



**. MODELAGEM DE MATERIAL PARTICULADO**  
**BLOCO BM-J-2 | POÇO 1-QG-5-BAS**

RELATÓRIO

Para: ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL do BRASIL

fev-06

Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS



## ÍNDICE

<b>I_ INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>II_ CARACTERÍSTICAS DOS DESCARTES.....</b>	<b>3</b>
<b>III_ ESTRATÉGIA DE MODELAGEM.....</b>	<b>6</b>
III_1. Modelo Adotado.....	6
III_2. Característica das Simulações.....	6
III_3. Forçantes Ambientais.....	8
<b>IV_ RESULTADOS.....</b>	<b>10</b>
IV_1. Pilhas de Deposição .....	10
IV_2. Concentração na Coluna d'Água .....	14
<b>V_ BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>24</b>



Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS



## I\_ INTRODUÇÃO

Este relatório consiste em um estudo, através da modelagem numérica, do destino físico do material a ser descartado pela atividade de perfuração do poço 1-QG-5-BAS. O poço situa-se no Bloco BM-J-2, no litoral sul do estado da Bahia, às coordenadas 38° 43' 01,92" W e 15° 29' 27,60" S em uma lâmina d'água de aproximadamente 45 metros.

O documento visa atender às exigências do Termo de Referência nº 20/05 emitido pelo ELPN/IBAMA para o licenciamento da atividade.

## II\_ CARACTERÍSTICAS DOS DESCARTES

A perfuração do poço 1-QG-5-BAS ocorrerá em cinco fases, de acordo com o diâmetro da broca usada e divididas de acordo com a presença ou ausência do riser.

A primeira fase modelada, 36", não faz uso do riser e o descarte do material ocorre diretamente da cabeça do poço, a 7 metros de distância do assoalho submarino (38 metros de profundidade). o riser está presente e o material retirado e elevado à plataforma.

Por situar-se em águas rasas, este poço deve atender à condição de "descarte zero" nas seções de perfuração com riser. Portanto, nas demais fases – 26", 17,5", 12,25" e 8,5" –; todo o cascalho recuperado na superfície será acondicionado em tanques dedicados e descartados em alto mar.

O descarte será feito através de mangueiras posicionadas a 2 m de profundidade em relação ao nível do mar, com o barco de apoio navegando a aproximadamente 5 nós (9,2 Km/h). O volume médio a transportar e descartar, por viagem, é da ordem de 180 bbl (aproximadamente 30m<sup>3</sup>). Como a vazão média de descarte das balsas é de 15 m<sup>3</sup>/h, estima-se uma duração de 2 horas para cada descarte.

Na Tabela 1 são apresentadas as características de cada descarte a ser realizado, relacionando as propriedades do cascalho retirado e do fluido de perfuração utilizado.





Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS

Tabela 1: Descrição dos descartes a serem realizados na perfuração do bloco 1-QG-5-BAS.

DADOS DA FASE	Unidade	Fase 36"	Fase 26"	Fase 17,5"	Fase 12,25"	Fase 8,5"
uso do riser	-	não	slim	slim	slim	slim
Profundidade	m	130	500	22,50	42,50	5200
Prof. descarte	m	fundo mar	nível mar	nível mar	nível mar	nível mar
% Washout	%	15	15	15	10	10
Diâmetro da fonte	m	41,4	29,9	20,13	13,48	9,35
<b>CASCALHO</b>						
Volume de cascalho descartado	m <sup>3</sup>	45,32	145,77	312,34	167,33	40,01
Porcentagem da granulometria 1	%	30%	25%	20%	20%	30%
Diâmetro Granulometria 1	mm	0,3	0,5	0,75	0,75	0,5
Porcentagem da granulometria 2	%	60%	65%	60%	60%	55%
Diâmetro Granulometria 2	mm	2,5	7	8	8	5
Porcentagem da granulometria n	%	10%	10%	20%	20%	15%
Diâmetro Granulometria n	mm	5	10	13	13	10
Densidade dos grãos	kg/m <sup>3</sup>	2100	2200	2200	2300	2400
Tempo de descarte	h	6	2*	2*	2*	2*
<b>FLUIDO DE PERFURAÇÃO</b>						
Nome do Fluido	-	SW/Sweeps/PAD	SW/Sweeps/PAD	SW/Sweeps/PAD	WBM	WBM
Volume de fluidos descartado (total)	m <sup>3</sup>	108,37	397,50	152,64	127,20	461,68
Volume de Fluido descartado junto ao cascalho	m <sup>3</sup>	45,32	43,73	93,70	50,20	12,00
Volume de Fluido descartado separadamente	m <sup>3</sup>	63,05	353,77	58,94	77,00	449,68
Volume de Fluido descartado ao final da fase	m <sup>3</sup>		353,77			449,68
Porcentagem de sólidos no fluido	%	5,86	7	5,87	10,62	15,10
Diâmetro médio dos sólidos do fluido	mm	0,025	0,02	0,08	0,07	0,06
Densidade dos sólidos do fluido	kg/m <sup>3</sup>	3251,1	2682,0	2513,4	3335,0	3714,4
Densidade do Fluido	kg/m <sup>3</sup>	1131,81	1133,34	1127,77	1283,74	1439,71
Tempo de descarte do fluido	h	7	2*	2*	2*	2*

Fonte: MI-Swaco/Queiroz-Galvão.

\* Tempo relativo ao descarte de 1 balsa utilizada na operação. O resultado final deve ser multiplicado pelos fatores de escala apresentados na Tabela 3.



4/24

rev. 00

Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS



O ponto escolhido para descarte pelas balsas situa-se 14,2 Km a leste do poço, em uma lâmina d'água de aproximadamente 1000 m, conforme apresentado na Figura 1.

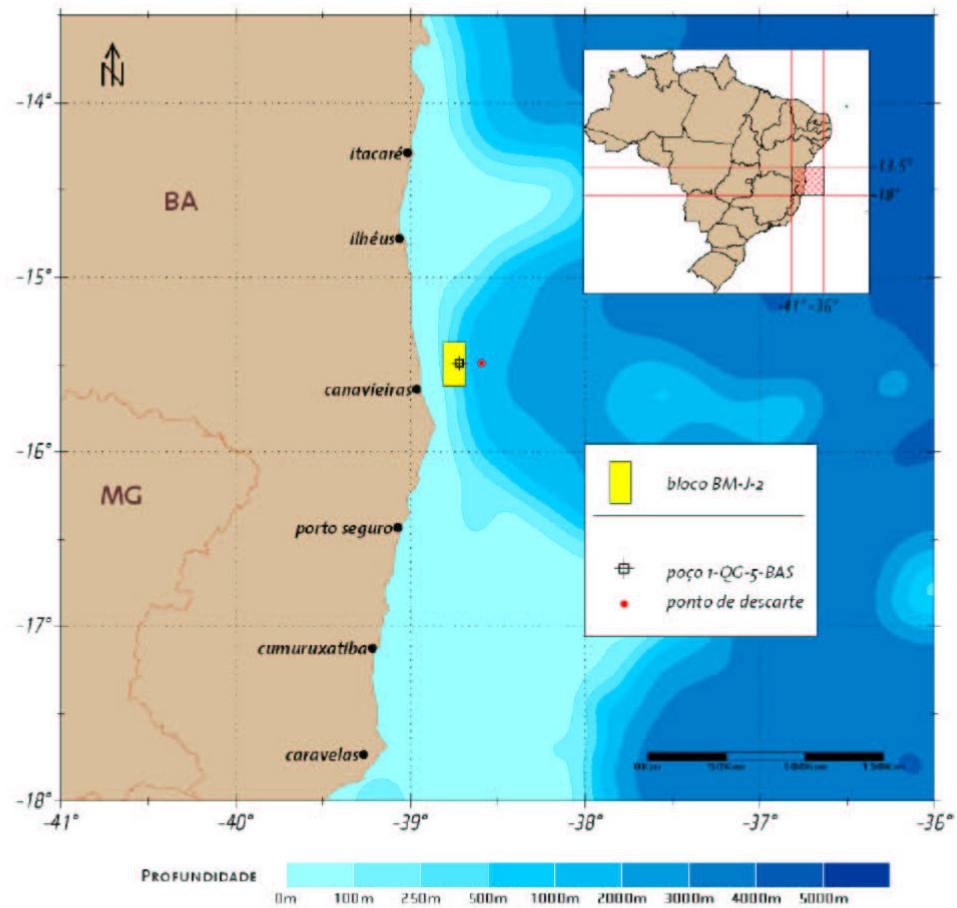


Figura 1: Localização do poço 1-QG-5-BAS e do ponto de descarte, por balsa, das fases com riser.





### **III\_ ESTRATÉGIA DE MODELAGEM**

#### **III\_1. MODELO ADOTADO**

O modelo escolhido para este trabalho é conhecido pelo nome OOC (*Offshore Operators Committee*) e foi desenvolvido especialmente para simulações de descarte de efluentes de plataformas de petróleo.

O modelo OOC simula o comportamento de uma pluma de efluente desde o momento de descarte até um instante e distância determinados pelo usuário. Para tanto, o modelo trabalha em três módulos distintos, encarregados, cada um, de uma diferente fase da pluma.

O primeiro módulo cuida da diluição inicial da pluma, representada em um modelo integral. Este módulo acompanha a evolução do efluente do momento que deixa a fonte até que encontre uma superfície horizontal (fundo ou superfície do mar) ou até que estabilize-se no nível de flutuação neutra. Esta fase, também conhecida como *fase de jato*, ocorre enquanto o efluente possui movimento próprio, dado pela diferença de densidade com o meio ou pela velocidade de saída da fonte.

Finda a primeira etapa, o efluente se espalhará na profundidade em que estabilizou-se devido ainda à diferença de densidade com o 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. Neste momento tem início a última fase, de dispersão passiva, onde o efluente, a não ser pela velocidade vertical associada a cada constituinte particulado, não possui movimento próprio e segue apenas a dinâmica local. O OOC aplica a dispersão passiva separadamente para cada constituinte do efluente.

Com o OOC, é possível obter resultados para a concentração de sólidos suspensos e a espessura dos acúmulos de fundo formados pela decantação do material. Estes resultados são gerados pelo modelo em grades cuja resolução é determinada pelo usuário no início da simulação.

Uma descrição detalhada do modelo é encontrada em Brandsma & Smith (1999).

#### **III\_2. CARACTERÍSTICA DAS SIMULAÇÕES**

Seguindo as informações contidas na Tabela 1 foram determinadas as simulações a serem realizadas no estudo. Na fases 36", 26" e 8,5" ocorrerão 2 tipos de descarte. Primeiramente, é descartada uma mistura de cascalho retirado do assoalho submarino junto ao fluido de perfuração aderido. Em seguida uma quantidade de fluido excedente é descartada entre uma fase e outra. Desta forma, foram realizadas ao todo 8 simulações.



Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS



Além dos diferentes volumes em cada fase, a distância entre os pontos de descarte requereu a confecção de 2 diferentes grades. Uma, de alta resolução e pequena abrangência, para as simulações das seções sem *riser*. Outra, de menor resolução porém alcançando uma maior área, para a simulação das seções com *riser*.

Um resumo das simulações realizadas é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Resumo das simulações realizadas.

GRADE 1	fase 36"	cascalho + fluido fluido
	fase 26"	cascalho + fluido fluido
GRADE 2	fase 17,5"	cascalho + fluido
	fase 12,25"	cascalho + fluido
	fase 8,5"	cascalho + fluido fluido

Em cada simulação objetiva-se quantificar a pilha de deposição de sólidos no assoalho submarino e a pluma de sólidos em suspensão na coluna d'água.

Quanto à pilha de deposição, nos descartes da fase sem *riser*, esta informação é obtida de forma direta: a pilha de deposição final é igual à pilha formada pelo descarte da fase 36".

Nas fases com *riser*, no entanto, o volume simulado corresponde à capacidade de 1 balsa. Dessa forma, a pilha de deposição de cada fase deverá ser multiplicada por um fator de escala correspondente à relação entre o volume dos efluentes e a capacidade da balsa (30 m<sup>3</sup>). Esta relação é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3: volumes e fatores de escala para cada uma das fases com *riser*.

fase	unidade	26"	17,5"	12,25"	8,5"
volume de cascalho + fluido aderido	m <sup>3</sup>	189.50	406.04	217.53	52.01
fator de escala	-	6.32	13.54	7.25	1.73
volume de fluido	m <sup>3</sup>	353.77	58.94	77.00	449.68
fator de escala	-	11.79	1.97	2.57	14.99

A pluma de sólidos em suspensão calculada para cada descarte representará a situação vigente durante o período de descarte.

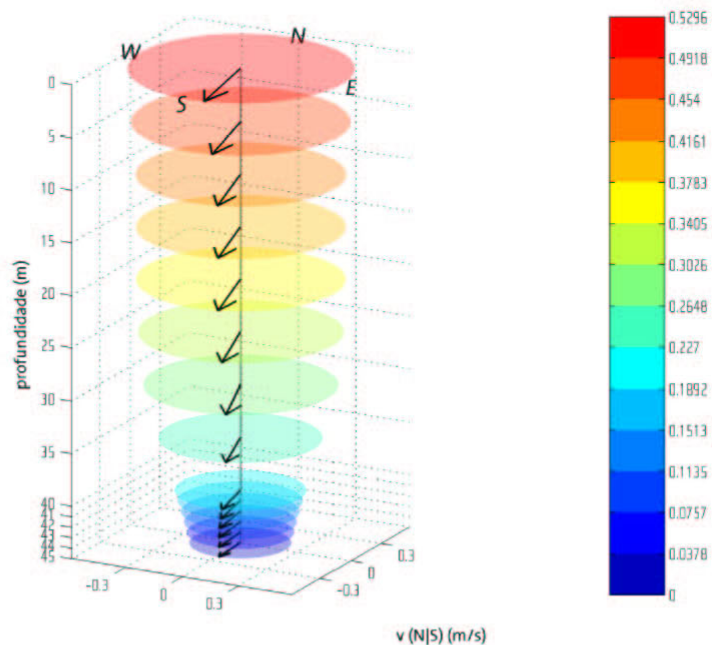


### III\_3. FORÇANTES AMBIENTAIS

Pelas escalas temporal e espacial envolvidas no processo de deposição do material descartado, julga-se satisfatório o uso de um perfil estacionário de correntes. Como os descartes ocorrerão em 2 pontos diferentes (no poço e em lâmina d'água de 1000 metros), foram utilizados 2 perfis: um para os descartes das seções sem *riser*, em água rasa, e outro para os descartes das seções com *riser*, na lâmina d'água de 1000 metros.

Os perfis foram obtidos da simulação hidrodinâmica realizada para este estudo (Relatório Hidrodinâmico) e encontram-se de acordo com a descrição da dinâmica oceânica local apresentada no Diagnóstico de Meio-Físico deste estudo.

A Corrente do Brasil, principal feição oceanográfica da região do poço, encontra-se representada no perfil extraído para a simulação dos descartes sem *riser*, apresentado na Figura 2.



**Figura 2: Perfil de correntes usado na simulação dos descartes da fase sem *riser*.**

Ao longo de toda a coluna d'água a corrente flui em um sentido aproximado Norte/Sul, com intensidade máxima de 0,53 m/s na superfície e mínima de 0,03 m/s próximo ao fundo.





Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS



O perfil de correntes usado nas simulações dos descartes das fases com *riser* encontra-se na Figura 3.

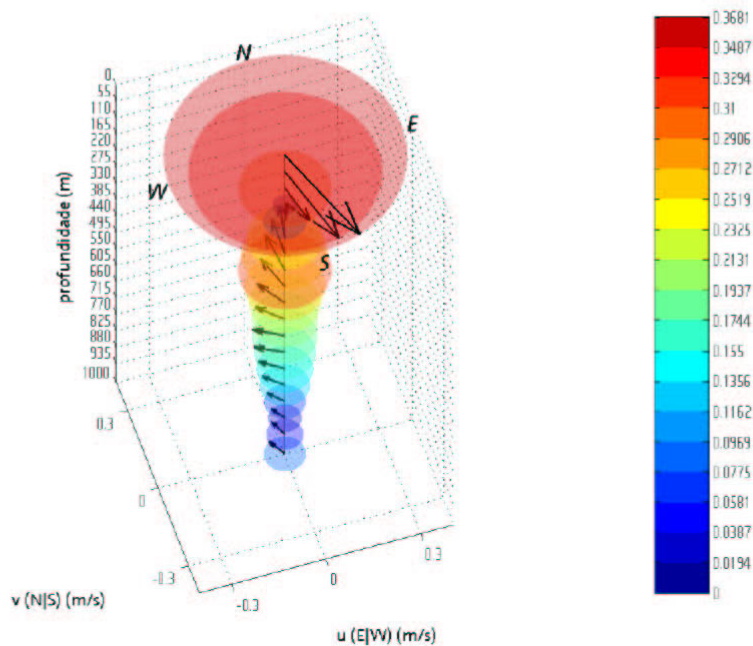


Figura 3: Perfil de correntes usado na simulação dos descartes das seções com *riser*.

Este perfil evidencia, além da Corrente do Brasil nas primeiras camadas da coluna d'água, a presença da Contra-Corrente Intermediária, presente a partir dos 200 metros de profundidade.





Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS

## IV\_ RESULTADOS

### IV\_1. PILHAS DE DEPOSIÇÃO

A pilha de deposição obtida para o descarte da fase sem riser é apresentada na Figura 4.

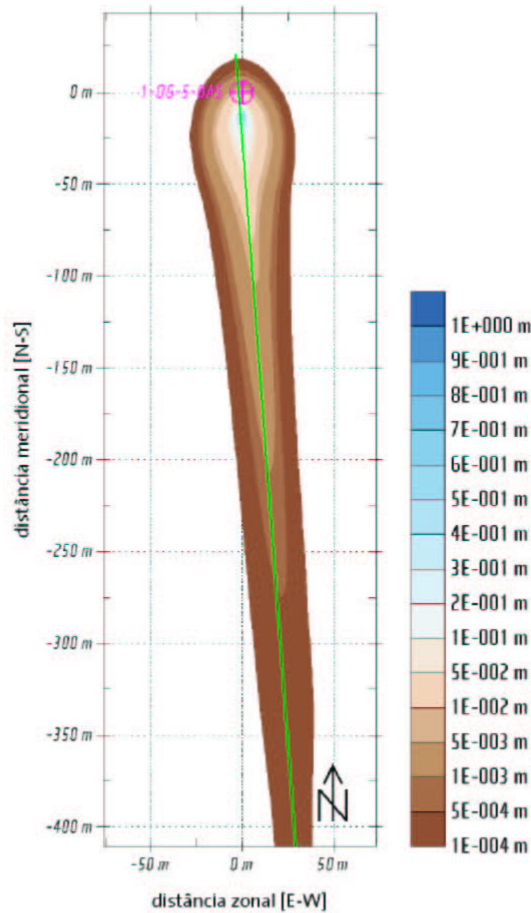


Figura 4: Pilha de deposição do material descartado na fase sem riser.

A pilha de deposição situa-se, quase toda, à S/SW do poço e apresenta uma forma alongada, fruto da alta intensidade de correntes em águas rasas. Na posição representada pela linha verde da Figura 4, um perfil foi extraído para o descarte da fase 36" (Figura 5).



Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS

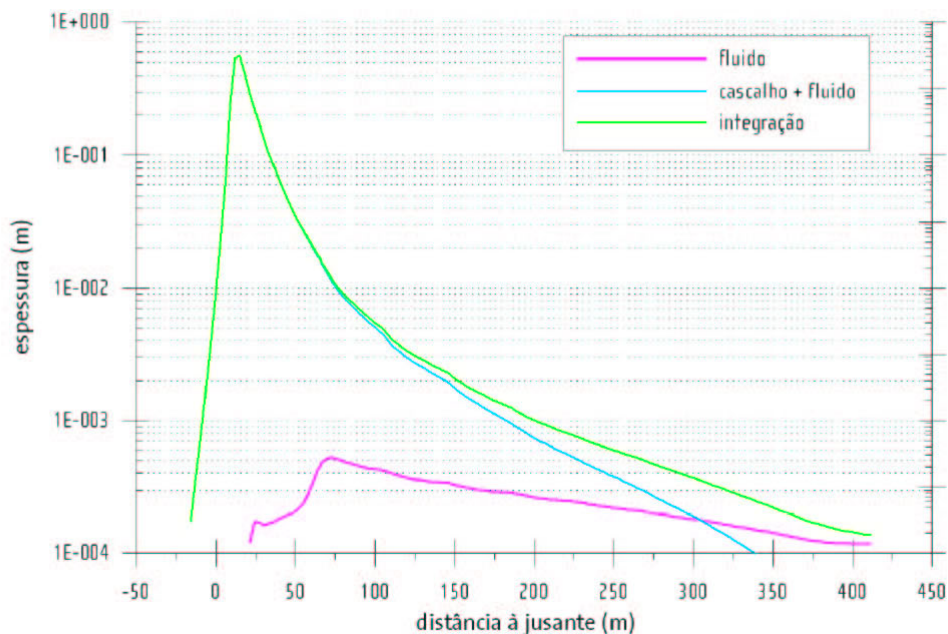


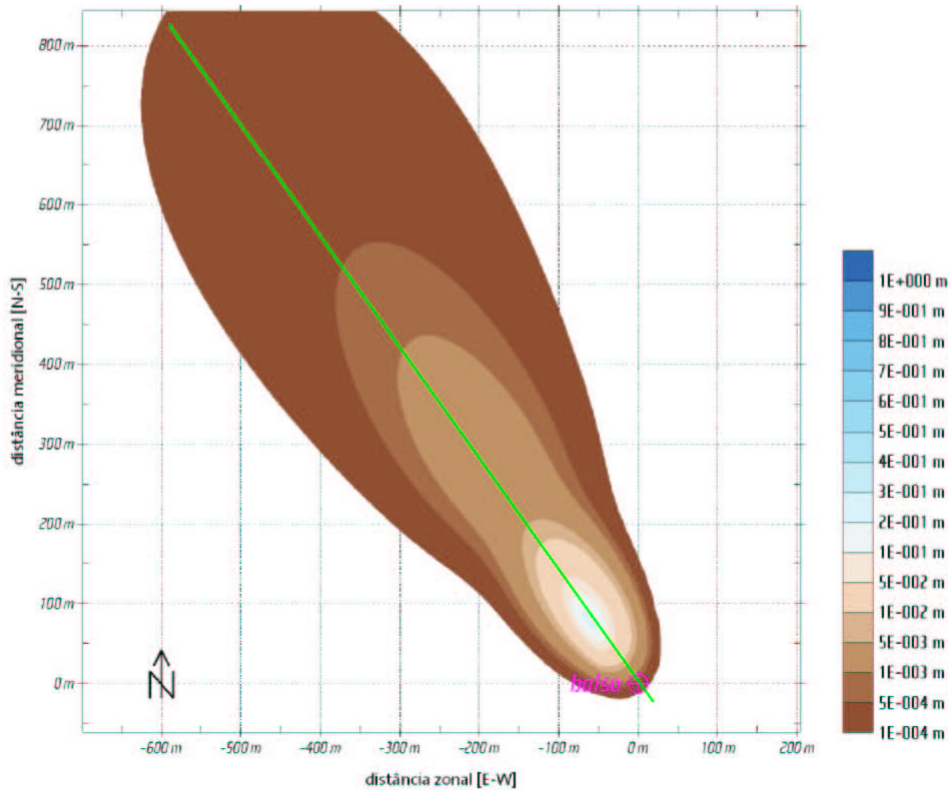
Figura 5: Perfis extraídos das pilhas de deposição da fase sem riser (fase 36").

A espessura máxima alcançada pela pilha é de 0,69 m, situada 25 metros à jusante do ponto de descarte. Observa-se que apenas em distâncias à jusante inferiores a 50 metros a espessura das pilhas é superior a 0,1 m (10 cm) e que, com 400 metros de distância, as pilhas já apresentam espessuras próximas à 0,0001 m (0,1 mm).

A pilha de deposição formada pelo material descartado nas seções com riser encontra-se na Figura 6.



Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS



**Figura 6: Pilha de deposição do material descartado nas fases com riser.**

Devido à grande distância entre o ponto de descarte e o assoalho marinho (1000 metros), a pilha de deposição formada pelo material das seções com riser cobre uma área bastante superior se comparada àquela da fase sem riser. A orientação da deposição também diferencia-se devido à presença, na região deste descarte da Contra-Corrente Intermediária, que está presente na maior parte da coluna d'água e flui rumo ao Norte, em direção oposta à da Corrente do Brasil.

Os perfis individuais destas fases são apresentados na Figura 7.





Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS

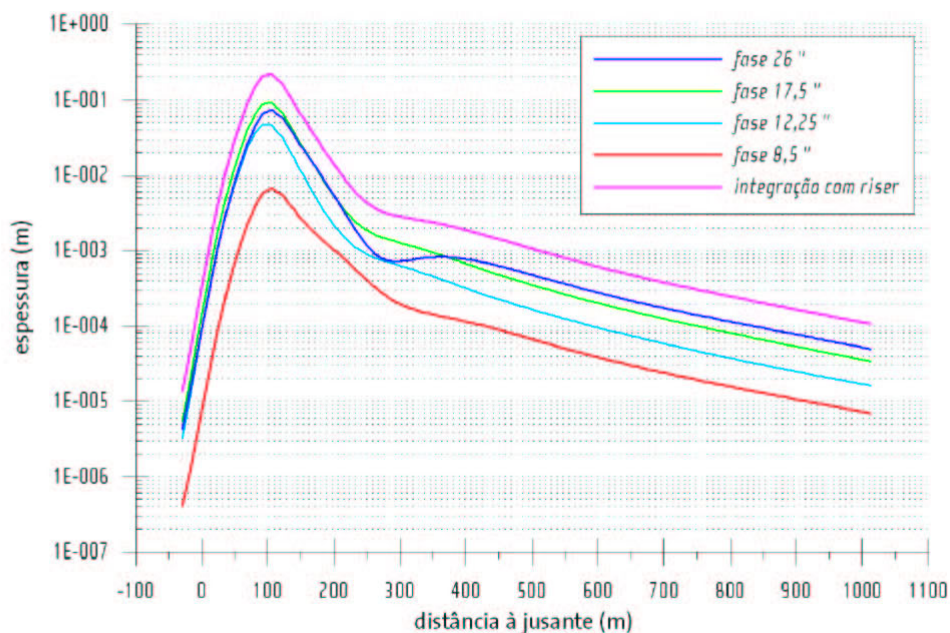


Figura 7: Perfis extraídos das pilhas de deposição das fases com riser.

A pilha formada por estas fases atinge espessura máxima de 0,10 m (10 cm), 100 metros à jusante do ponto de descarte. A 1000 metros nesta direção, as espessuras são já inferiores a 0,0001 m (0,1 mm). A maior contribuição dentre as seções com riser é dada pela fase de 17,5" e a menor, pela fase de 8,5".

De forma a respaldar as simulações realizadas foi observada a quantidade de massa capturada nas simulações. Este resultado é apresentado junto ao quadro-resumo das simulações na Tabela 4.





Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS

**Tabela 4: Quadro-resumo das simulações realizadas.**

<b>sem riser</b>			
	área (m <sup>2</sup> )	esp. máxima (m)*	conservação de massa
fase 36 "	15,464.53	0.69	92%
<b>com riser</b>			
	área (m <sup>2</sup> )	esp. máxima (m)*	conservação de massa
fase 26 "	176,716.36	0.08	92%
fase 17,5 "	145,035.51	0.10	87%
fase 12,25 "	85,951.82	0.05	75%
fase 8,5 "	39,035.05	0.01	62%
integração	296,238.93	0.24	-

Verifica-se que apenas a fase 8,5" apresentou uma baixa conservação de massa (62 %), todavia, como esta é a fase de menor volume descartado, representa pouca perda em termos absolutos.

## **IV\_2. CONCENTRAÇÃO NA COLUNA D'ÁGUA**

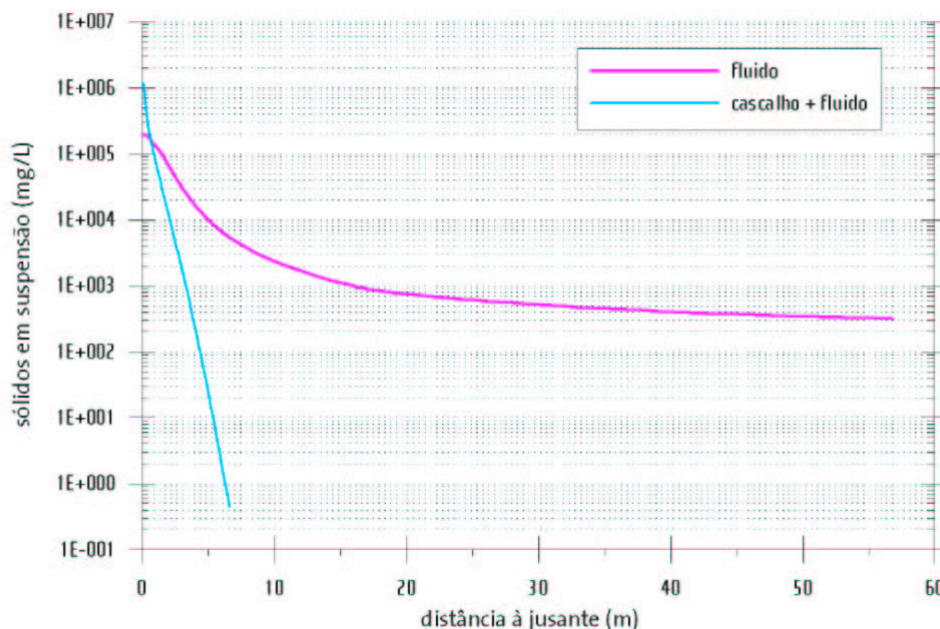
As plumas formadas pelos descartes dos cascalhos e fluidos de perfuração serão aqui representadas por gráficos da variação da concentração de sólidos em suspensão no centro de massa da pluma em função da distância à jusante da fonte. De forma a localizar a pluma na coluna d'água, seus limites horizontais e verticais serão também apresentados.

A concentração de sólidos em suspensão para os descartes de cascalho e fluido aderido na fase sem riser é apresentado na Figura 8.

\* Considerando um limiar de 0,0001 m (0,1 mm).



Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS



**Figura 8: Sólidos em suspensão em função da distância à jusante da fonte. Descarte de cascalhos e fluido aderido na fase sem *riser* (fase de 36").**

Observa-se que a fase dinâmica do descarte de cascalho e fluido aderido termina com aproximadamente 6 metros de distância da fonte, com concentrações abaixo de 1 mg/L. Para a pluma formada do descarte do fluido excedente, a concentração de sólidos em suspensão é de 300 mg/L

A posição da pluma formada pelo descarte de cascalho e fluido aderido é apresentada na Figura 9. Na Figura 10, a pluma formada pelo descarte de fluido excedente.



Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS

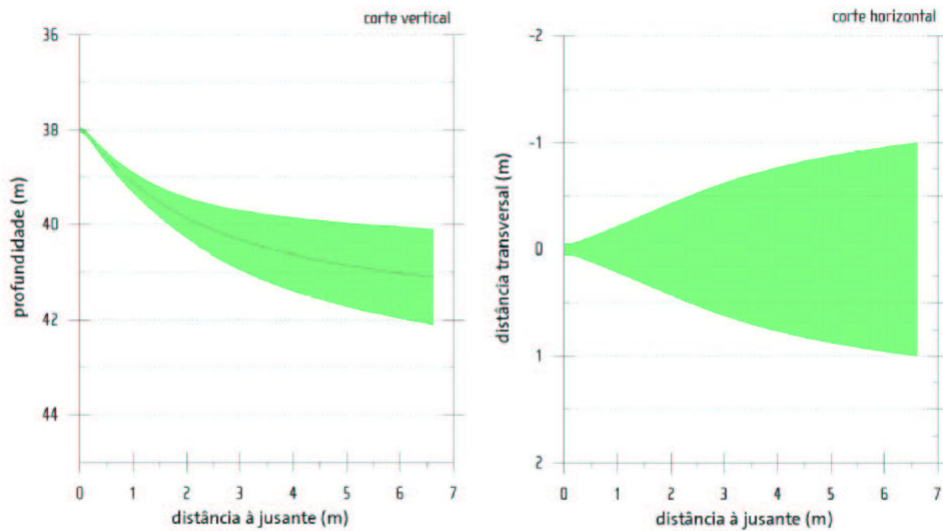


Figura 9: Limites da pluma formada do descarte de cascalho e fluido aderido na fase de 36 ".

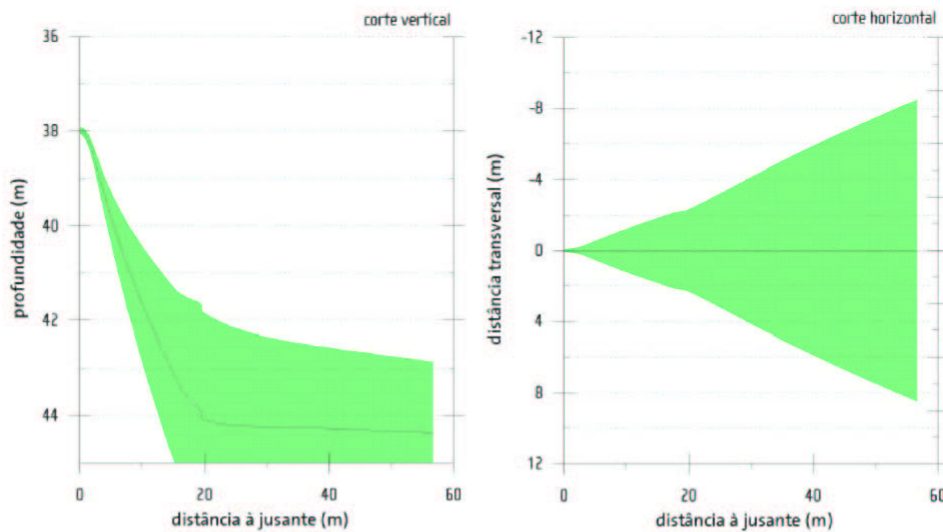


Figura 10: Limites da pluma formada do descarte de fluido excedente na fase de 36 ".

A pluma formada no cascalho e fluido aderido encontra sua profundidade de equilíbrio antes de atingir o solo, a aproximadamente 7 metros de distância da fonte. Nesta distância, seu centro de massa encontra-se a 41 metros de profundidade e tanto sua espessura (diâmetro vertical) quanto sua largura (diâmetro horizontal) são de 2 metros.





Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS



O fluido excedente é descartado com uma vazão superior, propelindo sua pluma em direção ao fundo. Ao tocá-lo, a 20 metros da fonte, a pluma interrompe o movimento descendente e aumenta de largura, atingindo aproximadamente 16 metros de diâmetro com 60 metros de distância da fonte.

A concentração de sólidos em suspensão decorrente dos descartes de cascalho e fluido aderido das fases com *riser* é apresentada na Figura 11.

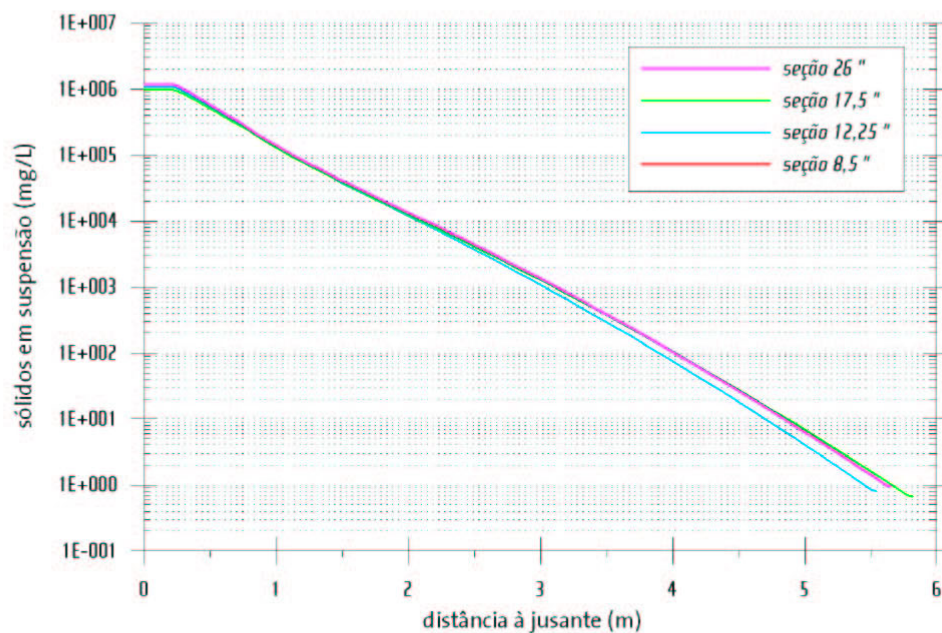


Figura 11: Sólidos em suspensão em função da distância à jusante da fonte. Descarte de cascalho e fluido aderido nas seções com *riser*.

Nota-se um comportamento bastante semelhante para todas as fases. Com 5,5 m de distância da fonte, a concentração dos sólidos em suspensão é da ordem de 1 mg/L, já bastante reduzido em relação aos 10<sup>6</sup> mg/L (1 Kg/L) iniciais.

A posição de cada uma das três plumas ao longo da coluna d'água é apresentada da Figura 12 a Figura 15.



Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS

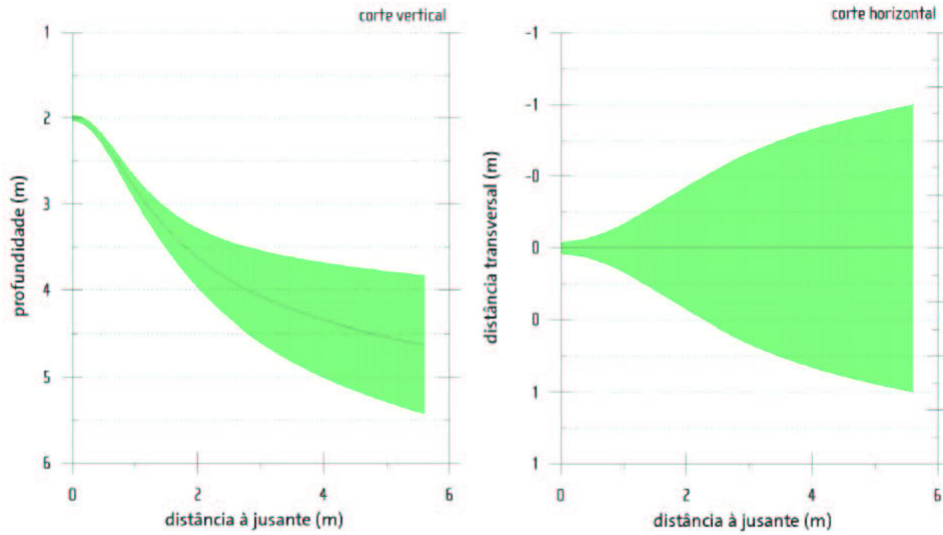


Figura 12: Limites da pluma formada do descarte de cascalho e fluido aderido na fase 26".

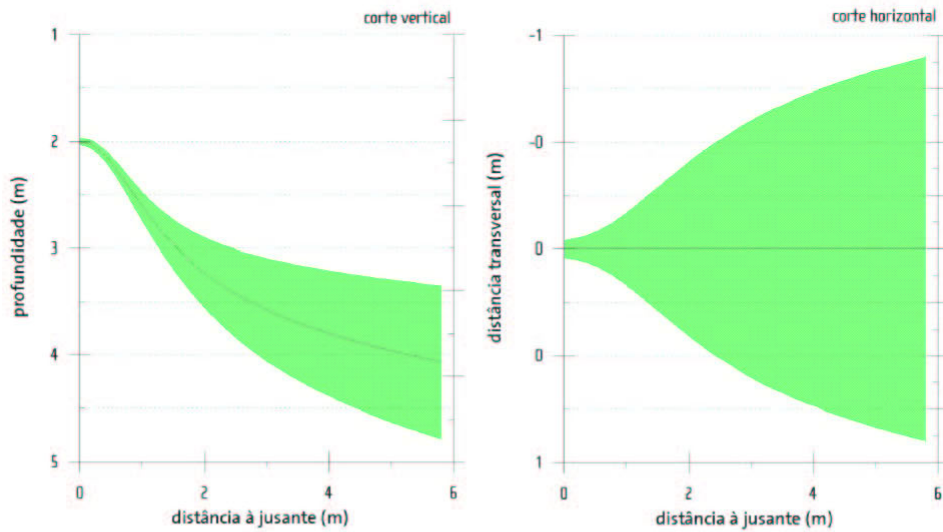


Figura 13: Limites da pluma formada do descarte de cascalho e fluido aderido na fase 17,5".



Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS

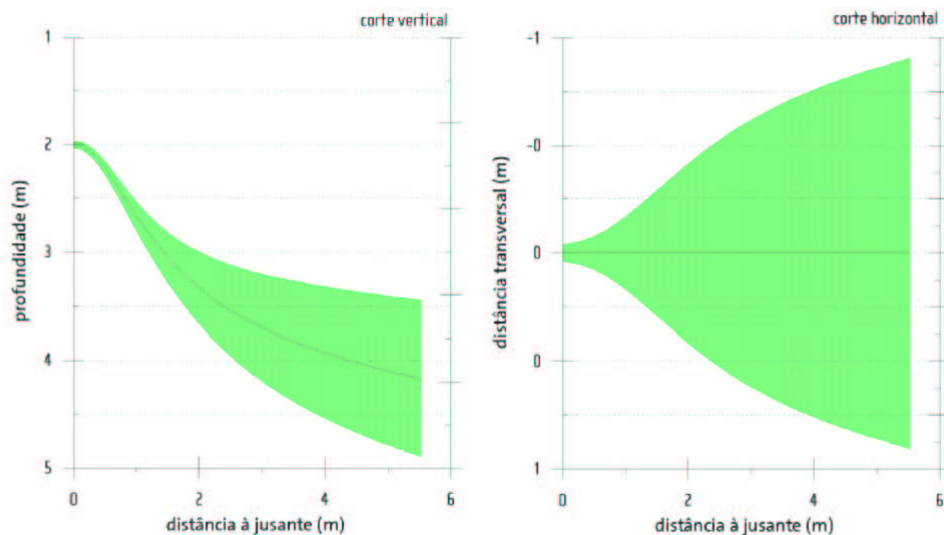


Figura 14: Limites da pluma formada do descarte de cascalho e fluido aderido na fase 12,25''.

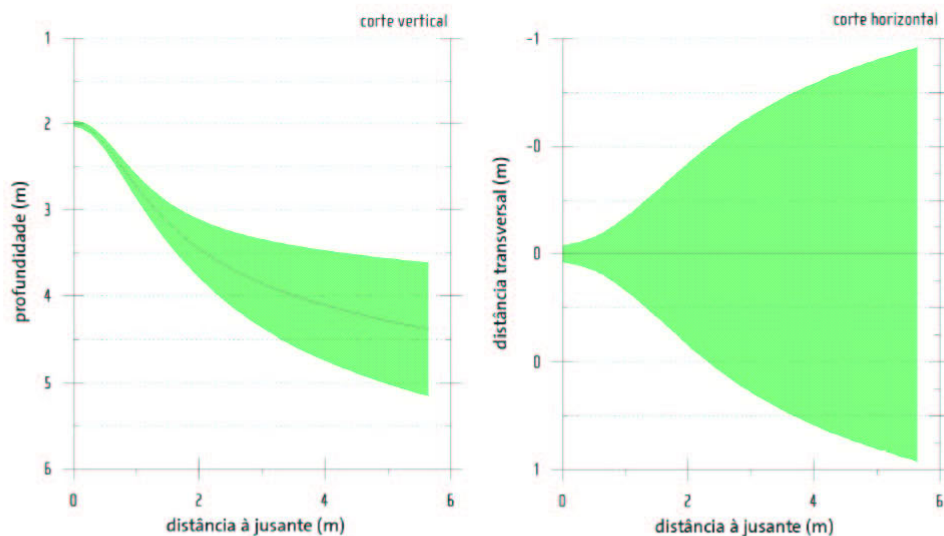


Figura 15: Limites da pluma formada do descarte de cascalho e fluido aderido na fase 8,5''.



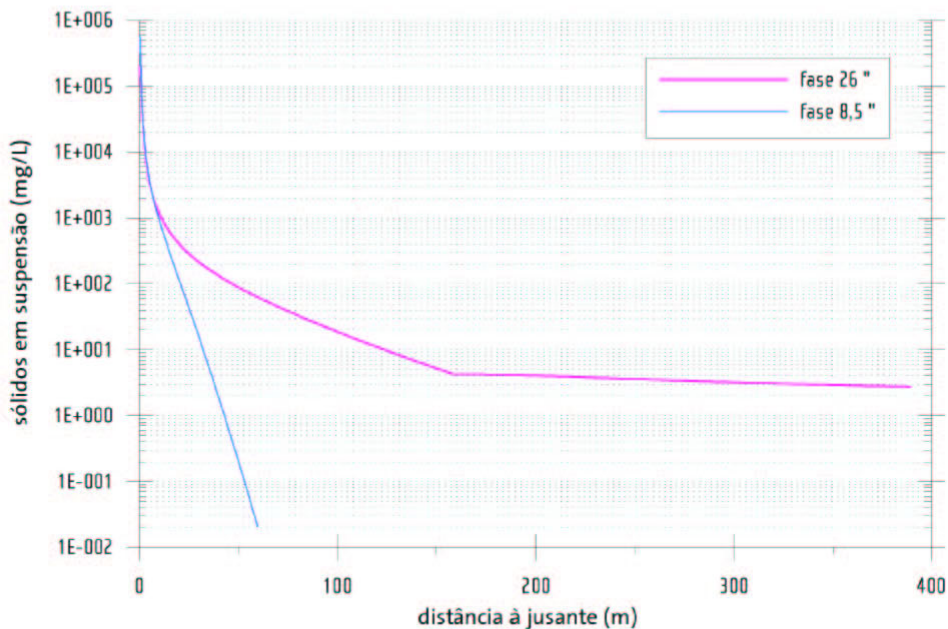




Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS

Por possuírem vazões idênticas ( $15 \text{ m}^3/\text{s}$ ), e características semelhantes, as plumas de descarte de sólidos e fluido aderido em todas as fases com *riser* seguem um mesmo padrão de comportamento. Atingem o equilíbrio com 6 metros de distância da fonte, com seu centro de massa a aproximadamente 4,5 m de profundidade e uma largura pouco inferior a 2 m (1 m para a esquerda ou direita do centro de massa)

A concentração de sólidos em suspensão decorrente dos descartes de fluido excedente nas seções com *riser* é apresentada na Figura 16.



**Figura 16: Sólidos em suspensão em função da distância à jusante da fonte. Descarte de fluido nas seções com *riser*.**

Os descartes de fluido excedente percorrem uma maior distância até atingirem o equilíbrio. O fluido descartado na fase de 26" atinge os 400 m com aproximadamente 3 mg/L de sólidos em suspensão no seu centro de massa. Já o fluido descartado ao final da operação, após a fase de 8,5", atinge o equilíbrio a aproximadamente 50 m de distância da fonte, com no máximo 0,02 mg/L de sólidos em suspensão.

A posição destas plumas na coluna d'água é apresentada na Figura 17 (fase 26") e Figura 18 (fase 8,5").





Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS

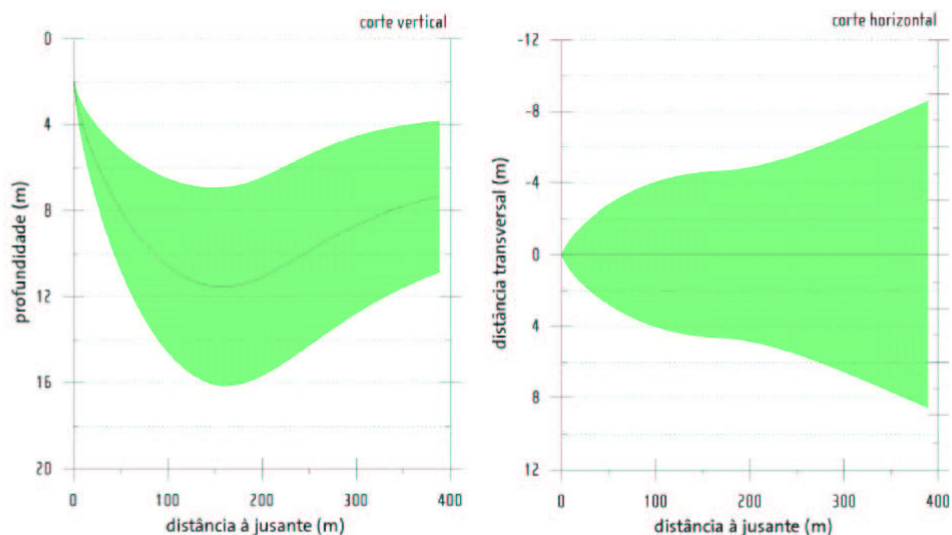


Figura 17: Limites da pluma formada do descarte fluido excedente na fase 26".

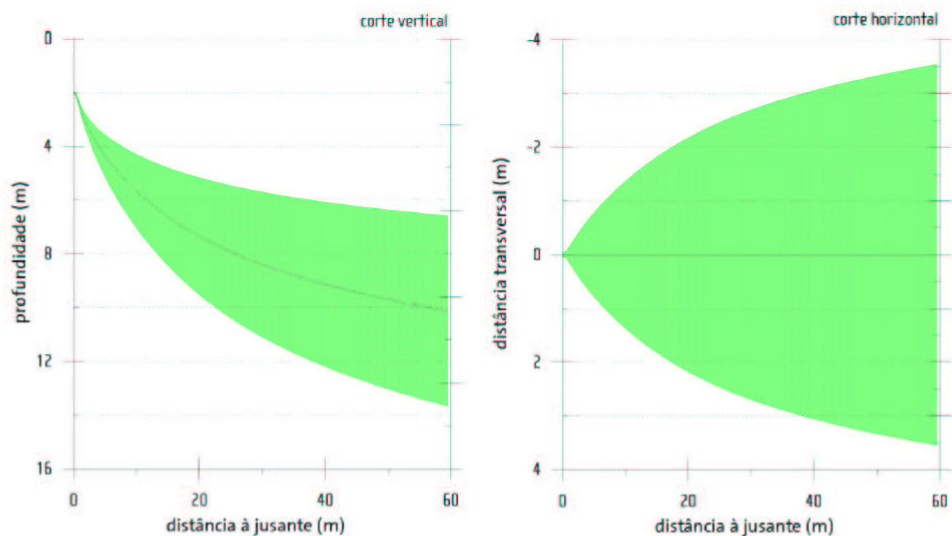


Figura 18: Limites da pluma formada do fluido excedente na fase 8,5".



Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS



No descarte da fase de 26 ", a pluma apresenta movimento descendente até aproximadamente 150 metros da fonte, quando seu centro de massa atinge 12 metros de profundidade. A partir deste ponto, a pluma sobe, buscando a profundidade de equilíbrio. Observa-se que, neste ponto, há uma inflexão no gráfico que representa o corte horizontal, indicando um aumento no diâmetro horizontal pluma. A condição de equilíbrio é alcançada a 400 m da fonte, quando a pluma apresenta diâmetros horizontal e vertical de aproximadamente 7 m.



Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS



## V\_ CONCLUSÃO

Uma série de simulações numéricas foi realizada para determinar o comportamento do material a ser descartado no mar pela atividade de perfuração do poço 1-QG-5-BAS. Foram simulados tanto os sólidos em suspensão na coluna d'água, quanto a acumulação dos sólidos no leito marinho nas diversas seções da perfuração, por influência dos cascalhos e também da parte sólida dos fluidos descartados.

Devido às características da operação, dois diferentes pontos foram determinados para o descarte da operação. O primeiro, nas coordenadas do poço, para os descartes da fase sem *riser*. O segundo, 14 Km a oeste do poço, para os descartes realizados por balsas do material das fases com *riser*.

A deposição do material descartado pelas fase sem *riser* deu-se preferencialmente à S/SW do poço, seguindo o fluxo da Corrente do Brasil. A espessura máxima encontrada foi de 0,69 m, situada a 25 m de distância da fonte. A área coberta pela pilha de deposição com espessuras superiores a 0,1 mm foi de 15600 m<sup>2</sup>.

Para os descartes das fases com *riser* a deposição ocorre a NE do ponto de descarte, concordando com a dinâmica local. A espessura máxima da pilha nestes descartes foi de 10 cm (0,10 m), a 100 metros do ponto de descarte. Considerando o mesmo limiar das fases sem *riser*, a área coberta pela pilha de deposição é de 296239 m<sup>2</sup> (0,3 km<sup>2</sup>).



Modelagem de Material Particulado | Bloco BM-J-2 / Poço 1-QG-5-BAS



## **VI\_ BIBLIOGRAFIA**

Brandsma, M., & Smith, J., 1999. Offshore Operators Committee Mud and Produced Water Discharge Model Report and User Guide. ExxonMobil Upstream Research Co.

