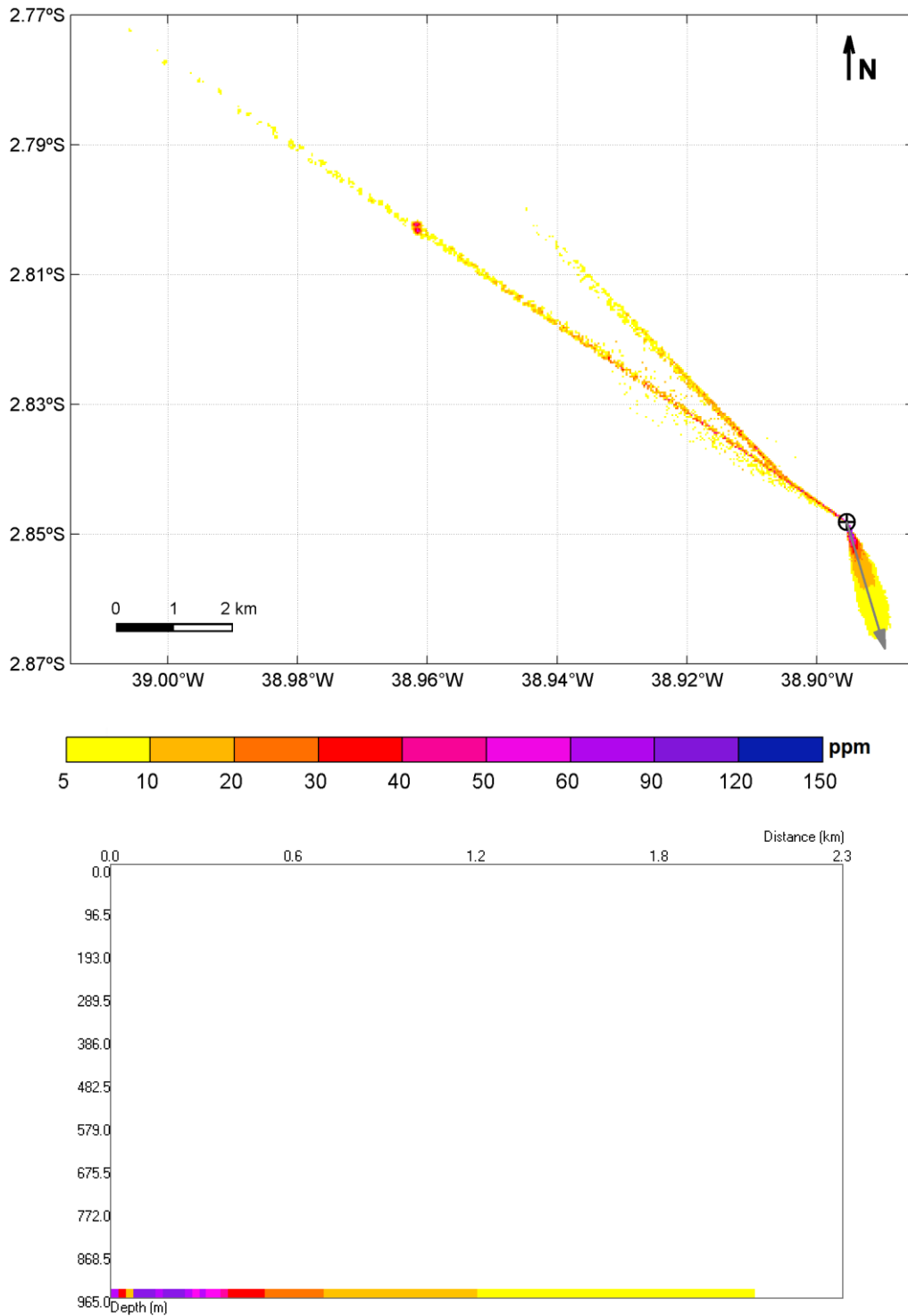


Figura 120: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 2,3 km com orientação NW-SE (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

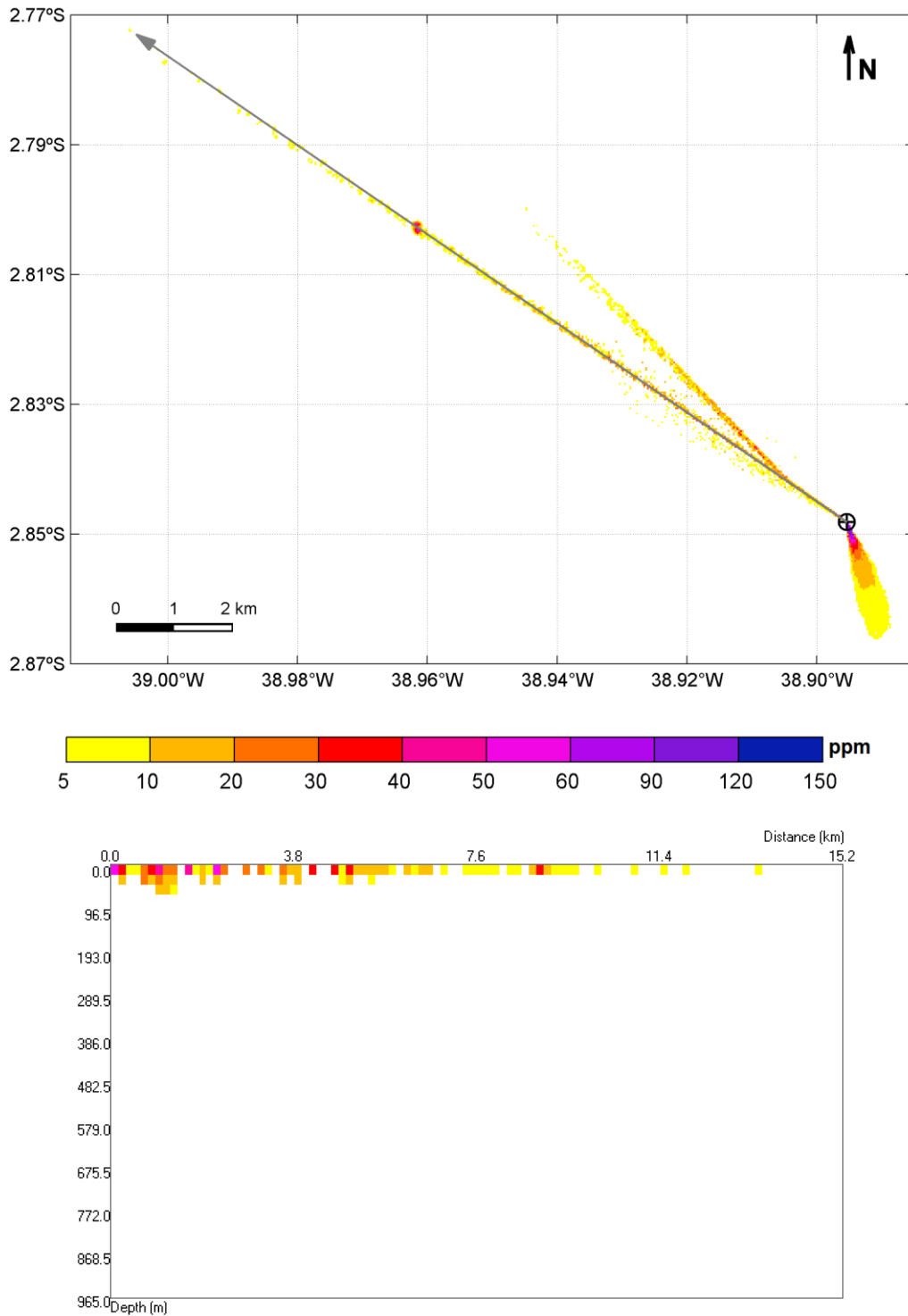


Figura 121: Concentração máxima de sólidos na coluna d'água considerando todo o período de simulação e todos os descartes: visão em planta (painel superior) e em perfil de 15,2 km com orientação SE-NW (painel inferior). Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Na Figura 122 e na Figura 123, são apresentados exemplos da dispersão de sólidos na coluna d'água, para determinados instantes após o início do descarte (2 dias; 33 dias e 4 h), indicando instantes em que o descarte ocorre no fundo e em superfície, respectivamente.

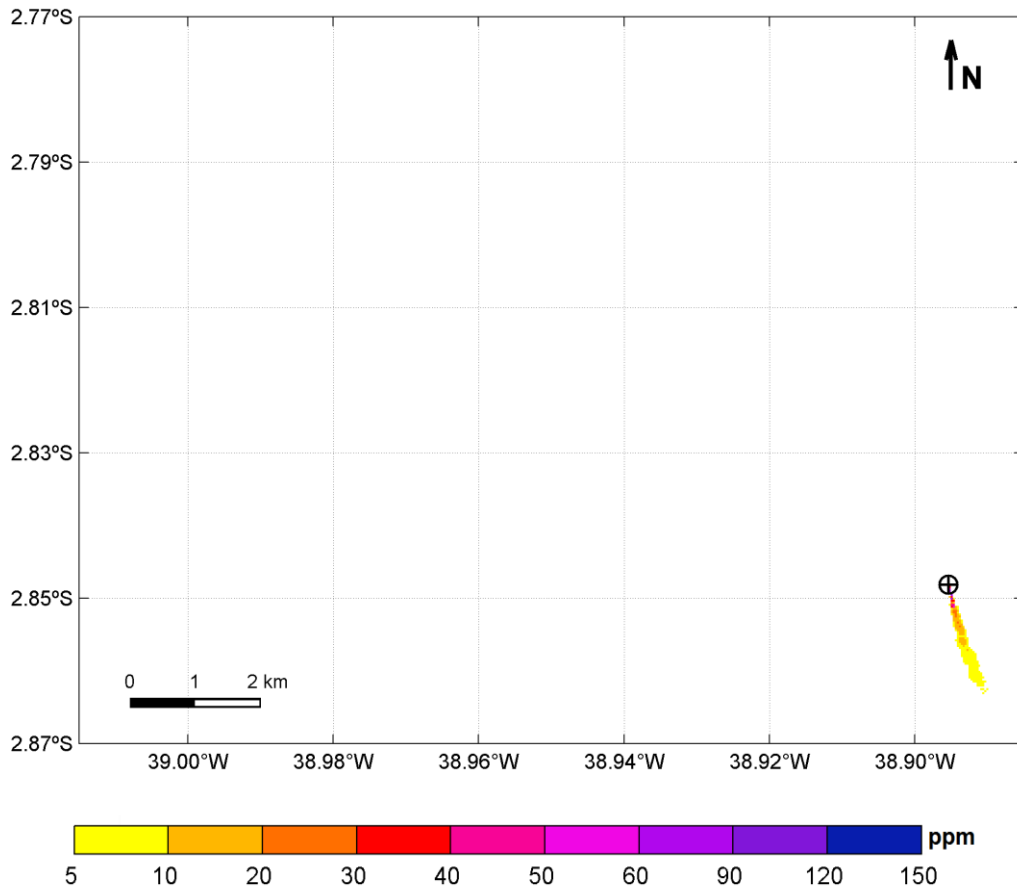


Figura 122: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 2 dias do início do descarte (seções sem riser, descarte no fundo): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).



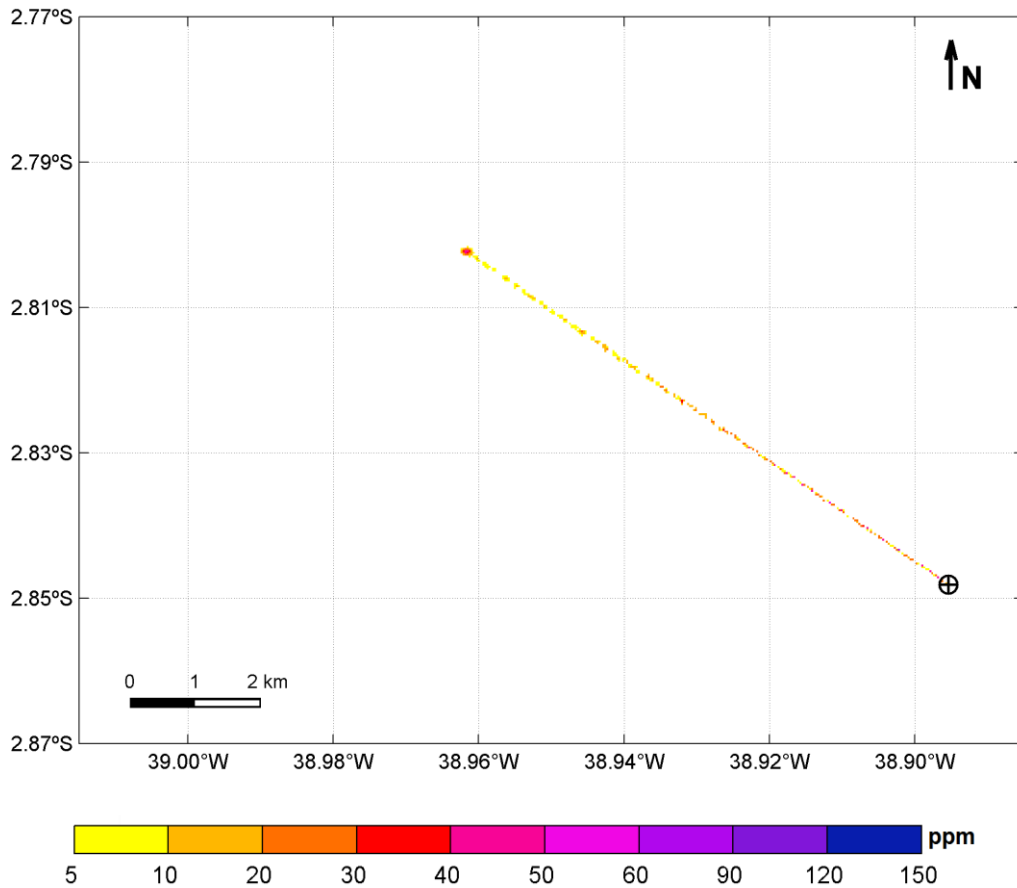


Figura 123: Visão em planta da concentração de sólidos na coluna d'água após 33 dias e 4 horas do início do descarte (seções com *riser*, descarte em superfície): visão em planta. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

A seguir, na Tabela 90, são apresentados os valores máximos de concentração de sólidos em suspensão, distância da fonte e tempo de permanência obtidos.

Tabela 90: Concentração máxima, distância máxima da fonte e tempo de permanência para as plumas de sólidos em suspensão. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (Datum SIRGAS 2000).

Parâmetros	Valores
Concentração Máxima (ppm)	110,11
Distância Máxima da Fonte (km)	14,89
Tempo de Permanência (h)	< 2

Assim como no caso de espessura máxima, os resultados apresentam concentrações acima de 5 ppm tanto nos descartes das seções sem *riser* como também naqueles onde foi utilizado o *riser*. A concentração máxima observada foi de 110,11 ppm (ligeiramente superior ao resultado

do mesmo caso do projeto SBM – 106,35 ppm), com a pluma chegando a 14,89 km (bem superior a distância encontrada para o mesmo caso do projeto SBM – 2,21 km) do ponto de descarte.

Após 2 h do término do descarte, já não são mais observadas concentrações acima do limiar monitorado.

A Tabela 91 apresenta as distâncias máximas alcançadas para algumas classes de concentração.

Tabela 91: Distâncias máximas alcançadas para alguns limiares de concentração. Caso determinístico – distância máxima | Poço Gaivota – Projeto WBM. (*Datum* SIRGAS 2000).

<b>Concentração (ppm)</b>	<b>Distância (km)</b>
>= 5	14,89
>= 10	9,81
>= 20	8,99
>= 30	8,99
>= 50	8,87
>= 70	0,31
>= 90	0,24

## 4. Conclusão

Simulações numéricas foram realizadas para determinar o comportamento físico do material a ser descartado durante a atividade de perfuração pela Chevron no Bloco CE-M-715, Bacia do Ceará. Para tal, foram selecionados para a modelagem, as localizações dos poços Pinguim e Gaivota. Os resultados foram analisados de modo a identificar os potenciais impactos da atividade no assoalho oceânico e na coluna d'água.

O projeto de poço analisado prevê a perfuração do poço em 5 (cinco) seções. Nas duas primeiras seções (fases sem *riser*), o descarte ocorrerá próximo ao fundo, e o fluido de perfuração utilizado será de base água. Para as seções III a V (fases com *riser*), o descarte ocorrerá próximo à superfície. Entretanto, para essas seções, duas alternativas de projeto foram propostas pela Chevron, usando fluido de base sintética (projeto SBM) ou de base aquosa (WBM). Para os projetos WBM, há previsão de descarte de fluido excedente na seção V.

As simulações foram realizadas a partir do modelo numérico DREAM (*Dose-related Risk and Exposure Assessment Model*), desenvolvido pela SINTEF para estimar o comportamento e o destino de diversos tipos de efluente (incluindo cascalhos e fluidos de perfuração) no ambiente marinho.

Foram realizados quatro conjuntos de simulações probabilísticas e determinísticas para a obtenção dos resultados para os dois pontos considerados (Pinguim / Gaivota), com duas alternativas de projeto (SBM / WBM). Para os resultados probabilísticos, foi considerado um ano de dados de correntes gerados pelo modelo hidrodinâmico ROMS e, para este período, foi feita a separação em verão (outubro a março) e inverno (abril a setembro). No total, foram realizadas 56 simulações determinísticas distintas para o cálculo da probabilidade de cada projeto SBM e 54 para cada projeto WBM.

Dentre todos os resultados probabilísticos obtidos, foram selecionados aqueles em que foram obtidos maiores valores de espessura e distância da fonte dos depósitos no fundo, independente do cenário sazonal. Para estes dois casos determinísticos também foram apresentadas as concentrações dos sólidos em suspensão.

Para as simulações, foi necessária a criação de duas grades distintas para cada ponto, uma que abrangesse toda a área impactada pelas pilhas de deposição, considerando o limiar de 0,01 mm, e outra, com domínio maior e menor refinamento, para a apresentação dos resultados dos sólidos em suspensão, considerando o limiar de 5 ppm.

De maneira geral, dois padrões foram identificados ao longo de todos os casos simulados. O primeiro, referente aos projetos SBM (fluido com sólidos mais espessos e, conseqüentemente,

menor tempo de deposição), com maior área de deposição para sudeste e menor área para noroeste. Já para os projetos WBM (maiores tempos de deposição para os sólidos), o padrão se inverteu, apresentando maiores áreas e distâncias para noroeste, e menores para sudeste. Em relação aos dois pontos modelados, pouca diferença foi observada. Da mesma maneira, os cenários sazonais se mostraram muito próximos entre si. Isso ocorre devido à similaridade das correntes atuantes entre os cenários sazonais. Note-se que a porção de sólidos acumulada a sudeste coincide com as seções descartadas do fundo (sem *riser*) e que a porção a noroeste equivale às seções descartadas na superfície (com *riser*).

Em relação aos resultados probabilísticos, considerando o projeto SBM de ambos os pontos, o inverno (abril a setembro) foi o cenário sazonal que apresentou as maiores distâncias da fonte e as maiores espessuras máximas. Para o poço Pinguim, essa distância foi de 2,92 km e a espessura máxima de depósito no fundo de 1.290,07 mm, enquanto o poço Gaivota apresentou valores ligeiramente inferiores (2,76 km de distância máxima da fonte e 1.257,36 mm de espessura máxima).

Nos projetos WBM, o inverno (abril a setembro) continuou apresentando as maiores espessuras máximas de depósito no fundo (1.357,00 mm para o poço Pinguim e 1.329,81 mm para o poço Gaivota). Entretanto, as maiores distâncias em relação à fonte de descarte apareceram no cenário de verão (outubro a março), com valores de 8,91 km para o poço Pinguim e de 9,12 km para o poço Gaivota. É importante ressaltar que as distâncias máximas dos projetos WBM são bem superiores àquelas observadas nos projetos SBM. Além disso, nos projetos SBM essas distâncias são referentes à porção dos resultados que se estende para sudeste, enquanto nos projetos WBM as maiores distâncias aparecem nos resultados das seções com *riser*, na direção noroeste.

Pela análise das pilhas de deposição dos casos determinísticos selecionados, verificou-se que, nos projetos SBM, as seções descartadas da superfície (com *riser*) são as que se depositam mais rapidamente (item 2.2.2), por conta das maiores densidades do fluido aderido de base sintética e pela presença de classes granulométricas mais grosseiras em sua composição. Por isso, as seções sem *riser* são responsáveis pelas maiores espessuras máximas, áreas e distâncias alcançadas em relação à fonte. Já nos projetos WBM, as maiores espessuras continuam sendo provenientes das seções descartadas no fundo (sem *riser*), entretanto, as maiores áreas e distâncias em relação à fonte foram obtidas nos resultados das seções com *riser*, descartadas em superfície, onde foi utilizado fluido de base água, que possui menores classes granulométricas na composição e, portanto, maiores tempos de queda dos sólidos.

Analisando os resultados dos sólidos em suspensão obtidos para os casos determinísticos dos projetos SBM, nota-se que, seguindo a tendência das correntes, há predominância de concentrações acima de 5 ppm para sudeste, com uma ocorrência limitada e de baixas concentrações para noroeste. Dessa forma, nota-se que as seções descartadas no fundo são

as que mais contribuem para os resultados de sólidos em suspensão acima de 5 ppm. A concentração máxima obtida no poço Pinguim foi de 121,32 ppm e a distância máxima foi de 2,27 km, enquanto que no poço Gaivota os valores foram de 107,66 ppm e 2,21 km.

Ao se analisar os mesmos resultados, porém para os projetos WBM, verificou-se um padrão diferente. Devido à pequena velocidade de queda dos sólidos presentes no fluido de base água, a presença de concentrações de sólidos na coluna d'água foi verificada, com valores significativos, não apenas na direção sudeste, como na direção noroeste também. Essas concentrações elevadas na direção noroeste limitam-se às pequenas profundidades, não ultrapassando os primeiros 100 metros da coluna d'água. A concentração máxima obtida no poço Pinguim foi de 123,21 ppm e a distância máxima foi de 16,40 km, enquanto que no poço Gaivota os valores foram de 110,11 ppm e 16,01 km.

Ressalta-se que 2 h após o término dos descartes, já não são mais observadas concentrações na coluna d'água acima do limiar monitorado, o que indica que as concentrações são rapidamente dispersadas no ambiente.

## 5. Bibliografia

- BELLCHAMBERS, L.M. & A.M.M. RICHARDSON, 1995. The effect of substrate disturbance and burial depth on the venerid clam, *Katelysis scalarina* (Lamarck, 1818). *J. Shellfish Res.* 14, 41-44.
- BRANDSMA, M.; SMITH, J. 1999. Offshore Operators Committee Mud and Produced Water Discharge Model - Report and User Guide. In: Relatório EPR.29PR.99. Production Operations Division. Exxon Production Research Company. Houston, Texas.
- BRANDSMA, M.G. 1993. Computer Simulations of Oily Cuttings Discharges in the North Sea. Volume 1 & 2 Project Report, Final Report Dated June 1993.
- CHANDRASEKARA, W.U. & C.L.J FRID, 1998. A laboratory assessment of the survival and vertical movement of two gastropod species, *Hydrobia ulvae* (Pennant) and *Littorina littorea* Linnaeus), after burial in sediment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 221: 1991-207.
- DAMES; MOORE. Drilling Fluid Dispersion and Biological Effects Study for the Lower Cook Inlet C.O.S.T. Well. In: Report prepared for Atlantic Richfield Company, Volume 102, Record 946 of USEPA Rulemaking Record for the Offshore Effluent Limitations Guidelines, 1978.
- HOLTHAUS, K.I.E., J.E. TAMIS, M.G.D. SMIT, R.G. JAK, 2003. SSD approach applied to three types of Sediment Disturbances related to Drilling Discharges. TNO Report DRAFT November 2003.
- JOHANSEN, Ø. (2000): "DeepBlow – a Lagrangian Plume Model for Deep Water Blowouts". *Spill Science & Technology Bulletin*, Vol. 6, No. 2, pp 103 – 111.
- JOHANSEN, Ø.; DURGUT, I. Implementation of the near-field module in the ERMS model. In: ERMS Report, v.77, n.23. 2006.
- KALNAY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; COLLINS, W.; DEAVEN, D.; GANDIN, L.; IREDELL, M.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLLEN, J.; ZHU, Y.; LEETMAA, A.; REYNOLDS, R. The NCEP /NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society.* v. 77, p. 437-470. 1996.
- KISTLER, R.; COLLINS, W.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLLEN, J. The NCEP-NCAR 50 Year Reanalysis: Monthly means CD-ROM and documentation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 82, pp. 247-267. 2001.
- KJEILEN-EILERTSEN, G.; TRANNUM, H.; JAK, R. G.; SMIT, M. G. D.; NEFF, J.; DURELL, G. Literature report on burial: derivation of PNEC as component in the MEMW model tool. In: ERMS Report no. 9B. 2004.

- KOH, R. C. Y.; CHANG, Y. 1973. Mathematical Model for Barge Ocean Disposal of Wastes. In: Relatório EPA-6602-73-029, U.S. Environmental Protection Agency, Corvallis, Oregon.
- KRANZ, P.M. The anastrophic burial of bivalves and its paleoecological significance. *Journal of Geology*, v. 82, p. 237-265. 1974.
- MAURER, D.; KECK, R.T.; TINSMAN, J.C.; LEATHEM, W.A. Vertical migration and mortality of benthos in dredged material. Part I: Mollusca. *Mar. Environ. Res.*, v. 4, p. 299-319. 1980.
- MAURER, D.; KECK, R.T.; TINSMAN, J.C.; LEATHEM, W.A. Vertical migration and mortality of benthos in dredged material: Part II: Crustacea. *Mar. Environ. Res.*, v. 5, p. 301-317. 1981.
- O'REILLY, J.E., SAUER, T.C., AYERS, R.C. JR., BRANDSMA, M.G., MEEK, R. 1989. Field Verification of the OOC Mud Discharge Model. In: *Drilling Fluids*. F.R. Engelhart, J.P. Ray, A.H. Gillam, Eds., Elsevier Applied Science. Nova Iorque. Pp 647-665.
- REED, M.; HETLAND, B. DREAM: a Dose-Related Exposure Assessment Model Technical Description of Physical-Chemical Fate Components. In: *SPE INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, SAFETY AND ENVIRONMENT IN OIL AND GAS EXPLORATION AND PRODUCTION*. Kuala Lumpur, Malaysia. 2002.
- RYE, H.; REED, M.; DURGUT, I.; DITLEVSEN, M.K. Documentation report for the revised DREAM model. In: *ERMS Report n.º.18*. 2006.
- RYE, H.; REED, M.; FROST, T.; SMIT, M.; DURGUT, I.; JOHANSEN, O.; DITLEVSEN, M. Development of a numerical model for calculating exposure to toxic and nontoxic stressors in the water column and sediment from drilling discharges. *Integrated Environmental Assessment and Management*, v. 4, n. 2, pp. 194-203. 2008.
- SMIT, M. G. D.; HOLTHAUS, K. I. E.; KAAG, N. B. H. M.; JAK, R. G. The derivation of a PNEC-water for weighting agents in drilling mud. *EMRS Report no. 6*. 2006.
- TOLDO, E. E. JR.; AYOUP-ZOUAIN, R. N. *MAPEM – Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima, Águas Profundas*, Publicação CECO-IG-UFRGS, Porto Alegre. 2004.